



Báo cáo đồ án:

Lego Mindstorms NXT 2.0

Môn: Cơ sở trí tuệ nhân tạo

Giảng viên hướng dẫn:

GS. TS. Lê Hoài Bắc

Sinh viên thực hiện:

Bùi Thị Cẩm Nhung 1712645

Nguyễn Ngọc Băng Tâm 1712747

Mục lục

1. Tổng quan	2
1.1 Động lực	2
1.2 Sơ lược về LEGO Mindstorms NXT 2.0	2
1.3 Mô tả đồ án	3
1.4 Phân công	4
1.5 Sản phẩm thực tế	4
2. Kịch bản chương trình	5
2.1 Bối cảnh	5
2.2 Tính năng	5
2.3 Lưu đồ chức năng	6
2.4 Điều kiện môi trường	6
3. Thiết kế	7
3.1 Kiến trúc phần cứng	7
3.1.1 Cảm biến	7
3.1.2 Các linh kiện	10
3.1.3 Mô hình	14
3.2 Kiến trúc phần mềm	15
3.2.1 Thuật toán	15
3.1.2 Đề xuất cải tiến	15
4. Đánh giá	16
4.1 Ưu điểm và nhược điểm	16
4.2 Yêu cầu kỹ thuật và rủi ro	17
4.3 Đánh giá mức độ hoàn thành khi cài đặt thực tế	18
5. Tài liệu tham khảo	19

1. Tổng quan

1.1 Động lực

Robotics là một lĩnh vực nghiên cứu về việc thiết kế, chế tạo và vận hành robot. Trong suốt những thập kỷ vừa qua, lĩnh vực này đã đem đến nhiều đổi mới tích cực, đặc biệt là trong các ngành công nghiệp đòi hỏi tự động hóa cao như sản xuất, y tế, quân sự...

Các hoạt động cứu nạn, cứu hộ nói chung và chữa cháy nói riêng từ lâu đã được xem là các công việc nguy hiểm đảm nhận bởi con người. Theo thống kê của Cục Cảnh Sát phòng cháy và chữa cháy Việt Nam, có đến hơn 3000 đám cháy xảy ra trong 9 tháng đầu năm 2019 trên cả nước, gây thiệt hại người và tài sản lên tới 1.2 tỷ đồng [1]. Công tác phòng cháy, chữa cháy luôn phải đối diện thường trực với các rủi ro về khí thải độc hại, nhiệt độ cao, các sự cố về cơ sở hạ tầng, ... Chính những yếu tố này làm cho công nghệ robot trở thành ứng cử viên sáng giá trong việc thay thế con người thực hiện các công việc nguy hiểm nói chung và cứu hỏa nói riêng.



Hình 01. Công việc cứu hỏa tiềm ẩn nhiều rủi ro

1.2 Sơ lược về LEGO Mindstorms NXT 2.0

LEGO Mindstorms là một nền tảng được phát triển bởi hãng Lego giúp hỗ trợ việc học tập robotics hiệu quả cũng như bước đầu làm quen với việc xây dựng một hệ thống thông minh (Intelligent System) bằng việc ứng dụng các kiến thức trong lĩnh vực Trí tuệ nhân tạo như Tác vụ (Agents), Thuật toán tìm đường (Graph search algorithms), Lên kế hoạch (Planning), Hệ chuyên gia dựa trên luật (Rule-based expert systems) hay các kỹ thuật trong Khai phá dữ liệu (Data mining) và Học máy (Machine Learning).

LEGO Mindstorms NXT 2.0 là bộ lắp ráp robot thế hệ thứ hai trong series Lego Mindstorms được phát hành vào tháng 8/2009. Kiến trúc của một bộ NXT gồm 6 thành phần chính: NXT Brick, các cảm biến, cáp nối, mô-tơ động cơ, pin và các khối gạch.

Trong đó, NXT Brick được xem như "bộ não" của bộ lắp ráp này, đảm nhiệm các nhiệm vụ như tổng hợp thông tin về môi trường từ các cảm biến, trao đổi thông tin với máy tính, điện thoại hoặc các robot khác thông qua kết nối bluetooth hoặc USB.



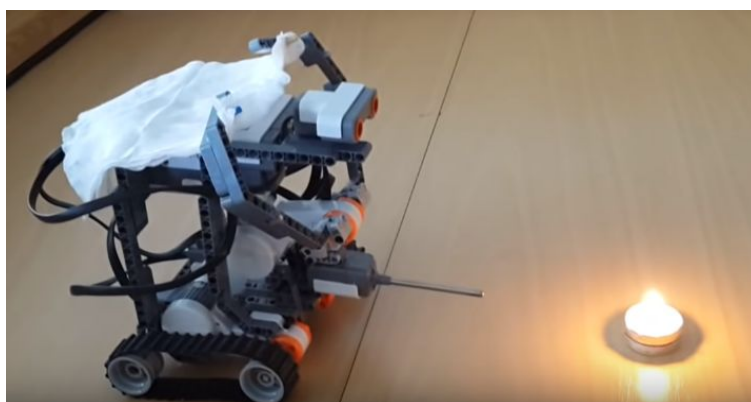
Hình 02. Các thành phần trong bộ Lego Mindstorms NXT 2.0

1.3 Mô tả đồ án

Trong đồ án này, nhóm thực hiện thiết kế và chế tạo bản mẫu của một robot cứu hỏa sử dụng các linh kiện được cung cấp trong bộ LEGO Mindstorms NXT 2.0.

Robot sau khi hoàn thiện có khả năng:

- Tự động phát hiện và di chuyển đến vị trí có lửa
- Dập tắt lửa bằng phương pháp đơn giản sử dụng khăn ướt



Hình 03. Robot cứu hỏa

Ý tưởng nguyên gốc được tham khảo từ video [2]. Tuy nhiên, nhóm có thay đổi về thiết kế robot cũng như nguyên tắc phát hiện lửa dựa trên thông tin thu được từ cảm biến ánh sáng (thay vì cảm biến nhiệt như trong nguyên tác).

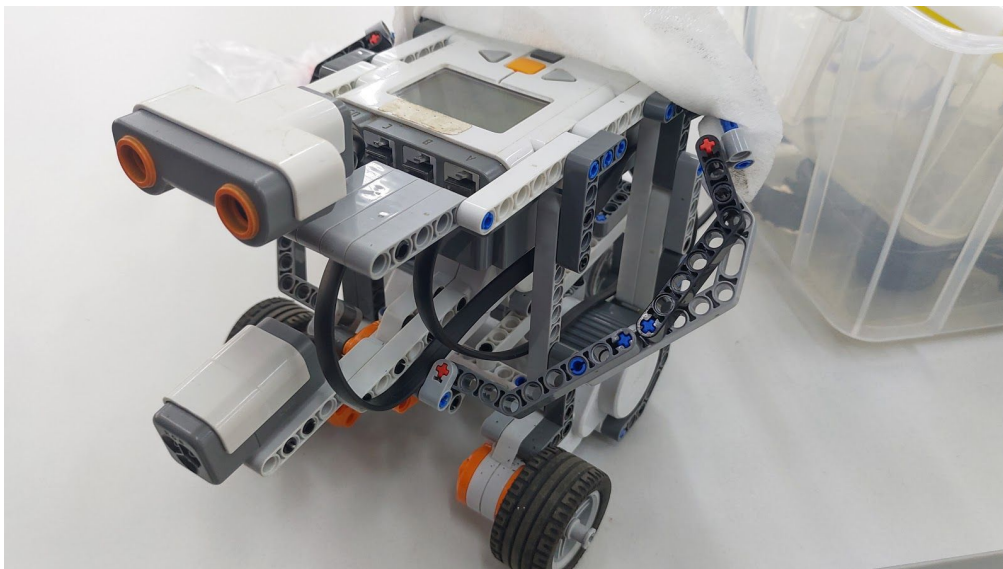
1.4 Phân công

Nhiệm vụ	Người phụ trách chính
Soạn kịch bản	Tâm
Xây dựng mô hình	Tâm
Xây dựng thuật toán	Nhung
Lắp ráp thân robot	Nhung
Lắp ráp đầu, cánh tay robot	Tâm
Biên kịch video demo	Nhung

Bảng 01. Phân công nhiệm vụ

1.5 Sản phẩm thực tế

- Hướng dẫn lắp ráp mô hình được đính kèm trong file html.
- Video demo được đăng tải tại đường dẫn sau: <https://youtu.be/4LQYRpP1obE>



Hình 04. Robot cứu hỏa được lắp ráp từ bộ Lego Mindstorms NXT 2.0

2. Kịch bản chương trình

2.1 Bối cảnh

Phòng cháy chữa cháy là nhiệm vụ bức thiết từ xưa đến nay, đặc biệt trong bối cảnh biến đổi khí hậu khiến thời tiết chuyển biến thất thường và cháy nổ thường xuyên xảy ra. Cháy nổ không chỉ gây thiệt hại về người và của cho bản thân các nạn nhân, mà còn cho cả lực lượng chiến sĩ tham gia phòng cháy chữa cháy.

Theo Tổng cục Thống kê, trong tháng 12/2017, cả nước xảy ra 287 vụ cháy, nổ, làm 9 người chết và 20 người bị thương, thiệt hại ước tính 52,3 tỷ đồng. Tính chung năm 2017, trên địa bàn cả nước xảy ra 4.114 vụ cháy, nổ, làm 119 người chết và 270 người bị thương, thiệt hại ước tính khoảng 2.000 tỷ đồng.



Hình 05. Hình minh họa một vụ cháy năm 2017

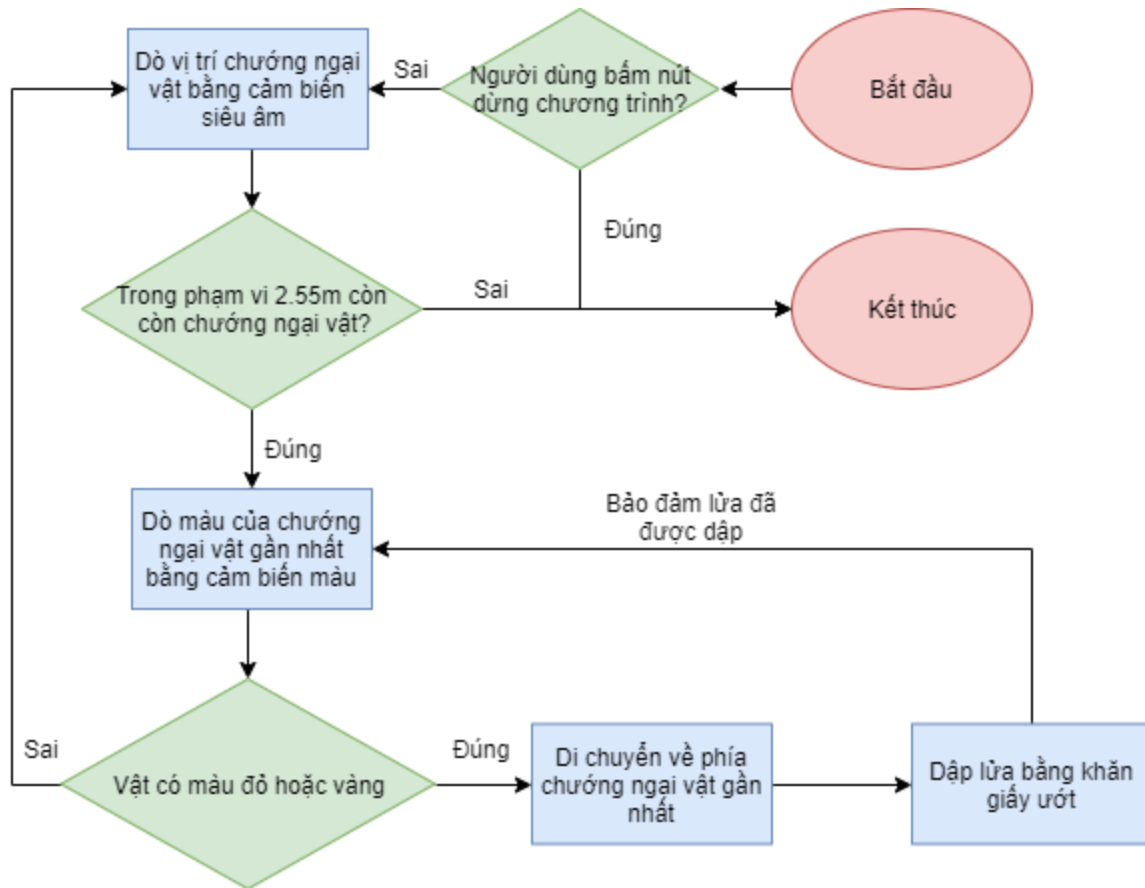
Từ những nguyên nhân trên, nhóm quyết định xây dựng một **mô hình robot cứu hỏa hướng đến thay thế sức người trong công tác phòng cháy chữa cháy**.

Robot cứu hỏa được thiết kế với phiên bản lược giản, chỉ sử dụng cảm biến ánh sáng và cảm biến siêu âm phù hợp với điều kiện vật tư, thời gian và kiến thức của nhóm.

2.2 Tính năng

- Robot tự động dò tìm chướng ngại vật có khả năng là lửa (khi gặp vật cản phát ra ánh sáng nằm trong khoảng vàng-đỏ) nhờ cảm biến siêu âm và cảm biến ánh sáng.
- Trong quá trình dò đường, nếu phát hiện chướng ngại vật không phải lửa, robot tránh vật cản và tiếp tục quá trình tìm kiếm.
- Quá trình tìm kiếm kết thúc khi robot không tìm thấy vị trí của lửa trong phạm vi bán kính 2.55m hoặc người điều khiển kết thúc chương trình.

2.3 Lưu đồ chức năng



Hình 06: Lưu đồ chức năng của robot cứu hỏa

2.4 Điều kiện môi trường

Để robot vận hành đạt hiệu quả tối ưu, điều kiện môi trường đòi hỏi:

- Vật sáng có kích thước đủ lớn.
- Mặt đường bằng phẳng.
- Vị trí của vật thể ngang tầm với vị trí cảm biến ánh sáng.

3. Thiết kế

3.1 Kiến trúc phần cứng

Mục tiêu: Hỗ trợ các hoạt động vật lý của robot, bao gồm:

- Di chuyển và tránh các vật cản
- Phát hiện lửa và di chuyển đến vị trí có lửa
- Xác định khoảng cách phù hợp để dập lửa
- Dừng khẩn ướt dập lửa

Hệ thống được lắp đặt sử dụng bộ Lego Mindstorms NXT 2.0 với 2 cảm biến:

- Cảm biến siêu âm (Ultrasonic sensor)
- Cảm biến ánh sáng (Light sensor)

3.1.1 Cảm biến

Cảm biến siêu âm: giúp robot "nhìn thấy", định vị các vật thể trong môi trường, là cơ chế giúp robot tránh các vật cản; ước lượng khoảng cách tới đối tượng cũng như phát hiện chuyển động của các đối tượng trong môi trường.



Hình 07: Cảm biến siêu âm

Nguyên lý hoạt động: dựa trên hiện tượng phản xạ của sóng siêu âm khi gặp vật thể, tính toán thời gian từ lúc sóng siêu âm được phát đi (tốc độ lan truyền trung bình khoảng 343m/s) cho đến lúc thu về.



Hình 08: Nguyên lý hoạt động dựa trên phản xạ sóng của cảm biến siêu âm

Vì quãng đường tính từ lúc đi tới lúc về sẽ gấp 2 lần khoảng cách từ nguồn phát sóng đến vật thể, do đó công thức tính khoảng cách TOF (Time-of-Flight) có dạng như sau:

$$d = \frac{v \cdot t}{2}$$

Sai số của việc tính khoảng cách này đến các vật trong cự ly 0-2.55m là +/-3cm.

Điều kiện để cảm biến hoạt động chính xác là bề mặt vật cản phẳng và đủ lớn để quá trình phản xạ đến được cảm biến. Nếu mặt tác động quá gồ ghề, có nhiều góc nghiêng hoặc quá mỏng, nhỏ thì sẽ khó thu được sóng phản xạ.

Cảm biến ánh sáng: giúp đo cường độ sáng của bề mặt; xác định màu sắc của vật thể



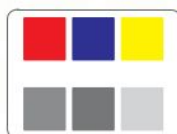
Hình 09: Cảm biến ánh sáng

Nguyên lý hoạt động: khi chiếu một chùm sáng trắng (bản chất là một dải quang phổ liên tục trải dài từ tia hồng ngoại đến tia cực tím) tới bề mặt của một vật, ta thấy vật có màu gì nghĩa là vật phản xạ ánh sáng có màu đó và hấp thụ các ánh sáng có màu khác.

Dựa trên nguyên lý trên, cảm biến ánh sáng được chế tạo có hai đầu led. Khi cần đo độ sáng, một đầu led sẽ phát ra nguồn sáng về phía trước. Đầu led còn lại có nhiệm vụ nhận ánh sáng phản chiếu từ bề mặt (nếu có) và chuyển thành tín hiệu điện.

Tín hiệu điện nhận được có thể được sử dụng để đo cường độ sáng hoặc nhận biết các màu sắc khác nhau của bề mặt.

Với cường độ sáng, giá trị trả về của cảm biến sẽ nằm trong khoảng 0-100 với 0 tương ứng với cường độ sáng thấp nhất và 100 là cường độ sáng cao nhất.



Hình 10: Màu sắc dưới góc nhìn của robot

Với màu sắc, giá trị trả về của cảm biến sẽ nằm trong khoảng 0-7 với ý nghĩa được thể hiện trong bảng dưới đây.

Giá trị	Màu sắc	Giá trị	Màu sắc
0	Không màu	4	Vàng
1	Đen	5	Đỏ
2	Xanh dương	6	Trắng
3	Xanh lá	7	Nâu

Bảng 02. Giá trị màu sắc của cảm biến ánh sáng










Tuy nhiên cần đảm bảo trong lúc ghi nhận ánh sáng, khoảng cách từ cảm biến tới nguồn sáng phải đủ gần. Nếu khoảng cách từ vật đến đầu thu quá xa, đầu thu sẽ nhận ánh sáng từ môi trường và gây ra sự sai lệch trong phép đo. Có thể hiểu, đầu thu sẽ ghi nhận bất kỳ ánh sáng nào mà nó được tác động.

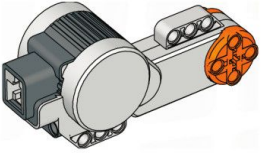
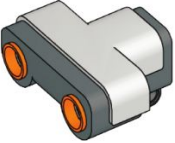
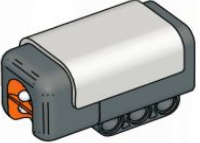

3.1.2 Các linh kiện

Các linh kiện được sử dụng và số lượng từng loại được liệt kê trong bảng dưới đây.

Loại linh kiện	Hình minh họa	Tên linh kiện	Số lượng
Beam		4210751 Beam, 3-module, dark grey	10
		4210686 Beam, 5-module, dark grey	6
		4495931 Beam, 7-module, dark grey	2
		4210757 Beam, 9-module, dark grey	1
		4210755 Beam, 11-module, dark grey	4
		4261932 Beam, 13-module, dark grey	3
		4210687 Beam, 15-module, dark grey	1
Angular Beam		4210667 (Technic) Angular beam, 4X2-module, dark grey	4

		4210753 (Technic) Angular beam, 3X5-module, dark grey	6
		4210638 Angular beam, 4X6-module, dark grey	4
		4210668 Angular beam, 3X7-module, dark grey	4
Axle		370526 Axle, 4-module, black	1
		4211639 Axle, 5-module, grey	1
		370626 Axle, 6-module, black	2
		4211805 Axle, 7-module, grey	1
Connector		4121715 Connector peg with friction, black	48
		655826 Connector peg with friction, 3-module, black	28

		4206482 Connector peg with friction / axle, blue	20
		4211622 Bushing, grey	11
Cross block		4107085 Angular block 1, 0°, black	1
		4210857 Cross block, 3-module, dark grey	4
		4211775 Cross block, 2-module, grey	2
		4296059 Angular connector peg, 3x3-module, grey	2
Cable		4297187 Cable, 20 cm	3
		4297188 Cable, 35 cm	2
Wheel		4297210 Hub, 30X20, grey	3
		4153005 Tire, 24X14, black	2

Others		4297008 Interactive Servo Motor, NXT	3
		4297174 Ultrasonic Sensor, NXT	1
		4296917 Light Sensor, NXT	1
		4494062 Rechargeable battery, NXT	1

Bảng 03. Thống kê các linh kiện sử dụng
cho việc lắp ráp robot cứu hỏa

3.1.3 Mô hình

Dưới đây là một số hình ảnh của robot được mô phỏng trên nền tảng Lego Digital Designer.



Hình 11: Mô phỏng các mặt của robot

3.2 Kiến trúc phần mềm

3.2.1 Thuật toán

1. Phát ra âm thanh khi robot được kích hoạt.
2. Lập vô tận:
 - a. Di chuyển lên phía trước nhờ 2 motor làm quay bánh xe.
 - b. Nếu cảm biến siêu âm phát hiện được vật nằm trong khoảng cách từ 7cm trước robot:
 - i. Nếu cảm biến ánh sáng đồng thời phát hiện nguồn sáng có màu đỏ:
 1. Kiểm tra khoảng cách hiện thời với vật thể hay nguồn sáng được phát hiện, nếu khoảng cách hiện tại:
 - a. Lớn hơn 10cm: Di chuyển lên cho đến khi khoảng cách nhỏ hơn 10 cm.
 - b. Nhỏ hơn 10cm: Di chuyển về sau cho đến khi khoảng cách lớn hơn 10cm.
 2. Dập lửa bằng cách cho motor nối với cánh tay robot xoay tới 0.5 vòng.
 3. Thu hồi khăn ướt dập lửa bằng cách cho motor nối với cánh tay robot xoay ngược 0.5 vòng.
 - ii. Cảm biến ánh sáng không phát hiện nguồn ánh sáng khả nghi, tức vật thể được phát hiện lúc này chỉ là vật cản, cho robot xoay phải bằng cách cho robot lùi với vận tốc của bánh trái nhỏ hơn bánh phải.

3.1.2 Đề xuất cải tiến

Tuy nhiên, thông tin từ một cảm biến duy nhất thường không đủ độ tin cậy để kết luận rằng một vật thể đang hiện diện trong môi trường có phải là lửa hay không. Nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng việc phát hiện lửa được thực hiện chính xác hơn nhiều nhờ tận dụng nguồn thông tin thu thập từ nhiều cảm biến khác nhau. Cụ thể, các cảm biến thường được sử dụng trong quá trình phát hiện lửa gồm cảm biến nhiệt độ, cảm biến ánh sáng và cảm biến khói. Các thông số được quan tâm chủ yếu là nhiệt độ tuyệt đối, nhiệt độ chênh lệch, mật độ khói và cường độ sáng.

Hơn nữa, ta có thể dễ dàng nhận thấy rằng nếu chỉ xử lý thông tin, cụ thể là nhận định khả năng một vật có phải là lửa hay không, dựa trên logic cổ điển (xem khả năng chỉ nhận 1 trong 2 giá trị đúng hoặc sai) sẽ không phản ánh đúng thực tế: một vật thể phát ra ánh sáng xanh gần vàng lại được xem như một vật thể phát ra ánh sáng xanh bởi đều là những vật thể không là lửa.

Chính vì thế, một số nghiên cứu đã chuyển sang ứng dụng logic mờ vào bài toán phát hiện lửa. Các nghiên cứu này đều cho thấy kết quả khả quan rằng việc ứng dụng logic mờ vào phát hiện lửa dựa trên thông tin thu được từ nhiều cảm biến khác nhau giúp kết quả thu được đáng tin cậy hơn rất nhiều.

4. Đánh giá

4.1 Ưu điểm và nhược điểm

Ưu điểm:

- Robot đơn giản, có thể lắp đặt trong khoảng thời gian quy định.
- Thiết kế thân thiện với người sử dụng.
- Kinh phí lắp đặt thấp, các bộ phận lắp ráp có sẵn trong bộ Lego Mindstorms NXT 2.0.
- Thuật toán thực hiện đơn giản, dễ sử dụng và chỉnh sửa khi cần.

Nhược điểm:

- Đòi hỏi môi trường thỏa mãn các điều kiện đã được đặt ra.
- Độ chính xác chưa cao do có thể nhận diện nhầm các vật sáng là lửa → Có thể đầu tư thêm thiết bị cảm biến nhiệt nếu có kinh phí hơn. Đồng thời thực hiện các cải tiến về thuật toán, tận dụng thông tin thu được từ nhiều cảm biến khác nhau kết hợp với hệ thống logic mờ nhằm tăng độ chính xác trong quá trình phát đoán lửa.
- Còn yêu cầu người dùng phải lắp đặt khăn ướt cho robot, chưa hoàn toàn tự động khâu chuẩn bị.
- Công cụ cứu hỏa còn khá thô sơ → Cải tiến thành hệ thống vòi xịt khí hoặc nước nếu có kinh phí và thời gian.
- Robot chưa thể thay thế hoàn toàn con người trong quá trình cứu hỏa → Bổ sung thêm các tính năng: tìm kiếm người bị nạn, tìm kiếm đường đi ngắn nhất tới nơi phát lửa, ...

4.2 Yêu cầu kỹ thuật và rủi ro

Tiêu chí	Nội dung	Rủi ro
Yêu cầu cấu trúc	Robot giống bản thiết kế	Nhóm chưa có kinh nghiệm trong lắp ráp lego Thiếu linh kiện hoặc linh kiện không hoạt động được
	Robot giữ thăng bằng tốt	Đầu robot có NXT Brick và cảm biến siêu âm nên có thể khá nặng so với phần thân
	Tay robot di chuyển mượt, đồng thời	Hai tay di chuyển không đồng thời làm việc dập lửa thất bại
	Khăn ướt được gắn chặt vào tay robot	Khăn ướt bị rơi trong quá trình dập lửa
Yêu cầu chức năng	Robot xác định và tránh được vật cản	Các vật cản có bề mặt gỗ ghế khó phản xạ sóng
	Robot xác định đúng vật cản là lửa	Sai lệch do vật gây nhiễu hoặc môi trường nhiều ánh sáng
	Robot dập lửa thành công	Khăn ướt bắt lửa hoặc không còn khả năng dập lửa (khăn khô)

4.3 Đánh giá mức độ hoàn thành khi cài đặt thực tế

Tiêu chí	Nội dung	Đánh giá (%)	Ghi chú
Yêu cầu cấu trúc	Robot giống bản thiết kế	100%	
	Robot giữ thăng bằng tốt	100%	
	Tay robot di chuyển mượt, đồng thời	100%	
	Khăn ướt được gắn chặt vào tay robot	90%	Sử dụng ốc cố định khăn ướt và cánh tay robot, tuy nhiên khăn có thể rơi ra nếu hoạt động dập lửa diễn ra nhiều lần
Yêu cầu chức năng	Robot xác định và tránh được vật cản	80%	Vị trí của cảm biến siêu âm cố định nên không thể tránh được toàn bộ vật cản ở mọi hướng
	Robot xác định đúng vật cản là lửa	70%	Lửa không được sử dụng trực tiếp trong quá trình thí nghiệm; sử dụng bìa đỏ thay thế Không thể nhận định được lửa nếu màu sắc của bề mặt ngang tầm với cảm biến không nằm trong khoảng màu sắc mong muốn (chẳng hạn như hộp có nắp màu vàng)
	Robot dập lửa thành công	100%	

5. Tài liệu tham khảo

1. [Vietnamnews - Firefighters Lake Necessary Equipment and Uniforms](#)
2. [Youtube - Lego Mindstorms NXT fire fighting robot project using behavior based architecture with java](#)
3. [NXT Programs - Building Instructions](#)
4. [Lego Mindstorms Education - NXT User Guide](#)