NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT HƯỚNG TIẾP CẬN TỰ ĐỘNG HOÁ ĐIỀU KHIỂN TÀU BIỂN TRÁNH VA

A STUDY ON AN APPROACH FOR ESTABLISHING AUTOMATIC SHIP COLLISION AVOIDANCE

NGUYỄN VĂN SƯỚNG*, MAI XUÂN HƯƠNG
Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ: nguyenvansuong@vimaru.edu.vn*

Tóm tắt

Ứng dụng tự động hoá trong điều khiển tàu biển là một trong những xu hướng nhằm nâng cao hiệu quả khai thác tàu và tinh giản số lượng thuyền viên. Điều khiển tránh va là nghiệp vụ chính được thực hiện bởi các sỹ quan hàng hải, nó bao gồm: nhận dạng mục tiêu, đánh giá nguy cơ va chạm, và đưa ra hành động xử lý. Trong bài báo này, một hướng tiếp cận được đề xuất để xây dựng hệ thống điều khiển tàu tự động tránh va chạm trong tương lai. Cụ thể, nghiên cứu này đưa ra một khung cơ sở gồm ba phần: Yêu cầu hệ thống, cấu trúc hệ thống, và thuật toán điều khiển hệ thống. Khung cơ sở này có thể xem như một sự định hướng tiền đề cho việc phát triển và xây dựng những bộ phận cấu thành của hệ thống tránh va trong tương lai.

***Từ khóa**: Khung cơ sở, điều động tránh va, điều khiển tàu tự động, tự động hoá điều khiển tàu tránh va.*

Abstract

Application of automation on ship control is one of tendencies to improve the ship operation efficiency and reduce the number of crew. Ship collision avoidance maneuvering, is a duty of deck officers which includes: Ship target recognization, collision risk evaluation, and processing action. In this article, a framework approach is proposed to build automatic ship collision avoidance system in the future, which consists of requirements for system, system structure, and algorithm for automatic collision avoidance system. This framework is seen as a basic orientation for establishing components in automatic ship collision avoidance system in the future.

***Keywords**: Framework, ship collision avoidance maneuvering, automatic ship control, automatic ship collision avoidance.*

1. Đặt vấn đề

Tránh va chạm tàu thuyền là một trong những nghiệp vụ phức tạp của sỹ quan hàng hải vì các hành động xử lý điều động tàu phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau như: Mật độ tàu thuyền, khu vực hành hải, tính năng điều động tàu, ảnh hưởng của ngoại cảnh, tầm nhìn xa,... Để có thể tránh va an toàn và hiệu quả, các tàu thuyền phải nghiêm túc tuân thủ các quy định trong bộ quy tắc phòng ngừa va chạm tàu thuyền trên biển (Colreg 1972). Cụ thể là tuỳ thuộc vào từng tình huống tương quan giữa các tàu thuyền, sẽ có những phương án điều động tránh va chạm tương ứng.

Theo tổ chức hàng hải quốc tế (IMO), các vụ va chạm tàu thuyền, dù ít hay nhiều đều có lỗi của thuyền viên như: Không tuân thủ nghiêm túc quy tắc tránh va chạm, không mẫn cán khi trực ca, bị căng thẳng do đi biển nhiều ngày, hoặc không đánh giá hết mức độ nguy cơ xảy ra va chạm giữa các tàu,…

Nhằm hỗ trợ sỹ quan hàng hải trong việc điều khiển tàu hiệu quả và chính xác, tự động hoá điều khiển là một trong những xu hướng được quan tâm. Bên cạnh đó, tự động hoá điều khiển còn là giải pháp nhằm giải phóng sức lao động thuyền viên trong tương lai.

Hiện nay, có rất nhiều hệ thống tự động điều khiển tàu biển hỗ trợ nghiệp vụ cho các sỹ quan hàng hải [2] như: Lái tàu tự động theo hướng, lái tàu theo quỹ đạo, tự động cân bằng tàu, giảm lắc ngang, định vị động,... Tuy nhiên, tránh va chạm tàu thuyền cùng với cập cầu tàu vẫn phải do sỹ quan hàng hải trực tiếp thực hiện. Trong tương lai không xa, với sự phát triển của khoa học công nghệ, các hệ thống tự động cập cầu hay tự động tàu tránh va hoàn toàn có thể được chế tạo để hỗ trợ các sỹ quan hàng hải trong nghiệp vụ điều khiển tàu biển.

Trong nghiên cứu này, một định hướng tiếp cận tổng quan được đề xuất để phát triển hệ thống tự động điều khiển tàu tránh va chạm trong tương lai. Trên cơ sở những phân tích lý thuyết hiện có của bài toán tránh va chạm trong thực tế và những dự đoán xu hướng phát triển tự động hoá trong điều khiển tàu

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

thuỷ, những đề xuất về cấu trúc và thuật toán tự động hoá cơ sở của hệ thống được đưa ra.

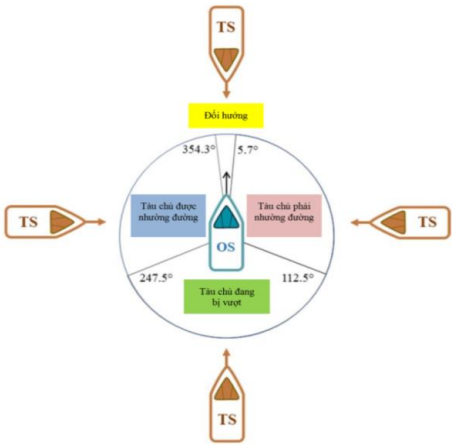
Cụ thể, nghiên cứu chỉ ra khung cơ sở hệ thống tránh va tự động bao gồm 3 phần: Thứ nhất, các yêu cầu cần có của hệ thống được nhận diện; thứ hai, cấu trúc các khối để xử lý và đưa ra hành động điều khiển tàu; cuối cùng là thuật toán đề xuất cho hệ thống. Từ khung cơ sở đề xuất, có thể xây dựng chi tiết các thành phần cũng như các thuật toán trong tương lai nhằm chế tạo hệ thống trong thực tế.

Ưu điểm của mô hình đề xuất là xuất phát từ thực tế vận hành và xử lý tránh va của người sỹ quan hàng hải, nên hệ thống được xây dựng sau này sẽ có khả năng làm việc gần hoặc giống với thực tế xử lý của sỹ quan thuyền viên hơn. Những khối cấu trúc đề xuất trong hệ thống sẽ được nghiên cứu phát triển sâu hơn trong tương lai.

2. Cơ sở lý thuyết tránh va chạm tàu thuyền

2.1. Các tình huống tương quan

Theo quy tắc quốc tế về phòng ngừa va chạm tàu thuyền trên biển (Colreg 1972), khi tàu thuyền nhìn thấy nhau bằng mắt thường sẽ có 3 trường hợp (Hình 1) tương quan, cụ thể:



Hình 1. Các tình huống gặp nhau giữa các tàu

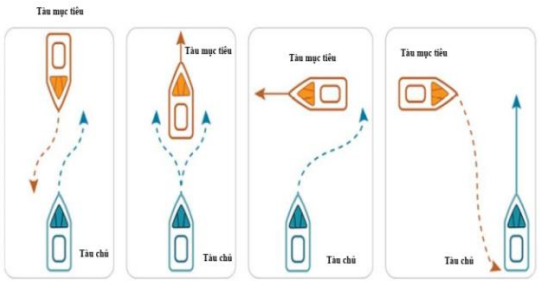
Tương quan đối hướng: Khi hai tàu nhìn thấy nhau ở phía trước mũi của tàu mình (tương ứng với góc mạn khoảng từ 0^0 đến 5.7^0 so với mũi tàu cả 2 phía mạn tàu);

Tương quan cắt hướng: Khi tàu thuyền quan sát thấy tàu thuyền khác ở 2 mạn tàu thuyền mình tương ứng với góc mạn từ 0^0 đến 112.5^0;

Tương quan vượt nhau: Khi tàu chủ quan sát thấy tàu mục tiêu ở đằng sau tàu chủ, với góc mạn từ 112.5^0 đến 247.5^0.

2.2. Trách nhiệm hành động

Theo quy tắc quốc tế về phòng ngừa va chạm tàu thuyền trên biển (Colreg 1972), tàu thuyền cần phải có những hành động phù hợp tuỳ thuộc vào từng tình huống (Hình 2), cụ thể:



Hình 2. Hành động của các tàu thuyền

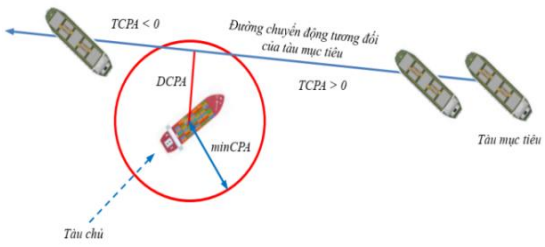
Tương quan đối hướng: Trong trường hợp cho phép, tàu thuyền phải chuyển hướng mũi của mình sang mạn phải để đi qua mạn trái của nhau;

Tương quan vượt nhau: Tàu thuyền vượt phải có trách nhiệm nhường đường cho tàu thuyền bị vượt;

Tương quan cắt hướng (tàu chủ phải nhường đường): Tàu thuyền phải hành động phù hợp để tránh đi cắt mũi tàu được nhường đường *(bẻ lái sang mạn phải tàu mình)*;

Tương quan cắt hướng (tàu chủ được nhường đường): Tàu thuyền được nhường đường cần giữ nguyên hướng đi và tốc độ của tàu mình.

2.3. Xác định nguy cơ đâm va



Hình 3. DCPA và TCPA

Để xác định nguy cơ va chạm, cần thiết phải xét theo khu vực tàu thuyền đang hành trình, cụ thể:

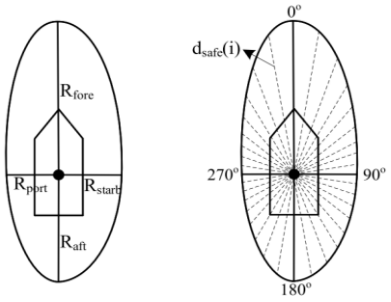
Đối với tàu thuyền đang hành trình trên biển và Đại dương, thì cơ sở để đánh giá nguy cơ va chạm là các giá trị DCPA và TCPA [1].

Tồn tại nguy cơ va chạm giữa hai tàu khi:

$$\begin{cases} DCPA < \min CPA \\ TCPA > 0 \end{cases} \quad (1)$$

Khi hành trình trong những khu vực có mật độ

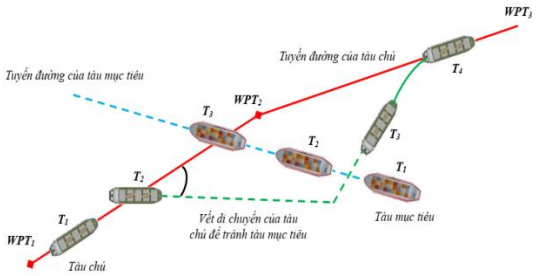
đông đúc tàu thuyền, thì không thể sử dụng các thông số DCPA và TCPA để đánh giá nguy cơ va chạm được. Trong trường hợp đó, có thể sử dụng các khái niệm vùng nguy hiểm giới hạn (ship domain) [3].



Hình 4. Vùng giới hạn nguy hiểm (ship domain)

Nguy cơ đâm va trong trường hợp này được xác định khi khoảng cách giữa hai tàu nhỏ hơn các kích thước d_{safe} của vùng giới hạn nguy hiểm.

2.4. Phương pháp điều động tàu



Hình 5. Phương pháp điều động tránh va

Thực tế, có 3 phương pháp điều động để tránh va chạm tàu thuyền, cụ thể:

Phương pháp thay đổi hướng: Là cách thường xuyên được sử dụng để tránh va trên biển. Theo phương pháp này, bánh lái tàu thuỷ được xoay về 2 mạn để đưa mũi tàu về hướng mới;

Phương pháp thay đổi tốc độ: Được sử dụng khi việc thay đổi hướng bị hạn chế, chẳng hạn như các tàu tránh nhau trong khu vực mật độ giao thông đông đúc, hay khi tránh va trên luồng;

Phương pháp kết hợp: Sử dụng đồng thời thay đổi hướng và giảm tốc độ. Phương pháp này ít được sử dụng chỉ sử dụng trong những tình huống khẩn cấp.

Phương pháp điều động tránh va được mô tả qua một ví dụ thực tế hay gặp trên biển (Hình 5). Tại thời điểm T_1, tàu chủ quan sát thấy tàu mục tiêu có nguy cơ đâm va với tàu mình. Tại thời điểm T_2, tàu chủ điều động tàu mình chuyển hướng mũi sang mạn phải để đi qua tàu mục tiêu an toàn. Tại thời điểm T_3, tàu chủ bẻ lái chuyển hướng về mạn trái để đưa tàu về đường đi đang hành trình, kết thúc quá trình điều động tránh va chạm.

Để tính toán các giá trị thay đổi hướng, tốc độ, hay kết hợp cả hướng và tốc độ cho điều động tránh va, cần phải dựa vào các hệ thức tính toán DCPA, TCPA, và vùng giới hạn nguy hiểm.

3. Đề xuất hướng tiếp cận tự động hoá điều khiển tàu tránh va chạm

Trong phần này, tác giả đề xuất một khung cơ sở gồm: Yêu cầu đối với hệ thống, cấu trúc hệ thống, và thuật toán đề xuất để xây dựng hệ thống tự động hoá điều khiển tàu tránh va chạm. Khung cơ sở này có thể xem như nền tảng để tiếp tục phát triển chi tiết hệ thống tự động tránh va trong tương lai.

3.1. Nhận diện các yêu cầu với hệ thống

Để xây dựng hệ thống tự động điều khiển tàu tránh va chạm, hệ thống cần phải đáp ứng những yêu cầu cơ bản như dưới đây:

Thứ nhất: Các hành động điều khiển tàu tránh va chạm phải phù hợp với các quy định đã được nêu rõ trong quy tắc quốc tế về phòng ngừa va chạm tàu thuyền trên biển (Colreg 1972);

Thứ hai: Để xử lý các thông tin trạng thái của tàu chủ và các tàu mục tiêu, các thiết bị hàng hải chỉ báo thông tin tàu chủ, các cảm biến cho biết thông tin tàu mục tiêu phải được trang bị đầy đủ;

Thứ ba: Để đưa ra các quyết định điều động tàu cho phù hợp với tình huống và quy tắc tránh đâm va, các hệ thống tự động điều khiển tàu tránh va chạm bắt buộc phải có một khâu ra quyết định;

Thứ tư: Sau khi đã điều động để tránh va chạm, hệ thống phải có khả năng để điều khiển đưa tàu quay trở về tuyến đường đang hành trình.

3.2. Đề xuất cấu trúc hệ thống

Để xây dựng hệ thống tránh va chạm tự động tàu thuỷ, cần phải tích hợp nhiều khâu xử lý khác nhau trong cấu trúc hệ thống. Trong phần này, tác giả đề xuất một cấu trúc cơ bản cho hệ thống tự động điều khiển tàu tránh va chạm (Hình 6), cấu trúc gồm các khâu:

Khâu xử lý thông tin: nhiệm vụ của khâu này là thu thập thông tin trạng thái của tàu chủ và các tàu mục tiêu như: Vị trí tàu, hướng mũi, hướng thực tế, tốc độ tàu, hướng và tốc độ gió. Các thông tin trạng thái của tàu mục tiêu thông qua kết nối với các thiết bị lắp đặt trên tàu như: GPS, AIS, RADAR, ARPA, CAMERA, các cảm biến khác,... Từ những trạng thái

TẠP CHÍ ISSN: 1859-316X
KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI
JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

của tàu chủ và các tàu mục tiêu, khối này sẽ xác định tương quan giữa tàu chủ với các tàu mục tiêu là tình huống nào trong các tình huống: Đối hướng, cắt hướng, vượt nhau. Bên cạnh đó khối này còn có nhiệm vụ đánh giá xem có nguy cơ đâm va tiềm ẩn giữa tàu chủ với các tàu mục tiêu hay không.

Khâu ra quyết định: Khối này làm nhiệm vụ đưa ra quyết định điều động tàu, có thể xem khâu này như bộ não con người điều khiển tàu. Đầu ra của khâu này là những hành động: Giữ hướng đi, thay đổi hướng đi, thay đổi tốc độ, kết hợp thay đổi cả hướng đi và tốc độ để tránh va, hay bẻ lái đưa tàu về đường đi đang hành trình. Các quyết định điều động tàu này phụ thuộc vào tương quan tình huống gặp nhau giữa tàu chủ và tàu mục tiêu.

Khâu tính toán tham số điều động: Khối này có nhiệm vụ tính toán tham số điều động tàu để tránh va như: hướng mũi tàu mới, tốc độ cần giảm, hay hướng mũi tàu để đưa tàu về đường đi đang hành trình.

Khối điều khiển: Khối này làm nhiệm vụ thực thi các quyết định điều động tàu như thay đổi hướng, giảm tốc độ, hay kết hợp cả hai để tránh va với các tàu thuyền có nguy cơ. Khối này sẽ tác động trực tiếp vào cơ cấu lái tàu như bánh lái để chuyển hướng mũi tàu và cơ cấu chân vịt để giảm tốc độ.

3.3. Thuật toán tự động điều khiển tàu tránh va chạm

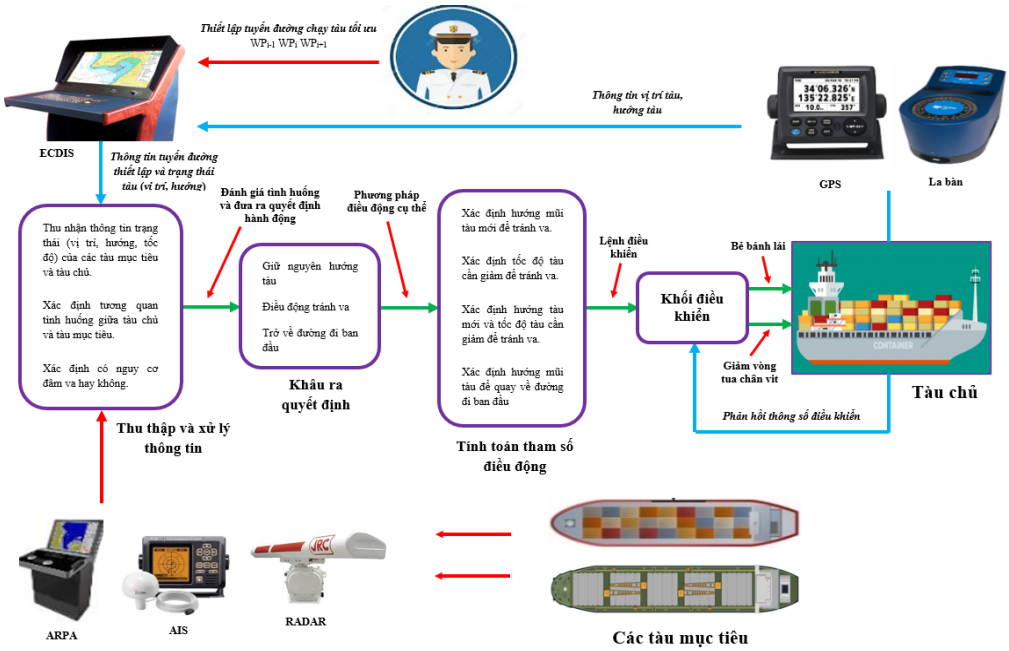
Sơ đồ (Hình 6) đề xuất thuật toán tránh va tự động cho tàu thuyền:

Trước tiên, tàu được yêu cầu bám tuyến đường đã định *(tuyến đường này được thiết lập bởi các sỹ quan hàng hải)*. Bằng các trang thiết bị lắp đặt trên tàu, thông tin trạng thái tàu chủ *(vị trí tàu, hướng mũi, hướng thực tế, tốc độ tàu)* sẽ được đưa vào khối thu thập và xử lý thông tin.

Khi gặp các tàu thuyền khác, bằng các thiết bị như AIS, Raddar, ARPA, CAMERA, LASER hồng ngoại sẽ nhận diện các tàu mục tiêu và cũng sẽ gửi về khối thu thập và xử lý thông tin các trạng thái của các tàu thuyền mục tiêu như: vị trí tàu mục tiêu, hướng mũi, hướng thực tế, tốc độ tàu mục tiêu.

Kết hợp các thông tin trạng thái tàu mục tiêu và tàu chủ, hệ thống xử lý thông tin sẽ tính toán và nhận diện có nguy cơ va chạm giữa tàu chủ với các tàu mục tiêu hay không, tàu nào có nguy cơ cao hơn,... Đầu ra của khối xử lý thông tin sẽ là: Dãy các giá trị thể hiện nguy cơ đâm va giữa tàu chủ với các tàu mục tiêu. Các dãy giá trị này sẽ được đưa vào khối ra quyết định để đưa ra hành động tránh va cụ thể.

Khi nhận được các dãy giá trị thể hiện nguy cơ va chạm với từng tàu thuyền, khối ra quyết định sẽ đưa ra quyết định điều động cụ thể. Các hành động điều khiển này được xác định là: Giữ hướng (tàu chủ được nhường đường), chuyển hướng, thay đổi tốc độ, hay kết hợp chuyển hướng và giảm tốc độ. Khối này được xem như thành phần quan trọng nhất của hệ thống tự động tránh va chạm vì nó giống như bộ não người sỹ quan hàng hải tiếp nhận thông tin, nhận định tình huống và đưa ra quyết định hành động điều động tàu cho phù hợp.



Hình 6. Cấu trúc và thuật toán hệ thống tự động tránh va đề xuất cho tàu biển

Sau khi đưa ra hành động tránh va chạm cụ thể, các tham số điều động để tránh va được tính toán dựa trên các trạng thái động học của tàu chủ và tàu mục tiêu cần tránh nhau tại thời điểm đang xét nhằm đảm bảo yêu cầu tránh nhau an toàn.

Các lệnh điều khiển như: Thay đổi hướng bao nhiêu, tốc độ nên giảm về bao nhiêu, hay kết hợp cả hai, chúng được đưa đến khối điều khiển để yêu cầu khối điều khiển thực thi các hành động mong muốn được đưa ra.

Khối điều khiển làm nhiệm vụ điều khiển thay đổi trạng thái tàu thông qua các cơ cấu chấp hành như: Thay đổi góc bẻ lái và thay đổi tốc độ vòng tua chân vịt.

Các trạng thái của tàu chủ và tàu mục tiêu thường xuyên được phản hồi về hệ thống để đánh giá tình huống tức thời phục vụ khâu ra quyết định.

Sau khi đã tránh va chạm an toàn, hệ thống lại đưa ra quyết định đổi hướng để điều khiển tàu quay trở lại đường đi ban đầu nhằm tiếp tục hành trình.

Thuật toán trên là nền tảng cơ bản để tiếp tục phát triển các thành phần cấu tạo bên trong hệ thống sau này. Với mỗi khối trong hệ thống, thuật toán xác định đầu vào và đầu ra được xử lý. Từ đó làm căn cứ để các nghiên cứu trong tương lai phát triển các mô hình cụ thể trong các khối như: Khối đưa ra quyết định hành động, khối tính toán tham số điều động, và khối điều khiển.

Có thể nhận thấy rằng thuật toán cơ bản của hệ thống được chỉ ra xuất phát từ thực tế xử lý hành động của người sỹ quan. Do đó, về sau các hệ thống thực được xây dựng sẽ làm việc gần hoặc giống với hành động xử lý của người sỹ quan hàng hải trong việc xử lý tránh va chạm tàu thuyền. Đây có thể xem như ưu điểm của thuật toán đề xuất.

4. Một số định hướng phát triển hệ thống

Trên cơ sở mô hình đề xuất trong nghiên cứu này, tác giả chỉ ra một số định hướng nghiên cứu phát triển trong tương lai để có thể xây dựng được hệ thống thực trên các tàu mô hình nhỏ và dần ứng dụng trên các tàu thuyền thương mại nhằm trợ giúp các sỹ quan hàng hải. Các bước nghiên cứu tiếp theo có thể kể đến như:

Thử nghiệm các cảm biến, thiết bị để thu nhận, nhận diện tất cả các tàu mục tiêu có nguy cơ xung quanh tàu, kiểm tra mức độ tin cậy của các thiết bị đó;

Xây dựng hệ thống xử lý thông tin để nhận diện được tương quan giữa tàu chủ và các tàu mục tiêu;

Xây dựng thuật toán và kiểm chứng độ chính xác cũng như độ tin cậy của hệ ra quyết định với nhiều biến đầu vào, nhiều tình huống khác nhau;

Xây dựng hệ thống tính toán tham số điều động cụ thể;

Xây dựng hệ thống điều khiển trên cơ sở tham số mô hình tàu chủ để điều khiển tàu theo lệnh điều khiển đưa ra từ khối quyết định và khối tham số điều động.

5. Kết luận

Trong nghiên cứu này, tác giả đã đề xuất một định hướng tiếp cận cơ bản cho việc xây dựng hệ thống tự động điều khiển tàu tránh va chạm. Định hướng này chỉ ra khung cơ sở gồm: nhận diện các yêu cầu cơ bản đối với hệ thống điều khiển, cấu trúc hệ thống đề xuất, và thuật toán điều khiển tàu tự động tránh va cơ bản. Dựa trên khung cơ sở đề xuất của hướng tiếp cận này, có thể định hướng cho các nghiên cứu tiếp theo nhằm xây dựng chi tiết các thành phần (các khối) cấu thành trong hệ thống tránh va. Ngoài ra khung cơ sở đề xuất cũng có thể làm cơ sở để xây dựng các thuật toán cho hệ thống trong các nghiên cứu sau này. Trong các nghiên cứu tiếp theo, tác giả sẽ chỉ ra chi tiết các khối cơ bản trong hệ thống đề xuất với các đầu vào và đầu ra cụ thể.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Nguyễn Mạnh Cường, Trương Thanh Bình. *Phương pháp đánh giá khả năng va chạm tàu thuyền dựa trên hệ thống tự động nhận dạng tàu thủy*. Tạp chí Khoa học công nghệ Hàng hải, Số 64 (11/2020), Tr.31-35, 2020.

[2] TS. Nguyễn Văn Sướng. *Tự động điều khiển tàu thuỷ*, NXB Hàng hải, 160 tr. 2021.

[3] Rafal Szlapczynski, Joanna Szlapczynsk. *Review of ship safety domains: Models and applications*. Ocean Engineering, Vol.14, 15 Nov, pp.277-289, 2017.

Ngày nhận bài: 04/03/2022
Ngày nhận bản sửa: 21/03/2022
Ngày duyệt đăng: 26/03/2022