

Phân tích đánh giá xác suất xảy ra đâm va và dạt tuyến luồng

■ TS. TRẦN ĐỨC PHÙ - Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

TÓM TẮT: TNGT hàng hải luôn tiềm ẩn những hậu quả to lớn đối với môi trường và xã hội, đồng thời đánh giá rủi ro hàng hải cũng là một quá trình phức tạp để có thể xác định mức độ an toàn trên từng khu vực phân tích cụ thể. Việc hạn chế TNGT và tăng cường an toàn hàng hải luôn là nhu cầu cấp thiết đối với các nhà quản lý. Tuy nhiên, để đánh giá và định lượng chính xác mức độ rủi ro trên mỗi tuyến hàng hải, từ đó đề ra các biện pháp bảo đảm an toàn hàng hải đòi hỏi phải có các phân tích đánh giá cụ thể dựa trên cơ sở dữ liệu thống kê. Trong kỹ thuật, rủi ro được xác định bằng tích số của xác suất xuất hiện của một biến cố không mong muốn và hậu quả gây ra trên phương diện thiệt hại về người, kinh tế và môi trường. Hai yếu tố này đóng vai trò tương đương nhau, vì vậy phương pháp xác định các đại lượng này chính là mấu chốt của vấn đề. Trong bài báo, tác giả đề xuất phương pháp xác định xác suất xảy ra đâm va, một trong những nguyên nhân phổ biến gây ra TNGT hàng hải, trên một đoạn luồng chạy tàu dựa trên số liệu thống kê kết hợp với các thông số hình học của luồng và phương tiện thủy.

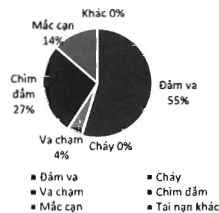
TỪ KHÓA: Phương tiện thủy, đối đầu, va chạm, an toàn hàng hải.

ABSTRACT: Maritime traffic accidents always cause serious consequences for society and environment, also navigational risk assessment is a complex process, which aims to determine the level of safety over the analyzed area. Reducing numbers of traffic accident and increasing maritime safety are always the most important objective for maritime authorities. However, to qualitative assess risk level exactly of each navigation channel, it is required detail analyze from statistical database. Among engineers risk is defined as a product of probability of occurrence of an undesired event and the expected consequences in terms of human, economic and environmental loss. These two components are equally important; therefore appropriate estimation of these values is a matter of great significance. This paper deals with one of these two components: the probability of vessels' collision assessment, which is one of the most

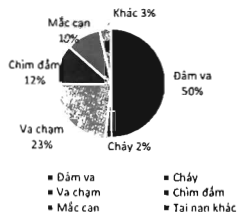
popular kind of maritime traffic accidents, on a navigational channel based on statistical and geometrical data of channels and vessels.

KEYWORDS: Vessel, head on, overtaking, collision, maritime safety.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ



a) - Năm 2010



b) - Năm 2011

Hình 1.1: Thống kê tai nạn hàng hải trong hai năm 2010 - 2011

Tai nạn là nguyên nhân chủ yếu dẫn đến mất an toàn giao thông hàng hải [1]. Theo số liệu thống kê của Cục Hàng hải Việt Nam, từ năm 2010 đến hết năm 2017 đã có trên 200 vụ tai nạn xảy ra, trong đó năm 2010 có 43 vụ tai nạn hàng hải, năm 2011 có 60 vụ, năm 2013 có 30 vụ, năm 2014 có 16 vụ, năm 2015 có 23 vụ, năm 2016 có 21 vụ và 10 tháng đầu năm 2017 có 19 vụ. Cụ thể, theo

báo cáo thống kê tai nạn hàng hải năm 2011 [2], trong hai năm 2010 và 2011, số vụ tai nạn đâm và tăng từ 24 lên 30 vụ; số vụ tai nạn va chạm tăng từ 02 lên 14 vụ; số vụ tai nạn mắc cạn giảm 02 xuống còn 6 vụ vào năm 2011; số vụ tai nạn chìm đắm tàu giảm từ 12 xuống còn 7 vụ; số vụ cháy tăng từ không xảy ra vào năm 2010 lên 01 vụ trong năm 2011; số vụ tai nạn khác cũng xuất hiện 02 vụ vào năm 2011 so với 0 vụ năm 2010. Nhìn vào số liệu từ Hình 1.1 có thể thấy rằng, số vụ tai nạn do đâm và luôn chiếm một tỉ lệ lớn nhất, trên 50% trong các vụ tai nạn hàng hải và cho thấy, đây chính là rủi ro lớn nhất xảy ra trong hoạt động hàng hải. Chính vì vậy trong nghiên cứu này, tác giả đề xuất phương pháp xác định xác suất xảy ra đâm và trên tuyến luồng hàng hải và làm tiền đề cho các cơ quan quản lý luồng hàng hải có thể tham khảo đánh giá được mức độ an toàn của từng đoạn luồng cụ thể và từ đó đề ra được các giải pháp nâng cao ATGT hàng hải cho từng khu vực đó.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Từ năm 1974, Fujii và các cộng sự [3] và MacDuff [4] đã đưa ra cách thức tiếp cận một cách có hệ thống và dựa trên rủi ro để phân tích và chạm và mắc cạn. Các nghiên cứu đưa ra xác suất của tai nạn như là kết quả của các suất hình học tùy thuộc vào phân phối lưu lượng tàu trên luồng và xác suất nhân quả này phụ thuộc vào các yếu tố như khả năng hiển thị, lỗi, sai sót của con người...

$$P = P_x \cdot P_c \quad (1)$$

Trong đó: P_x - Xác suất xảy ra tai nạn; P_c - Xác suất hình học, các suất mà trong các trường hợp tai nạn sẽ xuất hiện nếu không có hành vi điều động; P_c - Xác suất hậu quả hay là xác suất mất kiểm soát trong việc tránh tai nạn.

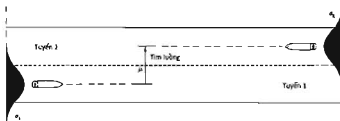
MacDuff đã nghiên cứu các tai nạn mắc cạn và đâm và gieo biển Dover và đưa ra tính toán ứng dụng lý thuyết xác suất cho cả hai trường hợp đâm va và mắc cạn. Xác suất được tính toán bằng cách giả định tất cả các phương tiện thủy phân bố ngẫu nhiên trên luồng chạy tàu. Sử dụng một cách tiếp cận tương tự như MacDuff, Fujii và các cộng sự đã đưa ra một đại lượng xác suất mất điều động trên cơ sở thống kê dựa trên số liệu thống kê mắc cạn cho một số eo biển Nhật Bản.

Điểm chung của hai nghiên cứu này là đều giả định rằng các tàu phân bố ngẫu nhiên trên tuyến đường thủy xem xét. Theo khía cạnh đó, xác suất mất kiểm soát được đưa ra bởi hai nghiên cứu này phụ thuộc vào giả định này. Do đó, trong trường hợp thực tế của tuyến giao thông đường thủy, xác suất mất kiểm soát có thể thay đổi theo.

Ưu điểm của cách tiếp cận được đề xuất bởi MacDuff và Fujii là sự đơn giản và tính bền vững liên quan. Tuy nhiên, đây cũng là một hạn chế vì xác suất nhân quả được xác định không thể sử dụng trực tiếp nếu các mô hình đầy đủ hơn được áp dụng cho sự phân bố hình học của các phương tiện thủy. Tuy nhiên, hai nghiên cứu cung cấp một khuôn mẫu thích hợp cho mô hình rủi ro chung để đánh giá tần suất của các tai nạn mắc cạn và va chạm và chúng cung cấp các quy chuẩn có giá trị cho thứ tự độ lớn của xác suất nhân quả.

2.1. Tần suất đâm va

Đâm va có thể được chia thành hai loại:
 - Đâm va dọc theo tuyến luồng, tức là đâm va do vượt nhau hoặc đâm va đối đầu;
 - Đâm va khi hai tuyến đường thủy giao cắt nhau hoặc sáp nhập ở một đoạn cong.



Hình 2.1: Xác định hệ số μ và phân bố giao thông

Quy trình để tính toán số lượng các vụ đâm va, N_G cho hai dạng va chạm nêu trên là khác nhau bởi số lượng hình học của các đối tượng đâm va và của dạng thứ nhất dựa trên sự phân bố dọc theo tuyến đường thủy trong khi trường hợp thứ hai là phân bố độc lập trên tuyến. Trong nghiên cứu này, tác giả tập trung nghiên cứu cho trường hợp thứ nhất để ước tính xác suất đâm va dọc tuyến luồng thẳng. Dựa trên Hình 2.1, có thể thấy rằng xác suất phân bố tuyến chạy tàu của hai tàu trên luồng có sự giao thoa phụ thuộc vào sự phân bố vị trí dọc tuyến khi tàu hàng hải; với giá trị μ càng lớn thì xác suất xảy ra đâm va càng nhỏ.

2.2. Đâm va dọc tuyến luồng

Đâm va dọc tuyến luồng phụ thuộc vào các yếu tố sau:
 - Chiều dài tuyến luồng L_{μ} ;
 - Lưu lượng giao thông hay số chuyển trong một đơn vị thời gian cho từng chủng loại và kích thước tàu, $Q_1^{(1)}, Q_2^{(2)}$ theo mỗi hướng (1) và (2) và tốc độ của chúng, $V_1^{(1)}$ và $V_2^{(2)}$

- Phân phối xác suất hình học, $f_1^{(1)}(y)$ và $f_2^{(2)}(y)$ của phân bố giao thông dọc tuyến. Sự phân bố này được xác định tương đương bằng phân phối chuẩn nhưng về nguyên tắc có thể sử dụng bất kỳ dạng nào. Quy ước ký hiệu cho phân phối lưu lượng được tính từ tim luồng và mang dấu dương về phía bên phải theo hướng chạy tàu.

Trong trường hợp đâm va đối đầu, số lượng hình học các đối tượng tàu đâm va dọc theo tuyến luồng theo hướng (1) và (2) có thể biểu diễn:

$$N_G^{đầu\ đối} = L_{\mu} \sum_{\omega_i, j} \frac{V_{i, j}}{V_i^{(1)} V_j^{(2)}} (Q_1^{(1)} Q_2^{(2)}) \quad (2)$$

Trong đó: $V = V^{(1)} + V^{(2)}$ - Vận tốc tương đối giữa các phương tiện; $P_G^{đầu\ đối}$ - Xác suất đâm va khi hai tàu đối đầu nhau và được xác định như sau:

$$P_{\omega_i, j}^{đầu\ đối} = P \left[y_1^{(1)} - \frac{B_1^{(1)}}{2} < -y_2^{(2)} + \frac{B_2^{(2)}}{2} \cap y_1^{(1)} + \frac{B_1^{(1)}}{2} > -y_2^{(2)} - \frac{B_2^{(2)}}{2} \right] \\ = P \left[y_1^{(1)} + y_2^{(2)} < \frac{B_1^{(1)} + B_2^{(2)}}{2} \right] = P \left[y_1^{(1)} + y_2^{(2)} < -\frac{B_1^{(1)} + B_2^{(2)}}{2} \right] \quad (3) \\ = \Phi \left(\frac{\bar{B}_y - \mu_y}{\sigma_y} \right) - \Phi \left(\frac{\bar{B}_y + \mu_y}{\sigma_y} \right)$$

Với $\Phi(x)$ là hàm phân phối xác suất chuẩn, $\mu_y = \mu_1^{(1)} + \mu_2^{(2)}$ là khoảng cách hàng hải trung bình giữa hai tuyến chạy tàu, $\sigma_y = \sqrt{(\sigma_1^{(1)})^2 + (\sigma_2^{(2)})^2}$ là độ lệch tiêu chuẩn của phân phối đồng thời và $\bar{B}_y = \frac{B_1^{(1)} + B_2^{(2)}}{2}$ là bề rộng trung bình của tàu.

Trong trường hợp va chạm do vượt nhau, $V_{ij} = V_1^{(1)}$

+ $V^{(2)}$, $V > 0$ là vận tốc tương đối giữa các phương tiện; $\mu_0 = \mu_1^{(1)} - \mu_1^{(2)}$; xác suất đâm va do vượt nhau $P_G^{vượt}$ của hai tàu được xác định như sau:

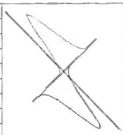
$$P_G^{vượt} = P \left[y_1^{(1)} - y_1^{(2)} < \frac{B_1^{(1)} + B_1^{(2)}}{2} \right] - P \left[y_1^{(1)} - y_1^{(2)} < -\frac{B_1^{(1)} + B_1^{(2)}}{2} \right] \quad (4)$$

3. TRƯỜNG HỢP TÍNH TOÁN VÀ KẾT QUẢ

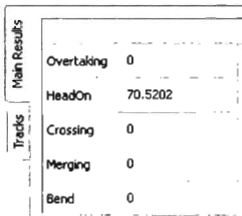
Giả sử trên một tuyến chạp tàu có chiều dài 35km, thông số cụ thể như Bảng 3.1, trong đó theo số liệu thống kê, lưu lượng phương tiện qua lại trên đoạn luồng đó được phân bố theo phân phối chuẩn, đều về hai bên tim luồng với lưu lượng (Q, số tàu), vận tốc trung bình (V, m/s) và kích thước tàu (chiều dài tàu Lpp, chiều rộng tàu B, mét).

Bảng 3.1. Trường hợp va chạm đối đầu

Chiều dài tuyến	35km
Lưu lượng tàu mỗi chiều	10000
Chiều dài trung bình tàu	214m
Bề rộng trung bình tàu	33.4m
Tốc độ trung bình tàu	14.7 hải lý
Phân phối giao thông	Phân phối chuẩn
Vị trí trung bình tính từ tim tuyến	300m
Độ lệch tiêu chuẩn	150m
Hệ số nhân quá	1.0



Để tính toán, ta áp dụng lý thuyết đã đưa ra và đồng thời so sánh với kết quả sử dụng công cụ tính toán IWRAP MKII được phát triển bởi Gatehouse Logistics A/S đã được IALA đề xuất [5,6].



Hình 3.1: Kết quả tính toán bằng IWRAP MKII

Áp dụng lý thuyết đã nêu trên ta có:

$$\sigma_x = \sqrt{(\sigma_1^{(1)})^2 + (\sigma_1^{(2)})^2} = \sqrt{150^2 + 150^2} = 212.1m; B_x = 33.4m;$$

$$\mu_x = 300m + 300m = 600m$$

$$P_{G_{đầu}} = \Phi \left(\frac{B_x - \mu_x}{\sigma_x} \right) - \Phi \left(\frac{-B_x - \mu_x}{\sigma_x} \right) = \Phi(-2.67) - \Phi(2.99) = 0.00237$$

$$P_{G_{vượt}} = L \cdot \sum_{i=1}^{n_{vượt}} \frac{P_i}{\sum_{j=1}^{n_{vượt}} P_j} \cdot (Q^{(1)} Q^{(2)})$$

$$= 35046m \cdot 0.00237 \cdot \frac{2 \times 7.56m / s}{7.56m / s \times 7.56m / s} \cdot \left(\frac{10000 \times 10000}{(360 \times 24 \times 3600)^2} \right)$$

$$= 70.5$$

Kết quả tính toán cho thấy, giữa lý thuyết và sử dụng công cụ IWRAP MKII cho kết quả tương đồng. Chi tiết kết quả tính toán bằng IWRAP MKII được thể hiện trong Hình 3.1 tương đương với kết quả tính toán sử dụng công thức lý thuyết đã đưa ra. Kết quả tính toán với trường hợp va chạm do vượt nhau cũng cho thấy sự tương đồng giữa hai trường hợp tính toán bằng lý thuyết để xuất và sử dụng công cụ IWRAP MKII.

Áp dụng tương tự cho trường hợp luồng phức tạp

hơn với các thông số giả định như sau: Đoạn luồng có chiều dài 890m, bề rộng luồng 150m. Theo số liệu thống kê, lưu lượng phương tiện qua lại trên đoạn luồng đó được phân bố theo phân phối chuẩn với lưu lượng (Q, tàu), vận tốc trung bình (V, m/s) và kích thước tàu (chiều dài tàu Lpp, chiều rộng tàu B, mét) theo Bảng 3.2.

Bảng 3.2. Số lượng (Q, tàu), vận tốc (V m/s) và kích thước tàu (Lpp, B, mét) thông qua một chiều tuyến hàng

Chiều dài tuyến, Lpp	Tàu chủ đầu tư	Tàu đầu thành phẩm	Tàu hóa chất	Tàu container	Tàu bách hóa	Tàu hàng rời	Tổng số tàu
25-50	Q = 10 V = 14.8 B = 48.0	Q = 5 V = 9.8 B = 5.2		Q = 12 V = 11.5 B = 5.18	Q = 16 V = 15.6 B = 5.12	Q = 10 V = 10.8 B = 5.14	35
	Q = 8 V = 11.3 B = 8.52		Q = 15 V = 12.8 B = 9.21	Q = 20 V = 8.9 B = 10.16	Q = 10 V = 10.9 B = 10.16		80
75-100	Q = 35 V = 12.4 B = 11.58	Q = 15 V = 12.7 B = 12.16		Q = 10 V = 14.2 B = 12.81	Q = 25 V = 13.8 B = 12.1	Q = 15 V = 12.1 B = 13.54	110
	Q = 12 V = 12.1 B = 14.41		Q = 15 V = 15.8 B = 15.21	Q = 30 V = 14.8 B = 16.68	Q = 10 V = 13.1 B = 16.68		37
125-150	Q = 20 V = 13.9 B = 19.75	Q = 15 V = 11.4 B = 19.47	Q = 5 V = 14.6 B = 19.29	Q = 10 V = 18.6 B = 20.26	Q = 15 V = 14.8 B = 18.57	Q = 15 V = 13.9 B = 21.85	80
	Q = 10 V = 14.4 B = 16.54	Q = 8 V = 14.7 B = 16.46		Q = 12 V = 15.1 B = 16.63	Q = 10 V = 15.6 B = 23.62	Q = 10 V = 14.8 B = 24.12	33
175-200	Q = 30 V = 14.9 B = 29.17	Q = 11 V = 12.9 B = 29.17	Q = 2 V = 16.8 B = 30.86	Q = 24 V = 20.8 B = 37.6	Q = 13 V = 19.2 B = 39.62	Q = 12 V = 14.4 B = 39.62	60
	Q = 5 V = 14.6 B = 31.65	Q = 10 V = 12.9 B = 31.65		Q = 5 V = 21.8 B = 39.59	Q = 15 V = 15.8 B = 39.53	Q = 14.5 V = 14.5 B = 39.53	38
Tổng số tàu	823	93	9	91	341	108	314

Áp dụng lý thuyết tính toán kết hợp với sử dụng công cụ tính toán IWRAP MKII cho hai trường hợp va chạm đối đầu và va chạm do vượt trên tuyến cho từng toán thể hiện lần lượt trong Bảng 3.3 và Bảng 3.4.

Bảng 3.3. Xác suất xảy ra va chạm đối đầu cho từng loại phương tiện

Tàu chủ đầu tư	Tàu chủ đầu tư	Tàu đầu thành phẩm	Tàu hóa chất	Tàu container	Tàu bách hóa	Tàu hàng rời	Tổng
3.12E-07	1.35E-07	2.03E-08	2.05E-07	3.27E-07	2.62E-07	1.26E-06	
1.35E-07	5.82E-08	8.77E-06	8.85E-08	1.41E-07	1.13E-07	5.45E-07	
3.03E-08	8.77E-09	1.31E-09	1.33E-08	2.13E-08	1.71E-08	8.21E-08	
2.05E-07	8.05E-08	1.33E-08	1.33E-07	2.14E-07	1.72E-07	8.26E-07	
3.27E-07	1.41E-07	2.13E-08	2.14E-07	3.41E-07	2.74E-07	1.32E-06	
3.03E-07	1.13E-07	1.71E-08	1.72E-07	2.14E-07	2.25E-07	1.05E-06	
1.28E-06	3.94E-07	8.21E-08	9.26E-07	1.32E-06	1.95E-06	9.99E-06	

Bảng 3.4. Xác suất xảy ra va chạm do vượt nhau cho từng loại phương tiện

Tàu chủ đầu tư	Tàu chủ đầu tư	Tàu đầu thành phẩm	Tàu hóa chất	Tàu container	Tàu bách hóa	Tàu hàng rời	Tổng
3.00E-07	2.94E-07	3.75E-08	1.44E-08	8.14E-07	3.39E-07	3.49E-06	
3.22E-07	1.09E-07	1.21E-08	4.06E-07	3.89E-07	1.57E-07	1.67E-06	
3.26E-10	8.64E-10	9.39E-10	4.72E-08	1.09E-08		6.80E-08	
2.13E-07	1.04E-07	3.00E-08	5.54E-07	3.29E-07	1.47E-07	1.86E-06	
8.93E-07	4.35E-07	1.05E-07	1.77E-06	1.14E-06	6.39E-07	8.97E-06	
6.92E-07	3.33E-07	6.69E-08	1.44E-06	9.59E-07	4.04E-07	4.97E-06	
2.31E-04	1.33E-05	7.32E-07	8.64E-06	1.58E-06	1.74E-06	1.33E-01	

Dựa trên kết quả tính toán các xác suất xảy ra đâm va trên tuyến luồng, nhà quản lý có thể xác định các vị trí có khả năng xảy ra TNGT, định lượng được mức độ nguy hiểm để từ đó để xuất các biện pháp đảm bảo an toàn cũng như đưa ra biện pháp tính toán thiết kế luồng chạy tàu phù hợp. Đây là yếu tố quan trọng góp phần nâng cao hiệu quả công tác đảm bảo ATGT hàng hải.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đề xuất phương pháp xác định xác suất xảy ra đâm va do đối đầu và do vượt trên một đoạn luồng. Đây là cơ sở để tính toán, thiết kế, lựa chọn thông số chuẩn tắc luồng và đồng thời hạn chế TNGT và tăng cường an toàn hàng hải. Trên cơ sở kết quả của nghiên cứu này, nhà quản lý hàng hải có thể xem xét lựa chọn

các thông số kỹ thuật tuyến luồng chạy tàu cũng như xác định các vị trí có khả năng xảy ra rủi ro hàng hải để có các biện pháp kiểm soát hạn chế TNGT.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Phú, T.Đ. (2017), *Đề xuất một số biện pháp bảo vệ trú cầu tránh va chạm với phương tiện thủy*, Tạp chí KHCN Hàng hải, số 51, tr.75-80.
- [2]. Vinamarine (2012), *Báo cáo thống kê tai nạn hàng hải năm 2011*, in số 3040 /CHHVN-AT&ANHH.
- [3]. Fujii, Y.Y., H and Mizuki, N. (1974), *Some Factors Affecting the Frequency of Accidents in Marine Traffic. II: The probability of Stranding, III: The Effect of Darkness on the Probability of Stranding*, Journal of Navigation. vol.27.
- [4]. MacDuff, T. (1974), *The Probability of Vessel Collisions*, Ocean Industry, pp.144-148.
- [5]. Engberg, P.C. (2015), *IWRAP Mk2 v4.7.0 Manual*, G. A/S, Editor.
- [6]. Friis-Hansen, P. (2007), *IWRAP MK II Working Document - Basic Modelling Principles For Prediction Of Collision And Grounding Frequencies*, T.U.o. Denmark.

Ngày nhận bài: 15/02/2019

Ngày chấp nhận đăng: 10/3/2019

Người phản biện: TS. Trần Ngọc An

TS. Bùi Quốc Bình