

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ ĐÂM VÀ TÀU  
SỬ DỤNG DỮ LIỆU THỰC VÀ THUẬT TOÁN PHÂN CỤM PHÂN CẤP  
RESEARCH ON SHIP COLLISION RISK ASSESSMENT USING REAL DATA  
AND HIERARCHICAL CLUSTERING ALGORITHM

VŨ ĐĂNG THÁI\*, ĐỖ CÔNG HOAN, NGUYỄN BÁ THẮNG

Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

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

**Tóm tắt**

Va chạm tàu trong tai nạn hàng hải là một trong những sự cố nghiêm trọng, gây ra hậu quả lớn về người và tài sản. Va chạm thường xảy ra do nhiều nguyên nhân chủ yếu là do sự chủ quan, thiếu chú ý của người điều khiển, điều kiện thời tiết xấu, hoặc sự cố kỹ thuật. Khi hai hoặc nhiều tàu va chạm, không chỉ gây thiệt hại về tàu thuyền mà còn có thể dẫn đến các sự cố đi kèm như tràn dầu, ô nhiễm môi trường và ảnh hưởng đến an toàn hàng hải,... Để giảm thiểu rủi ro, việc tuân thủ các quy định hàng hải, cải thiện công nghệ giám sát và đào tạo thuyền viên là rất cần thiết,... Trong bài báo này, tác giả xác định và phân tích các yếu tố có thể dẫn đến sự cố đâm và giữa các nhóm tàu lân cận, từ đó đề xuất các biện pháp phòng ngừa hiệu quả. Bằng cách thu thập dữ liệu thực tế vị trí tàu từ các hệ thống giám sát giao thông hàng hải trong khu vực khảo sát, áp dụng thuật toán phân cụm phân cấp để phân loại các tình huống và điều kiện cụ thể có nguy cơ cao. Qua đó, có thể đánh giá đưa ra các dự báo và khuyến cáo cần thiết cho các nhóm tàu có khả năng cao xảy ra va chạm.

**Từ khóa:** Va chạm tàu, dữ liệu thực, phân tích dữ liệu, đánh giá nguy cơ, thuật toán phân cụm.

**Abstract**

Ship collisions in maritime accidents are one of the most serious incidents, causing significant consequences for both people and property. Collisions often occur due to various reasons, primarily due to the complacency and lack of attention of the navigators, poor weather conditions, or technical failures. When two or more vessels collide, it not only results in damage to the ships but can also lead to accompanying incidents such as oil spills, environmental pollution, and impacts on maritime safety. To minimize risks, compliance with maritime regulations, improving monitoring technology, and training crew members are essential. In this paper, we identify and analyze

the factors that may lead to collision incidents between nearby groups of vessels, and subsequently propose effective preventive measures. By collecting real-time vessel position data from maritime traffic monitoring systems in the surveyed area and applying hierarchical clustering algorithms to classify specific high-risk situations and conditions, that can assess and provide necessary forecasts and recommendations for vessel groups that are likely to collide.

**Keywords:** Ship collision, real-time data, data analysis, risk assessment, clustering algorithms.

**1. Đặt vấn đề**

Đánh giá nguy cơ đâm và tàu là một vấn đề cấp bách trong ngành vận tải hàng hải, đặc biệt trong bối cảnh gia tăng lưu lượng giao thông trên các tuyến đường biển và sự phát triển nhanh chóng của ngành Công nghiệp hàng hải. Những sự cố đâm và tàu không chỉ gây thiệt hại về tài sản mà còn đe dọa đến tính mạng con người và môi trường biển. Do đó, việc phát triển các phương pháp đánh giá nguy cơ một cách chính xác và hiệu quả là vô cùng cần thiết.

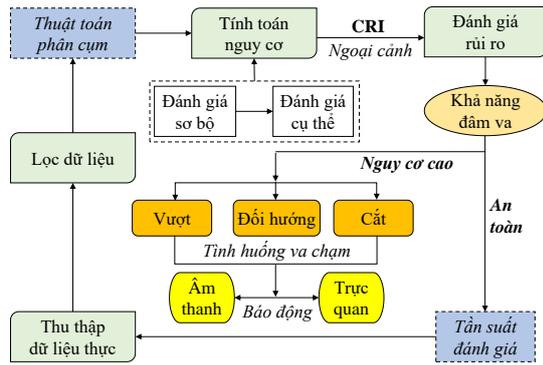
Đã có nhiều nghiên cứu đưa ra các phương pháp khác nhau để thực hiện đánh giá hay ngăn ngừa rủi ro va chạm tàu trong khu vực khảo sát, như các phương pháp đánh giá rủi ro: IWRAP [3], PAWSA [1], FSA [2], PARK [5],... phân cụm nguy cơ va chạm dựa trên mật độ tàu thuyền: DBSCAN [7], CRI [7, 8], hay sử dụng dữ liệu thực để đánh giá [6, 7]. Tuy nhiên, nhược điểm của các phương pháp này là lượng dữ liệu khảo sát quá lớn, khiến cho việc đánh giá tiêu tốn nhiều thời gian, giá thành thực hiện của phương pháp cũng rất cao ảnh hưởng đến tính kinh tế mà các nghiên cứu đó mang lại [3].

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sẽ tập trung vào việc sử dụng dữ liệu thực tế từ các hệ thống giám sát hàng hải, xử lý dữ liệu ban đầu để giảm tải những phân tích không cần thiết và áp dụng thuật toán phân cụm phổ thông để tính toán và đánh giá nguy cơ đâm và tàu. Thuật toán phân cụm có khả năng xử lý và phân tích dữ liệu lớn, giúp xác định, theo dõi và dự

đoán hành vi di chuyển của nhiều tàu, từ đó nhận diện những tình huống có nguy cơ cao xảy ra va chạm. Kết quả của nghiên cứu không chỉ đóng góp vào việc nâng cao an toàn hàng hải mà còn hỗ trợ các nhà quản lý trong việc ra quyết định hiệu quả hơn nhằm bảo vệ tài sản và con người trên biển. Lý thuyết về phương pháp nghiên cứu được trình bày trong phần tiếp theo.

## 2. Lý thuyết phương pháp nghiên cứu

Lý thuyết thực hiện nghiên cứu đánh giá mô tả trong Hình 1.



Hình 1. Lưu đồ lý thuyết đánh giá rủi ro đâm va tàu

Cụ thể, phương pháp thực hiện nghiên cứu gồm 5 bước chính, bao gồm:

- Bước 1: Thu thập dữ liệu thực - Dữ liệu thực được thu thập từ các hệ thống giám sát quản lý giao thông hàng hải như các trạm VTS, thiết bị AIS trên tàu.

- Bước 2: Lọc dữ liệu - Bước tiền xử lý dữ liệu để loại bỏ các dữ liệu an toàn, không cần thiết tính toán hay đánh giá nhằm tiết kiệm thời gian xử lý cũng như lượng dữ liệu lớn.

- Bước 3: Tính toán nguy cơ va chạm - Ứng dụng thuật toán phân cụm để tính toán nhóm tàu có nguy cơ va chạm sử dụng giá trị khoảng cách, và lọc ra nhóm tàu có nguy cơ va chạm cao ban đầu thông qua đánh giá sơ bộ và đánh giá cụ thể.

- Bước 4: Đánh giá rủi ro - Phân tích tác động của ngoại cảnh và chỉ số va chạm CRI (collision risk index) của các nhóm tàu nguy cơ cao để đánh giá rủi ro đâm va.

- Bước 5: Báo động - Dựa vào kết quả tính toán trong Bước 4 để quyết định đưa ra báo động với các tình huống va chạm dự đoán cụ thể hay tiếp tục thực hiện quy trình đánh giá theo tần suất thời gian cho trước trong trường hợp không xuất hiện nhóm tàu có nguy cơ va chạm.

Các bước thực hiện cụ thể được trình bày trong phần tiếp theo.

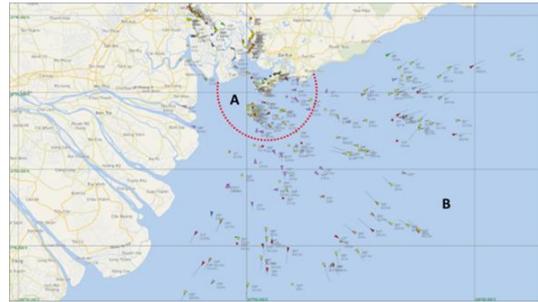
## 3. Thực hiện nghiên cứu

### 3.1. Thu thập dữ liệu thực

Trong nghiên cứu này, để đánh giá hiệu quả của mô hình nghiên cứu, nhóm tác giả sử dụng dữ liệu thực thu thập tại khu vực biển Vũng Tàu.

Cảng Vũng Tàu là một cụm cảng biển, một trong những đầu mối vận tải biển của Việt Nam. Đây là cửa ngõ vào cảng Sài Gòn, lớn nhất, rộng nhất và luôn tấp nập tàu thuyền qua lại. Do đó, giao thông hàng hải tại đây thường nhộn nhịp và tiềm ẩn nguy cơ va chạm ở khu vực này. Việc lựa chọn khu vực biển này sẽ mang lại độ tin cậy tối ưu cho đánh giá hiệu quả hoạt động của phương pháp đề xuất. Khu vực biển Vũng Tàu gồm hai vùng chính là vùng ven biển (A) và khu vực hàng hải quốc tế (B) (Hình 2).

Dữ liệu thực được thu thập từ hệ thống VTS Sài Gòn - Vũng Tàu do Cục Hàng hải Thành phố Hồ Chí Minh quản lý trong thời gian 03 tháng, được mô tả ví dụ một tình huống để đánh giá như trong Hình 2.



Hình 2. Dữ liệu thực tại vùng biển Vũng Tàu

### 3.2. Lọc dữ liệu

Trong nghiên cứu này, thao tác lọc dữ liệu tồn tại ở hai bước:

- Một là sau Bước 1, bước tiền xử lý dữ liệu trước khi sử dụng mô hình tính toán gồm các dữ liệu trùng lặp (là dữ liệu đã đánh giá an toàn ở chu kỳ trước), dữ liệu lỗi và dữ liệu an toàn (dữ liệu độc lập không có khả năng xảy ra nguy cơ);

- Hai là sau Bước 3, bước đánh giá sơ bộ trong mô hình tính toán gồm các đối tượng không có khả năng xảy ra va chạm, ví dụ như tàu thuyền ở gần nhau nhưng đã vượt qua nhau, tàu thuyền không di chuyển.

Cụ thể, để thực hiện lọc dữ liệu, cần quan tâm đến ba yếu tố chính: Vị trí, tốc độ và hướng tương quan.

Công thức (1) tính vận tốc của tàu mục tiêu:

$$\vec{u}_i = \frac{\sqrt{(\text{lat}_{t2} - \text{lat}_{t1})^2 + (\text{long}_{t2} - \text{long}_{t1})^2}}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

Trong đó: -  $u_i$  là tốc độ trung bình của tàu  $i$ ;  
 -  $long_{i1}, lat_{i1}, long_{i2}, lat_{i2}$  là tọa độ kinh độ và vĩ độ của tàu  $i$  tại thời điểm  $t_2$  và  $t_1$ .

Nếu  $u_i < 3$  knots được xem như tàu  $i$  đang buộc hoặc neo (trạng thái bất động) không có khả năng gây nguy hiểm cho tàu khác.

Công thức (2) và (3) xác định giá trị khoảng cách tương quan giữa hai tàu  $a$  và  $b$  bất kỳ tại thời điểm  $i$  và  $j$  bất kỳ gần sau đó:

$$d_i = \sqrt{(lat_{a_i} - lat_{b_i})^2 + (long_{a_i} - long_{b_i})^2} \quad (2)$$

$$d_j = \sqrt{(lat_{a_j} - lat_{b_j})^2 + (long_{a_j} - long_{b_j})^2} \quad (3)$$

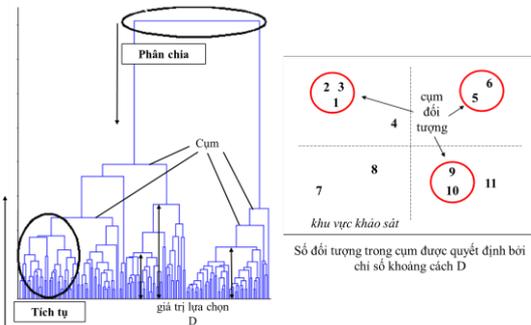
Trong đó: -  $d_i, d_j$  lần lượt là khoảng cách tương đối giữa tàu  $a$  và  $b$  ở thời điểm  $i$  và  $j$ ;

Nếu  $d_i < d_j$ , có nghĩa rằng hai tàu đang dần đi xa nhau là an toàn nên dữ liệu về cụm tàu này được lọc bỏ;

Nếu  $d_i \geq d_j$ , tàu thuyền song song hoặc đang tiếp cận nhau, cần theo dõi thêm, dữ liệu được giữ lại.

### 3.3. Xác định cụm tàu thuyền có nguy cơ va chạm bằng thuật toán phân cụm phân cấp

Lý thuyết về thuật toán phân cụm phân cấp được mô tả trong Hình 3.

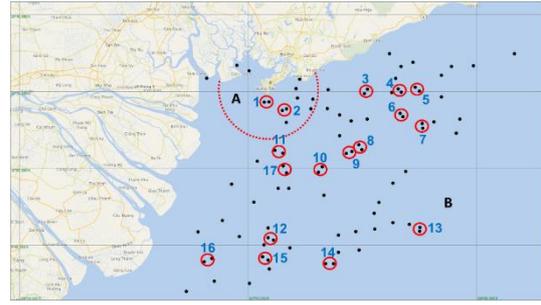


**Hình 3. Lý thuyết hoạt động của thuật toán phân cụm phân cấp**

Cụ thể, thuật toán phân cụm phân cấp xác định các đối tượng gần nhau dựa trên quyết định chỉ số khoảng cách của mỗi cụm (giá trị lựa chọn D), mỗi chỉ số D khác nhau cho số lượng cụm khác nhau, số đối tượng tối thiểu trong mỗi cụm là 2.

Ứng dụng thuật toán trong vấn đề nghiên cứu, áp dụng hướng tích tụ cho lựa chọn tham số D để nhóm cụm các cặp tàu thuyền gần nhau trong khu vực khảo sát ví dụ trong Hình 2 được thể hiện trong Hình 4.

Việc sử dụng thuật toán phân cụm phân cấp đã được chứng minh có nhiều ưu điểm hơn so với các phương pháp đã thực hiện:



**Hình 4. Phân cụm tàu thuyền trong vùng khảo sát**

- Thời gian tính toán nhanh, tiết kiệm thời gian xác định.

- Độ tin cậy cao do phương pháp tính toán xác định không bị ảnh hưởng bởi nhiễu tham số thành phần.

- Loại bỏ yếu tố cảm tính trong xác định chỉ số đầu vào  $d$ .

So sánh về thời gian tính toán và độ chính xác của các mô hình trước đó đã được tác giả Cổ Tấn Anh Vũ cùng cộng sự thực hiện [8], tác giả so sánh kết quả nghiên cứu của mình với các kết quả đó mô tả trong Bảng 1.

**Bảng 1. So sánh hiệu suất của các phương pháp tính toán**

Phương pháp	Thời gian	Độ chính xác
Fuzzy logic	0.93s	90%
Neural network	1.42s	100%
Hàm tin cậy	1.24s	100%
Kết hợp	0.91s	100%
DBSCAN	5.00s	-
Phân cụm phân cấp	0.68s	100%

### 3.4. Đánh giá rủi ro

Sau khi đã có các cụm tàu thuyền gần nhau, và lọc ra những cụm không có nguy cơ va chạm như trình bày trong mục 3.2, thực hiện tính toán các chỉ số DCPA, TCPA và CRI trong mỗi cụm. Khoảng cách giữa hai tàu được tính bởi công thức (4):

$$Distance = \Delta long / \sin(Bearing) \quad (4)$$

Trong đó, các giá trị liên quan được tính bởi các công thức sau:

$$\Delta long = |long_a - long_b| \quad (5)$$

$$\Delta lat = |lat_a - lat_b| \quad (6)$$

$$MP = 7915.7045 \log \left[ \tan \left( \frac{\pi}{4} + \frac{lat}{2} \right) \left( \frac{1 - \epsilon \sin(lat)}{1 + \epsilon \sin(lat)} \right)^{e/2} \right] \quad (7)$$

$$DMP = |MP_a - MP_b| \quad (8)$$

$$Bearing = \arctan(DMP / \Delta long) \quad (9)$$

Tốc độ tương đối ( $S_r$ ) và hướng tương đối ( $C_r$ ) giữa hai tàu được tính như sau:

$$S_r = \sqrt{Sog_a^2 + Sog_b^2 + 2Sog_a Sog_b \cos(Cog_b - Cog_a)} \quad (10)$$

$$C_r = \begin{cases} Cog_a - \arccos\left(\frac{S_r^2 + Sog_a^2 - Sog_b^2}{2S_r Sog_a}\right) & Cog_a < Cog_b \\ Cog_a + \arccos\left(\frac{S_r^2 + Sog_a^2 - Sog_b^2}{2S_r Sog_a}\right) & Cog_a \geq Cog_b \end{cases} \quad (11)$$

Từ đó, DCPA và TCPA có thể được tính toán theo công thức sau [4]:

$$DCPA = Dist * \sin(C_r - Cog_a - Bearing - \pi) \quad (12)$$

$$TCPA = Dist * \frac{\cos(C_r - Cog_a - Bearing - \pi)}{S_r} \quad (13)$$

Chỉ số nguy cơ va chạm tàu CRI thành phần được tính bởi công thức:

$$CRI_d = a_d \exp(b_d DCPA) \quad (14)$$

$$CRI_t = a_t \exp(b_t TCPA) \quad (15)$$

Trong đó  $a$  và  $b$  là các hệ số điều chỉnh có thể ước tính theo ý kiến của các chuyên gia hàng hải và sĩ quan trực ca trong hệ thống giao thông tàu thuyền.

Áp dụng tính toán tại vùng biển Vũng Tàu ứng với các tham số biên của DCPA, TCPA,  $CRI_d$ ,  $CRI_t$  được các chỉ số  $a$  và  $b$  lần lượt như thể hiện trong Bảng 2.

**Bảng 2. Lựa chọn tham số tính toán CRI thành phần**

DCPA(Nm)	$CRI_d$	$a_d$	$b_d$
1.5	0.01	1.375	-3.282
0.1	0.99		
TCPA(mins)	$CRI_t$	$a_t$	$b_t$
30	0.01	2.482	-0.184
5	0.99		

CRI kết hợp dựa trên  $CRI_d$  và  $CRI_t$  được tính theo công thức sau:

$$CRI = \alpha CRI_d + \beta CRI_t \quad (16)$$

Các tham số  $\alpha$  và  $\beta$  là trọng số của  $CRI_d$  và  $CRI_t$ , tổng của  $\alpha$  và  $\beta$  là 1 và giá trị của chúng có thể được thiết lập theo các đặc điểm cụ thể của mỗi khu vực giao thông hàng hải.

Mô hình toán học trên được áp dụng cho mọi cụm tàu, CRI của mỗi tàu bị đe dọa bởi các tàu khác trong cùng cụm sẽ được thu thập. Do đó, ma trận CRI của mỗi tàu gặp phải trong cụm có thể được xếp hạng và các tàu có chỉ số rủi ro và va chạm cao trong cụm sẽ được lọc và làm nổi bật cho người vận hành trực ca tại trung tâm giám sát giao thông tàu.

### 3.5. Đánh giá khả năng đâm va

Khả năng xảy ra đâm va trong mỗi cụm tàu nguy cơ sẽ quyết định bởi hai yếu tố:

- Một là chỉ số CRI, đã được tính toán theo công thức (16) sẽ cho ra kết quả phân loại phân cấp cụm tàu thuyền có nguy cơ cao theo chỉ số CRI từ cao đến thấp.

Bảng mô tả nguy cơ xảy ra va chạm theo CRI được mô tả trong Bảng 3.

**Bảng 3. Phân loại nguy cơ rủi ro va chạm theo CRI**

CRI	0~0.5	0.5~0.1	Trên 1
Đánh giá	An toàn	Nguy hiểm	Rất nguy hiểm

Tuy nhiên, chỉ số CRI mục tiêu chính là đánh giá nguy cơ xảy ra va chạm theo thông tin vị trí và hướng tàu chạy xác định trước, chỉ số này cảnh báo các cụm tàu có nguy cơ va chạm cao tới nhân viên giám sát tại trạm VTS, còn tình huống va chạm có thực sự xảy ra hay không phụ thuộc thêm vào yếu tố thứ hai.

- Hai là điều kiện ngoại cảnh thực tế, bao gồm thông tin thực tế về loại tàu, điều kiện thời tiết sóng gió, mật độ giao thông tại khu vực. Ví dụ với cụm nguy cơ có tàu cá dễ điều động và có thói quen vãn hoá đi song song hay thường xuyên cắt mặt các tàu thuyền lớn, chỉ số CRI sẽ rất cao.

Những điều kiện ngoại cảnh này thậm chí còn ảnh hưởng đến quyết định giá trị giới hạn biên tính toán CRI của người sử dụng. Chẳng hạn như với những khu vực hàng hải rộng lớn, mật độ giao thông thưa thớt, các giới hạn của DCPA, TCPA có thể được nâng lên cao hơn để tránh các cảnh báo không cần thiết.

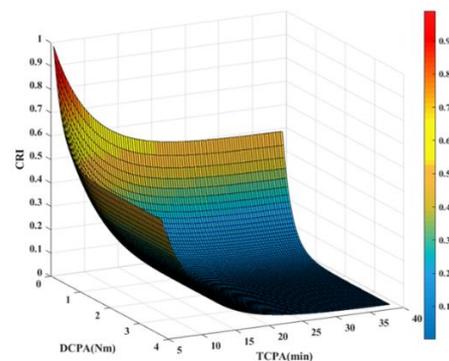
Kết quả phân tích dựa trên ví dụ trong Hình 2 được trình bày sau đây sẽ chứng minh cho điều đó.

## 4. Kết quả nghiên cứu và đánh giá

### 4.1. Các kết quả

Trong thời gian áp dụng mô hình để theo dõi thu thập dữ liệu và đánh giá tại vùng biển Vũng Tàu, sau nhiều lần thay đổi lựa chọn, áp dụng tham số khoảng cách phù hợp  $D = 2,5Nm$  và các chỉ số nguy cơ cao tính toán tại Bảng 2, đạt được các kết quả sau:

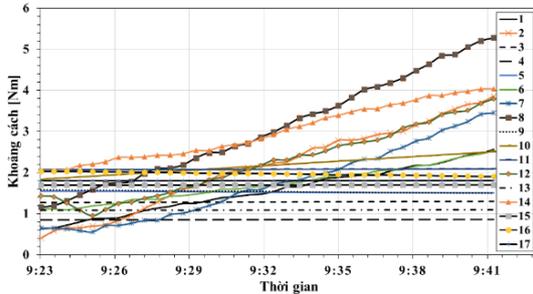
- Nếu ảnh hưởng của khoảng cách và thời gian là tương đương ( $\alpha$  và  $\beta$  đều bằng 0,5) thì CRI thay đổi



**Hình 5. CRI thay đổi với DCPA và TCPA**

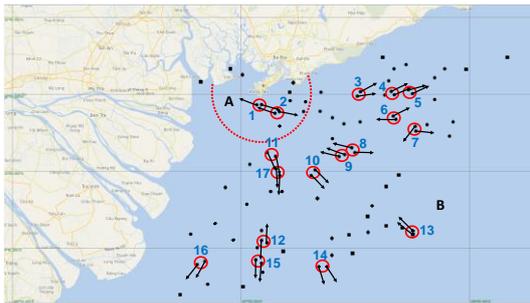
cùng với DCPA và TCPA như thể hiện trong Hình 5.

- Sử dụng ví dụ minh họa trong Hình 2 để tính toán, kết quả theo dõi cụm nguy cơ phục vụ lọc dữ liệu dựa trên yếu tố về khoảng cách mô tả tại Hình 6.



**Hình 6. Theo dõi và lọc dữ liệu theo khoảng cách giữa các tàu trong mỗi cụm**

- Kết quả theo dõi cụm phục vụ lọc dữ liệu của ví dụ trong Hình 4 dựa trên yếu tố về hướng chạy tàu, mô tả trong Hình 7.



**Hình 7. Theo dõi và lọc dữ liệu theo hướng chạy tàu trong mỗi cụm**

- Giá trị CRI và xếp hạng cụm tàu có nguy cơ cao theo Hình 4 được mô tả trong Bảng 4.

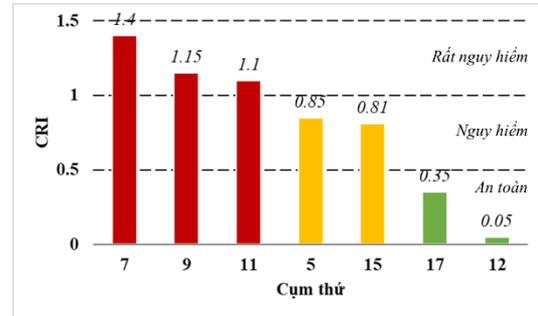
**Bảng 4. Xếp hạng cụm tàu thuyền nguy cơ đâm va cao**

Cụm	5	7	9	11	12	15	17
CRI	0.85	1.4	1.15	1.1	0.05	0.81	0.35
Xếp hạng	4	1	2	3	7	5	6

Va chạm dự kiến *Vượt Cắt Vượt Ngược Đối hướng Vượt Ngược*

CRI càng cao, cụm tàu nguy cơ đó càng nguy hiểm - dễ xảy ra va chạm. Cụ thể, cụm tàu sẽ đảm bảo vẫn an toàn khi CRI chưa vượt quá 0,5, và tăng dần độ nguy hiểm theo giá trị của CRI, giá trị nguy hiểm nhất khi CRI càng tiệm cận đến 1. Khi CRI đạt hoặc vượt quá 1, chứng tỏ hai tàu trong trường hợp này đã hoàn toàn nằm trong tình huống va chạm khẩn cấp, cần xem xét nhiều yếu tố tức thời như tốc độ, điều kiện ngoại cảnh, loại tàu.

Từ kết quả trong Bảng 4, xây dựng đồ thị thể hiện trực quan xếp hạng nguy cơ đâm va giữa các cụm tàu như Hình 8.



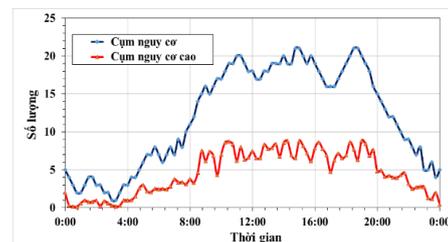
**Hình 8. Biểu đồ phân loại mức độ nguy hiểm của các cụm nguy cơ**

- Kết quả tổng hợp phân bố cụm tàu thuyền có nguy cơ cao trong khoảng thời gian 90 ngày tại vùng biển Vũng Tàu được thể hiện trong Hình 9.



**Hình 9. Tổng hợp phân bố cụm tàu nguy cơ tại vùng biển Vũng Tàu trong 90 ngày khảo sát**

- Số lượng cụm tàu thuyền có nguy cơ va chạm tổng hợp theo ngày tại vùng biển Vũng Tàu trong thời gian 90 ngày được thể hiện trong Hình 10.



**Hình 10. Dữ liệu cụm tàu thuyền nguy cơ phân bố theo thời gian trong ngày**

#### 4.2. Đánh giá

Phân tích kết quả nghiên cứu và giám sát tại khu vực này, cho thấy:

- Mô hình tính toán hoạt động tốt trong khu vực khảo sát, theo dõi lọc dữ liệu, xác định cụm tàu nguy cơ cao và phân loại hiệu quả thể hiện trong Hình 6,

Hình 7 và Bảng 4.

- Từ kết quả đánh giá ví dụ trong Hình 8 cho thấy, có 3 cụm tàu nằm trong tính huống khả năng rất cao xảy ra va chạm ( $CRI > 1$ ), xem xét điều kiện thực tế, đây là những trường hợp có hành động nguy hiểm chủ quan của các tàu cá (vượt và cắt hướng tàu lớn). Mặc dù không xảy ra tai nạn nhưng đã chứng minh sự “hỗn loạn” tại khu vực này.

- Cụm nguy cơ thường xuất hiện tại khu vực cửa vào luồng hàng hải của vùng biển Vũng Tàu và các tuyến quốc tế dọc bờ biển Việt Nam (Hình 9).

- Tần suất xuất hiện cụm nguy cơ tăng dần vào khoảng thời gian chính trong ngày và giảm hẳn về đêm, cao nhất là vào khoảng thời gian từ 11 giờ sáng đến 18 giờ hằng ngày. Do đó, cần tập trung theo dõi và chú ý khi tàu thuyền đi qua khu vực trong khoảng thời gian này (Hình 10).

- Hoạt động di chuyển hỗn loạn của tàu thuyền trên biển, tàu thuyền nội địa, tàu cá xa bờ và hoạt động đánh bắt thủy sản bên trong tuyến đường thủy Vũng Tàu là những yếu tố chính ảnh hưởng đến an toàn giao thông hàng hải tại tuyến đường biển này.

- Mô hình đánh giá làm giảm tình trạng tàu thuyền di chuyển “hỗn loạn” với sự hỗ trợ và tổ chức tốt hơn cho các nhân viên giám sát tại Trung tâm VTS Vũng Tàu, đồng thời cải thiện rõ ràng hiệu quả của Trung tâm VTS Vũng Tàu và cải thiện an toàn giao thông hàng hải trong khu vực.

Mặt khác, từ các kết quả thu được khi áp dụng mô hình nghiên cứu với dữ liệu thực tại vùng biển Vũng Tàu. Mặc dù có hướng đi khá tương đồng với phương pháp nghiên cứu trước đó - DBSCAN [7], nhưng những cải thiện mới về lọc dữ liệu trong từng bước, lựa chọn phương pháp tính toán phân cụm, đánh giá ảnh hưởng của ngoại cảnh,... mà DBSCAN không có, đã mang lại hiệu quả vượt trội cho mô hình nghiên cứu. Cụ thể:

- Thời gian tính toán và độ chính xác tối ưu (Bảng 1), hỗ trợ cho các trạm VTS nhanh và tin cậy hơn.

- Thao tác lọc dữ liệu là một đánh giá đơn giản nhưng giúp phương pháp nghiên cứu tiết kiệm được nhiều thời gian so với các phương pháp khác từ loại bỏ những tính toán không cần thiết.

- Sử dụng phương pháp phân cụm dựa trên số lượng đối tượng trong mỗi cụm sẽ nhanh hơn và an toàn hơn so với lựa chọn cảm tính D trong DBSCAN do tính toán xuất phát từ các tàu gần nhau nhất (nguy cơ cao nhất) mở rộng dần lên.

- Yếu tố ngoại cảnh được xem xét, nâng cao độ tin cậy cho kết quả đánh giá.

## 5. Kết luận

Bài báo đã đề xuất một phương pháp đánh giá nguy cơ xảy ra va chạm giữa các tàu hỗ trợ cho các trung tâm VTS, nhân viên giám sát tại khu vực. Phương pháp nghiên cứu sử dụng dữ liệu thực kết hợp với thuật toán phân cụm phân cấp và các yếu tố ảnh hưởng đến nguy cơ xảy ra va chạm để lọc dữ liệu, xếp hạng khả năng và phân loại tình huống va chạm. Hiệu quả của phương pháp đề xuất được minh chứng bằng các kết quả thu thập được tại vùng biển khảo sát Vũng Tàu.

### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: **DT24-25.06**.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bekir ŞAHİN, Yupo CHAN, (2018). *Risk assessment of the Istanbul Strait by using Ports and Waterways Safety Assessment (PAWSA) method*. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences. Vol.24(4), pp.730-738.
- [2] IMO (2018). *MSC-MEPC.2/Circ.12/Rev.2*.
- [3] Kim Dae Won., (2011). *A Primary Study on the Development of Evaluation Model for Marine Traffic Safety Assessment*. Master Thesis, Korea Maritime University, pp.16-41.
- [4] Li, B. and F. W. Pang (2013), *An approach of vessel collision risk assessment based on the d-s evidence theory*, Ocean Engineering, Vol.74, pp.16-21.
- [5] Park, Y.S., Park, J.S., Shin, D.W., Lee, M.K., Park, S.W., (2017). *Application of potential assessment of risk (PARK) model in Korea waterways*. Journal of International Maritime Safety, Environmental Affairs, and Shipping. Vol1, No1, pp.1-10.
- [6] Pengfei Chen, Mengxia Li, and Junmin Mou., (2021). *A Velocity Obstacle-Based Real-Time Regional Ship Collision Risk Analysis Method*. J. Mar. Sci. Eng. Vol.9, 428.
- [7] Rong Zhen, Maria Riveiro, Yongxing 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.
- [8] Cổ Tấn Anh Vũ, và cộng sự, (2023). *Đánh giá nguy cơ đâm va tàu biển sử dụng kết hợp thuật toán phân cụm và lý thuyết hàm tin cậy*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải. Số 75 (08-2023), tr.76-81.

Ngày nhận bài:	14/12/2024
Ngày nhận bản sửa:	24/12/2024
Ngày duyệt đăng:	06/01/2025