

KHOA HỌC - CÔNG NGHỆ

NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH CẢNH BÁO HÀNH VI LỖI CỦA SĨ QUAN HÀNG HẢI VÀ ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC BẰNG THUẬT TOÁN KNN

RESEARCH ON DECK OFFICER BEHAVIOR WARNING MODEL AND ACCURACY EVALUATED BY K-NEAREST NEIGHBORS ALGORITHM

VŨ ĐĂNG THÁI^{1*}, ĐẶNG ĐÌNH CHIẾN², NGUYỄN TIẾN ĐẠT³

¹Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

²Viện Đào tạo quốc tế, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

³Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh

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

Tóm tắt

Các nhà khoa học đã và đang tốn rất nhiều công sức để tìm kiếm các giải pháp hữu ích nhằm giảm thiểu các sự cố tai nạn hàng hải. Trong đó tìm hiểu và giải quyết các nguyên nhân gây ra cố hàng hải đường như là biện pháp tối ưu nhất để ngăn chặn các tai nạn hàng hải xảy ra. Dữ liệu thống kê tai nạn hàng hải cho thấy trên 80% nguyên nhân dẫn đến tai nạn hàng hải bắt nguồn từ lỗi con người. Bởi vậy, khắc phục được các lỗi từ con người có thể giảm phần lớn các rủi ro xảy ra tai nạn hàng hải, và cũng là giải pháp cấp thiết. Trong bài báo này, tác giả đề xuất phương pháp mô phỏng cảnh báo hành vi sĩ quan điều khiển tàu và thực hiện đánh giá độ chính xác của mô hình bằng thuật toán KNN.

Từ khóa: Tai nạn hàng hải, hành vi con người, đánh giá độ chính xác, thuật toán KNN, mô phỏng hàng hải.

Abstract

Scientists have been spending a lot of endeavor to find useful solutions to reduce maritime accidents. Understanding and solving the causes of maritime incidents seems to be the most optimal solution to prevent maritime accidents. Maritime accident statistics show that over 80% cause of maritime accidents originate from human errors. Therefore, overcoming human errors can largely reduce the risks of maritime accidents, and is also an urgent solution. In this article, the author proposes a method to simulate warning behavior of navigator and evaluate the model accuracy using KNN (K-nearest neighbor) algorithms.

Keywords: Maritime accidents, human behavior, accuracy assessment, K-nearest neighbors algorithm, navigator simulation.

1. Mở đầu

Tai nạn hàng hải luôn là sự kiện gây ra hậu quả nghiêm trọng cho thủy thủ hay hành khách trên tàu như các thiệt hại thương vong con người, làm tổn hại đến tài sản, hủy hoại nghiêm trọng đến môi trường biển hay ảnh hưởng đến giao thông hàng hải,... Có nhiều nguyên nhân dẫn đến tai nạn hàng hải, bao gồm sự cố kỹ thuật, sai sót của con người, điều kiện thời tiết xấu, va chạm, và nhiều yếu tố khác. Trong đó, nguyên nhân xuất phát từ các sai sót hay còn gọi là lỗi của con người nói chung chiếm đến hơn 80% [6].

Bên cạnh đó, để giảm thiểu tai nạn hàng hải, biện pháp tối ưu nhất đó là sử dụng các phương án phòng ngừa. Điều này bao gồm:

- Đảm bảo tuân thủ các quy định, quy chế;
- Đào tạo và nâng cao năng lực cho thuyền viên làm việc trên tàu;
- Kiểm tra và bảo dưỡng thiết bị và hệ thống trên tàu;
- Theo dõi và đánh giá các yếu tố nguy cơ có thể gây ra tai nạn hàng hải [3, 7].

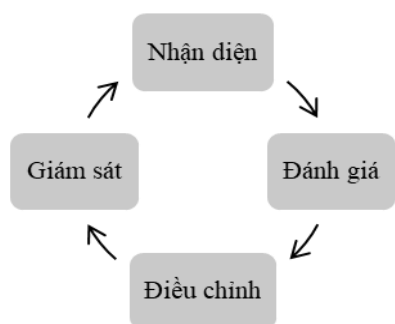
Chính vì vậy, việc giảm thiểu càng nhiều lỗi con người, mà ở đây là lỗi của người khai thác vận hành tàu, sĩ quan điều khiển tàu càng mang lại hiệu quả tích cực trong giảm thiểu các sự cố tai nạn hàng hải. Trong bài báo này, tác giả đề xuất một phương án mô phỏng cảnh báo hành vi của sĩ quan điều khiển tàu hướng tới ngăn chặn các sự cố từ lỗi con người trước khi xảy ra thông qua các cảnh báo được phát hiện từ hành vi của sĩ quan điều khiển. Bài báo gồm 5 phần chính: Mở đầu, phương pháp thực hiện mô phỏng, đánh giá độ chính xác, kết quả mô phỏng và kết luận như trình bày dưới đây.

2. Phương pháp thực hiện mô phỏng

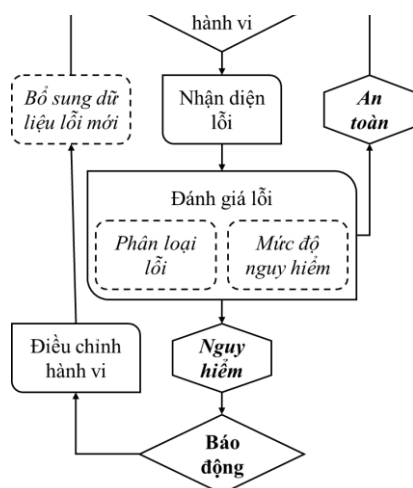
Tai nạn hàng hải và rủi ro hàng hải có mối quan hệ mật thiết với nhau, ngăn chặn tai nạn hàng hải tối ưu bằng cách thực hiện các phương pháp giảm thiểu rủi ro hàng hải [8].

2.1. Xác định lỗi con người

Rủi ro hàng hải tiềm tàng bắt nguồn từ hai yếu tố chủ yếu: yếu tố cơ bản và yếu tố tức thời [1]. Trong đó, yếu tố khẩn trương nhất đó là các tác nhân tức thời (lỗi con người/ lỗi thiết bị) [1,5]. Nếu như lỗi thiết bị có thể được khắc phục hoặc dự báo thông qua các lần kiểm tra bảo dưỡng và sửa chữa, thì lỗi con người lại đề cập đến các khía cạnh chủ quan và khách quan khác nhau như cá nhân, tổ chức hay môi trường làm việc ảnh hưởng đến hành vi của người điều khiển vận hành tàu [1]. Dẫn tới các quyết định/ hành động sai lầm trong điều động tàu. Những nguyên nhân chủ yếu bắt nguồn từ thông tin liên lạc không đầy đủ, áp lực công việc, căng thẳng mệt mỏi, sự chủ quan, khả năng chuyên môn kém [3]. Do đó, việc giám sát cảnh báo các hành vi nguy hiểm có thể dẫn tới các hành động sai lầm là cần thiết và hiệu quả. Quy trình thực hiện mô phỏng được tuân theo quy trình đánh giá rủi ro hàng hải như Hình 1 [4, 8].



Hình 1. Thao tác thực hiện đánh giá và theo dõi rủi ro hàng hải



Hình 2. Quy trình giám sát cảnh báo hành vi

2.2. Cơ sở giám sát

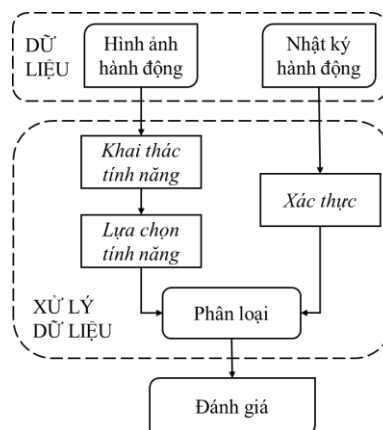
Dựa trên quy trình theo dõi và đánh giá rủi ro hàng hải mà IMO khuyến nghị [4], nhóm tác giả đã xây dựng một mô hình mô phỏng giám sát, phát hiện và cảnh báo những hành vi lỗi có thể gây mất an toàn của sĩ quan hàng hải nhằm ngăn chặn các rủi ro có thể gây ra sự cố hàng hải không mong muốn xuất phát từ con người (Hình 2).

Phương pháp này được giám sát thông qua hệ thống camera theo dõi để đánh giá hành vi của sĩ quan hàng hải, phát hiện và phân loại, cũng như báo động các hành vi lỗi thông qua việc so sánh dữ liệu thu thập được với dữ liệu lỗi được cập nhật liên tục.

2.3. Quy trình đánh giá dữ liệu

Để việc đánh giá có thể đưa ra các kết quả tích cực và chính xác nhất, các bước xử lý dữ liệu thời điểm ban đầu đóng vai trò tối quan trọng [2]. Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã sử dụng dữ liệu mô phỏng làm cơ sở để thực hiện so sánh, đánh giá và tạo điều kiện thuận lợi cho việc áp dụng mô hình đánh giá trong tương lai. Quá trình xử lý dữ liệu ban đầu cho việc đánh giá đã được thực hiện như được mô tả trong Hình 3.

Nhóm nghiên cứu đã sử dụng dữ liệu hình ảnh được thu thập từ phòng mô phỏng để tổng hợp và phân loại các loại hành vi lỗi của sĩ quan hàng hải, sau đó đã tiến hành lặp lại nhiều lần quá trình này thông qua thuật toán KNN để phân loại đánh giá và cải thiện độ chính xác. Cuối cùng, chúng tôi so sánh kết quả dự



Hình 3. Quy trình xử lý và đánh giá dữ liệu mô phỏng

đoán với hành động trên thực tế được ghi chép bởi ứng viên mô phỏng sĩ quan hàng hải để đánh giá mức độ tin cậy của mô hình nghiên cứu.

2.4 Kết luận tiểu mục

Việc sử dụng mô hình theo dõi giám sát sĩ quan hàng hải và báo động hành vi thiếu an toàn thông qua các thiết bị theo dõi bằng hình ảnh và cảm biến không

vi phạm đến quyền tự do con người và luật pháp quốc tế/ quốc gia về sử dụng lao động được chi phối bởi các điều khoản trong hợp đồng lao động [5]. Phương pháp đề xuất được thực hiện nhằm mục tiêu nâng cao an toàn cho toàn tàu, cũng như bản thân sĩ quan hàng hải khi nhận diện báo động các hành vi lỗi tiềm ẩn rủi ro gây mất an toàn. Tính chính xác của phương pháp được cải thiện bằng phương pháp so sánh với thực tế kết hợp cập nhật liên tục các kiểu dữ liệu lỗi mới.

3. Đánh giá độ chính xác

3.1. Thuật toán KNN

Như đã biết, thuật toán *k-nearest neighbor* hay còn gọi tắt là thuật toán KNN là thuật toán học máy có giám sát, đơn giản và dễ triển khai. Thường được dùng trong các bài toán phân loại và hồi quy. Thuật toán sử dụng những dữ liệu tương đồng và tồn tại gần nhau trong một khoảng không gian để đánh giá giá trị cần khảo sát, do đó công việc của thuật toán là tìm ra *k* điểm gần với dữ liệu cần kiểm tra nhất (*k* hàng xóm gần nhất). Việc tính toán khoảng cách giữa 2 điểm cũng có nhiều công thức có thể sử dụng. Ở đây chúng tôi sử dụng công thức toán học Euclid để đánh giá khoảng cách giữa 2 điểm x, y và có k thuộc tính như công thức (1) dưới đây.

$$d_{(x,y)} = \sqrt{\sum_{i=1}^k (x_i - y_i)^2} \quad (1)$$

Trong đó:

$d_{(x,y)}$ - Khoảng cách giữa x và y ;

x_i, y_i - Toạ độ tương ứng của thuộc tính i .

3.2. Đánh giá độ chính xác dữ liệu

Một thách thức quan trọng của KNN là xác định thước đo để tính khoảng cách giữa đối tượng cần phân lớp (k) với các đối tượng còn lại trong cơ sở dữ liệu. Vì đây là lựa chọn mang tính chủ quan nên nếu chọn thước đo không phù hợp thì mô hình sẽ không hiệu quả. Tuy nhiên, bằng việc thực hiện lặp lại tính toán đánh giá dữ liệu ban đầu nhiều lần với tham số khoảng cách được thử nghiệm trong nhiều giai đoạn thời gian và tính huống khác nhau, tỷ lệ chính xác của dự đoán được nâng cao rõ rệt và ngày càng tiệm cận tới độ chính xác tương đối, thuyết phục về mặt kết quả và độ tin cậy. Hơn nữa, hiện nay có nhiều công cụ hữu ích đã tích hợp việc học máy và phân loại dữ liệu (*machine learning & classifier*) với thuật toán KNN nên có thể đưa ra kết quả độ chính xác các đánh giá này một cách nhanh chóng và hiệu quả.

Độ chính xác trung bình được tính theo công thức

sau đây:

$$p_{tb} = (\sum_{i=1}^l \frac{n_d}{n_t}) / l \quad (2)$$

Trong đó: p_{tb} - Tỷ lệ chính xác trung bình;

n_d - Số hành động đoán đúng;

n_t - Tổng số hành động;

l - Số lần thực hiện kịch bản.

Độ chính xác chấp nhận được của phương pháp mô phỏng thông thường tối thiểu phải đạt mức 90%.

4. Kết quả mô phỏng

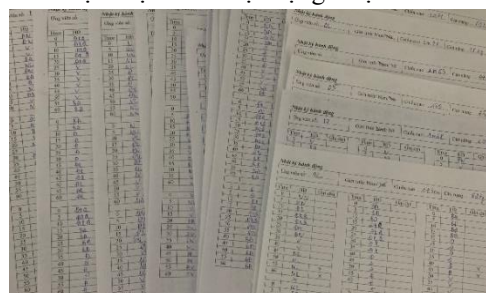
Trong quá trình thực hiện mô phỏng để thu thập dữ liệu và đánh giá hiệu quả của phương pháp đề xuất, chúng tôi thực hiện thí nghiệm với 50 ứng viên gồm cả nam và nữ, trong độ tuổi từ 18 đến 22, chiều cao trung bình của nam là 174cm và của nữ là 162cm, cân nặng trung bình là 73kg và 51kg, mô phỏng các thao tác công việc bình thường của một sĩ quan hàng hải với nhiệm vụ điều khiển tàu theo các kịch bản khác nhau tại phòng thực hành mô phỏng buồng lái của Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

4.1. Theo dõi, giám sát và thu thập dữ liệu



Hình 4. Giám sát hoạt động của ứng viên

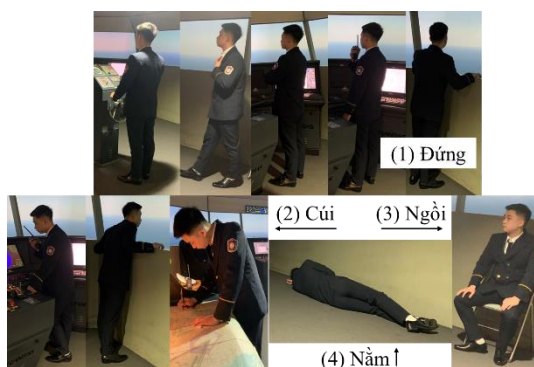
Để tiến hành theo dõi các hoạt động và giám sát hành vi của ứng viên, đồng thời đảm bảo quá trình theo dõi được diễn ra liên tục, tin cậy, tác giả sử dụng kết hợp thu thập dữ liệu bằng hình ảnh thông qua camera giám sát kết hợp với cảm biến hành vi (Hình 4) và dữ liệu thực các hoạt động được bản thân các



Hình 5. Phiếu thu thập dữ liệu hành động

ứng viên ghi lại với thời gian yêu cầu ghi lại hành động trung bình là 15s (từ 5s đến 1 phút) (Hình 5).

Thông thường, để đảm bảo quá trình theo dõi được suôn sẻ, không gặp vấn đề quá tải về dung lượng bộ nhớ do dữ liệu hình ảnh nhiều, cũng như các vấn đề về tính toán và cảnh báo, hay thậm chí là ảnh hưởng đến việc ghi nhớ hành động của ứng viên chúng tôi thực hiện các kịch bản khác nhau theo khoảng thời gian trung bình là 10 phút cho mỗi ứng viên.



Hình 6. Phân loại trạng thái sĩ quan điều khiển

4.2. Xác định và phân loại hành vi

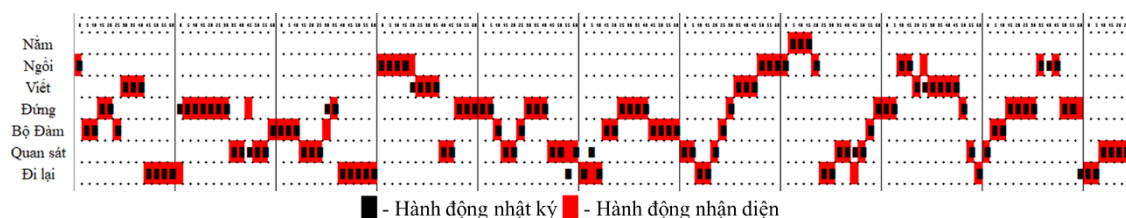
Tiến hành phân tích đánh giá dữ liệu theo dõi thu thập từ các ứng viên và thực tế, chúng tôi nhận thấy để thực hiện các hoạt động công việc của sĩ quan điều khiển tàu trên buồng lái, con người thường tập trung vào 4 nhóm trạng thái cơ thể chính: Đứng, cúi, ngồi

và nằm như Hình 6 dưới đây. Cũng bởi vậy, có thể nói độ tuổi của các ứng viên không ảnh hưởng nhiều đến kết quả đánh giá mà chủ yếu bị ảnh hưởng thay đổi từ hai yếu tố là chiều cao và cân nặng.

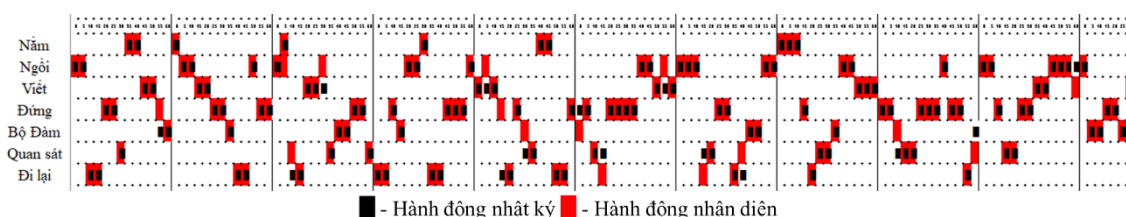
Bảng 1. Phân loại hành vi

Đứng	Cúi	Ngồi	Nằm
Lái tàu	Viết	Viết	Ngủ
Quan sát	Quan sát	Quan sát	
Bộ đàm	Bộ đàm	Mặt môi	
Đi lại	Mặt môi	Ngủ	
Ngủ			

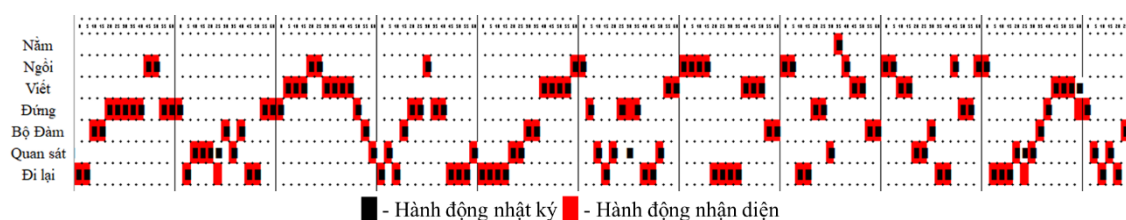
Thực tế, để thực hiện việc có quyết định đưa ra các cảnh báo nguy hiểm hay không lại không chủ yếu phụ thuộc vào trạng thái cơ thể của người điều khiển mà chính là các hành vi được cho là nguy hiểm của người điều khiển hay còn gọi là lỗi của sĩ quan điều khiển như chúng tôi đã trình bày ở phần trên. Do đó, việc mấu chốt ở đây là phân loại hoạt động và nhận diện ra được các hành vi nguy hiểm này. Từ kinh nghiệm thực tế được tham khảo bởi các thủy thủ lái có kinh nghiệm đi biển lâu năm và dữ liệu thu thập từ hình ảnh theo dõi, chúng tôi đã phân loại hành động và hành vi người điều khiển tàu theo 4 nhóm trạng thái tương ứng như Bảng 1. Trong đó, ngoại trừ việc nằm xuống là hoàn toàn gây mất an toàn cho công việc điều khiển vận hành tàu và không mang ý nghĩa làm việc (mặc định đưa ra cảnh báo) thì các hoạt động làm việc của người điều khiển tàu tập trung vào trạng thái Đứng là



Hình 7a. Kịch bản 1 - ứng viên thay đổi hành động chậm



Hình 7b. Kịch bản 2 - ứng viên thay đổi hành động nhanh



Hình 7c. Kịch bản 3 - ứng viên thay đổi hành động theo lệnh

chính và mức độ hành vi nguy hiểm tăng dần theo từng trạng thái *Cúi* và *Ngồi*.

4.3. Độ tin cậy của dữ liệu đánh giá

Như đã đề cập ở trên, để đảm bảo tính tin cậy và độ chính xác trong việc đánh giá, chúng tôi đã thực hiện việc thu thập dữ liệu mô phỏng và áp dụng thuật toán KNN để nhận diện. Sau đó, chúng tôi so sánh kết quả này với dữ liệu thực tế được các ứng viên ghi lại. Kết quả của quá trình so sánh này đã được minh họa trong Hình 7, với ba loại kịch bản khác nhau dành cho ứng viên trong cùng một khoảng thời gian. Cụ thể là:

1 - Hành động chậm (10 giây trở lên giữa mỗi lần thay đổi hành động - *Hình 7a*);

2 - Hành động nhanh (dưới 10 giây giữa mỗi lần thay đổi hành động - *Hình 7b*);

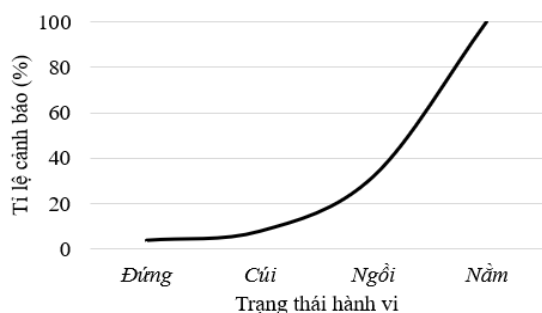
3 - Thay đổi hành động theo lệnh ngẫu nhiên của người giám sát (*Hình 7c*).

Để đảm bảo tính chính xác, chúng tôi đã so sánh hành vi được nhận diện bằng thuật toán KNN với hành vi được ghi chép thực tế của ứng viên. Thuật toán đã được huấn luyện đến khi đạt độ chính xác tối thiểu là 97%. Điều này giúp chúng tôi đảm bảo rằng kết quả đánh giá là chính xác và đáng tin cậy.

4.4. Cảnh báo

Từ những dữ liệu thu thập, cảnh báo và huấn luyện bằng phương pháp học máy (*machine learning*) chúng tôi tổng hợp và thống kê các cảnh báo lỗi sĩ quan điều khiển như *Hình 8*.

Trong nghiên cứu này, bằng việc giám sát hành vi sĩ quan điều khiển thông qua hình ảnh và tham khảo ý kiến chuyên gia, chúng tôi tập trung vào cảnh báo các lỗi có thể xảy ra bắt nguồn từ hành vi mệt mỏi hay nghi ngơi quá lâu trong quá trình điều khiển tàu. Cụ thể, đối với trạng thái đứng cảnh báo sẽ xuất hiện khi người điều khiển tàu bất động trong thời gian tối thiểu 40s, thời gian cảnh báo này đối với trạng thái cúi, ngồi và nằm lần lượt là 30s, 20s và 5s. Điều này cũng đảm bảo cho các cảnh báo không xuất hiện quá nhiều xuyên suốt quá trình làm việc của người điều khiển



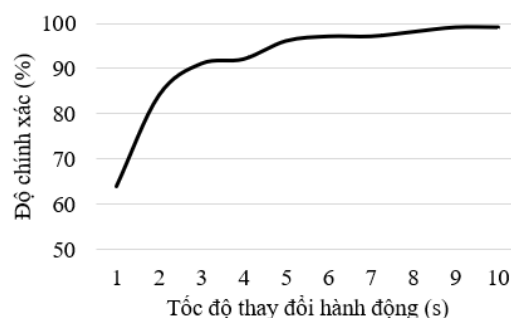
Hình 8. Tỷ lệ xuất hiện cảnh báo theo hành vi

tàu, tránh gây ảnh hưởng đến tâm lý của người làm việc và giảm thiểu các cảnh báo không cần thiết.

4.5. Đánh giá chung độ chính xác

Từ các kết quả thu thập được như Hình 7, có thể thấy độ chính xác của việc nhận định và dự đoán lỗi hành vi sĩ quan hàng hải không chỉ phụ thuộc vào số lần thực hiện phép huấn luyện của thuật toán KNN mà còn phụ thuộc vào tốc độ thay đổi hành vi của người sĩ quan đó. Sự thay đổi trạng thái cơ thể quá nhanh có thể dẫn đến việc dự đoán sai lệch về hành vi và gây ra các cảnh báo thiếu chính xác hành vi thực tế của sĩ quan điều khiển tàu.

Bên cạnh đó, các kết quả thu thập tổng hợp từ ứng viên mô phỏng cũng cho thấy rằng việc phán đoán chính xác trạng thái thực tế của sĩ quan hàng hải điều khiển tàu sẽ đạt mức chính xác rất cao sau khoảng 5s từ mỗi lần thay đổi hành động và tối ưu là 10s trở lên, khi đó độ chính xác của dự đoán sẽ gần như hoàn hảo (*Hình 9*).



Hình 9. Độ chính xác dự đoán theo tốc độ thay đổi hành động

5. Kết luận

Trong bài báo này, tác giả đã đề xuất một phương pháp cảnh báo hành vi lỗi của sĩ quan hàng hải khi thực hiện công việc điều khiển tàu nhằm mục đích nâng cao an toàn cho toàn tàu thông qua thu thập đánh giá dữ liệu và nhận diện cảnh báo hành vi nguy hiểm có thể xảy ra các rủi ro sự cố của sĩ quan điều khiển tàu. Yếu tố nhận diện được tính toán và huấn luyện nâng cao độ chính xác bằng thuật toán phân cụm phổ thông KNN, yếu tố cảnh báo dựa trên phương pháp kinh nghiệm và tham khảo ý kiến chuyên gia. Các kết quả thu thập từ phòng mô phỏng cho thấy tính thiết thực và tin cậy của phương pháp đề xuất, giải quyết được mục tiêu của bài báo. Trong các nghiên cứu tiếp theo, chúng tôi sẽ nâng cao hơn nữa độ tin cậy của các cảnh báo bằng việc bổ sung các yếu tố ảnh hưởng tới lỗi sĩ quan điều khiển từ bên ngoài tác động như môi trường làm việc, yếu tố

năng lực, chủ quan, ảnh hưởng của chiều cao cân nặng ứng viên tới nhận diện hành vi,...

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Andrea Galieriková (2019), *The human factor and maritime safety*. Transportation Research Procedia, Vol.40, pp.1319-1326.
- [2] Andrew Rawson, Mario Brito (2022), *A survey of the opportunities and challenges of supervised machine learning in maritime risk analysis*, Transport Review, Vol.43, pp.108-130.
- [3] Chauvin, C. (2011), *Human Factors and Maritime Safety*. The Journal of Navigation, Vol.64(04), pp.625-632.
- [4] IMO. MSC Circ 1023/MEPC Circ 392, (2002).
- [5] J.R.Haralld et al. (1998), *Using system simulation to model the impact of human error in a maritime system*. Safety Science, Vol.30, pp.235-247.
- [6] Krzysztof Wróbel (2021), *Searching for the origins of the myth: 80% human error impact on maritime safety*. Reliability Engineering and System Safety, Vol.216.
- [7] SR Chan, NA Hamid, K Mokhtar (2016), *A theoretical review of human error in maritime accidents*. Advanced Science Letters, Vol.22, pp.2109-2112.
- [8] Vũ Đăng Thái (2023), *Rủi ro hàng hải: Tổng quan và xu hướng nghiên cứu*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 75, tr.82-87.

Ngày nhận bài:	15/07/2024
Ngày nhận bản sửa:	30/07/2024
Ngày duyệt đăng:	07/08/2024