

# Thiết kế hệ thống mô phỏng thực tế ảo báo cháy và chữa cháy tàu thủy

■ **ThS. NGUYỄN THANH VÂN; PGS. TS. ĐINH ANH TUẤN; KS. NGUYỄN VĂN HÙNG**

*Trường Đại học Hàng hải Việt Nam*

**TÓM TẮT:** Bài báo trình bày phương pháp thiết kế, xây dựng hệ thống báo cháy và chữa cháy mô phỏng trong không gian thực tế ảo, nhằm mục đích giảm thiệt hại về người và tài sản trong quá trình huấn luyện. Hệ thống mô phỏng được thiết kế bao gồm tủ điều khiển trung tâm, máy tính giáo viên và máy tính mô phỏng không gian. Học viên có khả năng tương tác với phần cứng và phần mềm sẽ giúp nâng cao trình độ chuyên môn và nghiệp vụ an ninh, an toàn hàng hải. Bên cạnh đó, xây dựng kết nối thành công giữa các thiết bị phần cứng HMI và phần mềm mô phỏng, ví báo cháy và một số thiết bị phục vụ cứu hộ cứu nạn trên biển. Thông qua đó, người vận hành có thể thao tác trực tiếp giống như trên tàu thật ngoài thực tế.

**TỪ KHÓA:** Mô phỏng chống cháy tàu, VR Unity 3D và chống cháy tàu thủy, thiết kế thực tế ảo tàu thủy.

**ABSTRACT:** This paper presents a method of designing and building a fire alarm and fighting system in virtual reality, aiming to reduce damage to people and property during the training process. The simulation system is designed to include a control panel, a teacher computer, and a space simulation computer. students will interact with hardware and software, which will help improve their professional level and professionalism in maritime security and safety. In addition, building a successful connection between HMI hardware devices and simulation software, lifeboats, and some equipment for rescue at sea, through which evaluation cadets and officers before a real-life situation occurs.

**KEYWORDS:** Ship simulation, VR ship, Fire Alarm Ship, safety transportation.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tai nạn cháy tàu chiếm một tỷ lệ lớn trong các thảm họa về hàng hải và có ý nghĩa sống còn đối với khả năng sống sót của tàu. Khi tàu gặp sự cố cháy nổ, ngoài trang thiết bị cứu hộ thì trình độ kỹ năng an toàn của thuyền viên là yếu tố quyết định. Trong những năm gần đây, trên thế giới và Việt Nam đã xảy ra những vụ hỏa hoạn trên tàu vô

cùng nghiêm trọng. Tháng 10/2021, tàu MV Zim Kingston gắn cờ Malta vận chuyển 52 tấn xanthates đã bốc cháy và phát tán khí độc ra bên ngoài môi trường gây nguy hại cho sinh vật biển. Năm 2022, tàu container APL CAIRO quốc tịch Singapore đã bốc cháy ở vùng biển Vũng Tàu gây thiệt hại tài sản và con người. Do đó, để đảm bảo tính mạng thuyền viên và hàng hóa được an toàn khi hành trình trên biển đòi hỏi hệ thống báo và chữa cháy phải đảm bảo yêu cầu cao. Bên cạnh đó, kĩ năng ứng phó của thuyền viên để xử lý mọi tình huống phải thuần thục. Đáp ứng yêu cầu trên, học viên cần được trang bị kiến thức, trau dồi kĩ năng và kinh nghiệm, nghiệp vụ chuyên môn với các hệ thống mô phỏng chống cháy nhằm đảm bảo an toàn tuyệt đối trên biển, đồng thời xây dựng các hệ thống báo cháy, chữa cháy có chất lượng và có thể cập nhật liên tục mọi yêu cầu đặt ra [1].

Hệ thống mô phỏng chống cháy được xây dựng dựa theo các tiêu chuẩn của Công ước STCW78 sửa đổi năm 2010 của Tổ chức Hàng hải quốc tế (IMO) về khả năng cứu sinh, các tiêu chuẩn về an toàn nghề nghiệp, an ninh hàng hải. Ngoài ra, hệ thống bao gồm tủ điều khiển, máy tính mô phỏng và kính thực tế ảo. Qua đó, học viên được đào tạo trên các loại tàu khác nhau giúp nâng cao năng lực, kĩ năng khi hành trình trên biển.

Từ lý do trên, nhóm tác giả đề xuất tập trung xây dựng mô hình chống cháy trong không gian ảo kết hợp với phần cứng hệ thống báo cháy giúp đáp ứng yêu cầu huấn luyện và đào tạo học viên, sỹ quan có trình độ cao. Ngoài ra, khả năng làm chủ công nghệ để xây dựng hệ thống mô phỏng chống cháy là hết sức thực tế và đáp ứng được nhu cầu đào tạo thực tiễn hiện nay.

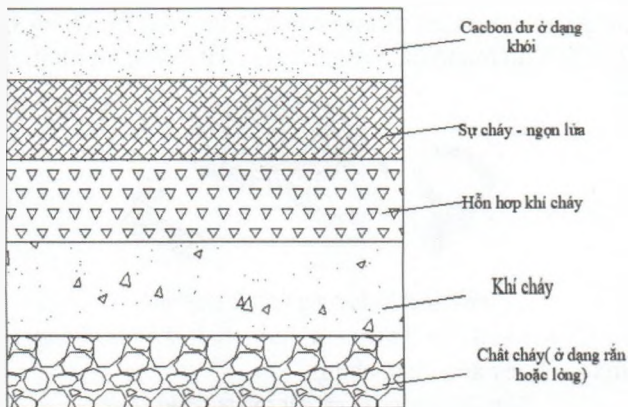
Bài báo được chia bao gồm: Mục 2 lý thuyết cháy và thuật toán điều khiển. Mục 3 trình bày các bước thiết kế xây dựng đồ họa và thiết lập trong thực tế ảo. Mục 4 thực hiện mô phỏng chống cháy và cuối cùng là kết luận.

## 2. XÂY DỰNG LÝ THUYẾT CHÁY VÀ THUẬT TOÁN ĐIỀU KHIỂN TRONG HỆ THỐNG MÔ PHỎNG

### 2.1. Cơ sở lý thuyết về sự cháy

Bản chất của sự cháy là phản ứng oxy hóa khử nhiệt độ cao xảy ra giữa chất cháy được với oxy của không khí, quá trình kèm theo sự tỏa nhiệt và phát sáng, tập hợp các hạt và các hạt chất lỏng sinh ra bởi các nguyên liệu trên sau khi phản ứng sẽ tạo ra khói màu. Khi quá trình cháy xảy ra thì đó chính là sự cháy của các khí hoặc thoát ra từ vật bị cháy

à không phải sự cháy của bản thân vật thể đó được thể hiện trong Hình 2.1.



Hình 2.1: Cấu trúc của đám cháy

Từ cấu trúc đám cháy, nhóm tác giả xây dựng 3 phương pháp để mô phỏng: phương pháp công nghệ kết cấu, phương pháp hệ thống hạt và phương pháp mô hình vật lý. Đối với phương pháp công nghệ kết cấu mô phỏng ngọn lửa nhanh nhưng các dấu vết nhân tạo hiện rõ và không chuyển động trong mô phỏng. Tiếp theo, phương pháp hệ thống hạt có thể mô phỏng một số quá trình cháy, chi tiết đốt nhất định và không hoàn toàn giả lập lại ngọn lửa. Cuối cùng, phương pháp mô hình vật lý dựa trên tính chất vật lý, sự thay đổi chuyển động của ngọn lửa để mô tả thực tế quá trình cháy. Vì vậy, phương pháp này được tác giả sử dụng trong hệ thống mô phỏng. Để đơn giản hóa, nhóm tác giả tập trung nghiên cứu các yếu tố hình thành như kích thước, hình dạng, khối và số lượng hạt lửa. Tham số khí thải được xác định bằng tổng số lượng hạt lửa phát ra và phương sai đám cháy trên một diện tích. Do đó, số lượng hạt lửa được xác định trên mỗi diện tích được xác định trong công thức (1):

$$M() = Emission + N().K_v \quad (1)$$

Trong đó:

M() - Số lượng hạt lửa; Emission - Tham số khí thải; N() - Kích thước đám cháy khi bắt đầu;  $K_v$  - Giá trị lệch hướng của đám cháy.

Tuy nhiên, kích thước đám cháy còn phụ thuộc vào kích thước hạt lửa và yếu tố bên ngoài như chất liệu cháy, yếu tố thời tiết như công thức (2):

$$I() = E_s + N().K_s + Y_N \quad (2)$$

Trong công thức (2), I() - Kích thước của hạt lửa;  $E_s$ ,  $K_s$  - Giá trị kích thước ban đầu và lệch hướng ban đầu của hạt;  $Y_N$  - Giá trị nhiễu từ yếu tố môi trường [2].

Từ công thức (1), (2) hình thành lên kích thước đám cháy và kết hợp với thời gian cháy thể hiện trong công thức (3):

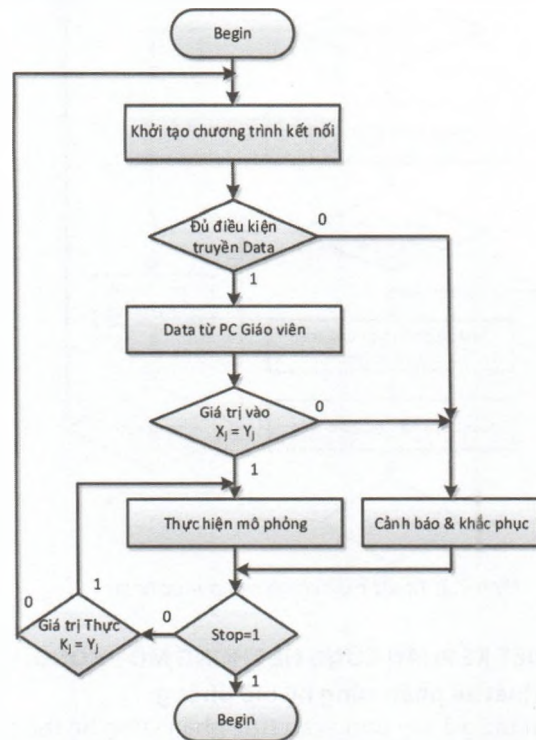
$$D() = [M() \times I()] \times t_s \quad (3)$$

Trong đó: D() - Kích thước đám cháy;  $t_s$  - Thời gian xảy ra cháy. Từ đây, nhóm tác giả xây dựng các đám cháy khác nhau với các thông số có thể thay đổi được thông qua các

thuật toán khác nhau.

### 2.2. Xây dựng thuật toán xử lý dữ liệu mô phỏng

Hệ thống chống cháy xây dựng với nhiều thuật toán điều khiển khác nhau để mô phỏng toàn bộ tính năng trong thực tế. Một số thuật toán trọng tâm như thuật toán xử lý dữ liệu trong Hình 2.2.



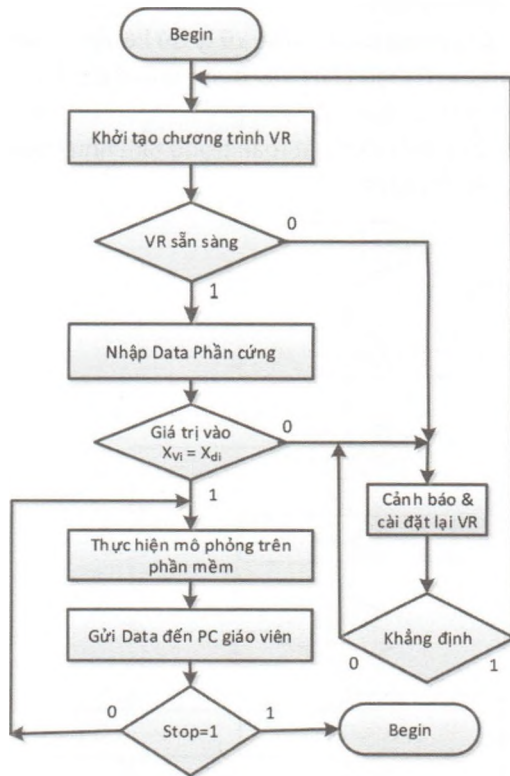
Hình 2.2: Thuật toán xử lý dữ liệu

Trên Hình 2.2 thể hiện thuật toán dữ liệu được tác giả xây dựng. Ban đầu, chương trình khởi tạo và kiểm tra điều kiện nhận dữ liệu như địa chỉ IP, cổng Port mạng LAN. Tiếp theo, tiến hành nhận dữ liệu và so sánh, trong đó  $X_j$  là tín hiệu từ máy tính giáo viên,  $Y_j$  là giá trị được thiết lập trong phần mềm. Sau khi đủ điều kiện máy tính sẽ chạy chức năng mô phỏng và so sánh giá trị  $K_j$  trong quá trình với  $Y_j$ . Giá trị đầu vào và đầu ra khác nhau sẽ báo lỗi trên màn hình mô phỏng. Quá trình nhận dữ liệu này thông qua phương thức truyền thông TCP/IP với khả năng đảm bảo dữ liệu chính xác nhất giúp tăng độ tin cậy cho hệ thống.

### 2.3. Thuật toán xử lý và nhận diện trong thực tế ảo

Tiếp theo, nhóm tác giả xây dựng hệ thống trong không gian thực tế ảo với tương tác trực tiếp từ người dùng. Với các thiết bị kính VR hỗ trợ mô phỏng, nhóm tiến hành xây dựng thuật toán xử lý và nhận diện trong không gian như Hình 2.3.

Trong thuật toán Hình 2.3, kính VR được kết nối với máy tính mô phỏng và được kiểm tra trạng thái. Với mỗi nút trên tay điều khiển sẽ được gán các giá trị khác nhau để thực hiện nhiệm vụ riêng. Tiếp theo, phần mềm sẽ thực hiện lệnh so sánh các giá trị đầu vào  $X_{vi}$  với giá trị được lập trình  $X_{di}$  nếu đúng sẽ thực hiện các thao tác cơ bản giống với con người, ngược lại hệ thống thông báo lỗi và kết thúc quá trình huấn luyện.



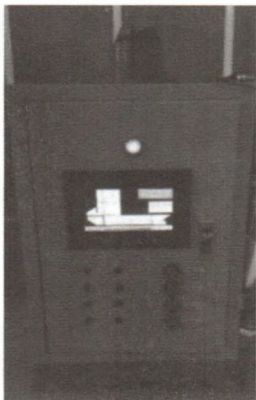
Hình 2.3: Thuật toán chính trong thực tế ảo

**3. THIẾT KẾ PHẦN CỨNG HỆ THỐNG MÔ PHỎNG**

**3.1. Thiết kế phần cứng hệ mô phỏng**

Nhóm tác giả xây dựng cấu trúc phần cứng hệ thống mô phỏng bao gồm màn hình cảm ứng HMI và vi báo cháy.

Tủ báo cháy bao gồm 1 màn hình cảm ứng HMI và vi báo cháy. Trong đó, màn hình HMI Delta DOP Soft B4.07 có chức năng là bộ điều khiển trung tâm để giao tiếp giữa vi báo cháy và phần mềm mô phỏng. Trên màn hình thể hiện giao diện các vị trí lắp đặt cảm biến trên tàu. Từ đó, thuyền viên dễ dàng quan sát xác định vị trí xảy ra cháy. Ngoài ra, màn hình còn thiết kế thêm các tính năng như lịch sử báo động, ngày giờ xảy ra báo động và giao diện kiểm tra chức năng của hệ thống định kỳ. Tiếp theo, nhóm tác giả sử dụng vi báo cháy bao gồm 8 zones đầu vào tương ứng với 8 đầu ra. Mỗi zone sẽ được kết nối với cảm biến khói hoặc cảm biến nhiệt, nút ấn trong trường hợp xảy ra cháy nổ các đầu vào của vi báo cháy sẽ nhận giá trị, nếu vượt ngưỡng báo động hệ thống sẽ thông báo bằng còi, đèn. Đồng thời, đưa tín hiệu hiển thị lên màn hình và đầu ra của vi giúp người vận hành dễ dàng quan sát và xử lý [3].



Hình 3.1: Tủ báo cháy

Hình 3.1 bao gồm tủ báo cháy với màn hình cảm ứng HMI. Ngoài ra, nhóm tác giả đưa ra bên ngoài với 4 zones để thử nghiệm cháy ở các khu vực trên tàu khác nhau. Khi có cháy, tín hiệu sẽ đưa ra đèn và còi để cảnh báo vị trí cháy.

**3.2. Xây dựng giao tiếp thực tế ảo VR**

Hiện nay, các thiết bị mô phỏng không gian ảo ngày càng được ứng dụng trong huấn luyện và đào tạo. Nhóm tác giả sử dụng kính thực tế ảo VR Oculus Rift trên Hình 3.2 với cấu hình mạnh giúp mô phỏng chất lượng tốt nhất.



Hình 3.2: Phần cứng kính Oculus Rift

Chức năng của 2 tay cầm được thiết lập như Bảng 3.1 với các chức năng khác nhau:

Bảng 3.1. Thông số cài đặt cho tay điều khiển

STT	Nút chức năng	Hai bàn tay trái, phải
1	Phím A,B	Nhảy qua vật cản
2	Nút D,E	Đẩy, ấn chạm đối tượng
3	Nút G	Va chạm hai chân
4	Nút H	Cầm, nắm vật thể

Xuất phát từ thuật toán xử lý và nhận diện mục 2.3 nhóm tác giả chuyển đổi và xây dựng chương trình điều khiển trên nền tảng Unity với ngôn ngữ lập trình C# như sau:

- ArmAnimator.cs: Được dùng để giả lập chức năng của cánh tay;
- HeadAnimator.cs: Thiết lập đầu nhân vật;
- LegAnimator.cs: Được hoạt động giống như chân người.
- Để có thể tương tác với đối tượng trong không gian xung quanh, nhóm tác giả xây dựng các va chạm giữa các bộ phận với các vật thể giống thực tế nhất [4].
- HumanoidCollisionHandler.cs: Tương tác giữa tay đối tượng và vật thể;
- FootPhysics.cs: Thiết lập lực vật lý với chân.

Sau khi lập trình, nhóm tác giả đã nhúng các code lên vào đối tượng nhân vật.

Trên Hình 3.3 thể hiện các vị trí điều khiển, các đường thẳng giống như xương người. Để nhân vật hoạt động nhóm tác giả điều khiển các thông số đã được gán vào đối tượng. Ngoài ra, xung quanh kính sẽ bao gồm các camera để quét môi trường xung quanh, từ đó tác giả xây dựng được không gian mô phỏng.



Hình 3.3: Mô hình người trong không gian VR

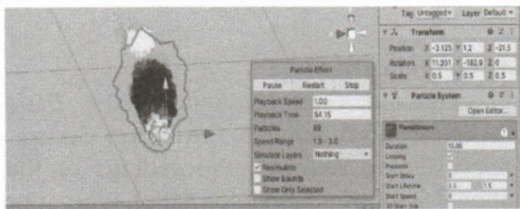
**3.3. Xây dựng hiệu ứng đám cháy**

Để đám cháy mô phỏng giống thực tế, nhóm tác giả đã tạo ra các hiệu ứng mô phỏng giống mục 2.1. Từ công thức (1), (2) và (3) được chuyển đổi đưa vào các tập lệnh

no từng mô-đun và thêm vào đối tượng.

- FireChange.cs: Được điều chỉnh thông qua thời gian cháy, vật liệu cháy;
- FireParticle.cs: Thay đổi các hiệu ứng cháy, khói và độ bao phủ;
- FireSound.cs: Tạo ra các âm thanh phụ thuộc vào kích thước đám cháy;
- FireCollision.cs: Giúp tương tác khi có các thiết bị hữu cháy.

Tiếp theo, nhóm tác giả thêm các đoạn code vào đối tượng mô phỏng đám cháy để tạo ra các hiệu ứng sát thực tế nhất. Khi xảy ra cháy tại các vị trí khác nhau, đám cháy sẽ xuất hiện và hình thành dựa theo các yếu tố có sẵn và nhiều tùy thuộc môi trường mô phỏng là loại tàu nào như hình 3.4.



Hình 3.4: Đám cháy trong mô phỏng

Tiếp theo, nhóm tác giả xây dựng các đám khói, hướng thổi phụ thuộc vào vị trí cháy. Với mỗi vị trí sẽ có các yếu tố ảnh hưởng khác nhau như thời tiết, điều kiện môi trường như Hình 3.5.

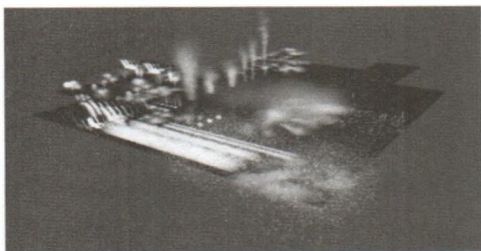


Hình 3.5: Mô phỏng khói

Ngoài ra, khi xảy ra hỏa hoạn, hệ thống chữa cháy được kích hoạt và kịp thời dập tắt đám cháy. Để mô phỏng tính năng này, nhóm tác giả tạo ra các hạt nước với tốc độ, hình dạng và hướng khác nhau như Hình 3.6.

- WaterFall.cs: Thực hiện chức năng điều chỉnh tốc độ, hướng nước, mức nước.

Khi hệ thống chữa cháy kích hoạt, tùy thuộc vào mức nước, nhóm tác giả đã xây dựng tương tác giữa đám cháy và dòng nước để có thể dập tắt được đám cháy.



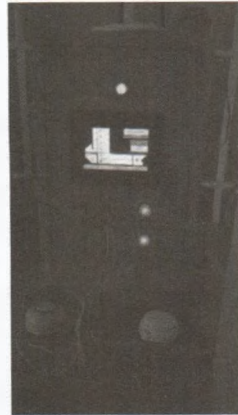
Hình 3.6: Hiệu ứng tia nước

#### 4. CHẠY THỬ NGHIỆM HỆ THỐNG

Sau khi thiết kế xong giao diện điều khiển, phần cứng hệ thống báo cháy và phần mềm mô phỏng trong không

gian ảo, nhóm tác giả tiến hành thử nghiệm hệ thống trong phòng thí nghiệm mô phỏng.

Ví báo cháy được kết nối với màn hình cảm ứng HMI, nhóm tác giả tiến hành thử nghiệm cháy giả với 2 loại cảm biến khói và cảm biến nhiệt ở bất kỳ vị trí trên tàu.



Hình 4.1: Phần cứng hệ thống mô phỏng

Khi đó, trên màn hình cảm ứng xuất hiện đèn màu đỏ nhấp nháy chỉ vị trí phòng máy, đồng thời đèn đỏ trên tủ sáng báo hệ thống chữa cháy đã hoạt động. Tiếp theo, nhóm tác giả tiến hành mô phỏng trong không gian ảo. Khi có tín hiệu cháy xuất hiện, máy tính mô phỏng nhận tín hiệu và hiển thị đúng khu vực cháy.

Nhóm tác giả thử nghiệm với khoang máy khi gặp sự cố dẫn đến hỏa hoạn, cảm biến khói và cảm biến nhiệt lắp tại đó và kết nối đến Zone 1. Đèn báo khu vực buồng máy cháy sáng nhấp nháy trên tủ điều khiển, còi kêu. Từ đó, tín hiệu xử lý và đưa vào phần mềm mô phỏng như Hình 4.2.



Hình 4.2: Khoang máy xảy ra hỏa hoạn

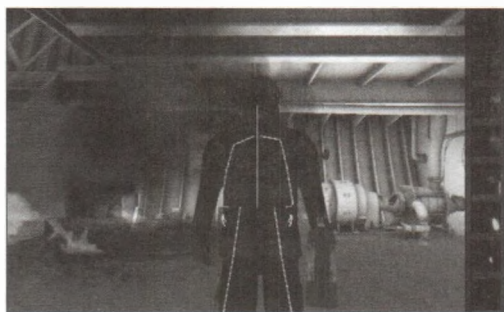
Để người vận hành có cái nhìn trực quan, nhóm tác giả thử nghiệm với kính thực tế ảo VR. Học viên sẽ đeo kính thực tế ảo và tay điều khiển để thao tác với các thiết bị chữa cháy trên tàu giống với thực tế được thể hiện trong Hình 4.3.



Hình 4.3: Kết hợp kính VR trong mô phỏng

Trên Hình 4.3 thể hiện học viên đang thao tác với hệ thống mô phỏng. Học viên có thể thao tác bằng tay thông qua tay điều khiển và kính thực tế ảo. Kính sẽ quét không gian bên ngoài và tiến hành xây dựng không gian trong mô phỏng. Đối với không gian hẹp, hệ thống tự động kết thúc mô phỏng và gửi tín hiệu về máy tính giáo viên. Qua đó, quá trình tương tác giữa con người với hệ thống dễ dàng hơn.

Nhóm tác giả thử nghiệm tình huống khi có cháy xảy ra, thuyền viên sẽ tiến hành mặc áo chống cháy và tìm đến khu vực xảy ra cháy để tiến hành dập lửa. Quần áo và thiết bị phù hợp với tính chất của hoạt động cứu hỏa. Thời gian và trình tự các hoạt động riêng rẽ phù hợp với hoàn cảnh và tình trạng mô phỏng sẵn có. Thuyền viên phải sử dụng được các thiết bị cơ động để dập tắt các đám cháy như chập điện, cháy dầu, cháy propan. Tại mỗi thao tác đúng, nhóm tác giả sẽ lập trình để đưa ra kết quả cho quá trình huấn luyện đánh giá học viên. Kết quả mô phỏng quá trình mặc áo bảo hộ và mang bình chữa cháy đến khu vực cháy như Hình 4.4.



Hình 4.4: Mô phỏng quần áo bảo hộ chống cháy

Từ quá trình thử nghiệm, nhóm tác giả đã so sánh và đánh giá chức năng hệ thống mô phỏng so với một số hãng trên thế giới, kết quả được thể hiện trong Bảng 4.1.

Bảng 4.1. Đánh giá chức năng hệ thống

STT	Chức năng	Tham số	
		Transas	Hệ mô phỏng
1	Mô phỏng tàu	100%	90%
2	Mô phỏng đám cháy	100%	85%
3	Mô phỏng hiệu ứng cháy	100%	95%
4	Mô phỏng hiệu ứng nước	100%	78%
5	Mô phỏng thực tế ảo	100%	90%
6	Mô phỏng quá trình trang bị quần áo bảo hộ	100%	80%

Kết quả so sánh trong Bảng 4.1, nhóm tác giả nhận thấy hệ thống đã đáp ứng cơ bản các yêu cầu trong huấn luyện báo cháy và chữa cháy trên tàu thủy và đảm bảo yêu

cầu huấn luyện, đáp ứng các yêu cầu đặt ra trong ngành Hàng hải.

### 5. KẾT LUẬN

Hệ thống mô phỏng báo cháy, chữa cháy đã bước đầu xây dựng thành công mô hình tàu, các thiết bị chữa cháy. Chất lượng hệ thống đạt trên 85% so với các hệ thống trên thế giới nhưng giảm đáng kể về giá thành. Mô phỏng các hiệu ứng, thuật toán điều khiển và giao tiếp giữa phần cứng tủ báo cháy, phần mềm mô phỏng và kính thực tế ảo qua đó giúp nâng cao quá trình huấn luyện nhằm đảm bảo chất lượng đào tạo cũng như hạn chế rủi ro trên thực tế.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT21-22.51

### Tài liệu tham khảo

[1]. Lei Zhang, Gaofeng Wang (2009), *Design and Implementation of Automatic Fire Alarm System based on Wireless Sensor Networks*, Proceedings of the 2009 International Symposium on Information Processing.

[2]. Ge Beibei, Liang Jingguo, Li Yizhen (2011), *Ship fire emergency management simulation system [J]*, Heilongjiang Science and Technology Information, 6, pp.20-21.

[3]. Đoàn Hữu Khánh, Lưu Văn Thủy, Nguyễn Văn Hùng, Bùi Thành Đạt, Nguyễn Xuân Thịnh, Phạm Minh Thảo (2018), *Thiết kế hệ thống báo cháy và xây dựng ứng dụng giám sát, điều khiển*, Tạp chí Khoa học Công nghệ hàng hải.

[4]. Song Qiaoqiao (2011), *Research and implementation of ship intelligent damage management system based on Virtools [D]*, Central South University, 1, pp.46-49.

**Ngày nhận bài: 18/5/2022**

**Ngày chấp nhận đăng: 27/7/2022**

**Người phản biện: PGS. TS. Trần Anh Dũng  
TS. Nguyễn Hữu Quyền**