

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH CẢNH BÁO HÀNH VI NGUY HIỂM CHO SĨ QUAN ĐIỀU KHIỂN TÀU BIỂN TRÊN TÀU HUẤN LUYỆN VMU VIỆT-HÀN

APPLICATION OF DANGEROUS BEHAVIOR WARNING MODEL FOR DECK OFFICERS ON T/S VMU VIET-HAN

NGUYỄN TIẾN ĐẠT^{1*}, VŨ ĐĂNG THÁI²

¹Trường Đại học Giao thông vận tải TP. Hồ Chí Minh

²Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: datnt@ut.edu.vn

DOI: <https://doi.org/10.65154/jmst.975>

Tóm tắt

Trong những nghiên cứu trước, tác giả đã xây dựng mô hình và thử nghiệm thành công trong môi trường mô phỏng dưới các kịch bản điều kiện ngoại cảnh phức tạp tác động tới quá trình làm việc tại buồng lái của sĩ quan điều khiển tàu biển, cũng như độ chính xác của các cảnh báo mà mô hình nghiên cứu đưa ra. Nhằm mục tiêu đánh giá chính xác độ tin cậy của mô hình nghiên cứu, trong bài báo này tác giả tiếp tục lắp đặt và ứng dụng mô hình cảnh báo hành vi nguy hiểm cho sĩ quan điều khiển tàu biển trong môi trường thực nghiệm trên tàu huấn luyện VMU Việt-Hàn trong thời gian 6 tháng. Đồng thời, theo dõi song song cùng với hệ thống cảnh báo trực ca buồng lái BNWAS. Kết quả ứng dụng mô hình và so sánh với kết quả hệ thống BNWAS thu được sẽ là thước đo tin cậy để đánh giá hiệu quả hoạt động của mô hình nghiên cứu.

Từ khóa: Nghiên cứu thực nghiệm, mô hình giám sát, cảnh báo hành vi nguy hiểm, đánh giá độ chính xác, BNWAS.

Abstract

In previous studies, the author successfully developed and tested a model in simulated environment under complex external conditions affecting the work process in the bridge of ship's deck officers, as well as the accuracy of warnings provided by research model. To accurately assess the reliability of model, this paper continues to install and apply model for warning of dangerous behavior to ship control officers in an experimental environment on the VMU VIET-HAN training ship for 6 months. Simultaneously, it was monitored in parallel with the Bridge Watch Warning System (BNWAS). The results of applying model and comparing them

with the results obtained from the BNWAS system will be a reliable measure to evaluate the effectiveness of research model.

Keywords: Experimental research, monitoring model, dangerous behaviors warning, accuracy assessment, BNWAS.

1. Mở đầu

Yếu tố con người được xác định là nguyên nhân chi phối trong phần lớn các tai nạn hàng hải nghiêm trọng, đặc biệt liên quan đến hoạt động trực ca buồng lái của sĩ quan điều khiển tàu biển [1], [2]. Các trạng thái như mệt mỏi, buồn ngủ và mất tập trung kéo dài làm suy giảm đáng kể khả năng nhận thức tình huống và ra quyết định, ngay cả khi sĩ quan vẫn hiện diện tại buồng lái [3].

Nhằm giảm thiểu rủi ro do mất cảnh giác trong quá trình trực ca, Tổ chức Hàng hải quốc tế (IMO) đã yêu cầu trang bị hệ thống cảnh báo trực ca buồng lái BNWAS theo Công ước SOLAS [4]. Tuy nhiên, BNWAS chủ yếu giám sát sự hiện diện và thao tác xác nhận của sĩ quan trực ca, chưa phản ánh được chất lượng hành vi hay trạng thái nhận thức thực sự trong quá trình điều khiển tàu [5].

Trong các nghiên cứu trước, tác giả đã xây dựng và kiểm chứng một mô hình cảnh báo hành vi nguy hiểm của sĩ quan điều khiển tàu biển trong môi trường mô phỏng, cho thấy khả năng phát hiện sớm các hành vi tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn [6], [7]. Tuy nhiên, để đánh giá một cách khách quan độ tin cậy và khả năng ứng dụng trong thực tiễn, việc kiểm chứng mô hình trong điều kiện khai thác tàu thực tế là cần thiết.

Do đó, nghiên cứu này tập trung triển khai mô hình cảnh báo hành vi nguy hiểm trên tàu huấn luyện VMU Việt-Hàn trong thời gian 6 tháng, vận hành song song với hệ thống BNWAS, nhằm so sánh và đánh giá hiệu quả hoạt động của mô hình trong môi trường thực nghiệm.

2. Tổng quan nghiên cứu liên quan

Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng các hệ thống giám sát trực ca truyền thống, trong đó có BNWAS, tuy đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo sự hiện diện của sĩ quan điều khiển, nhưng không đánh giá được mức độ chú ý, mệt mỏi hay chất lượng hành vi điều khiển [2], [8]. Thao tác xác nhận định kỳ có thể mang tính cơ học và không phản ánh đúng trạng thái nhận thức của người trực ca [5], [3].

Trước những hạn chế đó, các hướng nghiên cứu gần đây đã tập trung vào việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo và phân tích hành vi để giám sát trạng thái làm việc của người vận hành trong các hệ thống có mức độ rủi ro cao. Các mô hình này cho phép nhận diện sớm các hành vi nguy hiểm như mất tập trung kéo dài hoặc buồn ngủ thông qua dữ liệu hành vi thời gian thực [9][10]. Tuy nhiên, phần lớn các nghiên cứu mới dừng lại ở môi trường mô phỏng hoặc thử nghiệm ngắn hạn, chưa có nhiều đánh giá dài hạn trong điều kiện khai thác tàu biển thực tế.

Bảng 1 trình bày so sánh khái quát giữa BNWAS và các mô hình giám sát hành vi dựa trên trí tuệ nhân tạo, làm rõ sự khác biệt về nguyên lý tiếp cận và khả năng phát hiện hành vi nguy hiểm.

Bảng 1. So sánh BNWAS và các mô hình AI giám sát hành vi

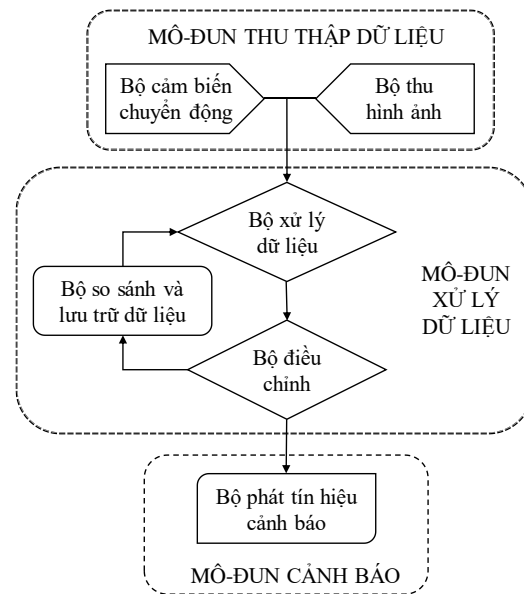
Tiêu chí	BNWAS	Mô hình AI
Cơ sở giám sát	Sự hiện diện, thao tác xác nhận	Hành vi và trạng thái nhận thức
Phát hiện mệt mỏi / mất tập trung	Không	Có
Khả năng cảnh báo sớm	Hạn chế	Cao
Phản ánh chất lượng trực ca	Không	Có
Mức độ ứng dụng hiện nay	Bắt buộc theo SOLAS	Chủ yếu nghiên cứu

Từ tổng quan trên có thể thấy, khoảng trống nghiên cứu nằm ở việc thiếu các thử nghiệm dài hạn trên tàu thực và thiếu các nghiên cứu so sánh trực tiếp với BNWAS trong cùng điều kiện hoạt động, hay độ chính xác trong cảnh báo của hệ thống. Đây chính là trọng tâm mà nghiên cứu này hướng tới.

3. Mô hình nghiên cứu và thiết lập thực nghiệm trên tàu T/S VMU Việt-Hàn

3.1. Mô hình cảnh báo hành vi nguy hiểm của sĩ quan điều khiển tàu biển

Trong giai đoạn phát triển, mô hình được xây dựng dựa trên nhận diện trạng thái hành vi của sĩ quan điều khiển tàu biển thông qua phần mềm Matlab kết hợp sử dụng thuật toán KNN [6]. Sau đó, được huấn luyện và thử nghiệm liên tục dưới nhiều kịch bản điều kiện ngoại cảnh phức tạp, bao gồm thời tiết xấu, mật độ giao thông cao, áp lực công việc gia tăng và các tình huống hàng hải đòi hỏi mức độ tập trung cao tại buồng lái [7]. Các kịch bản mô phỏng này nhằm tái hiện sát nhất các điều kiện khai thác thực tế, qua đó đánh giá khả năng nhận diện và phát hiện sớm các hành vi tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn của sĩ quan điều khiển. Kết quả thử nghiệm mô phỏng cho thấy mô hình có khả năng nhận diện chính xác các hành vi nguy hiểm như mất tập trung kéo dài, giảm mức độ cảnh giác và không phản ứng phù hợp trước tình huống, với độ chính xác đạt tới 98% [7].



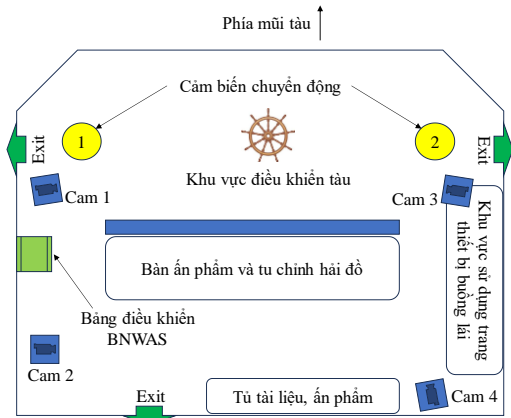
Hình 1. Nguyên lý thu thập và xử lý dữ liệu trong thực nghiệm mô hình nghiên cứu

Cấu tạo mô hình gồm ba mô-đun chính như mô tả trong Hình 1 gồm:

- Mô-đun thu thập dữ liệu gồm: Bộ cảm biến chuyển động (thu thập thông tin đi kèm từ hệ thống BNWAS) và Bộ thu nhận diện hình ảnh gồm các camera thành phần.
- Mô-đun xử lý dữ liệu gồm các thành phần: Bộ xử

lý dữ liệu (máy tính, ứng dụng theo dõi xử lý và quản lý dữ liệu), Bộ so sánh và lưu trữ dữ liệu, Bộ điều chỉnh. Mô-đun này sử dụng chính mô hình thuật toán mô phỏng đã thiết kế và sử dụng trong môi trường mô phỏng, được thực hiện và trình bày trong nghiên cứu trước [7].

- Mô-đun phát tín hiệu báo động phân cấp gồm: Thiết bị phát ánh sáng, âm thanh cảnh báo, bộ cấp nguồn và ngưng báo động. Mô-đun phát tín hiệu phân cấp sử dụng trực tiếp từ hệ thống báo động trên tàu.



Hình 2. Cấu trúc buồng lái tàu VMU Việt-Hàn và vị trí đặt các camera theo dõi của mô hình nghiên cứu

Cấu trúc và vị trí lắp đặt các thành phần của mô hình nghiên cứu tại cabin buồng lái của tàu VMU Việt-Hàn được mô tả như trong Hình 2.



Hình 3. Đặt camera giám sát và cảm biến chuyển động tại buồng lái tàu VMU Việt-Hàn

Trong quá trình thực nghiệm trên tàu VMU Việt-Hàn, có giới hạn về kinh phí và giảm thiểu những chi phí phát sinh không cần thiết mà không ảnh hưởng đến kết quả nghiên cứu, tác giả đã sử dụng một số thiết bị sẵn có trên tàu bao gồm: Cảm biến chuyển động, báo động bằng thiết bị cảm biến chuyển động và hệ thống báo động sẵn có của hệ thống BNWAS trên tàu.

Vị trí lắp đặt một số camera giám sát và cảm biến chuyển động được thể hiện trong Hình 3.

Giao diện mô hình theo dõi và cảnh báo như Hình 4.

3.2. Mô hình BNWAS sử dụng trên tàu VMU Việt-Hàn

Hệ thống BNWAS trang bị trên tàu VMU Việt-Hàn (sau đây gọi tắt là hệ thống BNWAS) bao gồm các thành phần chính sau:

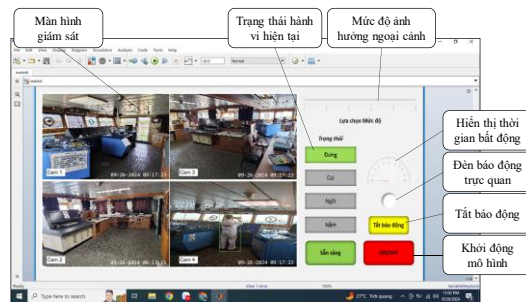
- Bảng điều khiển (Hình 5);
- Bộ cảm biến chuyển động gồm nhiều mắt thần cảm biến chuyển động;
- Bộ phát tín hiệu báo động sử dụng hệ thống loa âm thanh báo động trên tàu.

Các thông số kỹ thuật của hệ thống BNWAS được mô tả như trong Bảng 2.

Nguyên lý cảnh báo của hệ thống BNWAS được thể hiện như tron.

3.3. Thiết lập cài đặt thực nghiệm và thu thập dữ liệu

Việc thu thập dữ liệu thực nghiệm trên tàu T/S



Hình 4. Giao diện giám sát, điều chỉnh của mô hình nghiên cứu



Hình 5. Bảng điều khiển hệ thống BNWAS trang bị trên tàu VMU Việt-Hàn

VMU Việt-Hàn trong vòng 6 tháng (180 ngày) được thực hiện thông qua các mô-đun thu thập dữ liệu và xử lý như đã trình bày ở phần trước.

180 ~ 720 giây	15 giây	15 giây	90 ~ 180 giây
Khoảng thời gian bất động			
Lựa chọn trực quan			
Báo động âm thanh chuông lái lần 1			
Báo động âm thanh từ xa lần 2			
Báo động âm thanh từ xa lần 3			

Hình 6. Nguyên lý cảnh báo của hệ thống BNWAS trang bị trên tàu VMU Việt-Hàn

Bảng 2. Thông số kỹ thuật hệ thống BNWAS trên tàu VMU Việt-Hàn

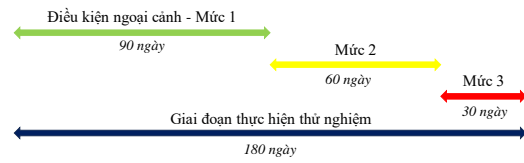
Hạng mục	Mô tả
Size (High X Wide X Depth)	350 X 300 X 150 [Mm]
Main Power Supply	100~240v AC/50/60Hz
Emergency Power Supply	24V DC
Consumption Power	Below 10 Watts
Operating Temperature	-20 ~ +70oc
Sensor Type	Passive Infrared Sensor
Sensor Performance	12M / 84
External Serial Interface Output	VDR
Digital Input	Emergency Call, Auto Pilot
Contact Point Output	AMS. Emergency Call

Thời gian thu thập dữ liệu được thiết lập như Bảng 3.

Bảng 3. Cài đặt thời gian cho mô hình nghiên cứu và BNWAS

Thời gian thực hiện	Ảnh hưởng của ngoại cảnh	Mô hình nghiên cứu				BNWAS
		Đứng	Cúi	Ngồi	Nằm	
90 ngày	Mức 1	600s	450s	360s	180s	600s
60 ngày	Mức 2	360s	180s	240s	60s	360s
30 ngày	Mức 3	180s	180s	180s	30s	180s

Tiến trình thử nghiệm mô hình trên buồng lái tàu VMU Việt-Hàn được thể hiện như Hình 7.



Hình 7. Tiến trình thực hiện thử nghiệm mô hình nghiên cứu

Với các giai đoạn thời gian khác nhau, mỗi giai đoạn sẽ thay đổi lại thời gian cảnh báo dựa trên mức độ ảnh hưởng của ngoại cảnh, kết hợp với hệ thống BNWAS trên tàu, đảm bảo rằng các tham số thời gian không thấp hơn mức tối thiểu đưa ra cảnh báo của hệ thống BNWAS dựa trên khảo sát số lượng lớn ý kiến của các sĩ quan và thủy thủ kinh nghiệm đi biển lâu năm, để ngăn ngừa những cảnh báo không cần thiết hoặc quá nhanh có thể ảnh hưởng đến tâm lý làm việc của sĩ quan điều khiển tàu, ngoại trừ trường hợp cảnh báo Nầm là yếu tố rất nguy hiểm và không mang tính chất làm việc, nên cảnh báo sẽ được đặt thấp hơn khi yếu tố ngoại cảnh ảnh hưởng nhiều hơn.

Trên cơ sở đó, mô hình cảnh báo hành vi nguy hiểm được triển khai lắp đặt và vận hành trong môi trường thực nghiệm trên tàu huấn luyện VMU Việt-Hàn bảo đảm không làm ảnh hưởng đến hoạt động khai thác, huấn luyện và nhiệm vụ hàng hải thường xuyên của tàu.

Trong suốt thời gian thực nghiệm, các dữ liệu liên quan đến hoạt động cảnh báo của mô hình bao gồm thời điểm phát hiện, loại hành vi được nhận diện được thu thập và lưu trữ có hệ thống. Đồng thời, các tín hiệu cảnh báo từ hệ thống BNWAS cũng được ghi nhận để phục vụ cho mục tiêu đối chiếu và đánh giá hiệu quả.

3.4. Phương pháp đánh giá và so sánh mô hình với BNWAS

Để đánh giá và so sánh hiệu quả giữa hai hệ thống, nghiên cứu sử dụng các nhóm chỉ số định lượng sau:

(1) Số lượng và tần suất cảnh báo

Chỉ số này phản ánh mức độ nhạy của hệ thống trong quá trình giám sát trực ca, bao gồm:

- Tổng số cảnh báo phát sinh trong mỗi ca trực;
- Tần suất cảnh báo theo thời gian.

Việc phân tích giúp đánh giá khả năng phát hiện hành vi bất thường cũng như nguy cơ cảnh báo dư hoặc thiếu.

(2) Thời gian phát hiện và cảnh báo

Chỉ số này phản ánh khả năng phát hiện sớm của hệ thống nhằm mục tiêu giảm thiểu rủi ro, được xác định thông qua:

- Khoảng thời gian từ khi hành vi nguy hiểm xuất hiện đến khi hệ thống phát tín hiệu cảnh báo;

- So sánh độ trễ cảnh báo giữa mô hình nghiên cứu và BNWAS trong cùng tình huống.

(3) Độ chính xác phát hiện hành vi nguy hiểm

Các cảnh báo được đối chiếu với trạng thái hành vi thực tế của sĩ quan điều khiển để phân loại thành:

- Cảnh báo phù hợp (TP-True Positive);
- Cảnh báo không phù hợp (FP-False Positive);
- Hành vi nguy hiểm không được phát hiện (FN-False Negative).

Trên cơ sở đó, các chỉ số độ chính xác, độ nhạy và độ tin cậy của mô hình được xác định và so sánh với BNWAS.

(4) So sánh song song giữa mô hình và BNWAS

Để đảm bảo tính khách quan, việc so sánh được thực hiện theo phương pháp song song theo thời gian, trong đó mỗi ca trực đều được ghi nhận đồng thời tín hiệu cảnh báo từ cả hai hệ thống. Các tình huống được phân loại thành ba nhóm chính:

- Cả hai hệ thống cùng phát cảnh báo;
- Chỉ mô hình nghiên cứu phát cảnh báo;
- Chỉ BNWAS phát cảnh báo.

Việc phân loại này cho phép xác định rõ những trường hợp mô hình phát hiện được hành vi nguy hiểm mà BNWAS không nhận diện được, cũng như ngược lại.

Các kết quả so sánh thu được từ khung phương pháp này được sử dụng làm cơ sở để đánh giá hiệu quả hoạt động của mô hình nghiên cứu và thảo luận khả năng ứng dụng trong thực tiễn khai thác tàu biển.

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Tổng quan kết quả thu thập trong giai đoạn thực nghiệm

Trong suốt thời gian 6 tháng triển khai thực nghiệm trên tàu huấn luyện VMU Việt-Hàn, mô hình cảnh báo hành vi nguy hiểm và hệ thống BNWAS được vận hành song song và độc lập trong cùng điều kiện khai thác. Dữ liệu thu thập bao gồm các sự kiện cảnh báo, thời điểm phát hiện, loại hành vi liên quan và phản ứng của sĩ quan điều khiển tại buồng lái. Các kết quả thu được mô tả trong Bảng 4 theo tiêu chí thứ nhất đã trình bày trong phần trước (mục 3.4).

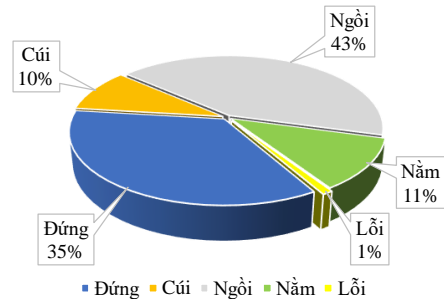
Từ kết quả thu được thể hiện trong Bảng 4, xây dựng biểu đồ trực quan tỷ lệ hành vi trong các cảnh báo thu thập được trong Hình 8.

Cả hai hệ thống đều hoạt động ổn định trong toàn bộ thời gian thực nghiệm, không ghi nhận sự cố kỹ thuật ảnh hưởng đến quá trình thu thập dữ liệu.

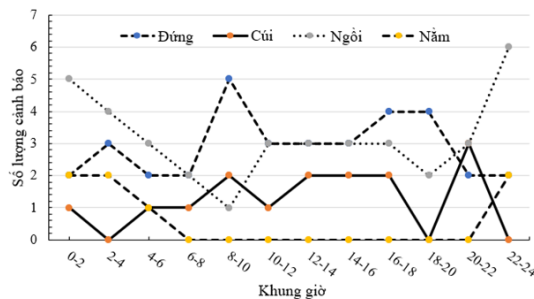
Theo tiêu chí thứ hai, phân loại dựa trên thời gian phát hiện. Dữ liệu cảnh báo hành vi nguy hiểm thu

Bảng 4. Tổng hợp kết quả cảnh báo của mô hình thực nghiệm trong thời gian 180 ngày

Ngoại cảnh	Mô hình nghiên cứu						BNWAS
	Đứng	Cúi	Ngồi	Nằm	Lỗi	Tổng	
Mức 1	18	5	21	3	0	47	15
Mức 2	12	2	16	4	1	35	10
Mức 3	7	3	8	4	0	22	7
Tổng hợp	37	10	45	11	1	104	32



Hình 8. Tỷ lệ hành vi xuất hiện trong các cảnh báo thực nghiệm



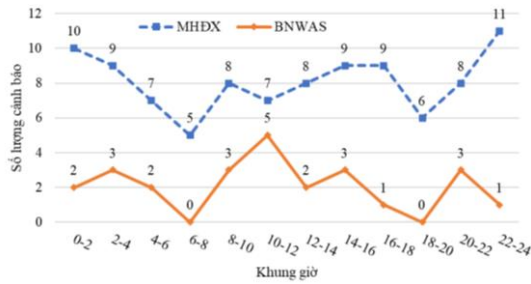
Hình 9. Số lượng cảnh báo thu thập theo khung giờ

thập được trong thời gian thực nghiệm được tổng hợp và phân bổ theo 12 khung giờ trong ngày, thể hiện trong Hình 9.

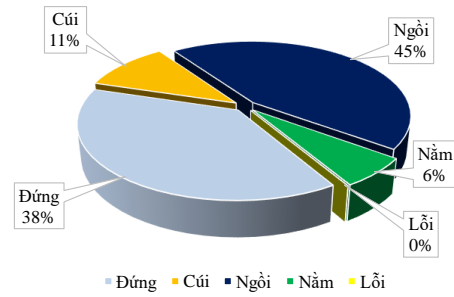
Dữ liệu cảnh báo của mô hình nghiên cứu đề xuất (MHĐX) được thu thập song song với hệ thống BNWAS sẵn có trên tàu, nhằm thể hiện rõ và so sánh những kết quả của 2 mô hình với nhau trong cùng khung giờ trong ngày, tác giả tổng hợp và thể hiện trong Hình 10.

Kết quả cụ thể, tương quan giữa các loại cảnh báo thu thập được trong điều kiện ngoại cảnh bình thường (mức 1) như Hình 11.

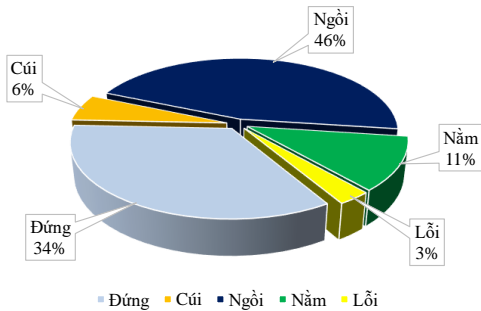
Điều kiện ngoại cảnh ở mức trung bình (mức 2), ít



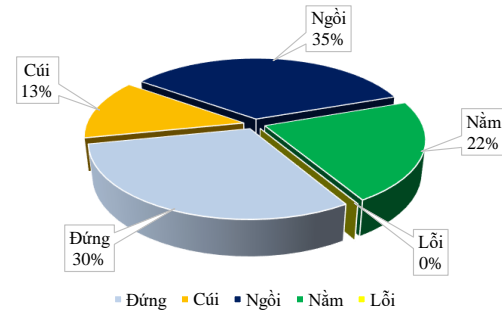
Hình 10. Dữ liệu cảnh báo tương quan giữa MHDX và hệ thống BNWAS



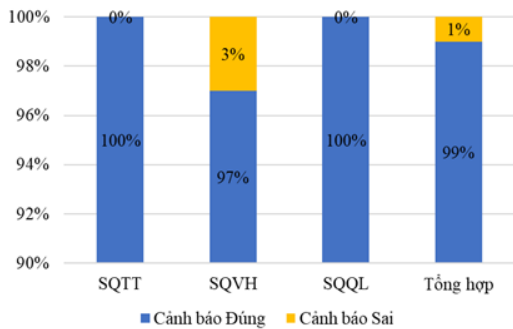
Hình 11. Tỷ lệ cảnh báo thực nghiệm thu thập được trong điều kiện ngoại cảnh mức 1



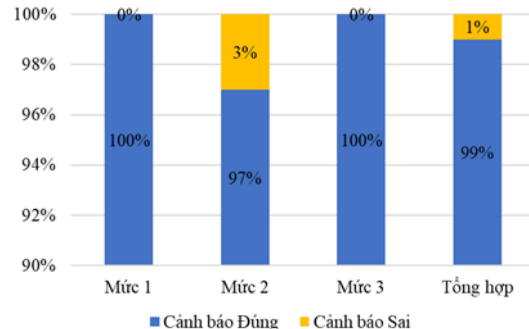
Hình 12. Tỷ lệ cảnh báo thực nghiệm thu thập được trong điều kiện ngoại cảnh mức 2



Hình 13. Tỷ lệ cảnh báo thực nghiệm thu thập được trong điều kiện ngoại cảnh mức 3



Hình 14. Tỷ lệ cảnh báo chính xác với mỗi nhóm sĩ quan hàng hải của mô hình nghiên cứu



Hình 15. Tỷ lệ cảnh báo chính xác với mỗi mức độ tác động của ngoại cảnh

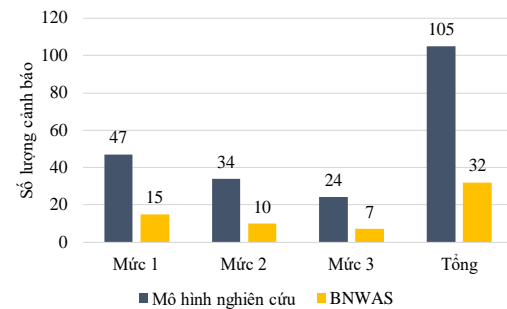
hiều có ảnh hưởng tiêu cực đến khai thác tàu. Kết quả thu thập được mô tả trong Hình 12.

Và tương quan giữa các loại cảnh báo thu thập được trong điều kiện ngoại cảnh bất thường, có nguy cơ rui ro cao (mức 3) ở môi trường thực nghiệm như Hình 13.

Thứ ba, độ chính xác phát hiện hành vi nguy hiểm trong cảnh báo của mô hình nghiên cứu đối với từng nhóm đối tượng sĩ quan hàng hải như Hình 14.

Độ chính xác cảnh báo của mô hình nghiên cứu đối với từng điều kiện ngoại cảnh như Hình 15.

Cuối cùng là kết quả so sánh song song giữa mô hình nghiên cứu và hệ thống BNWAS trên tàu. Kết quả này được thể hiện trong Hình 16.



Hình 16. So sánh thực nghiệm mô hình nghiên cứu và hệ thống BNWAS trang bị trên tàu

4.2. Thảo luận

Dựa vào kết quả thu thập trong thời gian thực nghiệm trên tàu VMU Việt-Hàn đã được thể hiện trong Bảng 4 và các hình thành phần, nhận xét như sau:

- Mô hình chỉ ghi nhận 1 lỗi trên tổng số 104 cảnh báo thu thập được, chiếm tỷ lệ gần 1%, cho thấy mô hình nghiên cứu có độ tin cậy rất tích cực (độ chính xác đạt trên 99%).

- Cảnh báo liên quan đến hành vi Đứng và Ngồi chiếm tỷ lệ rất cao trong hầu hết các điều kiện ngoại cảnh (trung bình 35% đến 45% số lượng cảnh báo), gấp khoảng 3-4 lần số lượng cảnh báo của 2 hành vi còn lại Cúi và Nằm (trung bình 5-15%). Phản ánh thực trạng làm việc trên buồng lái tàu của sĩ quan hàng hải.

- Dựa vào kết quả trong Hình 14 cho thấy, mô hình nghiên cứu trong môi trường thực nghiệm với các nhóm đối tượng sĩ quan hàng hải đạt độ chính xác 99% cao hơn so với 97% trong môi trường mô phỏng [7].

- Dựa vào kết quả trong Hình 15 cho thấy, mô hình nghiên cứu trong môi trường thực nghiệm với các điều kiện ngoại cảnh đạt độ chính xác 99% cũng cao hơn so với 97% trong môi trường mô phỏng [7].

- Tỷ lệ sai sót trong các cảnh báo của mô hình nghiên cứu trong môi trường thực nghiệm xấp xỉ 1% tốt hơn so với 3% trong môi trường mô phỏng [7].

- So sánh kết quả của mô hình nghiên cứu với mô hình BNWAS thực tế đang được áp dụng trên tàu. Từ kết quả tổng hợp trong Hình 16 cho thấy, mô hình nghiên cứu thu thập được số lượng cảnh báo gấp khoảng 3 lần so với số lượng cảnh báo từ BNWAS trên tàu (lần lượt là 105 lần và 32 lần). Đặc biệt là sự chênh lệch về cảnh báo trong các khung giờ muộn như 22-24 và 0-2 mô hình nghiên cứu ghi nhận số cảnh báo rất cao (10-11 lỗi), nhưng BNWAS chỉ phát hiện 1-2 lỗi (Hình 10). Sự chênh lệch này thể hiện khả năng giám sát tích cực của mô hình nghiên cứu trong quá trình hoạt động ban đêm của các sĩ quan sĩ quan hàng hải có thể gặp khó khăn về sự tỉnh táo và chú ý.

Sự chênh lệch về cảnh báo giữa 2 hệ thống không phản ánh tính ngẫu nhiên, mà xuất hiện trong các tình huống sĩ quan điều khiển vẫn hiện diện tại buồng lái nhưng biểu hiện dấu hiệu mất tập trung kéo dài hoặc giảm mức độ cảnh giác. Trong khi các cảnh báo từ BNWAS chủ yếu gắn với các trường hợp không có thao tác xác nhận trong khoảng thời gian quy định, phản ánh trạng thái mất phản hồi hơn là chất lượng

hành vi điều khiển. Kết quả này cho thấy sự khác biệt rõ rệt về bản chất tiếp cận giữa hai hệ thống.

5. Kết luận

Nghiên cứu đã triển khai và đánh giá thực nghiệm mô hình cảnh báo hành vi nguy hiểm của sĩ quan điều khiển tàu biển trong môi trường khai thác thực tế trên tàu huấn luyện VMU Việt-Hàn trong thời gian 6 tháng, với việc vận hành song song cùng hệ thống cảnh báo trực ca buồng lái BNWAS.

Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình có khả năng phát hiện sớm và phù hợp các hành vi tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn, đặc biệt trong các tình huống mà BNWAS không phản ánh đầy đủ chất lượng hành vi của sĩ quan điều khiển. Các phân tích so sánh cho thấy mô hình hoạt động ổn định, có độ nhạy cao và mang lại giá trị bổ trợ rõ rệt cho hệ thống cảnh báo truyền thống.

Nghiên cứu cung cấp bằng chứng thực nghiệm quan trọng về tính khả thi và hiệu quả của mô hình cảnh báo hành vi nguy hiểm trong điều kiện khai thác tàu biển thực tế. Kết quả này góp phần làm rõ vai trò của các hệ thống giám sát hành vi trong nâng cao an toàn trực ca buồng lái và mở ra hướng nghiên cứu tiếp theo nhằm tối ưu hóa thuật toán, mở rộng phạm vi thử nghiệm và tích hợp với các hệ thống hỗ trợ an toàn hàng hải khác.

Trong những nghiên cứu tiếp theo, tác giả sẽ triển khai thực nghiệm mô hình trên nhiều loại tàu khác nhau và trong thời gian dài hơn với hi vọng phát hiện được những thiếu sót của mô hình nghiên cứu, nâng cao tính hoàn thiện và ứng dụng thực tiễn tối ưu cho mô hình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Rothblum, M.A. (2000), *Human error and marine safety*, In: National Safety Council Congress and Expo, Orlando, FL.
- [2] Catherine Hetherington, Rhona Flin, Kathryn Mearns (2006), *Safety in shipping: The human element*, Journal of Safety Research. Vol.37(4), pp.401-411.
- [3] Christine Chauvin et al. (2013), *Human and organisational factors in maritime accidents: Analysis of collisions at sea using the HFACS*, Accident Analysis & Prevention, Vol.59. Doi: 10.1016/j.aap.2013.05.006.
- [4] IMO (2013). Resolution MSC.350(92).
- [5] Lützhöft, M.H. and Dekker, S.W.A. (2002), *On Your Watch: Automation on the Bridge*, Journal of Navigation, Vol.55(1), pp.83-96.

- [6] Vũ Đăng Thái, Đặng Đình Chiến, Nguyễn Tiến Đạt (2024), *Nghiên cứu mô hình cảnh báo hành vi lỗi của sĩ quan hàng hải và đánh giá độ chính xác bằng thuật toán KNN*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 79 (08/2024), tr.7-12.
- [7] Nguyễn Tiến Đạt, Nguyễn Xuân Phương, Vũ Đăng Thái (2025), *Nghiên cứu giám sát và cảnh báo hành vi nguy hiểm của sĩ quan điều khiển tàu biển trong môi trường mô phỏng điều kiện ngoại cảnh bất lợi*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 84 (11/2025), tr.195-201.
- [8] Michelle Grech, Tim Horberry, Thomas Koester (2008), *Human Factors in the Maritime Domain*, Book.
- [9] Iraklis Lazakis, et al. (2016), *Advanced Ship Systems Condition Monitoring for Enhanced Inspection, Maintenance and Decision Making in Ship Operations*, Transportation Research Procedia, Vol.14, pp.1679-1688.
- [10] Siyang Gu, Jian Zhang (2026), *Integrated camera array and AIS approach for ship trajectory monitoring and bridge collision prevention*, Engineering Structures, Vol.349, p. 121867.

Ngày nhận bài:	17/01/2026
Ngày nhận bản sửa:	27/01/2026
Ngày duyệt đăng:	10/02/2026