

# ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ ĐÂM VÀ TÀU BIỂN SỬ DỤNG KẾT HỢP THUẬT TOÁN PHÂN CỤM VÀ LÝ THUYẾT HÀM TIN CẬY SHIP COLLISION RISK ASSESSMENT USING CLUSTERING ALGORITHMS AND THEORY OF BELIEF FUNCTIONS

CỔ TẤN ANH VŨ<sup>1</sup>, PHẠM NGUYỄN ĐĂNG KHOA<sup>2</sup>,  
NGUYỄN THANH SƠN<sup>3</sup>, VŨ ĐĂNG THÁI<sup>3</sup>, PHẠM KỲ QUANG<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Học viện Hàng không Việt Nam

<sup>2</sup>Trường Đại học Giao thông vận tải TP. Hồ Chí Minh

<sup>3</sup>Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

\*Email liên hệ: phamkyquang@vimaru.edu.vn

## Tóm tắt

Đánh giá rủi ro va chạm tàu biển là một quy trình thiết yếu được thực hiện để xác định các nguy cơ tiềm ẩn có thể gây ra va chạm trong hoạt động hàng hải. Quá trình này liên quan đến việc phân tích rất nhiều yếu tố khác nhau như điều kiện thời tiết, mật độ giao thông, tầm nhìn xa,... Bởi vậy, trong hoạt động nghiên cứu, yếu tố cơ bản nhất quyết định đến mức độ rủi ro đó là thời gian tính toán và các quyết định đúng đắn. Các phương pháp đã được chứng minh là có hiệu quả như logic mờ, mạng nơ-ron, nhưng thời gian tính toán khá lâu. Bài báo đề xuất một phương pháp tiếp cận khác là sử dụng lý thuyết hàm tin cậy có tính hiệu quả cao hơn.

**Từ khóa:** Đánh giá nguy cơ đâm va, lý thuyết hàm tin cậy, giảm thiểu rủi ro, va chạm tàu.

## Abstract

Ship collision risk assessment is an essential process undertaken to identify potential hazards that may cause collisions in maritime operations. This process involves analyzing a lot of different factors such as weather conditions, traffic density, visibility,... Therefore, in research activities, the most basic factors determines the extent of the risk is the calculation time and correction decisions. Proven effective methods such as fuzzy logic and neural networks have relatively but long computation time. The paper proposes a new other method using the theory of confidence functions with higher efficiency.

**Keywords:** Collision risk assessment, belief functions theory, risk reduction, ship collision.

## 1. Mở đầu

Va chạm tàu biển là một trong những tai nạn thảm khốc và thường xuyên nhất có thể xảy ra trong ngành hàng hải. Va chạm có thể gây ra thiệt hại đáng kể cho tàu biển, hàng hóa và cơ sở hạ tầng, cũng như có khả năng gây thiệt hại về người. Do đó, phân tích rủi ro va chạm tàu là điều cần thiết để tránh và giảm thiểu các tai nạn như vậy. Quá trình này bao gồm việc đánh giá rủi ro va chạm tiềm ẩn và thực hiện biện pháp để ngăn chặn xảy ra.

Phân tích rủi ro va chạm tàu biển liên quan đến việc đánh giá khả năng xảy ra va chạm và đánh giá mức độ nghiêm trọng của các tác động tiềm ẩn. Bên cạnh việc xác định các biện pháp giảm thiểu thích hợp, quá trình này cần đảm bảo được độ tin cậy nhất định. Sau khi phân tích hoàn tất, các biện pháp phải được thực hiện để giảm thiểu rủi ro đã xác định. Điều này bao gồm đào tạo thuyền viên về tránh va, tăng cường thông tin liên lạc, sử dụng các thiết bị phát tín hiệu. Các hệ thống phát hiện khác nhau sử dụng công nghệ dựa trên vệ tinh hoặc radar có thể xác định các tàu khác trong vùng lân cận của tàu, cho phép cảnh báo sớm về các vụ va chạm tiềm ẩn.

Trong các nghiên cứu trước đây, Zhen (2017) và Vu cùng nhóm cộng sự (2021) đã lần lượt đề xuất hai phương pháp đánh giá rủi ro va chạm trên khu vực rộng DBSCAN và HCAAP [3, 10]. Tuy nhiên ở hai phương pháp này các chỉ số đầu vào được thực hiện dựa theo ý kiến tham khảo chuyên gia bao gồm cả yếu tố cảm tính (chỉ số đầu vào  $d$ ) và chỉ đạt được một số ưu điểm nhất định. Đặc biệt chỉ đánh giá rủi ro va chạm trên mỗi cặp tàu thuyền, yếu tố này gây khó khăn với những cặp tàu hoặc nhóm tàu đã ở quá gần nhau nếu chỉ số  $d$  quá thấp [3]. Bởi vậy, trong bài báo đã đề xuất kết hợp sử dụng lý thuyết hàm tin cậy để nâng cao độ tin cậy cho kết quả của các phương pháp này và minh chứng bằng các kết quả mô phỏng.

Bài báo được chia thành 4 phần chính: Mở đầu, phương pháp, kết quả thực nghiệm và kết luận.

## 2. Phương pháp đánh giá

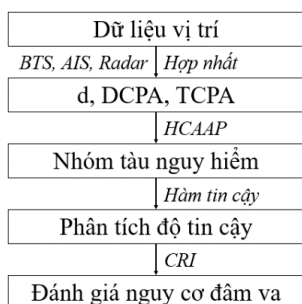
Việc sử dụng các thuật toán phân cụm như thuật toán phân cụm không gian hay phân cụm cấp bậc giúp người sử dụng lọc được những cặp tàu thuyền có nguy cơ cao xảy ra đâm va trên khu vực vùng nước mà mình đánh giá [3, 10].

Bên cạnh đó, việc áp dụng biện pháp đánh giá sơ bộ của tác giả Dang-Thai Vu (2021) đã phát huy hiệu quả lọc bỏ những nhóm tàu không có khả năng xảy ra đâm va dựa vào các yếu tố như phương vị, tốc độ. Đồng thời cũng góp phần giảm nhẹ công việc và thời gian dư thừa vào đánh giá những cặp tàu thuyền đã hết khả năng đâm va này. Từ đó, tiết kiệm được thời gian và dữ liệu để tập trung vào đánh giá những cặp tàu có nguy cơ cao xảy ra đâm va [3].

Ở một khía cạnh khác, dựa trên cách thức đánh giá của mô hình HCAAP và DBSCAN, chỉ số đầu vào để phân cụm nhóm tàu thuyền nguy hiểm là khoảng cách giữa các tàu ( $d$ ) trong khu vực khảo sát [3, 10]. Nhưng các mô hình này lại xuất hiện hai điểm yếu cơ bản có thể nhìn thấy:

- Độ tin cậy dữ liệu khảo sát. Trong hai phương pháp này, chủ yếu sử dụng dữ liệu từ thiết bị AIS, hay các trạm VTS gần bờ (BTS). Sẽ rất nguy hiểm nếu thiếu đi đánh giá với các đối tượng là các tàu không được trang bị các trang thiết bị này hay các vật thể nổi không xác định (xác tàu, băng trôi, tàu cá nhỏ,...). Khi đó radar trên tàu là phương tiện hữu ích duy nhất.

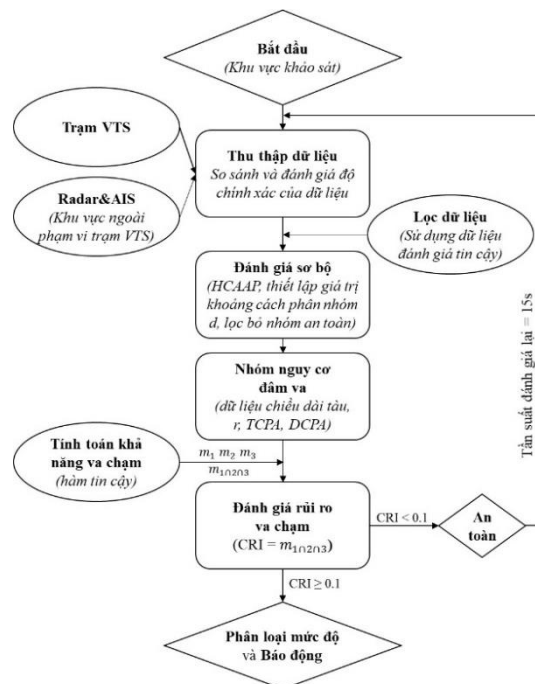
- Chỉ số phân cụm ( $d$ ) quá thấp ( $1,5Nm-2,5Nm$ ), điều này có thể ảnh hưởng đến khả năng ứng phó của tàu thuyền trong trường hợp tránh va khẩn cấp, nhất là đối với tàu có kích thước lớn, gây sai lệch về đánh giá va chạm tàu biển.



Hình 1. Phương pháp đánh giá nguy cơ va chạm

Vì vậy, trong bài báo đã đề xuất giải pháp nâng cao độ tin cậy cho đánh giá này thông qua giải quyết các điểm yếu được phát hiện trên, được trình bày sơ bộ trong Hình 1.

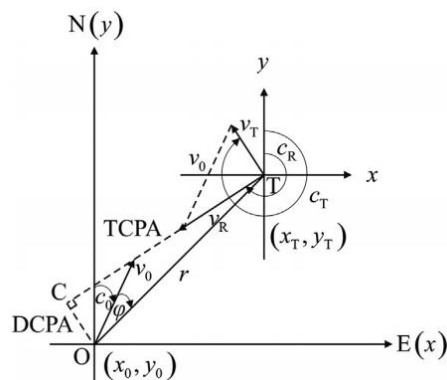
Từ Hình 1, xây dựng chi tiết lưu đồ đánh giá nguy cơ va chạm tàu biển được mô tả theo Hình 2.



Hình 2. Lưu đồ đánh giá nguy cơ va chạm tàu biển

### 2.1. Đánh giá sơ bộ

Như đã nói ở phần trên, độ tin cậy của dữ liệu khảo sát đầu vào quyết định rất nhiều đến các đánh giá về sau, do đó cần xử lý hai vấn đề quan trọng đối với dữ liệu đầu vào đó là đầy đủ và tin cậy. Trong bài báo này, tác giả đề xuất sử dụng dữ liệu từ mạng lưới đa radar của các tàu trong khu vực khảo sát (multi-radar network) kết hợp với các thiết bị thu thập thông tin vị trí sẵn có trên tàu (AIS, BTS) trong trường hợp có thể



Hình 3. Các thông số quan trọng trong hệ tọa độ

để nâng cao độ chính xác của dữ liệu. Trong quá trình theo dõi đa mục tiêu, một radar đơn lẻ khó có thể ước tính số lượng mục tiêu và trạng thái của chúng từ một chuỗi các nhiễu và độ phức tạp. Ngược lại, mạng đa

radar có thể cải thiện độ chính xác bằng cách giảm tính ngẫu nhiên của chuỗi dao động tại mọi thời điểm trong các vùng chồng lấp, hay việc không ổn định của các trang thiết bị thu phát như chớp tắt, thiếu thông tin về các vật thể không xác định (xác tàu, băng trôi, đảo nhỏ,...).

Các thông số quan trọng giữa tàu chủ ( $S_o$ ) và tàu mục tiêu ( $S_T$ ) được tính toán như sau:

$$r = \sqrt{(x_t - x_o)^2 + (y_t - y_o)^2} \quad (1)$$

$$v_r = \sqrt{v_o^2 + v_t^2 - 2v_o v_t \cos(c_t - c_o - \pi)} \quad (2)$$

$$c_r = \begin{cases} c_o - \arccos\left(\frac{v_r^2 + v_o^2 - v_t^2}{2v_r v_o}\right), & c_o < c_t \\ c_o + \arccos\left(\frac{v_r^2 + v_o^2 - v_t^2}{2v_r v_o}\right), & c_o \geq c_t \end{cases} \quad (3)$$

$$DCPA = r \sin(c_r - c_o - \varphi - \pi) \quad (4)$$

$$TCPA = \frac{r}{v_r} \cos(c_r - c_o - \varphi - \pi) \quad (5)$$

Trong đó,  $r$ ,  $v_r$  và  $c_r$  là khoảng cách, vận tốc và hướng tương quan giữa 2 tàu;  $(x_o, y_o)$ ,  $v_o$ ,  $c_o$  và  $(x_t, y_t)$ ,  $v_t$ ,  $c_t$  lần lượt là vị trí, vận tốc và hướng đi của tàu chủ và tàu mục tiêu.

Trong phương trình (4) và (5), có thể thấy DCPA và TCPA không tách rời nhau trong phân tích va chạm tàu biển; chúng phản ánh khả năng va chạm và mức độ va chạm. Ren và cộng sự đã chứng minh DCPA và TCPA tương ứng phụ thuộc vào chiều dài và tốc độ của tàu [7]. Các giá trị này được xác định bởi khoảng cách giữa hai tàu  $r$ , nên các lỗi quan sát tương ứng phải được giảm càng nhiều càng tốt.

## 2.2. Hàm tin cậy

Như đã biết, lý thuyết hàm tin cậy là một quy ước toán học linh hoạt dùng để xử lý thông tin không chắc chắn hay không đầy đủ, và giải quyết vấn đề xác suất trước đó bằng cách theo dõi một giá trị xác suất rõ ràng theo khả năng thiếu thông tin [1, 9]. Xem xét rằng ảnh hưởng của DCPA, TCPA và  $r$  là khác nhau, lý thuyết hàm tin cậy được áp dụng để kết hợp các hàm xác suất riêng lẻ, được coi là thuộc tính, để rút ra một đánh giá thuyết phục.

Theo đó, hàm thuộc tính có thể mô tả thông tin bằng cách biểu thị độ tin cậy bằng giá trị biên độ ở mức độ nhất định, lớn hoặc nhỏ. Ở đây, nhóm tác giả đề xuất một bộ hàm thuộc tính chuẩn theo quy định của SOLAS (VTS & SAFE NAVIGATION). [6, 8]

Đặt khoảng cách tiếp cận an toàn là  $d_L$ , được tính bằng công thức:

$$d_L = \begin{cases} 1.1 - \frac{0.2\varphi}{180^\circ}, & 0^\circ \leq \varphi \leq 112.5^\circ \\ 1.0 - \frac{0.4\varphi}{180^\circ}, & 112.5^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ \\ 1.0 - \frac{0.4(360^\circ - \varphi)}{180^\circ}, & 180^\circ \leq \varphi \leq 247.5^\circ \\ 1.1 - \frac{0.2(360^\circ - \varphi)}{180^\circ}, & 247.5^\circ \leq \varphi \leq 360^\circ \end{cases} \quad (6)$$

Theo công thức (6), có thể thấy khoảng cách vượt qua an toàn bằng hai lần khoảng cách tiếp cận an toàn, nghĩa là  $d_U = 2d_L$ . Giả sử hàm thuộc tính là kiểu phân bố sườn giảm dần theo phép tính thực tế. Đối với con tàu thứ  $i$ , ta có hàm thuộc tính ứng với DCPA và các giá trị thời gian dẫn tới đâm va và thời gian tránh va tương ứng  $t_L$ ,  $t_U$  được tính như sau:

$$\mu_1 S_i = \begin{cases} 1, & DCPA \leq d_L \\ \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \sin\left[\frac{\pi}{d_U - d_L} \left(DCPA - \frac{d_U + d_L}{2}\right)\right], & d_L < DCPA \leq d_U \\ 0, & DCPA > d_U \end{cases} \quad (7)$$

$$t_L = \frac{\sqrt{r^2 - DCPA^2}}{v_r} \quad (8)$$

$$t_U = \frac{\sqrt{12^2 - DCPA^2}}{v_r} \quad (9)$$

TCPA được xác định an toàn trong khoảng thời gian cho phép giữa  $t_L$  và  $t_U$ . Từ đó, hàm thuộc tính tương ứng tuân theo phân bố parabol giảm:

$$\mu_2 S_i = \begin{cases} 1, & TCPA \leq t_L \\ \left(\frac{t_U - TCPA}{t_U - t_L}\right)^2, & t_L < TCPA \leq t_U \\ 0, & TCPA > t_U \end{cases} \quad (10)$$

Giả sử khoảng cách tại vị trí ứng với hành động cuối cùng là  $r_L$  và được quyết định bởi chiều dài của tàu. Tương tự như công thức (7), ta có hàm thuộc tính tương ứng với  $r$  là:

$$\mu_3 S_i = \begin{cases} 1, & r \leq r_L \\ \left(\frac{r_U - r}{r_U - r_L}\right)^2, & r_L < r \leq t_U \\ 0, & r > t_U \end{cases} \quad (11)$$

Trong đó,  $r_U$  được xác định bởi:

$$r_U = 1.7 \cos(\varphi - 19^\circ) + \sqrt{4.4 + 2.89 \cos^2(\varphi - 19^\circ)} \quad (12)$$

Trong các biểu thức (7), (10) và (11), giá trị các hàm thuộc tính tăng khi DCPA, TCPA và  $r$  giảm xuống. Chin và Debnath (2009) đã chứng minh  $\mu_1 S_i$  có ảnh hưởng quan trọng đến đánh giá khả năng đâm va của tàu [2]. Nếu giá trị đó bằng không, không có va chạm xảy ra. Ngoài ra, cần xem xét cả  $\mu_2 S_i$  và  $\mu_3 S_i$  cùng nhau.

Từ đây, bắt đầu xuất hiện một vấn đề là các hàm thuộc tính khác nhau có thể dẫn tới các đánh giá khác nhau. Nếu các hàm thuộc tính này đánh giá một cách mơ hồ, chắc chắn sẽ xảy ra đánh giá sai. Để giải quyết

vấn đề này, áp dụng đánh giá theo lý thuyết hàm tin cậy, nghĩa là làm cho hàm thành viên trở thành một biến độc lập để hỗ trợ cho giả thuyết đưa ra. Cụ thể, tại khu vực khảo sát, giả sử có  $i$  tàu ( $i = 1, 2, \dots, S$ ) và mỗi tàu có  $j$  hàm thuộc tính ( $j = 1, 2, 3$ ) thì sẽ có hàm thuộc tối đa như sau:

$$\alpha_j = \max\{\mu_j(S_i)\} \quad (13)$$

Giả sử trọng số chuẩn là  $\varepsilon_j$ , hàm thuộc tính tương đối lớn nhất là:

$$\beta_j = \frac{\varepsilon_j \alpha_j}{\sum_{i=1}^S \mu_j(S_i)} \quad (14)$$

Hơn nữa, hệ số độ tin cậy theo đó có thể được xác định bằng [5]:

$$\gamma_j = \frac{\alpha_j \beta_j}{\sum_{j=1}^3 \alpha_j \beta_j} \quad (15)$$

Trong phương trình (15) trên,  $\alpha_j \beta_j$  thể hiện cả sự so sánh ngang giữa con tàu nguy hiểm nhất và những con tàu khác trong cùng hàm thuộc tính, và so sánh dọc giữa các hàm thuộc tính khác nhau [9]. Gargiulo và cộng sự (2012) đã cung cấp một số quy tắc kết hợp sửa đổi để tính hàm gán thuộc tính xác suất [4]. Bài báo đã sử dụng phương trình sau để biểu thị hàm gán xác suất được chuẩn hóa:

$$m_j(S_i) = \frac{\mu_j(S_i)}{\sum_{i=1}^S \mu_j(S_i) + 3(1-\gamma_j)(1-\alpha_j \beta_j)} \quad (16)$$

Vì tổng của tất cả hàm gán cho mỗi giả thuyết đều bằng 1, nên hàm gán không chắc chắn là:

$$m_j(\theta) = 1 - \sum_{i=1}^S m_j(S_i) \quad (17)$$

Theo lý thuyết hàm tin cậy, hàm gán kết hợp dựa trên hai hàm thuộc tính có thể được viết lại như sau:

$$\begin{aligned} m_{1 \cap 2}(S_i) &= m_1(S_i) \oplus m_2(S_i) \\ &= \frac{\sum_{p_1 \cap p_2 \neq \emptyset} m_1(S_{p_1}) m_2(S_{p_2})}{1 - \sum_{p_1 \cap p_2 = \emptyset} m_1(S_{p_1}) m_2(S_{p_2})} \\ &= \frac{m_1(S_{p_1}) m_2(S_{p_2}) + m_1(S_{p_1}) m_2(S_{p_2})(\theta) + m_1(\theta) m_2(S_{p_2})}{1 - \sum_{p_1=1}^S m_1(S_{p_1}) \sum_{p_2=1}^S m_2(S_{p_2})} \end{aligned} \quad (18)$$

Với  $p_2 \neq p_1$ .

Tương tự, khi đó hàm gán kết hợp không chắc chắn sẽ là:

$$m_{1 \cap 2}(\theta) = 1 - \sum_{i=1}^S m_{1 \cap 2}(S_i) \quad (19)$$

Cuối cùng, hàm xác suất tin cậy chung được xác định:

$$\begin{aligned} m_{1 \cap 2 \cap 3}(S_i) &= m_1(S_i) \oplus m_2(S_i) \oplus m_3(S_i) \\ &= m_{1 \cap 2}(S_i) \oplus m_3(S_i) \\ &= \frac{\sum_{i \cap p_3 \neq \emptyset} m_{1 \cap 2}(S_i) m_3(S_{p_3})}{1 - \sum_{i \cap p_3 = \emptyset} m_{1 \cap 2}(S_i) m_3(S_{p_3})} \end{aligned}$$

$$= \frac{m_{1 \cap 2}(S_i) m_3(S_{p_3}) + m_{1 \cap 2}(S_i) m_3(\theta) + m_{1 \cap 2}(\theta) m_3(S_{p_3})}{1 - \sum_{i=1}^S m_{1 \cap 2}(S_i) \sum_{p_3=1}^S m_3(S_{p_3})}$$

Với  $p_3 \neq i$ . (20)

Trong phương trình (20),  $m_{1 \cap 2 \cap 3}(S_i)$  đại diện cho mức độ xảy ra khả năng va chạm. Giá trị này càng lớn thì khả năng xảy ra va chạm càng cao. Hàm tin cậy đem lại mức độ chắc chắn của kết quả, trong đó giá trị tin cậy tối đa sẽ được xem xét trong quá trình ra quyết định khẩn cấp. Do đó, mức độ ưu tiên của khả năng va chạm nên được sắp xếp theo thứ tự giảm dần khi tàu chủ gặp nhiều tàu mục tiêu, trong đó tàu mục tiêu có giá trị cao nhất có thể được coi là tàu biển nguy hiểm nhất.

### 3. Kết quả thực nghiệm

Để minh chứng hiệu quả của phương pháp đã đề xuất, bài báo sử dụng dữ liệu vị trí từ trạm VTS Hải Phòng với khu vực khảo sát tại vùng giao thông phức tạp tại cửa vào luồng Hải Phòng. Đồng thời, nâng cao dữ liệu đầu vào  $d$  của phương pháp HCAAP lên tới 3,5Nm và không dừng lại ở 1 nhóm 2 tàu, nhằm đánh giá rủi ro va chạm tại khu vực hẹp hơn một cách hiệu quả. Dữ liệu mô phỏng được tính toán và phân tích bằng công cụ Matlab.

#### 3.1. Đánh giá sơ bộ

Ban đầu, tại khu vực khảo sát, với  $d = 3,5\text{Nm}$ , xuất hiện 5 nhóm tàu gần nhau có khả năng tồn tại nguy cơ đâm va (Hình 4).



Hình 4. Đánh giá ban đầu bằng thuật toán phân cụm

Thông qua phương pháp xử lý lọc dữ liệu sơ bộ dựa trên hướng tàu và tốc độ tàu mà phương pháp HCAAP đề xuất chỉ còn lại 3 nhóm tàu nguy hiểm là 3, 4, 5 là còn khả năng xảy ra va chạm (loại bỏ nhóm 1, 2) [3]. Bên cạnh đó, khi thu hẹp thông số  $d$  xuống 2,5Nm, các nhóm tàu có chung nhóm nguy cơ cao đó là 4 tàu HIENANH 688, TANN NGUYEN C50, tàu neo-

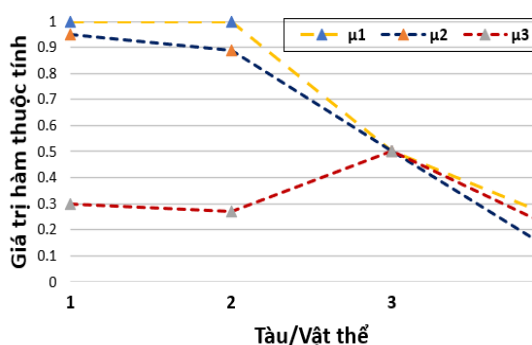
P2 và tàu JINHAILAN (gọi tắt theo lý thuyết tin cậy lần lượt là tàu 1, 2, 3, 4) nên công việc tính toán, đánh giá được giảm nhẹ so với việc phải đánh giá toàn bộ tàu trong khu vực. Các thông số quan trọng của các tàu nguy cơ được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Thông số của các tàu có nguy cơ

| Tàu/Vật thể        | 1                                    | 2    | 3    | 4    |
|--------------------|--------------------------------------|------|------|------|
| Length (m)         | 80                                   | 25   | 106  | 122  |
| Speed (Kn)         | 17,5                                 | 13,7 | 0    | 22,4 |
| Course (deg)       | 115                                  | 286  | -    | 115  |
| Bearing (deg)      | 358                                  | 10   | 349  | 138  |
| DCPA (Nm)          | 0.3                                  | 0,13 | -    | 0,38 |
| TCPA (min)         | 3,93                                 | 3,96 | -    | 9,3  |
| r (Nm)             | 2,02                                 | 2,02 | 0,62 | 0,76 |
| Tình huống va chạm | Head-on Head-on Watching Over-taking |      |      |      |

### 3.2. Hàm thuộc tính

Từ các dữ liệu thu thập trong Bảng 1 trên và lý thuyết hàm tin cậy đã nêu trong phần 2, máy tính tính toán được các giá trị hàm thuộc tính ( $\mu_1$   $\mu_2$   $\mu_3$ ) của các tàu tương ứng như trong Hình 5.



Hình 5. Giá trị hàm thuộc tính của các tàu nguy cơ cao

Dựa vào các kết quả trong Hình 5 có thể đánh giá tạm thời được trong khu vực khảo sát:

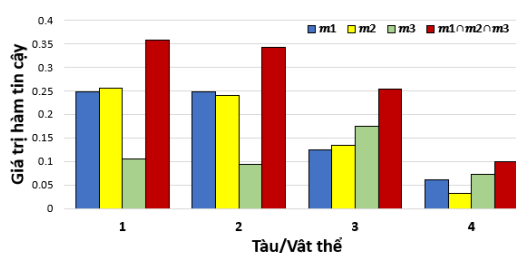
- 1 - Khả năng đâm va của 2 tàu 1 và 2 là rất cao, cần có biện pháp xử lý kịp thời.
- 2 - Tàu thuyền neo đậu số 3 có ảnh hưởng rất lớn tới quá trình điều động tránh va của 2 tàu 1 và 2.
- 3 - Tàu số 4 ít có khả năng xảy ra va chạm với các tàu còn lại, nhưng vẫn cần duy trì theo dõi quan sát tình huống xử lý tránh va của các tàu 1 và 2 để đưa ra phương án điều động hợp lý do hướng tàu và vị trí tàu hành trình đang ở gần khu vực điều động tránh va.

4 - Các tàu còn lại trong khu vực khảo sát hoạt động an toàn bình thường.

5 - Ảnh hưởng của chiều dài các con tàu trong trường hợp này đối với tình huống xảy ra va chạm là không nhiều.

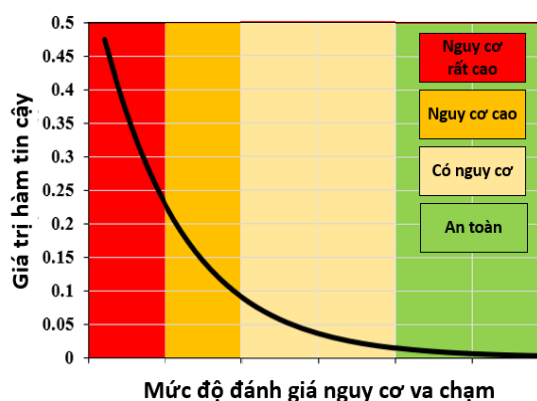
### 3.3. Hàm tin cậy

Các đánh giá cơ bản dựa trên kết quả từ các giá trị hàm thuộc tính phần nào thể hiện được tình hình thực tế nguy cơ xảy ra va chạm tại khu vực này. Tuy nhiên, để có một cái nhìn chắc chắn và toàn diện như đã trình bày ở phần 2, cần đảm bảo độ tin cậy của các đánh giá sơ bộ trên thông qua các kết quả của hàm tin cậy, đặc biệt là chỉ số xác suất của hàm tin cậy chung ( $m_{1\cap 2\cap 3}$ ).



Hình 6. Giá trị hàm tin cậy xác suất của mỗi tàu

Hình 6 thể hiện các kết quả  $m_1$   $m_2$   $m_3$  và  $m_{1\cap 2\cap 3}$  của mỗi tàu nguy cơ cao trong khu vực khảo sát. Rõ ràng rằng tàu 1 đang có chỉ số  $m_{1\cap 2\cap 3}$  cao nhất đồng nghĩa với việc đây là tàu gặp nhiều nguy hiểm nhất và tàu 4 là tàu an toàn nhất trong khu vực tại thời điểm đánh giá. Đồng thời cũng cho người đánh giá một cái nhìn toàn diện về khả năng xảy ra va chạm giữa các tàu và các mối nguy trong tình huống phân tích. Bên cạnh đó, còn cho thấy tính hiệu quả và thực dụng của hàm xác suất tin cậy trong khu vực khảo sát.



Hình 7. Mức độ đánh giá nguy cơ va chạm dựa trên giá trị của hàm tin cậy

Trong một quá trình dài thử nghiệm tại nhiều khu vực và thời điểm khác nhau chúng tôi nhận thấy với giá trị hàm tin cậy càng tiệm cận tới 0,5, khả năng xảy ra va chạm càng cao, mức độ này giảm dần và thông thường với giá trị dưới 0,1 tàu đang ở mức vận hành an toàn tránh va như thể hiện ở Hình 7.

Trên đây là một ví dụ thực nghiệm điển hình minh chứng cho hiệu quả của phương pháp đánh giá bằng kết hợp thuật toán phân cụm và hàm tin cậy mà chúng tôi đề xuất.

#### 4. Kết luận

Bài báo đã đề xuất một phương pháp khác là đánh giá rủi ro va chạm tàu hiệu quả thông qua kết hợp phương pháp phân cụm tàu có nguy cơ xảy ra va chạm kết hợp với phân loại khả năng xảy ra đâm va bằng lý thuyết hàm tin cậy. Thực nghiệm cũng cho thấy kết quả nghiên cứu phù hợp với thực tế, thuận tiện cho sự quan sát an toàn và người vận hành tàu tại khu vực đánh giá để dự đoán trước các tàu biển có nguy cơ cao xảy ra va chạm.

Kết quả thực nghiệm cũng chứng minh độ tin cậy của phương pháp đề xuất có hiệu quả tốt hơn so với các phương pháp trước đây như mạng nơ-ron, logic mờ hay phương pháp riêng lẻ (Bảng 2).

**Bảng 2. So sánh hiệu suất của các phương pháp**

| Phương pháp    | Thời gian tính toán (s) | Độ chính xác (%) |
|----------------|-------------------------|------------------|
| Fuzzy logic    | 0,93                    | 90               |
| Neural network | 1,42                    | 100              |
| HCAAP          | 0,56                    | 90               |
| Hàm tin cậy    | 1,24                    | 100              |
| P.P. đề xuất   | 0,91                    | 100              |

Phương pháp này đã tận dụng ưu điểm việc đánh giá sơ bộ mà phương pháp HCAAP đề xuất, giúp người đánh giá giảm thiểu công việc đánh giá những mục tiêu không cần thiết. Khắc phục yếu điểm về rủi ro sai lệch khi lựa chọn yếu tố đầu vào  $d$  và các đánh giá chủ quan ở bước đánh giá sơ bộ bằng kết quả lý thuyết hàm tin cậy, nâng cao độ chính xác, phân loại và nắm bắt tình huống xảy ra va chạm cho những tàu biển có khả năng cao xảy ra nguy cơ va chạm.

Hơn nữa, phương pháp đề xuất còn xét tới đánh giá khả năng va chạm bao gồm ảnh hưởng của chiều dài con tàu có nguy cơ trong khu vực khảo sát. Đây là một ưu điểm lớn so với phương pháp khác và có thể áp dụng linh hoạt ở khu vực giao thông hàng hải phức tạp, vùng nước hẹp hay thậm chí là khu vực rộng

ngoài biển. Điều mà hai phương pháp HCAAP và DBSCAN chưa làm được.

Ngoài ra, va chạm tàu biển xảy ra hay không, ngoài yếu tố khoảng cách, vận tốc, chiều dài tàu, còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố như sóng gió, dòng chảy, mật độ giao thông, điều kiện thời tiết, con người,... nhưng có thể nói đây là phương pháp đơn giản và tối ưu để phân loại tàu biển có nguy cơ đâm va cao.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Andrzej Skowron, (1990). *The Rough Sets Theory and Evidence Theory*. Fundamenta Informaticae, Vol.13(3), pp.245-262.
- [2] Chin, H.C., Debnath, A.K., (2009). *Modeling perceived collision risk in port water navigation*. Safety Science 47, pp.1410-1416.
- [3] Dang-Thai Vu, Jae-Yong Jeong, (2021). *Collision Risk Assessment by using Hierarchical Clustering Method and Real-time Data*, Korean Society of Marine Environment & Safety. Vol.27, No.4, pp.483-491.
- [4] Gargiulo, F., Mazzariello, C., Sansone, C., (2012). *Automatically building datasets of labeled IP traffic traces: a self-training approach*. Applied Soft Computing, Vol.12 (6), pp.1640-1649.
- [5] Han, C.Z., Zhu, H.Y., Duan, Z.S., (2010). *Multi-source Information Fusions*. Tsinghua Press, Beijing, China.
- [6] IMO, (2021). Nghị quyết A.1158(32).
- [7] Ren, Y.L., Mou, J.M., Yan, Q.X., Zhang, F., (2011). *Several experience of ship collision avoidance*. 2012 2nd Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet).
- [8] SOLAS 1974. Chapter V - Safety of navigation.
- [9] Wang, J.S., Li, J.L., (2011). *Overview of D-S evidence theory modification*. Information Research 37 (6), pp.4-7.
- [10] Zhen, R., M. Riveiro, and Y. Jin(2017), *A novel analytic framework of real-time multi-vessel collision risk assessment for maritime traffic surveillance*. Ocean Engineering, Vol.145, pp.492-501.

|                    |            |
|--------------------|------------|
| Ngày nhận bài:     | 30/06/2023 |
| Ngày nhận bản sửa: | 10/07/2023 |
| Ngày duyệt đăng:   | 19/07/2023 |