

BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC HÀNG HẢI VIỆT NAM



NGUYỄN VĂN QUẢNG

**NGHIÊN CỨU THUẬT TOÁN XÁC ĐỊNH NGUY
CƠ ĐÂM VA TÀU THUYỀN THEO THỜI GIAN
THỰC TRÊN VÙNG BIỂN VIỆT NAM**

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SỸ KỸ THUẬT

Ngành: Khoa học hàng hải; Mã số: 9840106
Chuyên ngành: Khoa học hàng hải

Hải Phòng - 2024

Công trình được hoàn thành tại Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

Người hướng dẫn khoa học 1: PGS.TS. Trần Văn Lượng

Người hướng dẫn khoa học 2: TS. Lương Tú Nam

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án tiến sĩ cấp Trường họp tại Trường Đại học Hàng hải Việt Nam vào hồi giờ phút ngày....tháng....năm....2024.

Có thể tìm hiểu luận án tại Thư viện Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Trong các hệ thống giao thông nói chung và hệ thống giao thông hàng hải nói riêng, tai nạn luôn để lại những hậu quả rất nặng nề về nhiều phương diện. Đối với tai nạn hàng hải có thể gây nên mất mát về người, tổn thất về tài sản, làm hư hỏng kết cấu hạ tầng hoặc gây ô nhiễm môi trường ... Chính vì vậy, việc phòng ngừa tai nạn, cảnh báo sớm nguy cơ va chạm giao thông luôn là đề tài được các nhà chức trách, nhà nghiên cứu quan tâm, tìm hiểu và đề xuất nhiều phương án khác nhau. Tuy nhiên, đến nay, tai nạn hàng hải vẫn thường xuyên xảy ra ở khắp các vùng biển trên thế giới nói chung và các vùng biển của Việt Nam nói riêng, hầu hết các vụ tai nạn đều cho thấy lỗi của con người vẫn là nguyên nhân chính, bên cạnh đó là sự hỗ trợ không đầy đủ, thích đáng của các trang thiết bị máy móc.

Trong những năm gần đây, trước sự phát triển mạnh mẽ của kinh tế thế giới và áp lực vận chuyển hàng hóa bằng đường biển tăng cao (hơn 90% khối lượng hàng hóa trên thế giới được vận chuyển bằng đường biển), đưa vận tải hàng hải tạo thành huyết mạch của thương mại toàn cầu với sự xuất hiện của các loại tàu khác nhau về kích cỡ và chủng loại, mới hơn, lớn hơn. Mật độ giao thông trên biển và tại các cảng biển ngày càng trở lên đông đúc, thấy rõ sự thay đổi và ngày càng trở nên phức tạp hơn. Điều này khiến việc quản lý giao thông hàng hải ngày càng trở nên khó khăn hơn. Đề duy trì an toàn giao thông hàng hải trong điều kiện mật độ và lưu lượng tàu thuyền lớn và phức tạp đòi hỏi mỗi phương tiện tham gia giao thông, mỗi thuyền viên đều có các phương án sớm để nhận biết và cảnh báo được sự hiện diện của nguy cơ gây tai nạn.

Các nhà chức trách phải có các phương thức kiểm soát lưu lượng tàu thuyền để tối ưu hóa luồng giao thông, bảo vệ môi trường và đảm bảo an toàn. Việc giám sát các khu vực biển rộng lớn thông thường đòi hỏi phải phân tích khối lượng lớn dữ liệu cảm biến động, đa chiều và không đồng nhất, nhằm cải thiện hiệu quả và an toàn giao thông của tàu và bảo vệ môi trường. Thông thường, các sỹ quan quản lý giao thông hàng hải phải tìm kiếm và dự đoán các tình huống tàu có nguy cơ va chạm cao từ một số lượng lớn tàu thuyền trong khu vực biển rộng lớn. Việc phát hiện sớm các tình huống rủi ro như vậy nhằm có thêm thời gian cho việc thực hiện hành động thích hợp trước khi các vấn đề tiềm ẩn có thể xảy ra. Tuy nhiên, các sỹ quan quản lý giao thông hàng hải có thể bị choáng ngợp bởi luồng dữ liệu trực tuyến, các phương pháp phân tích dữ liệu thủ công truyền thống hoặc bởi các yếu tố khác, chẳng hạn như áp lực thời gian, căng thẳng, sự mâu thuẫn hoặc không chắc chắn của thông tin. Chính vì vậy, cần có một hệ thống giám sát thông minh đánh giá được nguy cơ va chạm giữa các tàu và đưa ra các cảnh báo, điều này có thể giảm tải áp lực cho sỹ quan quản lý giao thông trong khi giám sát giao thông hàng hải, cho phép đưa ra các hành động phòng ngừa đảm bảo một cách nhanh chóng và chính xác.

Hiện nay, định biên an toàn tối thiểu trên tàu cho mỗi tàu không nhiều, tuy có nhiều các thiết bị hỗ trợ cho nghiệp vụ hàng hải như: ECDIS, RADAR, ARPA, GMDSS, GPS, AIS ... đã được áp dụng trong quá trình hàng hải và đánh giá phòng ngừa đâm va nhưng các vụ đâm va gần đây cho thấy lỗi của con người vẫn là yếu tố chính của các vụ tai nạn. Để giảm số vụ tai nạn và tăng cường an toàn hàng hải, có một hệ thống hỗ trợ điều động cho sỹ quan hàng hải hay quản lý giao thông hàng hải là rất cần thiết. Phân tích, đánh giá rủi ro đâm va nhằm hỗ trợ thuyền viên đưa ra hành động nhanh chóng, trực quan là vấn đề chính trong hệ thống hỗ trợ này.

Việc điều tiết an toàn cho tàu, đặc biệt là trong các tuyến đường thủy hẹp, được các nhà nghiên cứu cũng như các cơ quan quản lý hàng hải quan tâm hàng đầu. Nhiều nhà nghiên cứu cũng như các chuyên gia, sỹ quan giàu kinh nghiệm đã tiến hành nghiên cứu về đánh giá rủi ro đối với giao thông hàng hải và đề xuất các biện pháp nhằm kiểm soát, giảm thiểu rủi ro đâm va giữa các tàu thuyền. Các phương pháp đánh giá nguy cơ đâm va hiện nay chủ yếu đánh giá nguy cơ đâm va giữa 2 tàu thuyền. Tàu thuyền ở những luồng hẹp với mật độ đông đúc dễ bị va chạm hơn so với các vùng biển rộng do mật độ giao thông rất lớn. Khi có từ 3 tàu thuyền trở lên, việc tính toán và điều động tránh va trở nên khó khăn hơn rất nhiều. Hơn nữa, việc đánh giá nguy cơ đâm va chưa thể hiện được mức độ nguy hiểm dưới dạng chỉ số một cách cụ thể. Nếu có một chỉ số biểu hiện nguy cơ xảy ra đâm va được tính toán theo thời gian thực thì các sỹ quan quản lý giao thông có thể triển khai các hoạt động điều tiết nhằm đảm bảo an toàn cho các phương tiện, các tuyến luồng giao thông. Mặc dù ở hầu hết các tuyến luồng này, người ta đã biết xác suất tai nạn tổng thể, nhưng sự phân bố theo không gian của chúng thường không có sẵn dưới dạng bản đồ chi tiết. Cùng với đó, nếu vị trí có khả năng cao xảy ra đâm va giữa các tàu thuyền được tính toán và thể hiện trực quan trên hải đồ sẽ rất thuận tiện cho các sỹ quan quản lý giao thông theo dõi, từ đó đưa ra các cảnh báo sớm cho phương tiện trên toàn bộ tuyến luồng.

Xuất phát từ thực tiễn nêu trên, nghiên cứu sinh đề xuất nghiên cứu thực hiện đề tài: ***Nghiên cứu thuật toán xác định nguy cơ đâm va tàu thuyền theo thời gian thực trên vùng biển Việt Nam.***

2. Mục đích nghiên cứu

Mục đích nghiên cứu của đề tài là đề xuất vùng an toàn mới của tàu, hình dáng và kích thước của vùng an toàn này có thể linh hoạt thay đổi dựa vào các thông số như tốc độ, kích thước tàu và khu vực tàu hành trình theo thời gian thực. Trên cơ sở vùng an toàn mới đề xuất, nghiên cứu xây dựng thuật toán xác định nguy cơ đâm va tàu thuyền trên vùng biển Việt Nam, nguy va chạm được thể hiện trực quan theo từng cấp độ. Xây dựng bản đồ điểm nóng giao thông giúp nhận biết những nơi thường xuyên tập trung đông tàu thuyền, nhằm cảnh báo sớm cho thuyền viên và nhà quản lý, điều hành giao thông hàng hải về nguy cơ đâm va để kịp thời đưa ra hành động đảm bảo an toàn cho tàu trên vùng biển Việt Nam.

3. Đối tượng, phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu

Thực hiện nghiên cứu, đánh giá tình hình vùng biển, cảng biển của Việt Nam như vai trò của cảng biển Việt Nam, định hướng phát triển trong tương lai, địa hình, mật độ tàu thuyền, lưu lượng hàng hóa ra vào, các vụ tai nạn hàng hải xảy ra ... trên vùng biển Việt Nam từ đó chỉ ra các khu vực có địa hình phức tạp, có mật độ tàu thuyền lớn, tiềm ẩn nhiều nguy mất an toàn giao thông hàng hải.

Nghiên cứu các mô hình vùng an toàn của tàu đã được xây dựng trong nước và trên thế giới trước đây như: phương pháp, tiêu chí xây dựng, thông số đầu vào, hình dạng, kích thước ... đánh giá ưu, nhược điểm để đề xuất mô hình vùng an toàn mới phù hợp với mục đích nghiên cứu. Ý kiến của các chuyên gia, các nhà hàng hải và dữ liệu AIS thu được trên vùng biển Việt Nam đã được nghiên cứu, phân tích để xây dựng mô hình vùng an toàn mới, thay đổi theo thời gian thực, áp dụng phù hợp cho các tàu hoạt động trên vùng biển Việt Nam.

Phạm vi nghiên cứu

Đề tài tập trung nghiên cứu thực trạng vùng biển, cảng biển của Việt Nam như vị trí địa lý, hệ thống cảng biển, hệ thống luồng hàng hải, số lượng hàng hóa và lưu lượng tàu thuyền ra vào, số vụ tai nạn hàng hải đã xảy ra trong thời gian 5 năm từ năm 2019 đến hết năm 2023. Cụ thể và mô phỏng tại một số vùng biển có lưu lượng tàu thuyền ra vào nhiều, địa hình phức tạp như khu vực luồng Hải Phòng và khu vực luồng Sài Gòn - Vũng Tàu.

Mô hình vùng an toàn, các phương pháp, thuật toán xác định nguy cơ đâm va tàu thuyền tại các vùng biển trên thế giới và Việt Nam từ trước đến nay cũng được tập trung nghiên cứu để đưa ra kết quả tối ưu, phù hợp với mục đích nghiên cứu của đề tài.

4. Phương pháp nghiên cứu

Luận án đã sử dụng các phương pháp nghiên cứu:

- Phương pháp nghiên cứu lý thuyết: Đề tài đã sử dụng phương pháp nghiên cứu lý thuyết để phân tích, đánh giá các nghiên cứu trong nước và thế giới có liên quan đến đề tài, từ đó đề xuất hướng nghiên cứu của đề tài. Phương pháp này cũng được thực hiện nhằm nghiên cứu cơ sở lý thuyết về các hàm toán học, về vùng an toàn của tàu, các phương pháp xác định vùng an toàn của tàu và các phương pháp đánh giá, xác định nguy cơ đâm va tàu thuyền.

- Phương pháp chuyên gia (kết hợp giữa phương pháp thống kê, phương pháp phân tích và tổng kết kinh nghiệm): Phương pháp này được áp dụng trong quá trình khảo sát, sử dụng kinh nghiệm, kiến thức của các chuyên gia - là các hoa tiêu hàng hải, sỹ quan hàng hải, nhà quản lý hàng hải ... để xác định khoảng cách an toàn của tàu khi hành trình trên vùng biển Việt Nam phục vụ cho việc xác định kích thước vùng an toàn của tàu. Ngoài ra, phương pháp chuyên gia còn được kết hợp với phương pháp thống kê để tổng hợp dữ liệu

khảo sát từ các chuyên gia và phương pháp phân tích nhằm đánh giá số liệu trước khi sử dụng.

- Phương pháp toán học: Trên cơ sở dữ liệu thu thập được, phương pháp toán học được sử dụng để đề xuất, xây dựng và phát triển thuật xác định vùng an toàn của tàu, thuật toán xác định nguy cơ đâm va tàu thuyền, các thuật toán trong quá trình thu thập, xử lý dữ liệu. Phương pháp này cũng được sử dụng để tính toán các trọng số phù hợp với tình hình thực tế, phân cụm tàu, phục vụ việc xây dựng bản đồ điểm nóng giao thông hàng hải.

- Phương pháp bình phương nhỏ nhất: Phương pháp này là phương pháp tối ưu để lựa chọn đường khớp nhất đối với một dải dữ liệu ứng với cực trị của tổng các sai số thống kê từ kết quả khảo sát chuyên gia.

- Phương pháp mô phỏng: Để kiểm chứng, làm rõ kết quả nghiên cứu, Luận án đã sử dụng phương pháp mô phỏng, sử dụng công cụ máy tính, mô phỏng trên Matlab và dựa vào đó để xây dựng vùng an toàn của tàu, đánh giá nguy cơ đâm va, xây dựng bản đồ điểm nóng giao thông. Ngoài ra, phương pháp này được sử dụng tại phòng mô phỏng lái tàu của Trường Đại học Hàng hải Việt Nam để đánh giá khả năng áp dụng của mô hình vùng an toàn trong đánh giá nguy cơ đâm va.

Sử dụng mô phỏng trên Matlab/Simulink cho các thuật toán tìm tín hiệu điều khiển của mô hình động học ngược và thuật giải lặp Newton-Raphson của mô hình động học thuận.

Phương pháp thống kê, thu thập dữ liệu và đánh giá để xây dựng, chọn lọc bộ dữ liệu học tốt nhất cho mạng nơron nhân tạo MLP. Ngoài ra, để kiểm chứng các kết quả mô phỏng NCS sử dụng phương pháp thực nghiệm trên cơ sở thực hiện lắp đặt mô hình, lập trình điều khiển các động cơ servo trên PLC, xây dựng giao tiếp mạng truyền thông Modbus TCP, thuật toán quy đổi các góc roll, pitch, heave ra các góc quay của động cơ servo, thuật toán điều khiển xung phát xung điều khiển động cơ servo.

5. Ý nghĩa khoa học và ý nghĩa thực tiễn

Ý nghĩa khoa học

Đề tài đã tổng hợp, phân tích và đánh giá số liệu một cách tổng quan về các vùng biển của Việt Nam, các nghiên cứu trong nước và trên thế giới có liên quan đến phạm vi nghiên cứu của đề tài. Xây dựng cơ sở khoa học về vùng an toàn xung quanh tàu, đề xuất xây dựng một vùng an toàn mới phù hợp với mục đích nghiên cứu, khoa học và tin cậy trên vùng biển Việt Nam.

Tổng hợp, đánh giá các thuật toán xác định nguy cơ đâm va trước đây, xây dựng thuật toán xác định nguy cơ đâm va tàu thuyền trên vùng biển Việt Nam. Thuật toán xác định nguy cơ đâm va cho phép đánh giá được nguy cơ va chạm giữa các tàu trực quan, nhanh chóng, theo cấp độ và định lượng cụ thể.

Kết quả nghiên cứu có giá trị tham khảo cho các nhà hoạch định chính sách, các cơ quan quản lý nhà nước chuyên ngành hàng hải, lực lượng tìm

kiểm cứu nạn hàng hải. Ngoài ra, nghiên cứu cũng có giá trị tham khảo đối với học viên, sinh viên ngành kỹ thuật các chuyên ngành có liên quan.

Ý nghĩa thực tiễn

Kết quả nghiên cứu có tính ứng dụng cao, giúp sỹ quan hàng hải và người quản lý giao thông hàng hải sớm nhận biết nguy cơ đắm va, liên tục theo thời gian thực, từ đó có hành động phù hợp hoặc thông báo sớm góp phần giảm thiểu nguy cơ tai nạn hàng hải, bảo vệ tính mạng con người, tài sản và môi trường biển. Nghiên cứu có thể tạo tiền đề để phát triển các hệ thống quản lý giao thông hàng hải thông minh, nâng cao năng lực cạnh tranh của ngành hàng hải Việt Nam, thúc đẩy phát triển kinh tế biển.

Ngoài ra, kết quả nghiên cứu có thể cung cấp công cụ để xác định các điểm nóng giao thông trên vùng biển Việt Nam, hỗ trợ các nhà chức trách, nhà hoạch định chính sách, các cơ quan quản lý nhà nước chuyên ngành hàng hải, lực lượng tìm kiếm cứu nạn hàng hải có cách nhìn tổng quan về các cảng biển tại Việt Nam, những nơi thường xuyên tập trung đông đúc tàu thuyền và xây dựng các phương án về hạ tầng để đảm bảo an toàn hàng hải trên vùng biển Việt Nam trong tương lai.

6. Những điểm đóng góp mới

Luận án đã xây dựng được thuật toán xác định vùng an toàn của tàu theo thời gian thực. Hình dạng và kích thước vùng an toàn của mỗi loại tàu đã được xác định và thay đổi phụ thuộc vào chiều dài, tốc độ tàu và tham số khu vực. Mô hình vùng an toàn này có thể áp dụng tại nhiều vùng biển khác nhau và đã được cụ thể trên vùng biển Việt Nam.

Xây dựng bản đồ điểm nóng giao thông trên vùng biển Việt Nam, kết quả giúp thuyền viên, các nhà quản lý giao thông hàng hải có đánh giá trực quan, nhanh chóng, độ tin cậy cao nhằm phục vụ cho an toàn giao thông hàng hải.

7. Kết cấu của luận án

Luận án bao gồm 162 trang, 82 hình vẽ, 31 bảng biểu, phần mở đầu và 4 Chương, phần kết luận, các công trình nghiên cứu đã công bố của tác giả, tài liệu tham khảo và phụ lục.

Chương 1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

1.1. Tổng quan về đặc điểm, tình hình vùng biển Việt Nam hiện nay

Các vùng biển của Việt Nam được ví như mặt tiền, sân trước, cửa ngõ của quốc gia, có địa hình khúc khuỷu, nhiều eo, vũng, vịnh ven bờ kéo dài từ Móng Cái của Quảng Ninh đến Hà Tiên của Kiên Giang. Nằm ở cửa ngõ khu vực Đông Nam Á, đất liền của Việt Nam tiếp giáp với 4 nước, phía đông giáp biển. Việt Nam hiện có tổng cộng 298 bến cảng lớn nhỏ, 56 tuyến luồng hàng hải. Lưu lượng hàng hóa trong 05 năm từ 2019 đến 2023 không ngừng tăng lên trong khi đó số lượng tàu thuyền ra vào giảm đi cho thấy kích cỡ và trọng tải các tàu ngày càng tăng lên, gây ảnh hưởng rất lớn đến không gian hoạt

động của tàu khi hành trình, mật độ tàu thuyền và kích cỡ tăng lên, trong khi kích cỡ luồng chưa kịp thời đáp ứng sẽ gây nguy cơ va chạm giữa các tàu.

Qua phân tích, lưu lượng hàng hóa tại khu vực cảng biển của miền Trung thường không nhiều, số cảng khai thác vận tải hàng container còn khá ít. Các cảng biển này thường hoạt động nhỏ lẻ, mang tính chất trung chuyển, tập trung hàng hóa để đưa đến cảng Hải Phòng hoặc Thành phố Hồ Chí Minh, Vũng Tàu. Vì vậy, lưu lượng hàng hóa cũng như mật độ tàu thuyền ở khu vực miền Trung chưa nhiều. Ngược lại, lưu lượng hàng hóa ra vào các cảng ở khu vực phía Bắc, đặc biệt là khu vực cảng Hải Phòng và ở khu vực phía Nam, nổi lên là khu vực cảng Thành phố Hồ Chí Minh và cảng biển Vũng Tàu luôn ở mức cao, năm sau tăng hơn năm trước. Cùng với đó, mật độ tàu thuyền, kích cỡ, tải trọng cũng không ngừng tăng lên theo từng năm và cũng tập trung rất lớn tại khu vực luồng Hải Phòng và luồng Sài Gòn - Vũng Tàu. Trong khi việc đầu tư xây dựng, mở rộng, nâng cấp các tuyến luồng chưa thể đáp ứng ngay với mật độ lưu thông như vậy, bên cạnh đó, địa hình tại các tuyến luồng rất phức tạp, chính vì vậy, tại các khu vực luồng Hải Phòng và Sài Gòn - Vũng Tàu luôn tồn tại các khu vực đông đúc tàu thuyền, tiềm ẩn nhiều nguy cơ đâm va. Đây là 2 hệ thống luồng giúp luân chuyển hàng hóa ra vào tại các cảng biển khu vực Hải Phòng (luồng Hải Phòng) và khu vực cảng biển Thành phố Hồ Chí Minh, cảng biển Vũng Tàu (luồng Sài Gòn - Vũng Tàu).

1.2. Tình hình nghiên cứu thể giới và trong nước

Trên thế giới: Các nghiên cứu trên thế giới trước đây có thể xác định đầy đủ nguy cơ đâm va tàu ở một mức độ, một khu vực nào đó và phương pháp xác định nguy cơ đâm va tàu khu vực hiện tại có một số hạn chế. Đặc biệt, tác động của các tàu mục tiêu tới tàu chủ không được tính đến khi tính toán nguy cơ đâm va. Trong một cụm, các tàu nằm trong phạm vi nhất định tính từ tàu chủ sẽ có tác động nhất định đến hành động tránh đâm va mà tàu chủ thực hiện. Việc áp dụng các mô hình cổ điển thường chỉ áp dụng được đối với 2 tàu, ít có tính toán nào có liên quan đến kích cỡ, tình hình ngoại cảnh nơi tàu hành trình. Các mô hình mới, hiện đại hiện nay, đã có sự tính toán đến yếu tố ngoại cảnh, tuy nhiên, việc quan tâm đến kích cỡ đối với mỗi tàu là chưa nhiều, mô hình chủ yếu áp dụng tại các vùng biển rộng tập trung đông tàu thuyền, dữ liệu thu thập chủ yếu là dữ liệu lưu trữ chưa tức thời. Vì vậy, các phương pháp xác định nguy cơ đâm va trên thế giới không phù hợp khi áp dụng trên các vùng biển của Việt Nam, nơi có địa hình phức tạp, mật độ đông đúc, các yếu tố ngoại cảnh thay đổi khó lường.

Trong nước: Các nghiên cứu trước đây đã đề xuất được một số giải pháp về nâng cao an toàn hàng hải trên vùng biển Việt Nam, tuy nhiên, việc đề xuất các giải pháp còn mang tính vĩ mô, khó thực hiện ... chưa có nghiên cứu nào sử dụng ý kiến của các chuyên gia để xây dựng vùng nguy hiểm xung quanh tàu tại các điểm nóng giao thông trên khu vực luồng Hải Phòng, luồng Sài Gòn - Vũng Tàu.

1.3. Kết luận chương 1

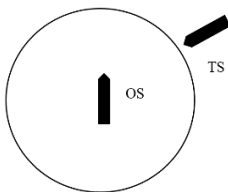
Chương 1 đưa ra được tính cấp thiết, đặt ra mục tiêu, giới hạn và nội dung cần nghiên cứu của đề tài luận án tiến sĩ chuyên ngành. Phân tích tổng quan về vùng biển Việt Nam như: vị trí địa lý, hệ thống cảng biển, hệ thống luồng, lưu lượng hàng hóa, lưu lượng tàu thuyền ra vào các cảng biển của Việt Nam. Bên cạnh đó, nghiên cứu cũng đã đánh giá mức độ tai nạn hàng hải trên vùng biển Việt Nam trong những năm gần đây và chỉ ra một số khu vực có mật độ tàu thuyền và lưu lượng hàng hóa lớn (luồng Hải Phòng và luồng Sài Gòn - Vũng Tàu) và các điểm có nguy cơ đâm va cao.

Tổng quan nghiên cứu đã phân tích đánh giá các nghiên cứu trên thế giới về các mô hình đánh giá nguy cơ đâm va tại các vùng biển khác nhau trên thế giới trước đây. Phân tích, đánh giá các giải pháp để duy trì an toàn giao thông hàng hải trên các vùng biển của Việt Nam tại các nghiên cứu trong nước trước đây. Trên cơ sở đó, nghiên cứu, đề xuất giải pháp đảm bảo an toàn giao thông hàng hải qua thuật toán, mô hình trực quan, đánh giá nhanh chóng nguy cơ đâm va, áp dụng đối với vùng biển Việt Nam.

Chương 2. NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG THUẬT TOÁN XÁC ĐỊNH VÙNG AN TOÀN CỦA TÀU

2.1. Vùng an toàn của tàu

Vùng an toàn của tàu (Ship Domain) là không gian xung quanh một con tàu không được xâm phạm bởi các tàu khác. Nếu các tàu khác không xâm phạm hay tiến vào khu vực này thì có thể được coi là an toàn (Hình 2.1).



Hình 2.1. Vùng an toàn của tàu chủ không bị xâm phạm bởi tàu mục tiêu

Vùng an toàn của tàu có nhiều hình dạng và kích thước khác nhau tùy thuộc theo mỗi phương pháp xác định. Có thể coi con tàu là tâm và khu vực giới hạn xung quanh là một vòng tròn có bán kính nhất định, hoặc khu vực nguy hiểm được xác định theo hình dáng con tàu thành một hình elip, hình thoi, hình vuông ... Kích thước của mỗi vùng giới hạn có thể thay đổi tùy theo kích cỡ con tàu, mật độ tàu thuyền tại mỗi thời điểm hoặc kích thước khu vực tàu hành trình ...

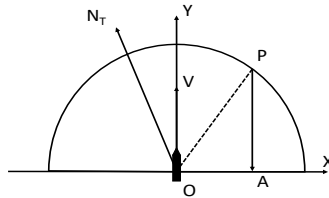
2.2. Xây dựng vùng an toàn mới của tàu dựa trên hàm ảnh hưởng

Vùng an toàn mới của tàu được xây dựng dựa trên lý thuyết về trường và hàm ước tính hạt nhân Gaussian. Phương pháp dựa trên lý thuyết trường được sử dụng rộng rãi trong nghiên cứu an toàn phương tiện, tuy nhiên trong

hàng hải lại là tương đối ít. Hầu hết các phương pháp xác định rủi ro đâm va hiện có đều bắt đầu từ quan điểm hình học, sử dụng khoảng cách và các chỉ số khác để đo lường rủi ro đâm va.

Ước tính mật độ hạt nhân (Kernel Density Estimation - KDE) là một phương pháp để ước tính mật độ xác suất của một biến ngẫu nhiên không được biết trước, dựa trên một tập hợp các quan sát. Phương pháp này là một kỹ thuật ước tính mật độ phi tham số, cho phép tạo ra một đường cong mịn với các điểm dữ liệu. KDE dựa trên ý tưởng rằng ảnh hưởng của mỗi điểm dữ liệu có thể được mô hình hóa chính thức bằng cách sử dụng một hàm toán học, được gọi là hạt nhân. Trong nghiên cứu này, hàm Gaussian được áp dụng cho hàm ước tính mật độ hạt nhân để thiết lập một vùng an toàn mới của tàu do nó có thể mô tả mọi rủi ro bên trong vùng an toàn này theo một cách chính xác, đáp ứng yêu cầu càng gần tàu thì ảnh hưởng càng lớn. Kỹ thuật ước tính mật độ phi tham số, cho phép tạo ra một đường cong mịn với các điểm dữ liệu. Hơn nữa, hàm Gaussian có dạng đối xứng, hình dạng phù hợp để mô tả chuyển động của tàu, kết hợp với việc xác định tham số độ mịn có thể điều chỉnh được kích thước vùng an toàn của tàu tại những khu vực khác nhau.

Nguy cơ đâm va được thể hiện dưới dạng một điểm trong không gian trường, liên quan đến tốc độ và khoảng cách tương đối giữa tàu chủ và một điểm. Một mặt, tốc độ tương đối của tàu mục tiêu càng cao thì nguy cơ va chạm càng cao. Mặt khác, khoảng cách của tàu mục tiêu càng lớn thì nguy cơ va chạm càng thấp. Trong nghiên cứu này, hàm ước tính mật độ hạt nhân được sử dụng để xác định nguy cơ đâm va và động xung quanh một con tàu (Dynamic Collision Risk - DCR).



Hình 2.2. Mô hình trường nguy cơ đâm va

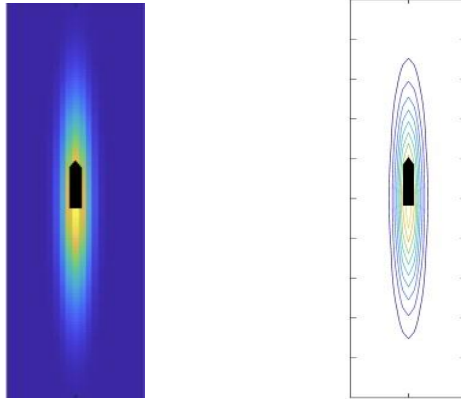
Giả sử rằng một mục tiêu được đặt tại một điểm P có tọa độ (x_p, y_p) trong trường, điểm A là hình chiếu của P trên trục X. Đường PA là đường chuyển động tương đối của mục tiêu tại P so với tàu chủ. Điểm chiếu A là CPA từ mục tiêu đến tàu chủ và khoảng cách từ gốc tọa độ O đến điểm A (d_{OA}) DCPA từ tàu chủ đến mục tiêu. Khoảng cách từ điểm P đến điểm A (d_{PA}) là khoảng cách từ mục tiêu đến CPA, là sản phẩm của thời gian cần thiết đến CPA (TCPA) và tốc độ của tàu V.

Nguy cơ đâm va động quanh tàu chủ, giá trị được gán cho mọi điểm P trong không gian trường, gọi là DCR(P).

$$DCR(P) = \frac{1}{nh^2} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x_p^2 + y_p^2}{2L^2 h^2}} \quad (2.1)$$

Mỗi mục tiêu P có một phạm vi tác dụng khác nhau từ tàu chủ. DCR được sử dụng làm giá trị để phản ánh phân bố nguy cơ đâm va động của tàu chủ tới một mục tiêu bất kỳ trong môi trường xung quanh. Khoảng cách giữa tàu chủ và mục tiêu càng lớn thì ảnh hưởng này càng nhỏ. Các mục tiêu có cùng giá trị DCR nhưng khoảng cách từ tàu chủ đến các mục tiêu này có thể khác nhau tùy theo vị trí tương quan.

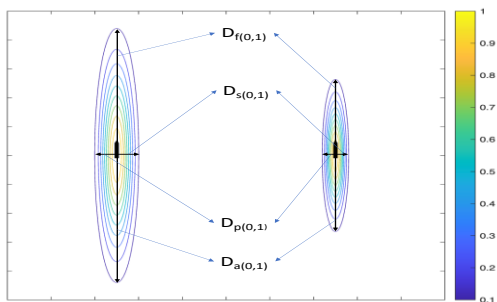
Sau khi tính toán tất cả nguy cơ đâm va động DCR trong phân tử lưu lượng tàu, vùng an toàn của tàu được tạo ra bằng cách nối tất cả các điểm có cùng giá trị DCR tạo thành một vùng an toàn dựa trên bản đồ nhiệt đối xứng, có dạng hình elip xung quanh tàu chủ, gọi là Heat Ship Domain (HSD) - Vùng an toàn mới của tàu dựa trên hàm ảnh hưởng - Vùng an toàn HSD (Hình 2.3)



Hình 2.3. Vùng an toàn mới của tàu được xây dựng bằng hàm hạt nhân - Heat Ship Domain (HSD)

2.3 Xác định kích thước vùng an toàn HSD

HSD thể hiện mức độ nguy hiểm xung quanh tàu bằng DCR có giá trị biến thiên từ 0 (chưa nguy hiểm) đến 1 (đâm va). Các điểm xung quanh tàu có cùng giá trị DCR được nối với nhau tạo thành các đường elip đẳng trị. Tỷ lệ chiều dài của nửa elip phía trước mũi tàu có thể được điều chỉnh bởi tham số độ mịn h. Độ mịn h cũng có thể coi là một tham số đại diện cho một khu vực. Vì mỗi vùng biển sẽ có đặc tính về địa hình, điều kiện khí tượng thủy văn đặc trưng. Điều này dẫn đến các tàu không thể áp dụng chung một vùng an toàn cho tất cả các vùng biển để đánh giá nguy cơ đâm va. Cùng một tàu chủ với chiều dài và vận tốc nhất định, độ lớn của vùng an toàn HSD sẽ khác nhau khi độ mịn h khác nhau. Đường bao của HSD sẽ tương ứng với đường elip đẳng trị có giá trị 0,1. Với mỗi giá trị của h sẽ cho một bộ kích thước của HSD tương ứng với giá trị 0,1 của DCR: $D_f(0,1)$, $D_a(0,1)$, $D_p(0,1)$, $D_s(0,1)$ (Hình 2.4). Có thể nói rằng $D_f(0,1)$, $D_a(0,1)$, $D_p(0,1)$, $D_s(0,1)$ chính là những hàm số với biến h.



Hình 2.4. Kích thước vùng an toàn HSD với giá trị h khác nhau

Để có được bộ giá trị này, phương pháp khảo sát lấy ý kiến chuyên gia đã được thực hiện. Phiếu khảo sát liên quan đến khoảng cách tối thiểu mà một tàu mong muốn được duy trì với tàu khác theo 4 hướng: hướng trước mũi, hướng sau lái, hướng mạn trái và hướng mạn phải. Khu vực được khảo sát trên khu vực luồng Hải Phòng và luồng Sài Gòn - Vũng Tàu. Sau khi có được các bộ giá trị khoảng cách an toàn từ các chuyên gia, ta có:

$$\begin{cases} \Delta d_f(h) = (D_f(0,1)(h) - a)^2 \\ \Delta d_a(h) = (D_a(0,1)(h) - b)^2 \\ \Delta d_s(h) = (D_s(0,1)(h) - c)^2 \\ \Delta d_p(h) = (D_p(0,1)(h) - d)^2 \end{cases} \quad (2.2)$$

Trong đó:

- $D_f(0,1)$, $D_a(0,1)$, $D_p(0,1)$, $D_s(0,1)$ lần lượt là bán kính của HSD về phía mũi, lái, trái, phải của elip đẳng trị 0,1 của DCR.

- $\Delta d_f(h)$, $\Delta d_a(h)$, $\Delta d_s(h)$, $\Delta d_p(h)$ lần lượt là bình phương chênh lệch khoảng cách về phía mũi, lái, mạn phải, trái so với giá trị khảo sát.

- a, b, c, d lần lượt là khoảng cách khảo sát an toàn về mũi, lái, mạn trái, phải.

Hàm mục tiêu sẽ có dạng:

$$\Delta d(h) = \sum_{i=1}^4 \Delta d_i(h) \quad (2.3)$$

Trong đó: $\Delta d(h)$ là tổng bình phương chênh lệch khoảng cách so với giá trị khảo sát.

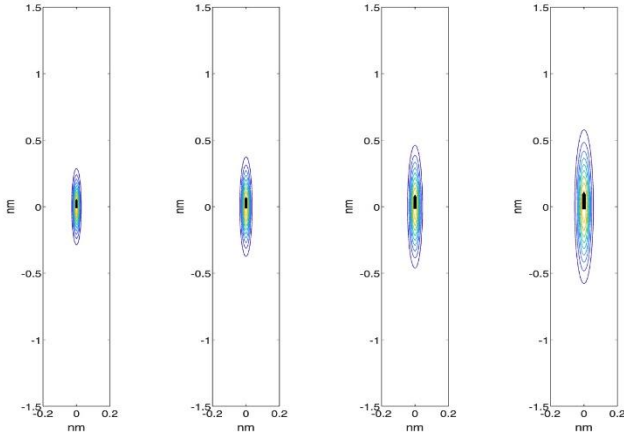
Giá trị h tương ứng sẽ được xác định bằng công thức 2.3, từ đó, ta sẽ có kích thước của HSD tương ứng với giá trị 0,1 của DCR cho từng khu vực khác nhau.

Trên khu vực luồng Hải Phòng sẽ được xác định khi so sánh với giá trị lớn nhất về khoảng cách an toàn theo khảo sát của chuyên gia. Áp dụng công thức 2.2 và công thức 2.3, bảng kết quả giá trị h tại khu vực luồng Hải Phòng thu được như Bảng 2.1.

Bảng 2.1. Giá trị h của các loại tàu trên luồng Hải Phòng

Loại tàu	$\leq 115m$	116m- 45m	146m- 75m	$\geq 176m$
h	0.22	0.21	0.2	0.2

Với các giá trị h thu được, kích thước HSD của các loại tàu trên luồng Hải Phòng được mô tả như Hình 2.5.



(a) $L=100\text{m}$ (b) $L=130\text{m}$ (c) $L=160\text{m}$ (d) $L=200\text{m}$

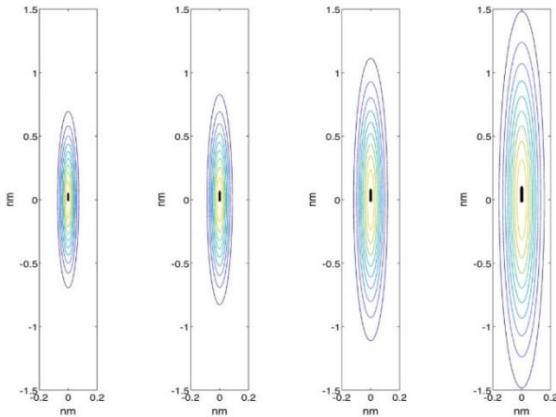
Hình 2.5. HSD của các tàu đang hành trình với vận tốc 10kn trên khu vực luồng Hải Phòng với chiều dài: 100m, 130m, 160m, 200m

Trên khu vực luồng Sài Gòn - Vũng Tàu sẽ được xác định khi so sánh với giá trị lớn nhất về khoảng cách an toàn theo khảo sát của chuyên gia. Áp dụng công thức 2.2 và công thức 2.3, bảng kết quả giá trị h tại khu vực luồng Sài Gòn - Vũng Tàu như Bảng 2.2.

Bảng 2.2. Giá trị h của các loại tàu trên luồng Sài Gòn - Vũng Tàu

Loại tàu	$\leq 115\text{m}$	116m- 45m	146m- 75m	$\geq 176\text{m}$
h	0.6	0.55	0.6	0.64

Với các giá trị h thu được, kích thước HSD của các loại tàu trên luồng Sài Gòn - Vũng Tàu được mô tả như Hình 2.6.



(a) $L=100\text{m}$ (b) $L=130\text{m}$ (c) $L=160\text{m}$ (d) $L=200\text{m}$

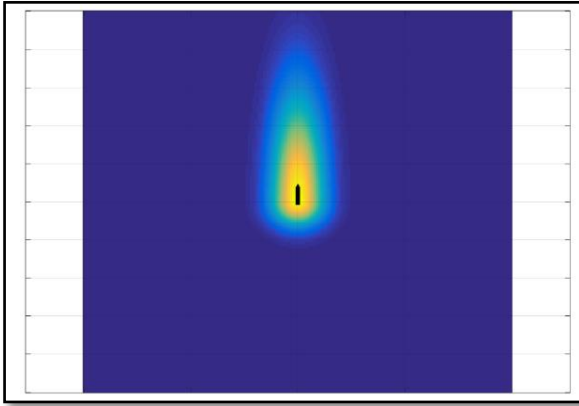
Hình 2.6. HSD của các tàu đang hành trình với vận tốc 10kn trên khu vực luồng Sài Gòn - Vũng Tàu với chiều dài: 100m, 130m, 160m, 200m

Kích thước của vùng an toàn HSD đã được xác định thông qua giá trị khu vực h. Tuy nhiên, hình dạng của HSD có dạng hình elip nên khi nghiên cứu, xác định khu vực giao thoa giữa các vùng an toàn HSD sẽ dễ gây nhầm lẫn, có cảnh nguy cơ đâm va mặc dù các tàu đã đi qua nhau như Hình 2.7 (phần vùng an toàn HSD phía mũi của tàu này giao thoa với phần vùng an toàn HSD sau lái của tàu kia).

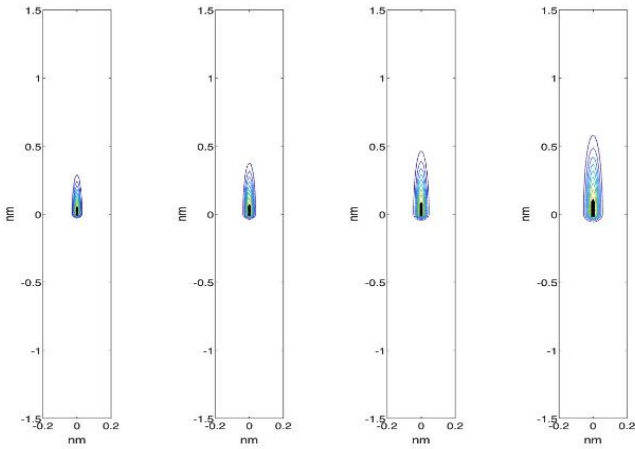


Hình 2.7. Chồng lấn HSD giữa 2 tàu

Có thể thấy rằng, các điểm có cùng khoảng cách đến tàu chủ sẽ có cùng mức độ nguy cơ đâm va. Điều này sẽ không phản ánh đúng thực tế khi có một điểm trước mũi tàu và một điểm ở phía sau lái tàu. Không gian phía trước của tàu bị ảnh hưởng bởi chuyển động về phía trước nên khu vực phía mũi tàu có nhiều ảnh hưởng đến nguy cơ đâm va. Như đã nói ở trên, khu vực phía trước mũi tàu (cùng với hướng chuyển động của tàu) sẽ nguy hiểm hơn so với khu vực phía sau (nơi tàu đã đi qua). Mặc khác, mục đích của nghiên cứu này là sử dụng sự giao thoa giữa các vùng an toàn của tàu để xác định nguy cơ đâm va. Vì vậy, hình dáng của HSD sẽ được điều chỉnh để mô tả chính xác hơn mức độ nguy hiểm xung quanh tàu. Giả sử chia tàu chủ làm 2 phần tính từ tâm tàu (Hình 2.8). Vùng an toàn phía trước mũi tàu sẽ có dạng hình elip, thể hiện mức độ nguy hiểm khi tàu tiến về phía trước. Vùng an toàn phía sau lái của tàu sẽ có dạng cung tròn có tác dụng để xác định nguy cơ đâm va khi xảy ra tình huống vượt nhau. Trong trường hợp vượt nhau giữa hai tàu hoặc khi một tàu đi qua phía lái của tàu khác, khoảng cách an toàn giữa các tàu chỉ cần được thể hiện bằng phần mũi của HSD của tàu ở phía sau. Do đó, chiều dài của HSD ở phía sau lái được rút gọn bằng chiều dài của HSD ở mạn trái và phải.



Hình 2.8. HSD đã được điều chỉnh



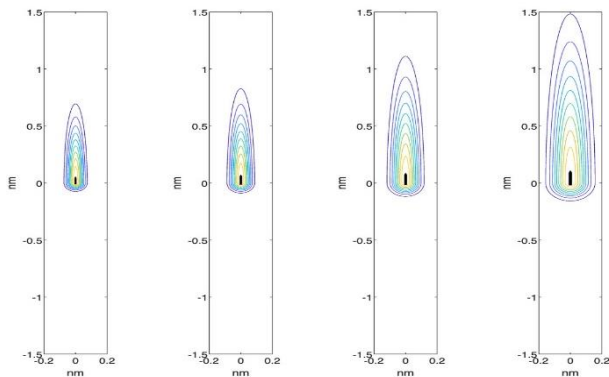
(a) $L=100m$

(b) $L=130m$

(c) $L=160m$

(d) $L=200m$

Hình 2.9. HSD của các tàu trên luồng Hải Phòng với vận tốc 10kn sau khi điều chỉnh



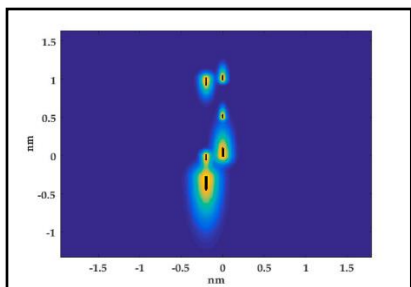
(a) $L=100\text{m}$ (b) $L=130\text{m}$ (c) $L=160\text{m}$ (d) $L=200\text{m}$

Hình 2.10. HSD của các tàu trên luồng Sài Gòn - Vũng Tàu với vận tốc 10kn sau khi điều chỉnh

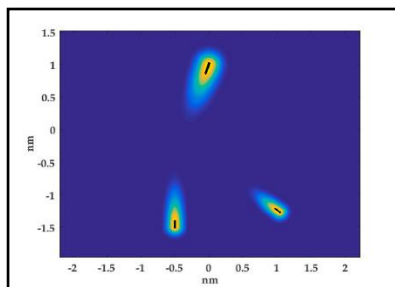
2.4. Khả năng áp dụng vùng an toàn HSD trong cảnh báo nguy cơ đâm va

Giá trị tham số khu vực h được thực hiện khảo sát và xác định cụ thể tại khu vực luồng Hải Phòng và Sài Gòn - Vũng Tàu. Bằng phương pháp xác định DCR tại nghiên cứu này, khi thu được thông số chiều dài và tốc độ tàu từ AIS, ý kiến của các chuyên gia chúng ta sẽ xác định được giá trị DCR cho mỗi khu vực trên vùng biển Việt Nam.

Khi các tàu hành trình trên hệ thống luồng giao thông, hoặc các tàu hành trình tại khu vực ngã 3 hay đầu luồng, việc giữ khoảng cách an toàn giữa các tàu là rất quan trọng. Trên hình mô tả các vùng an toàn với thông số hành trình trên một hệ thống luồng giả định. Các tàu sẽ duy trì vận tốc để vùng an toàn của mình không xâm phạm vào vùng an toàn của tàu khác, đặc biệt không để các tàu khác nằm trong vùng an toàn của tàu mình (Hình 2.11) hoặc các tàu sẽ điều động sao cho phần mũi vùng an toàn của tàu mình không chạm vào mũi các vùng an toàn của tàu khác. Việc quan sát trực quan sẽ giúp sỹ quan hàng hải có quyết định điều động nhanh, hợp lý trong thời gian ngắn (Hình 2.12).



Hình 2.11. HSD của các tàu di chuyển trong luồng



Hình 2.12. HSD của các tàu di chuyển trong khu vực đầu luồng

2.5. Kết luận chương 2

Mô hình vùng an toàn của tàu mới, được gọi là Heat Ship Domain (HSD) đã được xây dựng dựa trên lý thuyết về trường, hàm ước tính mật độ hạt nhân và hàm Gaussian. Vùng an toàn tàu mới của tàu (HSD) có thể đánh giá nguy cơ đâm va theo các cấp độ khác nhau, kích thước của HSD có thể thay đổi theo vận tốc tàu. Một tham số khác cũng có ảnh hưởng đến kích thước của HSD, đó chính là tham số h , đây cũng có thể coi là tham số khu vực. Để xác định tham số h , phương pháp khảo sát chuyên gia đã được thực hiện để thu các bộ giá trị khoảng cách an toàn trên các hướng theo từng loại tàu. Sau đó, phương pháp Bình phương nhỏ nhất được áp dụng để tìm ra giá trị tham số khu vực tối ưu cho từng loại tàu trên khu vực luồng Hải Phòng và luồng Sài Gòn - Vũng Tàu. Với giá trị h thu được, HSD của mỗi loại tàu đã được xác định cho mỗi khu vực khác nhau mà các nghiên cứu trước đây chưa thực hiện xác định.

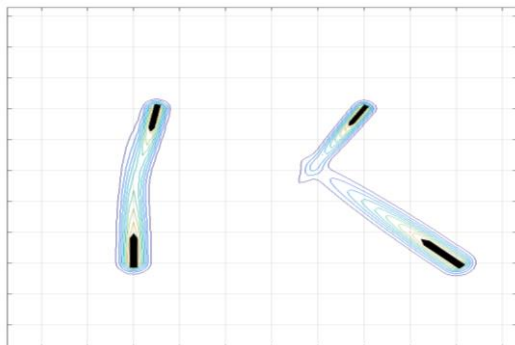
Chương 3. XÂY DỰNG THUẬT TOÁN XÁC ĐỊNH NGUY CƠ ĐÂM VA TÀU THUYỀN DỰA TRÊN VÙNG AN TOÀN HSD

3.1. Thuật toán xác định nguy cơ đâm va tàu thuyền dựa trên vùng an toàn HSD

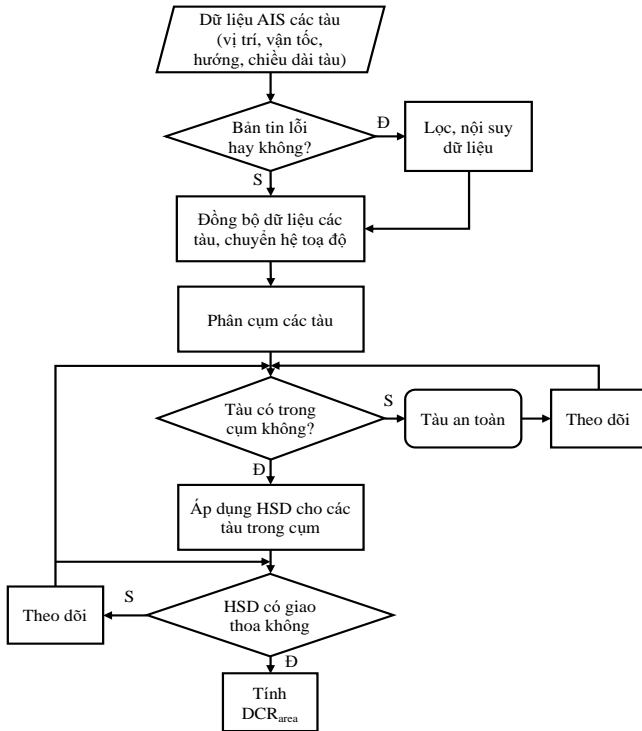
Với mỗi tàu khi hoạt động tại bất kỳ đâu nó đều duy trì cho mình một vùng an toàn nhất định xung quanh. Tại chương 2, đã xác định được nguy cơ đâm va và động xung quanh một con tàu (DCR), với các giá trị thay đổi như vị trí, tốc độ và kích thước con tàu, chỉ số nguy cơ đâm va thay đổi. DCR càng lớn nguy cơ đâm va càng cao. Khi có sự chồng lấn vùng an toàn giữa các tàu, nguy cơ đâm va và động sẽ được tính như sau:

$$DCR_{area} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n DCR_k \quad (3.1)$$

Trong đó: DCR_{area} là nguy cơ đâm va và động giữa các tàu khi có sự chồng lấn HSD; DCR_k là trường nguy cơ đâm va và động của tàu thứ k ; n là số tàu có vùng an toàn HSD chồng lấn lên nhau



Hình 3.1. HSD chồng lấn lên nhau trong trường hợp đối hướng và cắt hướng



Hình 3.2. Lưu đồ thuật toán xác định nguy cơ đâm va bằng vùng an toàn HSD

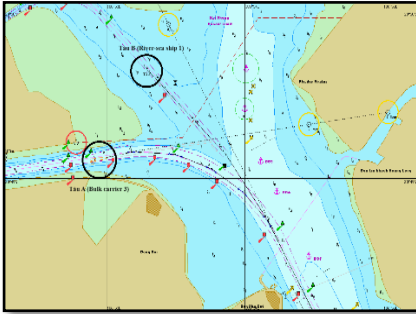
Khi DCR_{area} bằng 0, điều này có nghĩa là chưa có sự chònh lấn giữa các HSD. Các tàu có thể tự do hàng hải, tuy nhiên sỹ quan bắt đầu chú ý nhiều hơn đến nhóm tàu đã xuất hiện HSD. Mức độ nguy hiểm hay nguy cơ đâm va tăng dần khi các HSD có sự giao thoa giữa các vòng, khi các vòng gần tàu giao thoa thì mức độ nguy hiểm càng lớn, có nghĩa là giá trị chònh lấn của DCR_{area} càng lớn. Lúc này, các sỹ quan cần lưu ý và thực hiện các hành động cần thiết càng sớm càng tốt bằng cách đánh giá mức độ nguy cơ đâm va của các tàu khác cũng như DCR_{area} tại các khu vực chònh lấn của các HSD để duy trì khoảng cách an toàn.

3.2. Áp dụng HSD trong đánh giá nguy cơ đâm va

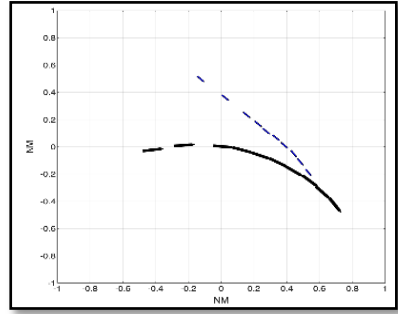
Để kiểm nghiệm khả năng và mức độ áp dụng của HSD trong đánh giá nguy cơ đâm va, nghiên cứu đã thực hiện đánh giá đối với các tàu trên khu vực luồng Hải Phòng tại Phòng Mô phỏng lái tàu của Trường Đại học Hàng hải Việt Nam. Tàu được lựa chọn trong quá trình thực nghiệm gồm 3 tàu, Tàu A là tàu Bulk carrier 3 (có chiều dài 20 m, tốc độ tối đa 15.2 knt); Tàu B là tàu River-sea ship 1 (có chiều dài 95 m, tốc độ tối đa 11,1 knt) và Tàu C là tàu Ro-Ro passenger ferry (buồng lái phía trước mũi) (có chiều dài 125 m, tốc độ tối đa 24 knt).

3.2.1. Đánh giá nguy cơ đâm va giữa 2 tàu

Để đánh giá nguy cơ đâm va giữa 2 tàu, nghiên cứu tiến hành thực hiện mô phỏng tại khu vực phía Đông kênh Hà Nam



Hình 3.3. Vị trí ban đầu của 2 tàu trên hải đồ

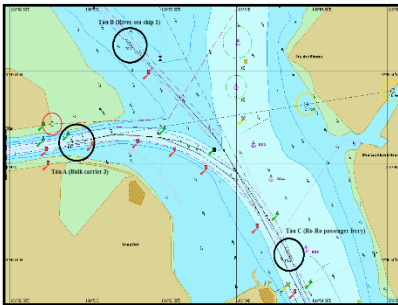


Hình 3.4. Mô phỏng vết di chuyển của 2 tàu khi hành trình

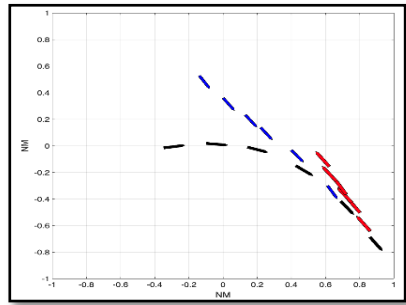
Khi 2 tàu hành trình, nghiên cứu sử dụng một máy tính để áp dụng HSD cho hai tàu sử dụng thông số tại các thời điểm thu được từ hệ thống mô phỏng (Hình 3.3). Có thể thấy đây là tình huống cắt hướng giữa hai tàu. Từ thời điểm quan sát được phản mũi của HSD tàu chủ và tàu mục tiêu có khoảng cách tương ứng là 0,45nm và 0,4nm. Tại các thời điểm này chưa có sự giao thoa giữa HSD nên hai tàu vẫn tiếp tục hành trình theo hướng và vận tốc ban đầu. Tuy nhiên tại thời điểm giao thoa giữa 2 HSD đã xuất hiện với chỉ số của khu vực giao thoa là 0,2. nguy cơ đâm va bắt đầu xuất hiện. Lúc này, sỹ quan điều khiển tàu mục tiêu bắt đầu cho giảm tốc độ và HSD nhỏ lại và sau đó tách dần ra.

3.2.2. Đánh giá nguy cơ đâm va giữa 3 tàu

Mô phỏng tiếp tục được nghiên cứu để đánh giá hiệu quả của HSD khi hỗ trợ cảnh báo nguy cơ đâm va giữa 3 tàu, tiến hành thực hiện mô phỏng tại khu vực phía Đông kênh Hà Nam.



Hình 3.5. Vị trí ban đầu của 3 tàu trên hải đồ



Hình 3.6. Mô phỏng vết di chuyển của 3 tàu khi hành trình

Khi 3 tàu hành trình, nghiên cứu sử dụng một máy tính để áp dụng HSD cho hai tàu sử dụng thông số tại các thời điểm thu được từ hệ thống mô phỏng (Hình 3.5). Tại thời điểm khi chưa có sự giao thoa giữa các HSD, phần mũi của các HSD có chiều dài khoảng 0,5nm. Đến thời điểm bắt đầu quan sát được có vùng giao thoa 1 giữa mạn trái của tàu A và phần mũi của tàu B có giá trị 0,2 và vùng giao thoa 2 giữa phần mũi của tàu A và tàu C cũng có giá trị 0,2. Như vậy có thể thấy rằng, khi khu vực giao thoa giữa các HSD có giá trị 0,2 thì nguy cơ đâm va bắt đầu hình thành. Tại thời điểm khi 3 tàu tiếp tục tiến đến gần nhau, giá trị của vùng giao thoa 1 và 2 tăng lên tương ứng là 0,5 và 0,4. Các sỹ quan điều khiển các tàu bắt đầu có hành động tránh va để HSD của các tàu không còn sự giao thoa.

3.3. Kết luận chương 3

Đã xây dựng thuật toán xác định nguy cơ đâm va tại các điểm nóng giao thông tại khu vực luồng Hải Phòng và luồng Sài Gòn - Vũng Tàu. Việc sử dụng vùng an toàn HSD để xác định nguy cơ đâm va đã thực hiện đánh giá, kiểm nghiệm. Khả năng và mức độ áp dụng của HSD trong đánh giá nguy cơ đâm va đối với các tàu trên khu vực luồng Hải Phòng tại Phòng Mô phỏng lái tàu của Trường Đại học Hàng hải Việt Nam đạt kết quả khả quan, có khả năng hỗ trợ sỹ quan hàng hải, sỹ quan điều phối giao thông trong đánh giá nguy cơ đâm va.

Chương 4. XÂY DỰNG BẢN ĐỒ ĐIỂM NÓNG GIAO THÔNG, MÔ PHỎNG TRÊN VÙNG BIỂN VIỆT NAM

4.1. Các bước xây dựng bản đồ điểm nóng giao thông hàng hải sử dụng HSD

Bước 1: Xử lý dữ liệu AIS.

Dữ liệu động và tĩnh của tàu được trích xuất từ dữ liệu hệ thống nhận dạng tự động (AIS) của tàu. Các bản tin lỗi được lọc ra, tính toán lại vị trí bằng phương pháp nội suy. Sau đó, các dữ liệu này được quy về cùng một thời điểm và chuyển qua hệ trục tọa độ Descarts.

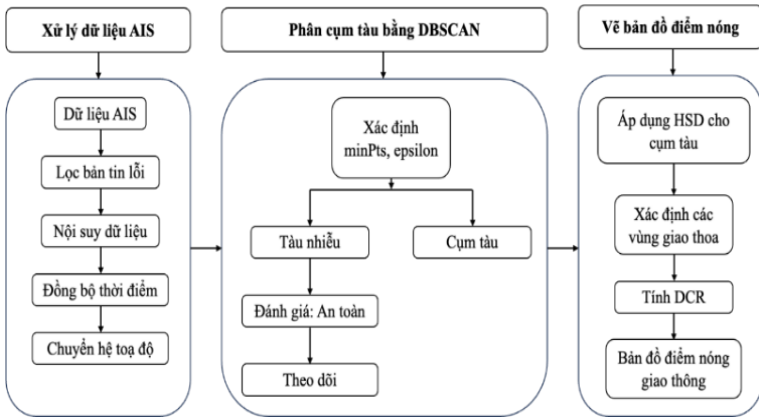
Bước 2: Phân cụm tàu bằng DBSCAN

Việc phân cụm các tàu gần nhau và lọc ra các tàu ở xa các tàu khác được thực hiện bằng phương pháp DBSCAN. Trong bước này, cần xác định các thông số điều kiện như: khoảng cách để các tàu nằm trong một cụm và số tàu tối thiểu trong cụm. Các tàu không nằm trong cụm sẽ được đánh giá là an toàn và tiếp tục theo dõi cho đến khi tiến gần đến các tàu khác. Các tàu có khoảng cách nhỏ hơn khoảng cách điều kiện sẽ được phân thành các cụm để đánh giá nguy cơ đâm va.

Bước 3: Vẽ bản đồ điểm nóng.

Các tàu trong cụm tàu được xác định ở Bước 2 sẽ được áp dụng vùng an toàn HSD. Trong trường hợp HSD của các tàu giao thoa với nhau, vùng giao thoa của các HSD này sẽ có giá trị DCR tăng lên và được thể hiện dưới dạng

bản đồ nhiệt. Các khu vực thường xuyên có giá trị DCR cao sẽ được coi là điểm nóng giao thông.

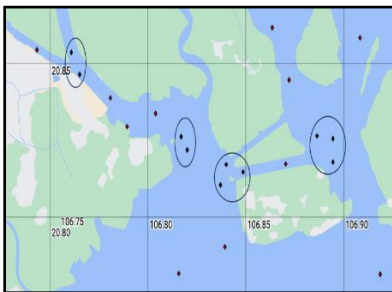


Hình 4.1. Sơ đồ thuật toán xây dựng bản đồ điểm nóng giao thông hàng hải bằng HSD

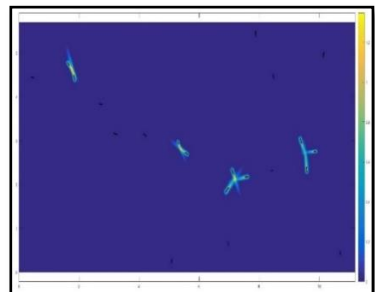
Các phương pháp đánh giá nguy cơ đâm va tại một khu vực nhất định hiện nay chủ yếu được tính toán từ góc độ vĩ mô, vĩ mô và theo vùng. Để xây dựng bản đồ điểm nóng giao thông theo thời gian thực, việc kết hợp được cả ba phương pháp này là rất quan trọng và cấp thiết. Vì vậy, nghiên cứu đã đề xuất mô hình đánh giá nguy cơ đâm va và áp dụng vùng an toàn của tàu (HSD), xác định nguy cơ đâm va giữa các tàu trong một cụm nhỏ (vĩ mô). Các cụm này được phân loại bằng phương pháp DBSCAN. Sau đó, chỉ số nguy cơ đâm va của các cụm này sẽ được thể hiện trên toàn bộ vùng biển khảo sát để tạo nên bản đồ điểm nóng giao thông.

4.2. Mô phỏng bản đồ điểm nóng trên vùng biển Việt Nam

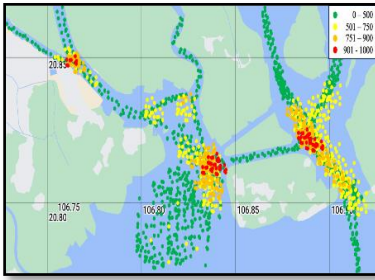
4.2.1. Mô phỏng trên khu vực luồng Hải Phòng



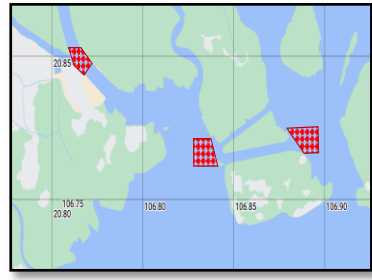
Hình 4.2. Các cụm tàu và nhiễu sau khi áp dụng DBSCAN



Hình 4.3. Bản đồ điểm nóng giao thông khu vực luồng Hải Phòng (10h00 26/8/2022)



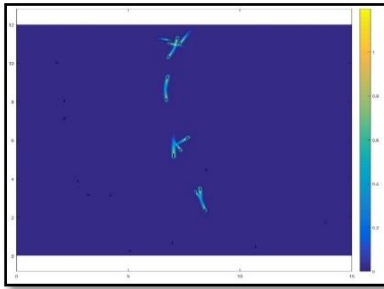
Hình 4.4. Bản đồ mức độ áp lực tại khu vực luồng Hải Phòng



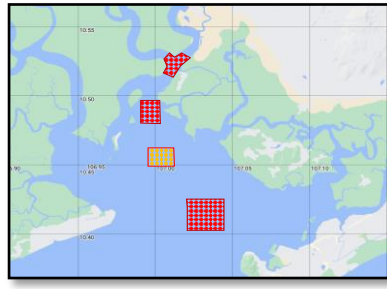
Hình 4.5. Các điểm nóng giao thông trong khu vực luồng Hải Phòng

4.2.2. Mô phỏng trên khu vực luồng Sài Gòn - Vũng Tàu

Các bước tiến hành để xây dựng bản đồ điểm nóng giao thông tại khu vực luồng Sài Gòn - Vũng Tàu được tiến hành tương tự như khu vực Hải Phòng.



Hình 4.6. Bản đồ điểm nóng giao thông khu vực luồng Sài Gòn - Vũng Tàu 07h20 20/5/2022)



Hình 4.7. Các điểm nóng giao thông trong khu vực luồng Sài Gòn - Vũng Tàu

4.3. Kết luận chương 4

Nghiên cứu đã áp dụng vùng an toàn HSD, thuật toán để xác định các khu vực có nguy cơ đâm va cao, xác định nguy cơ đâm va giữa các tàu trong một cụm nhỏ (vi mô), từ đó xây dựng bản đồ điểm nóng giao thông.

Bản đồ điểm nóng giao thông được xây dựng dựa trên các bước: Xử lý dữ liệu AIS: các thông số về vị trí, tốc độ, hướng tàu và chiều dài tàu được đưa vào để xây dựng vùng an toàn của tàu mới, được gọi là Heat Ship Domain (HSD). Phân cụm các tàu bằng phương pháp DBSCAN, HSD sẽ được áp dụng cho các tàu nằm trong cụm. Từ đó, các khu vực giao thoa giữa HSD của các tàu sẽ chính là những điểm nóng giao thông được thể hiện bằng chỉ số nguy cơ đâm va. Chỉ số nguy cơ đâm va của các cụm tàu sẽ được thể hiện trên toàn khu vực dưới dạng bản đồ nhiệt. Đây chính là bản đồ điểm nóng giao thông động với các điểm nóng là những khu vực có nguy cơ đâm va cao.

Mô hình bản đồ điểm nóng giao thông động dựa trên HSD của tàu đã được triển khai và đạt được kết quả khả quan trong khu vực luồng Hải Phòng và luồng Sài Gòn - Vũng Tàu. Tại khu vực này, có thể thấy rằng các điểm nóng thường xảy ra ở các khu vực đầu luồng, ngã ba. Thuật toán áp dụng theo thời gian thực, áp dụng với mọi loại tàu, đưa ra kết quả nhanh chóng và chính xác cả về mặt định lượng dựa trên chỉ số DCR cũng như về mặt trực quan, từ đó đưa ra cảnh báo đối với người điều khiển phương tiện phục vụ quản lý an toàn giao thông hàng hải.

Các tình huống phát sinh nguy cơ đâm va cao chủ yếu từ 2-3 tàu, chưa thấy xuất hiện các tình huống với 4 tàu trong khu vực và thời điểm khảo sát. Điều này có thể giải thích do trong khu vực này, các tàu vẫn hành hải theo sự chỉ dẫn của các trạm VTS và tuân thủ các quy tắc tránh va nên không có các trường hợp 4 tàu cùng đồng thời có khả năng đâm va với nhau.

KẾT LUẬN VÀ PHƯƠNG HƯỚNG PHÁT TRIỂN CỦA LUẬN ÁN

Kết luận:

Quá trình thực hiện đề tài, luận án đã giải quyết được những nội dung sau:

1. Trên cơ sở đánh giá tổng thể và khoa học thực trạng của vùng biển Việt Nam, đặc biệt là về mật độ hàng hóa và tàu thuyền trong các năm đây, Luận án đã đánh giá và chỉ ra các điểm, khu vực có nguy cơ đâm va cao. Bên cạnh đó, nghiên cứu cũng đã tổng hợp các nghiên cứu trong nước và trên thế giới để đề xuất, phát triển nghiên cứu mới của Luận án.

2. Đề xuất mô hình vùng an toàn mới của tàu, được gọi là Heat Ship Domain (HSD), được xây dựng dựa trên lý thuyết về trường và hàm ước tính hạt nhân Gaussian. Mô hình vùng an toàn HSD này có thể mô tả mọi rủi ro bên trong vùng an toàn này theo một cách chính xác. Kích thước của vùng an toàn mới này sẽ thay đổi theo từng loại tàu, tốc độ tại mỗi vùng biển khác nhau. Tham số ảnh hưởng đến kích thước của HSD, đó chính là tham số khu vực h . Để xác định tham số h , phương pháp khảo sát chuyên gia đã được thực hiện để thu các bộ giá trị khoảng cách an toàn trên các hướng theo từng loại tàu, tốc độ, kết hợp phương pháp bình phương nhỏ nhất để tìm ra giá trị tham số khu vực tối ưu cho từng loại tàu trên vùng biển Việt Nam. Với giá trị h thu được, mô hình vùng an toàn HSD đã được xác định làm cơ sở phát triển thuật toán nhằm đánh giá nguy cơ đâm va theo mức độ, phát hiện điểm nóng giao thông tại các khu vực có nhiều tàu qua lại như các ngã ba sông hay đầu luồng. Vùng an toàn HSD được xây dựng dựa trên dữ liệu thu được từ AIS nên mô hình HSD sẽ được cập nhật liên tục theo thời gian thực.

3. Luận án đã áp dụng kết hợp các phương pháp xác định nguy cơ đâm va chủ yếu được tính toán từ góc độ vi mô, vĩ mô và theo vùng để xây dựng bản đồ điểm nóng giao thông theo thời gian thực. Bản đồ điểm nóng được xây dựng dựa trên 3 bước cơ bản: Thu thập và xử lý dữ liệu AIS để phục vụ việc xây dựng vùng an toàn (HSD) cho mỗi tàu; Xác định nguy cơ đâm va giữa các tàu trong một cụm nhỏ (vi mô). Các cụm này được phân loại bằng phương pháp DBSCAN. HSD được áp dụng cho các tàu nằm trong cụm; Vẽ bản đồ điểm nóng giao thông, khu vực giao thoa giữa HSD của các tàu chính là những điểm nóng giao thông được thể hiện bằng chỉ số nguy cơ đâm va. Chỉ số nguy cơ đâm va của các cụm này sẽ được thể hiện trên toàn bộ vùng biển khảo sát để tạo nên bản đồ điểm nóng giao thông.

4. Mô hình bản đồ điểm nóng giao thông động dựa trên HSD của tàu đã được triển khai và đạt được kết quả khả quan trên vùng biển Việt Nam, cụ thể là tại một số vùng biển tập trung đông đúc tàu thuyền là Hải Phòng, Thành phố Hồ Chí Minh và Vũng tàu. Thuật toán áp dụng theo thời gian thực, áp dụng với mọi loại tàu, đưa ra kết quả nhanh chóng và chính xác cả về mặt định lượng dựa trên chỉ số DCR cũng như về mặt trực quan, từ đó giúp cảnh báo sớm đối với người điều khiển phương tiện phục vụ quản lý an toàn giao thông hàng hải.

Phương hướng phát triển nghiên cứu

Nghiên cứu đã đề xuất mô hình vùng an toàn HSD, hình dạng, kích thước của mô hình phụ thuộc tham số khu vực (h) và tốc độ, kích cỡ tàu có được từ hệ thống AIS. Tuy nhiên, do điều kiện thời gian cũng như sự hỗ trợ của các chuyên gia có hạn, nên việc thực hiện khảo sát để tính toán kích thước vùng an toàn HSD đề xuất tập trung tại các vùng biển Hải Phòng, Thành phố Hồ Chí Minh và Vũng Tàu. Nghiên cứu sẽ thực hiện tính toán để xác định cụ thể hình dạng và kích mô hình tại các vùng biển khác của Việt Nam khi có điều kiện.

Khi tham gia giao thông trên các tuyến luồng, một số tàu, phương tiện không trang bị AIS hoặc có trang bị nhưng không bật làm cho việc thu thập dữ liệu để xây dựng vùng an toàn HSD, xác định nguy cơ đâm gập khó khăn. Mặc dù với các phương tiện không sử dụng AIS, hệ thống VTS vẫn có thể phần nào giám sát được hoạt động của tàu thuyền dựa trên các máy camera giám sát, thông báo tàu đến ... Tuy nhiên, để tạo điều kiện thuận lợi cho việc xác định nguy cơ đâm va, đảm bảo an toàn giao thông hàng hải, đề nghị cấp có thẩm quyền có quy định cụ thể, bắt buộc về việc lắp đặt và luôn sẵn sàng đối với hệ thống AIS khi tàu hoặc phương tiện hành trình trên các tuyến luồng hàng hải.

Để tối ưu hóa mô hình vùng an toàn HSD đã xây dựng, trong tương lai nghiên cứu sẽ thực hiện đánh giá các yếu tố khác có ảnh hưởng đến kích thước của vùng an toàn HSD như khả năng quay trở cũng như tính năng điều động của tàu.

Luận án đã xây dựng mô hình vùng an toàn HSD của tàu từ đó xây dựng thuật toán xác định nguy cơ đâm va, thuật toán đã sử dụng công cụ Matlab để thực hiện mô phỏng trong quá trình nghiên cứu, đánh giá thuật toán. Thuật toán cũng đã khảo sát lấy ý kiến chuyên gia nhằm kiểm chứng các chỉ số nguy cơ khi thực hiện mô phỏng. Trong tương lai, nghiên cứu sẽ thực hiện các bước tiếp theo nhằm tích hợp thuật toán trên các thiết bị hỗ trợ như Hải đồ điện tử, điện thoại, máy tính bảng ... để có kết quả trực quan trong quá trình xác định nguy cơ đâm va. Đề nghị Cục Hàng hải Việt Nam, Bộ Giao thông vận tải cho phép ứng dụng, phát triển thuật toán để đưa vào sử dụng tại trung tâm VTS, đưa ra cảnh báo sớm cho tàu thuyền, duy trì an toàn giao thông hàng hải. Trên cơ sở các điểm nóng thường xuyên xảy ra, nghiên cứu xây dựng cơ sở hạ tầng phù hợp để tạo điều kiện thuận lợi, an toàn cho tàu thuyền nhằm phát triển kinh tế biển trong tương lai.

CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

I. Công trình công bố quốc tế

1. Van Quang Nguyen, Tu Nam Luong, Van Luong Tran (2024). *A study on a novel Collision Risk Prediction Map for maritime traffic surveillance based on ship domain*. The International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems, ID number IJECES-2024-3263 (SCOPUS) - Volume 15, Number 6, 2024, page 499-513.

II. Công trình công bố trong nước

1. Nguyễn Văn Quảng, Trần Văn Lượng, Lương Tú Nam. (2024). *Nghiên cứu ứng dụng vùng an toàn của tàu xây dựng bản đồ điểm nóng giao thông hàng hải theo thời gian thực trên vùng biển Việt Nam*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, số 76 - 01/2024, ISSN 1859-316X.

2. Nguyễn Văn Quảng, Trần Văn Lượng, Lương Tú Nam. (2023). *Nghiên cứu phát triển thuật toán xác định nguy cơ đâm va tàu thuyền mới theo thời gian thực trên vùng biển Hải Phòng*. Tạp chí Giao thông vận tải, số tháng 12/2023, ISSN 2354-0818.

3. Nguyễn Văn Quảng, Trần Văn Lượng, Lương Tú Nam. (2023). *Cơ sở lý thuyết xác định vùng an toàn điều động tàu trên vùng biển Việt Nam*. Tạp chí Giao thông vận tải, số tháng 10/2023, ISSN 2354-0818.

4. Nguyễn Văn Quảng, Nguyễn Văn Mạnh (2023). *Nghiên cứu xác định vùng nguy hiểm xung quanh tàu sử dụng phương pháp chuyên gia tại các điểm nóng giao thông trên khu vực luồng Hải Phòng*. Tạp chí Giao thông vận tải, số tháng 7/2023, ISSN 2354-0818.

5. Trần Văn Lượng, Nguyễn Hải Nam, Nguyễn Văn Quảng. (2023). *Đánh giá nghiên cứu giải pháp thực hiện bộ chuyển đổi tín hiệu từ hệ thống nhận dạng tự động qua máy tính và các thiết bị di động đã cài đặt phần mềm hiển thị dữ liệu hải đồ điện tử*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, số 76 - 11/2023, ISSN 1859-316X.