

ĐÁNH GIÁ NĂNG LỰC NHẬN THỨC TÌNH HUỐNG VÀ CHIA SẺ TÀI CÔNG VIỆC CỦA ĐỘI BUỒNG LÁI TRONG TÌNH HUỐNG KHẨN CẤP

ASSESSMENT OF SITUATION AWARENESS AND COGNITIVE WORKLOAD SHARING OF BRIDGE TEAMS IN EMERGENCY SITUATIONS

ĐẶNG LÝ GIA QUÂN², NGUYỄN THÀNH LÊ^{1*}, ĐỖ VĂN CƯỜNG¹,
NGUYỄN YẾN NHI², NGUYỄN HOÀNG NGỌC DIỆP², TRẦN GIA VINH²,
NGUYỄN THỊ PHƯƠNG OANH²

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

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

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

DOI: <https://doi.org/10.65154/jmst.1017>

Tóm tắt

Khi mật độ tàu tăng và sự phát triển ngày càng nhanh của các trang thiết bị hàng hải, thì yếu tố con người vẫn là nguyên nhân chủ yếu của tai nạn hàng hải. Trong các tình huống khẩn cấp, khả năng duy trì nhận thức tình huống và phân bổ linh hoạt tài công việc nhận thức của đội buồng lái đóng vai trò quyết định đối với hiệu quả xử lý sự cố. Thách thức này trở nên nghiêm trọng hơn khi xuất hiện xung đột vai trò, làm gián đoạn cấu trúc nhiệm vụ và yêu cầu sự phối hợp thích ứng giữa các thành viên. Nghiên cứu xây dựng các kịch bản mô phỏng khẩn cấp nhằm phân tích nhận thức, phối hợp và chia sẻ tài nhận thức trong điều kiện có xung đột vai trò. Ba thành viên với mức độ kinh nghiệm khác nhau, được thử nghiệm tại Phòng Mô phỏng Buồng lái - Trường Đại học Hàng hải Việt Nam. Phương pháp đánh giá đa phương thức tích hợp dữ liệu sinh lý, hành vi, giao tiếp, và câu hỏi nhận thức tình huống có cấu trúc. Kết quả đề xuất một cách tiếp cận định lượng để đánh giá nhận thức tình huống cá nhân và tập thể, đồng thời làm rõ cơ chế phân bổ tài công việc trong đội buồng lái, góp phần nâng cao hiệu quả đào tạo BRM (Bridge Resource Management) trong môi trường áp lực cao.

Từ khóa: Nhận thức tình huống, tài công việc, xung đột vai trò, quản lý nguồn lực buồng lái, luật hàng hải.

Abstract

With the increasing density of maritime traffic and the rapid advancement of onboard maritime technologies, human factors continue to be the primary cause of maritime accidents. In emergency situations, the ability of bridge teams

to maintain situational awareness and to flexibly allocate cognitive workload plays a decisive role in ensuring effective incident management. These challenges become more critical when role conflict arises, disrupting established task structures and requiring adaptive coordination among team members. This study develops emergency simulation scenarios to examine perception, coordination, and cognitive workload sharing under conditions of role conflict. A three-member bridge team with varying levels of experience was tested at the Ship Bridge Simulation Center of Vietnam Maritime University. The research adopts a multimodal assessment framework integrating physiological, behavioral, communication-based data, and structured situation awareness queries. The findings propose a quantitative approach for evaluating both individual and team-level situation awareness, clarify mechanisms of cognitive workload distribution within bridge teams, and provide empirical insights to enhance Bridge Resource Management (BRM) training in high-pressure operational environments.

Keywords: Situation awareness, cognitive workload, role conflict, bridge resource management, maritime law.

1. Giới thiệu

Sự phát triển mạnh mẽ của giao thông hàng hải toàn cầu, cùng với mức độ tự động hóa ngày càng cao trên buồng lái, đã làm cho môi trường vận hành tàu trở nên phức tạp hơn đáng kể. Dù các hệ thống hỗ trợ hành hải liên tục được cải tiến về mặt công nghệ, số liệu điều tra tai nạn vẫn chỉ ra rằng yếu tố con người và tổ chức tiếp tục đóng vai trò chi phối trong phần lớn sự cố, đặc biệt

trong các tình huống khẩn cấp đòi hỏi phản ứng kịp thời và sự phối hợp chặt chẽ giữa các thuyền viên [1-3]. Trong bối cảnh đó, nhận thức tình huống (Situation Awareness - SA) và tải công việc nhận thức (Cognitive Workload - CWL) được xem là những thành tố nền tảng quyết định chất lượng ra quyết định và mức độ an toàn của hoạt động hàng hải [4].

Trên bình diện quốc tế, nhiều công trình đã nghiên cứu SA và CWL của thuyền viên dựa trên mô hình ba cấp độ của Endsley, kết hợp với các công cụ đánh giá như SAGAT (Situation Awareness Global Assessment Technique) [5]. Các thử nghiệm trong môi trường mô phỏng buồng lái cho thấy khi tải nhận thức tăng cao và sự phối hợp trong nhóm chưa hiệu quả, khả năng xử lý tình huống có thể bị suy giảm đáng kể [6,7]. Bên cạnh đó, xu hướng gần đây tập trung vào việc sử dụng các chỉ số sinh lý như nhịp tim hoặc HRV (Heart Rate Variability) để phản ánh mức độ căng thẳng và biến động tải nhận thức trong thời gian thực [8-11]. Tuy nhiên, phần lớn các nghiên cứu vẫn chủ yếu phân tích ở cấp độ cá nhân, giả định nhiệm vụ được phân công ổn định và ít quan tâm đến SA tập thể cũng như cơ chế chia sẻ tải nhận thức trong bối cảnh xuất hiện xung đột vai trò. Tại Việt Nam, một số nghiên cứu gần đây đã bước đầu ứng dụng môi trường mô phỏng buồng lái và các mô hình hỗ trợ ra quyết định nhằm phân tích hành vi sĩ quan hàng hải và nâng cao an toàn điều động tàu [12, 13]. Các kết quả này cho thấy mô phỏng hàng hải là công cụ hiệu quả để nghiên cứu yếu tố con người, tuy nhiên chưa có các nghiên cứu định lượng về SA và tải công việc nhận thức của đội buồng lái trong tình huống khẩn cấp.

Nhằm khắc phục những hạn chế này, nghiên cứu hiện tại xây dựng một khung đánh giá đa phương thức trong môi trường mô phỏng buồng lái toàn nhiệm vụ, tái hiện tình huống cháy buồng máy có kèm theo yếu tố xung đột vai trò. Thông qua việc tích hợp công cụ SAGAT, dữ liệu nhịp tim và phân tích hành vi - giao tiếp, nghiên cứu đồng thời định lượng SA cá nhân, SA tập thể và mô hình phân bổ tải nhận thức trong nhóm. Các kết quả thu được cung cấp bằng chứng thực nghiệm có giá trị cho việc hoàn thiện chương trình đào tạo BRM và nâng cao hiệu quả quản lý an toàn trong điều kiện áp lực cao.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Câu hỏi SAGAT

Trong nghiên cứu này, kỹ thuật đánh giá nhận thức tình huống được lựa chọn làm công cụ trọng tâm để đo lường mức độ nhận thức của thuyền viên trong các kịch bản mô phỏng sự cố bất thường. Phương pháp SAGAT

được triển khai bằng cách tạm dừng quá trình mô phỏng tại những thời điểm xác định trước và đưa ra các câu hỏi nhằm ghi nhận trạng thái nhận thức của người tham gia tại thời điểm đó. Cách tiếp cận này cho phép thu thập dữ liệu một cách khách quan, tránh phụ thuộc hoàn toàn vào đánh giá chủ quan sau thử nghiệm.

Hệ thống câu hỏi được thiết kế dựa trên mô hình ba cấp độ của nhận thức tình huống. Ở cấp độ đầu tiên, nội dung câu hỏi tập trung vào khả năng nhận diện các yếu tố và điều kiện đang diễn ra trong môi trường vận hành. Ở cấp độ thứ hai, câu hỏi hướng đến việc đánh giá khả năng tổng hợp thông tin, phân tích dữ kiện và vận dụng kiến thức chuyên môn để xử lý tình huống. Ở cấp độ cao nhất, các câu hỏi yêu cầu người tham gia dự báo diễn biến tiếp theo của sự cố dựa trên những gì đã quan sát và hiểu được.

Các câu hỏi này được phân bổ tương ứng với từng giai đoạn của kịch bản cháy buồng máy. Cùng một nội dung được áp dụng cho toàn bộ thành viên ca trực nhằm xác định mức độ đồng bộ trong nhận thức của nhóm. Bên cạnh đó, thời gian phản hồi của từng người cũng được ghi lại để phản ánh tốc độ xử lý thông tin và khả năng duy trì nhận thức trong điều kiện áp lực cao.

Để xác định mức độ nhận thức tình huống của từng cá nhân, công thức (1) dưới đây do tác giả sử dụng để lượng hóa SA cá nhân dựa trên nguyên lý chấm điểm đúng/sai của SAGAT:

$$SA_{ind,i} = \frac{1}{N_i} \sum_{k=1}^{N_i} S_{ik} \quad (1)$$

Trong đó, $S_{ik}=1$ nếu thuyền viên i trả lời đúng câu hỏi SAGAT thứ k , và $S_{ik}=0$ nếu trả lời sai; N_i là tổng số câu hỏi SAGAT được giao cho thuyền viên i .

Chỉ số nhận thức tình huống ở cấp độ nhóm cho từng câu hỏi SAGAT (SA nhóm cho mỗi hạng mục) được xác định theo công thức (2), là chỉ số đề xuất của nghiên cứu nhằm lượng hóa SA nhóm trên cơ sở trung bình hóa điểm chính xác của các thành viên đối với cùng một hạng mục SAGAT:

$$SA_{team(q)} = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M S_{jq} \quad (2)$$

Trong đó, S_{jq} biểu thị điểm chính xác dạng nhị phân (đúng/sai) của thuyền viên j đối với câu hỏi SAGAT q . Quy mô nhóm được ký hiệu là $M=3$, bao gồm Thuyền trưởng, 3/O và AB.

2.2. Dữ liệu cảm biến nhịp tim

Hệ thống theo dõi nhịp tim trong nghiên cứu sử dụng cảm biến đeo ngực Polar H10 kết hợp với

camera ghi hình để hỗ trợ đồng bộ dữ liệu. Ba thiết bị Polar H10 được phân bổ cho ba thành viên tham gia mô phỏng. Trong suốt quá trình thực nghiệm, nhịp tim được ghi nhận liên tục với tần suất một giây/lần. Trước khi bắt đầu, nhịp tim nền (HR Sit) được đo trong trạng thái nghỉ để làm mốc so sánh. Các cảm biến được kết nối qua Bluetooth với ứng dụng Polar Beat và Polar Flow nhằm ghi lại giá trị nhịp tim kèm mốc thời gian chính xác.



Hình 1. Cảm biến nhịp tim Polar H10

Sau khi kết thúc mô phỏng, dữ liệu được xuất dưới dạng tệp .CSV bao gồm nhịp tim trung bình, nhịp tim tối đa, nhịp tim nghỉ, thời lượng phiên, thời điểm bắt đầu và chỉ số VO_{2max} ước tính. Do hệ thống không cung cấp các chỉ số HRV như RMSSD hoặc SDNN, phân tích tập trung vào biến thiên nhịp tim theo thời gian cùng các giá trị trung bình và cực đại như những chỉ báo sinh lý phản ánh mức độ căng thẳng và tải nhận thức.

Để đảm bảo đối chiếu chính xác với các mốc SAGAT, toàn bộ phiên mô phỏng được ghi hình và đồng bộ với đồng hồ hệ thống của Polar Flow. Do sự khác biệt nhỏ giữa đồng hồ hệ thống của các thiết bị và độ phân giải của tín hiệu video, sai số đồng bộ thời gian được ước tính không vượt quá $\pm 1-2$ giây. Thời điểm tạm dừng mô phỏng để đặt câu hỏi SAGAT được đánh dấu trên video và so khớp với biểu đồ nhịp tim, cho phép trích xuất giá trị HR trước và sau mỗi câu hỏi (ví dụ 10 giây trước và sau). Cách tiếp cận này giúp đánh giá phản ứng sinh lý theo thời gian thực và xác định mối liên hệ giữa biến động nhịp tim và mức độ duy trì nhận thức tình huống trong điều kiện áp lực cao.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kịch bản thử nghiệm cháy dưới buồng máy

Thí nghiệm được thiết kế dựa trên kịch bản mô phỏng sự cố cháy tại buồng máy, bao gồm ba giai đoạn liên tiếp nhằm tái hiện diễn biến thực tế của một tình huống khẩn cấp trên tàu.

Giai đoạn 1 - Trạng thái bình thường (3 phút đầu): Buồng lái hoạt động trong điều kiện ổn định, không xuất hiện dấu hiệu bất thường. Các thuyền viên thực hiện nhiệm vụ theo quy trình trực ca tiêu chuẩn. Giai đoạn này cho phép thiết lập mức nhận thức ban đầu và trạng thái sinh lý nền của người tham gia trước khi xảy ra sự cố.

Giai đoạn 2 - Xuất hiện và xử lý sự cố (khoảng 10 phút): Ở phút thứ 4, hệ thống báo động khẩn cấp được kích hoạt. 3/O nhận thông tin về cháy buồng máy do sự cố điện tại tủ điện. Quy trình báo động và ứng phó ban đầu được triển khai theo quy định. Đến phút thứ 8, thông tin cập nhật cho thấy hệ thống phun sương không kiểm soát được đám cháy, buồng lái chuẩn bị phương án sử dụng hệ thống CO_2 theo chỉ đạo. Thuyền trưởng có mặt và trực tiếp điều hành hoạt động ứng phó. Đến phút thứ 13, đám cháy được xác nhận đã khống chế thành công.

Giai đoạn 3 - Kết thúc (2 phút cuối): Tại phút thứ 14, tình huống được xác nhận an toàn. Thuyền trưởng



Hình 2. Thuyền viên tham gia thử nghiệm

rời buồng lái, kết thúc kịch bản mô phỏng.

Cụ thể, trong kịch bản cháy buồng máy, xung đột vai trò xuất hiện khi 3/O vừa phải thực hiện nhiệm vụ trực ca buồng lái (duy trì cảnh giới, kiểm soát tốc độ và hướng tàu), vừa phải tiếp nhận và truyền đạt thông tin khẩn cấp từ buồng máy về sự cố cháy. Đồng thời, Thuyền trưởng khi lên buồng lái phải vừa đánh giá tình huống cháy vừa duy trì an toàn điều động tàu, trong khi AB phải thực hiện lệnh điều động nhưng đồng thời theo dõi các thông tin khẩn cấp liên quan đến sự cố. Sự chồng lấn giữa nhiệm vụ điều động tàu và nhiệm vụ xử lý khẩn cấp đã tạo ra tình huống xung đột vai trò, làm gia tăng tải công việc nhận thức và yêu cầu sự chia sẻ thông tin hiệu quả giữa các thành viên trong đội buồng lái.

3.2. Thời gian phản hồi câu hỏi SAGAT

Bảng 1 cho thấy thời gian phản hồi của Thuyền

Bảng 1. Câu hỏi SAGAT cho Thuyền trưởng

Câu hỏi SAGAT	Thời gian hỏi	Cấp độ	Câu trả lời	Thời gian phản hồi (giây)
Anh tập trung vào thông tin gì từ 3/O	06'16"	2	Vị trí và tình trạng hiện tại của đám cháy	15.30"
Mức độ nghiêm trọng	07'17"	2	Cao	10.32"
Phương pháp chữa cháy và mức độ thành công	10'32"	2	Sử dụng bình bột khô xách tay - 75%	24.80"
Xác suất bỏ tàu	11'36"	3	20%	13.92"
Đánh giá nhận thức và tải công việc của 3/O và AB	17'31"	3	Chưa đạt yêu cầu, cần cải thiện thêm	53.08"

Bảng 2. Câu hỏi SAGAT cho 3/O

Câu hỏi SAGAT	Thời gian hỏi	Cấp độ	Câu trả lời	Thời gian phản hồi (giây)
Chuông báo động gì	02'47"	2	Báo cháy buồng máy	8.99"
Cần thay đổi tốc độ tàu	04'50"	2	Giảm tốc	15.25"
Thông tin báo cáo cho Thuyền trưởng	06'16"	2	Vị trí đám cháy	19.49"
Mức độ nghiêm trọng của tình huống	07'17"	2	Cao	7.89"
Dự đoán phương pháp chữa cháy tiếp theo mà Thuyền trưởng sẽ sử dụng và mức độ thành công	10'32"	2	Sử dụng hệ thống CO ₂ – 75%	31.9"
Nếu phương pháp chữa cháy không hiệu quả thì cần làm gì?	11'36"	3	Chuẩn bị xuống cứu sinh để rời tàu	57.65"
Đánh giá nhận thức tình huống và tải công việc của Thuyền trưởng và AB?	17'31"	3	Thuyền trưởng và AB duy trì nhận thức và xử lý tình huống an toàn	54.87"

Bảng 3. Câu hỏi SAGAT cho AB

Câu hỏi SAGAT	Thời gian hỏi	Cấp độ	Câu trả lời	Thời gian phản hồi (giây)
Chuông báo động gì	02'47"	2	Báo cháy	11.10"
Cần thay đổi tốc độ tàu	04'50"	2	Giữ nguyên tốc độ	14.95"
Tình hình giao thông hiện tại như thế nào?	06'16"	2	Thông thoáng	10.95"
Mức độ nghiêm trọng của tình huống	07'17"	2	Cao	8.33"
Dự đoán phương pháp chữa cháy tiếp theo mà Thuyền trưởng sẽ sử dụng và mức độ thành công	10'32"	2	Sử dụng tất cả các biện pháp chữa cháy hiện có	38.17"
Nếu phương pháp chữa cháy không hiệu quả thì cần làm gì?	11'36"	3	Bỏ tàu	27.69"
Đánh giá nhận thức tình huống và tải công việc của Thuyền trưởng và 3/O	17'31"	3	Thuyền trưởng và 3/O duy trì nhận thức và phối hợp chữa cháy hiệu quả	36.47"

trường thay đổi rõ rệt theo mức độ phức tạp của nhiệm vụ. Ở các câu hỏi ban đầu, thời gian trả lời ngắn, cho thấy khả năng nhận diện và đánh giá tình huống nhanh chóng khi tín hiệu cảnh báo rõ ràng và tải nhận thức còn thấp. Khi tình huống chuyển sang yêu cầu phân tích chiến thuật (SA cấp 2), thời gian phản hồi tăng đáng kể do phải cân nhắc các phương án chữa cháy và dự đoán hiệu quả xử lý. Đặc biệt, câu hỏi thuộc SA cấp 3 liên quan đến đánh giá nhận thức của các thành viên khác có thời gian phản hồi dài nhất, phản ánh khó khăn trong việc nắm bắt SA của nhóm. Tổng thể, dữ liệu cho thấy thời gian xử lý tăng theo độ phức tạp nhiệm vụ, làm nổi bật sự khác biệt giữa SA cá nhân

và SA tập thể trong điều kiện khẩn cấp.

3/O có sự biến thiên đáng kể về thời gian phản hồi theo mức độ phức tạp của nhiệm vụ. Ở các câu hỏi ban đầu thuộc SA cấp 2, thời gian trả lời ngắn và ổn định, phản ánh khả năng nhận diện và đánh giá tình huống nhanh chóng khi tải nhận thức còn thấp. Khi nhiệm vụ chuyển sang phân tích chiến thuật và dự đoán phương án chữa cháy, thời gian phản hồi tăng rõ rệt do yêu cầu tích hợp nhiều yếu tố và mô hình hóa tình huống nội bộ. Đặc biệt, các câu hỏi thuộc SA cấp 3 có thời gian phản hồi dài nhất, cho thấy khó khăn trong việc đánh giá trạng thái nhận thức của các thành viên khác. Điều này phản ánh tải nhận thức gia tăng và sự thiếu đồng

bộ trong SA nhóm. Nhìn chung, 3/O xử lý tốt các nhiệm vụ cơ bản nhưng gặp áp lực đáng kể khi phải thực hiện các nhiệm vụ ở cấp độ nhận thức cao hơn (Bảng 2).

Trong Bảng 3, AB có thời gian phản hồi nhanh ở các câu hỏi thuộc SA cấp 2 trong giai đoạn đầu, phản ánh khả năng nhận diện tín hiệu và duy trì nhận thức cơ bản tốt khi tải nhận thức còn thấp. Tuy nhiên, khi nhiệm vụ chuyển sang yêu cầu phân tích chiến thuật và dự đoán hành động của Thuyền trưởng (SA cấp 2-3), thời gian phản hồi tăng đáng kể, đặc biệt ở câu hỏi về phương pháp chữa cháy tiếp theo. Điều này cho thấy tải nhận thức gia tăng khi nhiệm vụ vượt ra ngoài phạm vi trách nhiệm quen thuộc của AB. Các câu hỏi thuộc SA cấp 3 cũng có thời gian xử lý dài, phản ánh khó khăn trong việc suy luận về trạng thái nhận thức của sĩ quan cấp trên. Tổng thể, AB duy trì tốt nhận thức ở mức cơ bản nhưng gặp hạn chế rõ rệt khi mức độ phức tạp của nhiệm vụ tăng lên.

3.3. Kết quả dữ liệu nhịp tim

Dữ liệu nhịp tim của 3/O cho thấy phản ứng sinh lý tăng mạnh khi tình huống khẩn cấp xuất hiện. Ở trạng thái ban đầu, nhịp tim duy trì quanh mức 70-75 bpm, nhưng tăng rõ rệt khi có tín hiệu báo cháy và đạt gần 95bpm khi sự cố bắt đầu (giai đoạn từ 5 phút 20 đến 5 phút 35). Các lần dừng SAGAT tiếp theo đều tạo ra các đỉnh nhịp tim riêng biệt và biên độ dao động lớn. Đáng chú ý, nhịp tim không quay trở lại mức nền giữa các giai đoạn, cho thấy tải nhận thức tích lũy thay vì phản ứng tức thời. Mô hình dao động kéo dài này phản ánh sự kích hoạt giao cảm mạnh và tình trạng quá tải nhận thức của 3/O trong suốt quá trình xử lý sự cố.

Dữ liệu nhịp tim của Thuyền trưởng cho thấy khả năng điều hòa sinh lý và kiểm soát tải nhận thức tốt hơn rõ rệt. Mặc dù nhịp tim nền duy trì ở mức tương đối cao (khoảng 85-95 bpm), phản ánh trạng thái cảnh

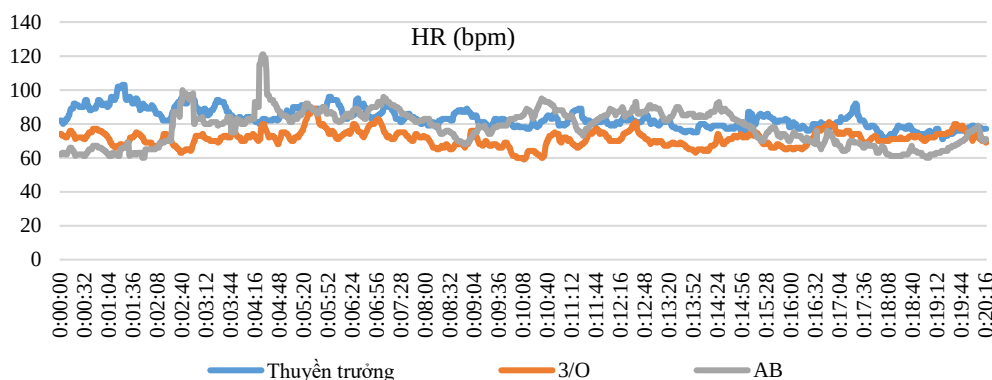
giác cao, nhưng khi tình huống cháy bùng máy bắt đầu, nhịp tim chỉ tăng ngắn hạn trên 100 bpm (giai đoạn từ 1 phút 15 đến 1 phút 25) rồi nhanh chóng giảm và ổn định trong khoảng 75-85 bpm. Sự ổn định sớm này cho thấy Thuyền trưởng đã kích hoạt các quy trình ứng phó quen thuộc và phân bổ hiệu quả nguồn lực nhận thức cho vai trò chỉ huy tổng thể (SA cấp độ 3). Các lần đặt câu hỏi SAGAT chỉ gây dao động nhẹ và tức thời, sau đó nhịp tim nhanh chóng trở về mức ổn định. Mô hình này phản ánh khả năng duy trì SA chiến lược với chi phí sinh lý thấp hơn so với các thành viên ít kinh nghiệm.

Dữ liệu nhịp tim của AB cho thấy mức dao động sinh lý lớn nhất, với biên độ từ 62 đến 121 bpm trong quá trình xử lý sự cố (đạt 121 bpm tại 4 phút 26 giây). Các đỉnh HR cao xuất hiện khi phải thực hiện nhiệm vụ vận hành khẩn cấp, phản ánh tải nhận thức và căng thẳng tăng mạnh. So với Thuyền trưởng có đường HR ổn định hơn, AB chịu áp lực sinh lý cao hơn do vai trò thao tác trực tiếp. Điều này cho thấy phân bổ tải nhận thức trong đội mang tính phân tầng theo cấp bậc và phụ thuộc rõ rệt vào kinh nghiệm. Kết quả tổng hợp được thể hiện trong Hình 3.

4. Thảo luận

Kết quả định lượng cho thấy Thuyền trưởng đạt mức nhận thức tình huống cá nhân cao nhất trong nhóm. Theo cách chấm điểm dựa trên đáp án chuẩn của kịch bản, Thuyền trưởng trả lời đúng 6/6 câu hỏi SAGAT, tương ứng điểm SA cá nhân = 1,00. Trong khi đó, 3/O đạt 6/7 câu đúng ($SA = 0,86$) và AB đạt 4/7 câu đúng ($SA = 0,57$). Sự khác biệt này phản ánh rõ vai trò của kinh nghiệm và vị trí chỉ huy trong việc duy trì mô hình nhận thức ổn định xuyên suốt tình huống khẩn cấp.

Đáng chú ý, mức SA cao nhất của Thuyền trưởng phù hợp với dữ liệu sinh lý học. Biểu đồ nhịp tim cho



Hình 3. Kết quả so sánh dữ liệu cảm biến nhịp tim

thấy mặc dù HR ban đầu của Thuyền trưởng ở mức cảnh giác cao (85-95 bpm), sau khi đạt đỉnh khi sự cố bắt đầu, đường HR nhanh chóng ổn định trong khoảng 75-85 bpm và chỉ dao động nhẹ tại các mốc SAGAT. Ngược lại, 3/O và đặc biệt là AB thể hiện dao động HR biên độ lớn, phản ánh tải nhận thức và áp lực sinh lý cao hơn. HR của 3/O tăng nhanh và duy trì dao động lớn do phải đồng thời xử lý thông tin hành trình và tình huống khẩn cấp. AB xuất hiện các đỉnh HR cao nhất khi vừa thực hiện lệnh điều động và theo dõi các thông tin khẩn cấp liên quan đến sự cố. Thuyền trưởng chỉ tăng HR ngắn hạn rồi nhanh chóng ổn định, kết quả này phản ánh sự kết hợp giữa trạng thái cảnh giác chủ động, áp lực từ vai trò chỉ huy và các yếu tố sinh lý cá nhân chưa được kiểm soát như tuổi hoặc thể lực.

Sự tương thích giữa điểm SA = 1.00 và mô hình HR ổn định củng cố lập luận rằng kinh nghiệm giúp tối ưu hóa phân bổ nguồn lực nhận thức và kiểm soát phản ứng sinh lý dưới áp lực. Điều này cho thấy hiệu quả chỉ huy không chỉ thể hiện qua quyết định chiến thuật chính xác mà còn thông qua khả năng duy trì cân bằng nhận thức-sinh lý trong môi trường khẩn cấp.

Đối với SA nhóm được xác định bằng cách tính trung bình điểm chính xác của tất cả các thành viên trong đội buồng lái đối với từng câu hỏi SAGAT. Trong thí nghiệm này, mỗi câu hỏi được trả lời bởi ba thành viên gồm Thuyền trưởng, 3/O và AB, với giá trị $S_{jq}=1$ nếu câu trả lời đúng và $S_{jq}=0$ nếu trả lời sai. Giá trị SA nhóm của từng câu hỏi được tính bằng trung bình cộng của các giá trị này. Kết quả cho thấy phần lớn các câu hỏi ở cấp độ 2 đạt mức đồng thuận cao giữa các thành viên, phản ánh sự chia sẻ thông tin tương đối hiệu quả trong các giai đoạn đầu của sự cố. Tuy nhiên, đối với các câu hỏi liên quan đến dự đoán diễn biến hoặc đánh giá trạng thái nhận thức của các thành viên khác, mức độ đồng nhất trong câu trả lời giảm rõ rệt, dẫn đến giá trị SA nhóm thấp hơn. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với nghiên cứu của Endsley và các nghiên cứu ở Châu Âu, cho thấy thuyền viên thường duy trì tốt nhận thức ở mức nhận biết và hiểu tình huống, nhưng suy giảm rõ khi nhiệm vụ chuyển sang dự đoán và phối hợp ở cấp độ nhóm. Chỉ số SA nhóm tính theo Công thức (2) chỉ phản ánh mức độ chính xác trung bình của các thành viên đối với cùng một câu hỏi SAGAT, chứ không đại diện đầy đủ cho mức độ phối hợp hành động trong thực tế. Trong thực tế hàng hải, nếu Thuyền trưởng đúng nhưng AB và 3/O hiểu sai hướng xử lý, hậu quả thực tế có thể nghiêm trọng hơn nhiều.

Lỗi của 3/O chủ yếu xuất hiện ở SA cấp độ 3, trong khi đó, các lỗi của AB tập trung ở SA cấp độ 2-

3. Kết quả này gợi ý rằng đào tạo cho 3/O nên nhấn mạnh kỹ năng dự báo và phối hợp nhận thức, còn với AB cần tăng cường huấn luyện về logic ứng phó sự cố và tham gia vào SA nhóm.

5. Kết luận

Kết quả nghiên cứu khẳng định rằng năng lực nhận thức tình huống của cá nhân, đặc biệt ở vị trí chỉ huy, đóng vai trò then chốt trong việc xử lý hiệu quả các tình huống khẩn cấp trên buồng lái. Thuyền trưởng thể hiện mức độ nhận thức ổn định và toàn diện nhất trong suốt kịch bản, đồng thời duy trì phản ứng sinh lý cân bằng hơn so với các thành viên còn lại. Sự phù hợp giữa mức độ nhận thức cao và mô hình nhịp tim ổn định cho thấy kinh nghiệm thực tiễn giúp tối ưu hóa phân bổ nguồn lực nhận thức và kiểm soát căng thẳng trong môi trường áp lực cao.

Tuy nhiên, mặc dù nhận thức cá nhân được duy trì tốt, mức độ chia sẻ nhận thức trong nhóm vẫn chưa thực sự đồng bộ ở các nhiệm vụ đòi hỏi dự đoán chiến thuật và đánh giá lẫn nhau. Điều này cho thấy hiệu quả xử lý sự cố trong mô phỏng phụ thuộc nhiều vào năng lực cá nhân hơn là cơ chế phân bổ tải nhận thức cân bằng trong đội. Điểm hạn chế của nghiên cứu là chỉ số SA nhóm mới chỉ dừng lại ở mức hỗ trợ lượng hóa SA nhóm trong bối cảnh nghiên cứu và cần được kiểm chứng thêm trên cỡ mẫu lớn hơn và nhiều kịch bản hơn. Những phát hiện này nhấn mạnh sự cần thiết phải tăng cường phát triển nhận thức tình huống tập thể và chiến lược phối hợp nhận thức trong đào tạo BRM nhằm nâng cao an toàn hàng hải trong bối cảnh vận hành ngày càng phức tạp.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: **SV25-26.08**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] International Maritime Organization (IMO) (n.d.), *Human element*, London, UK: IMO, Retrieved on 17th Feb. 2026.
- [2] International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW) (2014), *Commercial Shipping Handbook*, pp.230-231.
- [3] International Maritime Organization (2023), *Bridge Resource Management: Model course 1.22* (2023 Edition), *International Maritime Organization*.
- [4] Endsley, M. R. (2017), *Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems*,

- Situational Awareness, pp.9-42.
- [5] Grech, M. R., Horberry, T., & Smith, A. (2002), *Human Error in Maritime Operations: Analyses of Accident Reports Using the Leximancer Tool*, Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, Vol.46(19), pp.1718-1721.
- [6] Chauvin, C., Lardjane, S., Morel, G., Clostermann, J.-P., & Langard, B. (2013), *Human and organisational factors in maritime accidents: Analysis of collisions at sea using the HFACS*, Accident Analysis & Prevention, Vol.59, pp.26-37.
- [7] Mahadevan, H. S., Kumar, A., Grundmann, R., & Schwarze, A. (2025), *Assessment of Situational Awareness in Relation to Advanced Navigation Systems Using Ship Handling Simulators*, European Navigation Conference 2024, p.36.
- [8] Fairclough, S. H., & Gilleade, K. (Eds.) (2014), *Advances in Physiological Computing*, Springer London.
- [9] Wilson, G. F., & Russell, C. A. (2003), *Real-Time Assessment of Mental Workload Using Psychophysiological Measures and Artificial Neural Networks*, Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, Vol.45(4), pp.635-644.
- [10] Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research (1988), *Human Mental Workload*, pp.139-183.
- [11] Salmon, P. M., et al. (2009), *Measuring Situation Awareness in complex systems: Comparison of measures study*, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol.39(3), pp.490-500.
- [12] 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, tr.195-201.
- [13] Mai Xuân Hương, Nguyễn Kim Phương, Trần Văn Tuyền, & Nguyễn Trọng Đức (2019), *Xây dựng hệ chuyên gia hỗ trợ sỹ quan trực ca buồng lái ra quyết định điều động tàu tránh va trong các tình huống tồn tại nguy cơ đâm va trên biển*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số tháng 1/2019.

Ngày nhận bài:	17/02/2026
Ngày nhận bản sửa:	20/03/2026
Ngày duyệt đăng:	03/04/2026