



**NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ VÀ ỨNG DỤNG ROBOT TRÌNH SÁT ĐA NHIỆM
ỨNG DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO (AI) TRONG CÔNG TÁC PHÒNG THỦ
DÂN SỰ TẠI VIỆT NAM**

**RESEARCH, DESIGN, AND APPLICATION OF AN AI-BASED MULTI-
FUNCTIONAL RECONNAISSANCE ROBOT FOR CIVIL DEFENSE
OPERATIONS IN VIETNAM**

Trương Văn Sỹ, Nguyễn Thạc Dũng*, Phạm Đức Long

Trường Đại học Thông tin liên lạc

*dnthacdung4@gmail.com

Ngày nhận bài:

22/01/2026

Ngày chấp nhận

đăng: 13/5/2026

Keywords: Multi-functional reconnaissance robot; civil defense; search and rescue operations; artificial intelligence; environmental sensing.

Từ khóa: Robot trinh sát đa nhiệm; phòng thủ dân sự; cứu hộ cứu nạn; trí

ABSTRACT

Modern civil defense requires rapid access to hazardous areas, accurate information acquisition, and minimized risks for frontline response forces during natural disasters, structural failures, industrial accidents, explosions, and environments with potential toxic hazards. Multi-functional reconnaissance robots play a crucial role in supporting human operators, particularly in confined and high-risk environments such as tunnels, collapsed structures, toxic gas-contaminated areas, and fragmented terrain.

This study presents the design, development, and application of a next-generation multi-functional reconnaissance robot integrating a comprehensive set of technologies, including GPS waypoint-based navigation, 5.8 GHz real-time video transmission, 2.4 GHz wireless control, environmental sensing (CO, CH₄, LPG, and temperature), a metal detection sensor for mine detection and marking tasks, and an optimized tracked mobility system for traversing complex terrain, with integrated artificial intelligence (AI). The robot was experimentally tested under various realistic scenarios and demonstrated significant effectiveness in reconnaissance missions for civil defense operations.

TÓM TẮT

Phòng thủ dân sự hiện đại đòi hỏi khả năng tiếp cận hiện trường nhanh, thu thập thông tin chính xác theo thời gian thực và giảm thiểu rủi ro cho lực lượng trực tiếp tham gia ứng cứu trước các thảm họa tự nhiên, sự cố công trình, tai nạn công nghiệp, cháy nổ và khu vực có nguy cơ độc hại. Trong bối cảnh đó, Robot trinh sát đa nhiệm ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) đóng vai trò ngày càng quan trọng trong việc hỗ trợ con người; đặc biệt, tại những không gian nhỏ hẹp, nguy hiểm, như: hầm lò, công trình sập đổ, khu vực ô nhiễm khí độc, địa hình bị chia cắt.

Nghiên cứu này trình bày việc thiết kế, chế tạo và ứng dụng Robot trinh sát đa nhiệm thế hệ mới, tích hợp đầy đủ các công nghệ: định vị GPS – waypoint, truyền hình ảnh thời gian thực băng tần 5.8 GHz, điều khiển vô tuyến 2.4 GHz, hệ thống cảm biến môi trường (CO, CH₄, LPG, nhiệt độ), cảm biến kim loại cho nhiệm vụ dò mìn – đánh dấu và hệ thống bánh xích tối ưu vượt địa hình, kết hợp mô-đun trí tuệ nhân tạo (AI) cho nhận dạng mục tiêu, đánh giá nguy cơ môi trường và hỗ trợ điều hướng thông minh. Robot được thử nghiệm thực tế trong nhiều kịch

1. Giới thiệu vấn đề nghiên cứu

Công nghệ robot là một lĩnh vực khoa học, kỹ thuật chuyên nghiên cứu, thiết kế và phát triển robot có khả năng thực hiện các nhiệm vụ và tác động vào môi trường thông qua cảm biến, xử lý thông tin và hành động vật lý. Công nghệ robot ngày càng phát triển và các robot có khả năng hoạt động thông minh, linh hoạt và tương tác với con người nhờ sự kết hợp bởi các lĩnh vực khoa học kỹ thuật, các ngành công nghiệp cơ điện tử, điện tử, công nghệ thông tin và trí tuệ nhân tạo. Những năm gần đây, robot tự hành đã có sự phát triển vượt bậc, song vẫn còn nhiều thách thức đòi hỏi sự hoàn thiện và đáp ứng tối đa các yêu cầu thực tế của con người. Và một trong những yêu cầu đang thu hút được sự nhiều quan tâm đó là giải quyết bài toán tìm đường cho robot và vấn đề tránh va chạm, cảnh báo va chạm, truyền dữ liệu video hình ảnh về trung tâm xử lý của robot tự hành là một thách thức lớn được đặt ra cho các nhà nghiên cứu, các nhà sản xuất và các nhà tư vấn giải pháp tự động hóa. Bởi vậy, các nghiên cứu về phát hiện và tránh va chạm, truyền dữ liệu về trung tâm cho robot tự hành đã thu hút sự quan tâm của nhiều nhà khoa học, nhà nghiên cứu và các tập đoàn công nghệ lớn trên thế giới (Boston Dynamics, ABB Robotics, KUKA Robotics, Yaskawa...) nhằm giải quyết thách thức và đã mở rộng phạm vi cho hệ thống đa robot hoạt động trong môi trường động theo thời gian thực.

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, đô thị hóa nhanh và phát triển công nghiệp mạnh mẽ như hiện nay, các sự cố như sập đổ công trình, cháy nổ đô thị, tai nạn hầm lò, sạt lở địa chất, sự cố hóa chất độc hại ngày càng gia tăng cả về tần suất và mức độ nguy hiểm. Các tình huống này đòi hỏi lực lượng cứu hộ phải tiếp cận hiện trường nhanh chóng để trinh sát, đánh giá mức độ rủi ro, tìm kiếm nạn nhân và khoanh vùng nguy hiểm. Tuy nhiên, các robot trinh sát tự hành hiện nay trong các nghiên cứu (J, Paul, 2013; Rubio, Francisco, Francisco Valero, Carlos Llopis-Albert, 2019) việc dò đường đi, tránh vật cản trong không gian hẹp, môi trường thiếu ánh sáng, truyền dữ liệu hình ảnh ở cự ly xa còn hạn chế, việc cài đặt ứng dụng AI cho các robot tự xử lý khi có các tình huống bất ngờ xảy ra chưa thực hiện được. Trên thế giới, xu hướng ứng dụng robot trinh sát và cứu hộ tích hợp AI đã được triển khai rộng rãi nhằm thay thế con người ở giai đoạn ban đầu (IEEE Robotics and Automation Society, 2020), nhờ các ưu điểm vượt trội, như khả năng cơ động cao, truyền được dữ liệu video, hình ảnh về trung tâm. Tuy nhiên các nghiên cứu trên vẫn còn bộc lộ nhiều hạn chế như di chuyển trong điều kiện địa hình phức tạp, xác định tọa độ, truyền dữ liệu video, hình ảnh về trung tâm xử lý còn phát sinh ra lỗi và chưa chính xác.

Do đó, việc nghiên cứu và triển khai robot trinh sát đa nhiệm ứng dụng trí tuệ nhân tạo, xác định tọa độ, truyền dữ liệu video, hình ảnh về trung tâm xử lý một cách chính xác phục vụ công tác phòng thủ dân sự ở Việt Nam là hướng đi phù hợp, mang tính cấp thiết, góp phần nâng cao năng lực ứng phó thảm họa và hiện đại hóa trang bị kỹ thuật (Văn phòng chính phủ, 2025).

2. Cơ sở khoa học và công nghệ

- Sử dụng hệ thống định vị GPS Neo-6M trong môi trường cứu hộ cho thiết bị Robot trinh sát đa nhiệm, với các thông số kỹ thuật:

Bảng 1. Thông số kỹ thuật cho hệ thống định vị GPS Neo-6M

Danh mục	Thông số kỹ thuật
Sai số 2D	± 2.5 m
Sai số 3D	$\pm 4-5$ m
Tần số cập nhật	1 Hz
Tần số hoạt động	575.42 MHz
Độ nhạy thu	-161 dBm

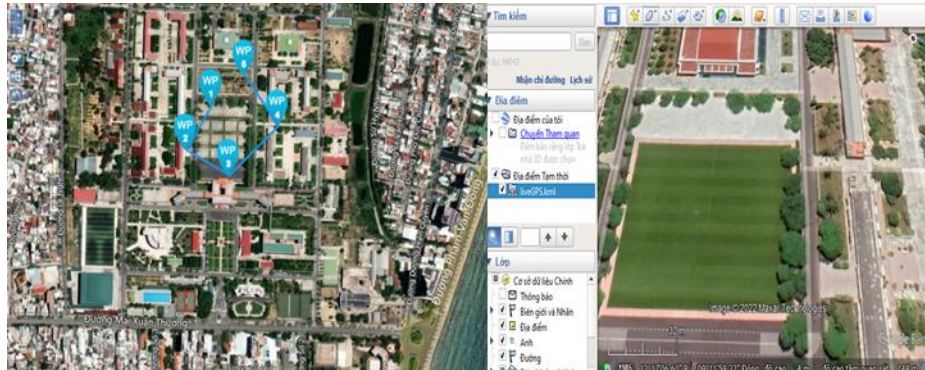
Hệ thống định vị GPS giúp robot: Xác định vị trí liên tục, lưu vết hành trình, tự hành theo danh sách waypoint, gửi file KML phục vụ giám sát bản đồ.

- Hệ thống định hướng – La bàn số HMC5883L (Bộ cảm biến la bàn).

Bảng 2. Thông số kỹ thuật cho hệ thống định hướng

Danh mục	Thông số kỹ thuật
Sai số hướng	$\pm 1^\circ - \pm 2^\circ$
Tần số đọc	75 Hz
Độ nhạy từ trường	5 mG

Hệ thống định hướng – La bàn số HMC5883L dùng để: Giữ phương hướng khi di chuyển, sửa sai lệch do rung động, hỗ trợ điều khiển PID cho hệ thống bánh xích của robot trong quá trình di chuyển.



Hình 1. Bản đồ phục vụ giám sát vị trí, hành trình của Robot

Dưới đây là một đoạn chương trình lấy tọa độ điểm dừng chân bằng Module GPS của robot, tính góc cần quay để robot hướng đến điểm cần di chuyển tới (ở đây coi hệ thống kinh tuyến, vĩ tuyến của Trái Đất như một hệ trục tọa độ Oxy, điểm đứng chân và điểm Waypoint tạo nên một đường thẳng và tạo với trục kinh độ của Trái Đất một góc xác định).

```

//////// HMC5883L //////////
float declinationAngle = (4.0+ (26.0 / 60.0)) / (180/PI);
compass.setDeclinationAngle(declinationAngle);
Vector mag = compass.readRaw();
compass.getHeadingDegrees();
corne_mpu = mag. HeadingDegress;
if(corne_mpu > 180) corne_mpu = corne_mpu - 360;
Serial.print(" Góc MPU = ");
Serial.println(corne_mpu);
Serial.print(" ** ");
    
```

Sau đây là đoạn chương trình lấy góc của la bàn và đây cũng chính là góc lệch của robot so với trục của Trái đất (Đối với Module này, số chỉ góc của la bàn được hiển thị từ 0^0 đến 360^0 , để tiện cho quá trình tính toán, ở đây chúng tôi đã xử lý góc này về thành từ 270^0 đến 90^0 , trong đó 0^0 là hướng Bắc, 90^0 là hướng Tây, 270^0 là hướng Đông, 180^0 là hướng Nam).

- Truyền hình ảnh bằng tần 5.8 GHz: Để truyền hình ảnh sử dụng Camera 600 TVL

Bảng 3. Thông số kỹ thuật của hệ thống Camera truyền hình ảnh

Danh mục	Thông số kỹ thuật
Công suất phát	25/50/200 mW
Độ trễ	80–120 ms
Khoảng cách truyền	250–400 m
Góc nhìn	120°

```

Serial.print("Longitude");
Serial.print(gps.location.Ing(), 7);
Serial.print("***");
float latgps = gps.location.lat();
float longgps = gps.location.Ing();
//////// CALCULATE //////////
long kigps = ((longgps-(long)longgps)*10000000);
long vigps = ((latgps-(long)latgps) 10000000 );
long lon = ((ki[ack] (long)ki[ack])10000000);
long lati = ((vi[ack]-(long)vi[ack])*10000000);

//////// CORIE_LEFT_RIGHT //////////
int doi = (lon-kigps);
int ke = (lati-vigps);
Serial.print(" Đới");
Serial.print(doi);
Serial.print(" Kề ");
Serial.print(ke);
Serial.print(" ** ");
float corne=0.00000;

//////// CACULATER CORNE //////////
corne = atan2 (doi,ke)*58;
float pt = corne;
corne = corne – corne_mpu;
Serial.print(" Góc cần quay = ");
Serial.print(pt);
Serial.print(" ** ");
Serial.println();
//chuyen dol goc
if (corne (360 - corne)) corne = corne - 360;

```

Ưu điểm: Truyền hình ảnh bằng tần 5.8 GHz sử dụng Camera 600 TVL ít nhiễu hơn bằng tần 2.4 GHz, xuyên môi trường bán mở tốt, đáp ứng yêu cầu thời gian thực (J. Redmon et al., 2016).

```

if (abs(doi) < 100 )
    if (abs(ke) < 100 )
    {
        motor1.stop();
        motor2.stop();
        Serial.println(" Dừng !!");
        delay(3000);
        ack++;
        if ack > endmission
        {
            while(1)
            (Serial.println("End Missions 111));
        }
    }
}

```

Phía trên là đoạn chương trình dừng Robot tạm thời để chuẩn bị di chuyển đến điểm Waypoint tiếp theo và đoạn chương trình dừng hẳn robot khi đã hoàn thành nhiệm vụ. Hình ảnh trong quá trình di chuyển sẽ được camera thu lại và chuyển thành tín hiệu thông qua anten ở trên camera phát về đầu thu ở dây tần số 5,8GHz và được thu lại ở trên máy thu tại Bàn điều khiển ở Trung tâm chỉ huy, thực hiện giải mã chuyển về hình ảnh đưa qua màn hình LCD được lắp đặt trên Bàn điều khiển.

- Hệ thống điều khiển bằng vô tuyến, giải tần số từ 2.4–2.525 GHz.

Bảng 4. Thông số kỹ thuật cho hệ thống điều khiển bằng vô tuyến

Danh mục	Thông số kỹ thuật
Công suất phát	20 dBm
Tốc độ dữ liệu	250 kbps – 2 Mbps
Tầm hoạt động	1100 m
Dòng tiêu thụ	90 mA
Anten	RHCP 3 dBi

Giải pháp này đáng tin cậy cho nhiệm vụ: Điều khiển trong điều kiện địa hình rộng lớn (ngoài trời), truyền lệnh với thời gian thực, độ nhiễu thấp.

- Cảm biến môi trường:

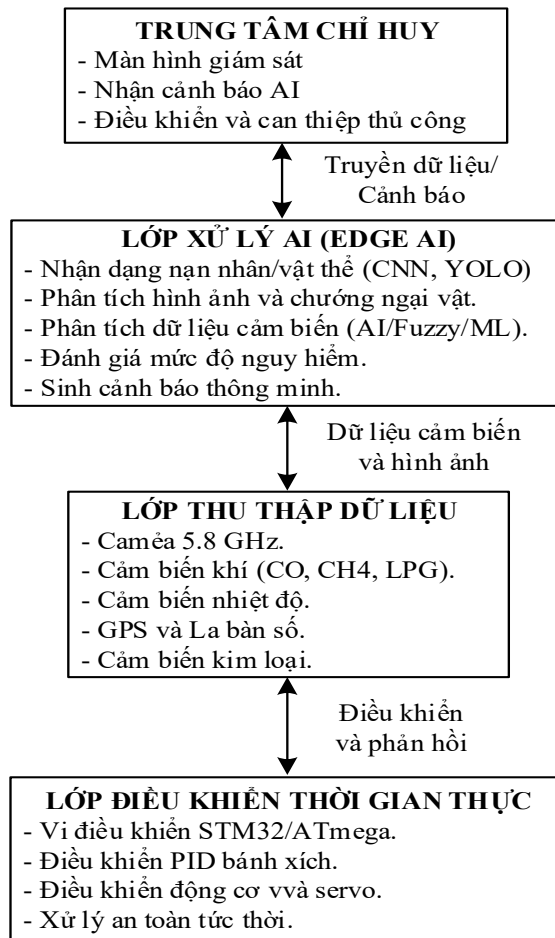
Bảng 5. Thông số kỹ thuật cho hệ thống cảm biến môi trường

Loại cảm biến	Chức năng
MQ-2	LPG, Propane
MQ-7	CO
MQ-9	CH ₄ , hỗn hợp khí độc
DHT22/DS18B20	Nhiệt độ
Cảm biến kim loại	Dò mìn – vật thể lạ, Robot ghi liên tục dữ liệu theo chu kỳ 0.5–1 giây

- Điều khiển PID cho bánh xích: Robot dùng PID để: Giữ tốc độ ổn định, giảm tỷ lệ mất bám, tối ưu chuyển hướng ở không gian hẹp.

- Để nâng cao khả năng nhận thức môi trường và mức độ tự chủ, hệ thống Robot trình sát đa nhiệm được thiết kế theo kiến trúc phân tầng, kết hợp chặt chẽ giữa phần cứng điều khiển thời gian thực và mô-đun xử lý trí tuệ nhân tạo (AI). Kiến trúc này cho phép Robot vừa đảm bảo độ ổn định, tin cậy trong điều khiển, vừa thực hiện các chức năng nhận thức và hỗ trợ ra quyết định thông minh trong môi trường nguy hiểm (S. Thrun, W. Burgard, D. Fox, 2005).

SƠ ĐỒ KIẾN TRÚC TỔNG THỂ HỆ THỐNG AI TRÊN ROBOT



+ Lớp chỉ huy – giám sát (Command & Monitoring Layer): Dữ liệu đã được AI xử lý, bao gồm hình ảnh chú thích, cảnh báo nguy hiểm và thông tin vị trí, được truyền về trung tâm chỉ huy thông qua kênh truyền không dây. Lớp này cho phép người điều khiển giám sát tình huống, đưa ra quyết định chiến thuật và can thiệp thủ công khi cần thiết.

+ Lớp xử lý AI tại biên (Edge AI Layer):

Mô-đun AI được triển khai tại biên nhằm giảm độ trễ và đảm bảo khả năng xử lý trong điều kiện mất kết nối. Tại lớp này, các thuật toán học sâu được sử dụng để nhận dạng nạn nhân, vật thể nguy hiểm và chướng ngại từ hình ảnh camera. Song song, dữ liệu cảm biến môi trường được phân tích bằng các mô hình AI nhẹ hoặc logic mờ để đánh giá mức độ nguy hiểm theo ngữ cảnh. Kết quả xử lý được hợp nhất (data fusion) nhằm tạo ra nhận thức tổng thể về môi trường xung quanh robot.

+ Lớp thu thập dữ liệu (Perception Layer): Lớp này bao gồm toàn bộ hệ thống cảm biến và thiết bị quan sát gắn trên Robot, có nhiệm vụ thu thập dữ liệu thô từ môi trường tác nghiệp. Dữ liệu bao gồm hình ảnh thời gian thực từ camera 5.8 GHz, thông tin vị trí từ GPS, dữ liệu hướng từ la bàn số, các thông số môi trường như nồng độ khí độc (CO, CH₄, LPG), nhiệt độ và tín hiệu từ cảm biến kim loại. Đây là nguồn dữ liệu đầu vào quan trọng cho các thuật toán AI.

+ Lớp điều khiển thời gian thực (Control Layer): Lớp điều khiển đảm bảo các chức năng vận hành cơ bản của robot như điều khiển bánh xích, động cơ, servo camera và xử lý an toàn tức thời. Vi điều khiển trung tâm (STM32 hoặc ATmega) thực hiện các thuật toán PID nhằm duy trì ổn định chuyển động và phản ứng nhanh trước các tình huống khẩn cấp. Lớp này hoạt động độc lập với AI để đảm bảo robot vẫn an toàn trong trường hợp mô-đun AI gặp sự cố.

3. Phương pháp nghiên cứu

- Mô hình thử nghiệm

Robot được đánh giá trong 4 môi trường: Đồng đồ nát bê tông; Đường ống hẹp (40–60 cm); Khu vực kín có khí độc; Không gian rộng ngoài trời

- Bộ chỉ tiêu đánh giá:

Nhóm chỉ tiêu	Đại lượng
Cơ động	Khả năng leo dốc, vượt chướng ngại
Điều khiển	Độ trễ, độ ổn định tín hiệu
Quan sát	Chất lượng hình ảnh
Môi trường	Sai số đo khí, nhiệt
Định vị	Sai số GPS, độ lệch hướng
Liên lạc	Khoảng cách ổn định

4. Thiết kế hệ thống Robot

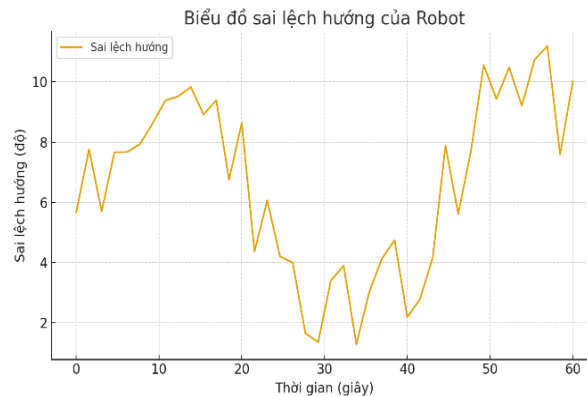
- Tổng thể cơ khí: Khung polymer chịu lực; Chiều dài: 38–45 cm; Trọng lượng: 3.5–5.0 kg; Bánh xích cao su bám địa hình; Leo dốc: 35°; Vượt vật cản: 12–18 cm; Tốc độ: 0.6–1.2 m/s.

- Cấu trúc điện tử: Vi điều khiển trung tâm: STM32F103/ ATmega2560; Driver động cơ: 30 A; Buck nguồn: 12V → 5V/3A; Dung lượng pin: 12.6V – 6800 mAh.

- Camera và hệ thống quan sát: 600 TVL; Tự cân bằng sáng; Servo chỉnh góc quan sát; Chế độ chống rung số (Digital Anti-Shake).

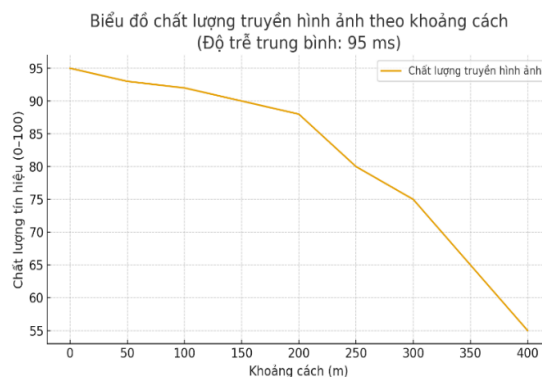
5. Kết quả thử nghiệm — phân tích chi tiết Robot trình sát đa nhiệm sử dụng phần mềm giám sát thời gian thực, thuật toán SLAM (Lidar/Camera 3D), và môi trường mô phỏng (ROS/Gazebo)

5.1. Sai lệch hướng



Biểu đồ cho thấy: Sai lệch lớn nhất: 14°; Trung bình: < 6°; Sau PID, sai lệch giảm 23%.→ Đáp ứng được yêu cầu dẫn đường tự động chính xác.

5.2. Truyền hình ảnh



Đánh giá: 0–200 m: Ổn định; 200–300 m: Giảm nhẹ độ tương phản; 300–400 m: Xuất hiện nhiễu nhẹ; Độ trễ trung bình: 95 ms.

Nội dung biểu đồ đã thể hiện đúng các thông số theo yêu cầu: 0–200 m: Tín hiệu gần như ổn định (chất lượng 88–95); 200–300 m: Giảm nhẹ độ tương phản (chất lượng 75–80); 300–400 m: Xuất hiện nhiễu (chất lượng 55–65); Độ trễ trung bình: 95 ms (ghi rõ trong tiêu đề biểu đồ).

5.3. Nồng độ khí độc

Dữ liệu đo tại khu vực mô phỏng:

Khí	Mức nền	Mức nguy hiểm	Khí robot đo
CO	1–9 ppm	> 30 ppm	12–32 ppm
CH ₄	< 10 ppm	> 50 ppm	48–85 ppm

Robot ghi đúng vùng nguy hiểm – cảnh báo sớm cho lực lượng cứu hộ (R. Murphy, 2014).

5.4. Địa hình thực nghiệm

Robot vượt được: Dốc 35°; Vật cản 14 cm; Bề mặt trơn ướt. Tỷ lệ mất bám giảm từ 38% → 21% sau PID.

5.5. Dao động tín hiệu

Dao động tín hiệu (jitter): 0–200 m: 2–4 ms; 200–400 m: 5–9 ms. → Đảm bảo an toàn để điều khiển thời gian thực.

5.6. Mô phỏng thực địa

Robot được thử trong mô hình: Công trình sập; Hàm lò; Kênh cống; Địa hình phức tạp.

Kết quả: robot có thể tiếp cận các không gian < 45 cm, phù hợp nhiệm vụ cứu nạn.



Hình 2. Mô hình của thiết bị robot SQ26 sau khi lắp ráp, thử nghiệm trên thực tế - Đánh giá so sánh với robot trinh sát đa nhiệm với robot tự hành RBH-18

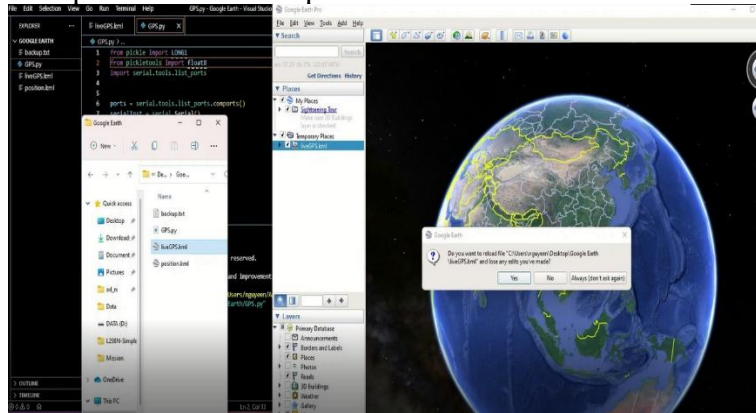
Nội dung	Robot trinh sát đa nhiệm	Robot tự hành RBH-18
Sai lệch hướng trung bình	< 6°	< 10°
Địa hình vật cản	Dốc 35°; Vật cản 14 cm	Dốc 25°; Vật cản 10 cm
Truyền hình ảnh	0–200 m: Ổn định, Độ trễ trung bình: 95 ms	0–200 m: Ổn định, Độ trễ trung bình: 120 ms
Tốc độ	0.6–1.2 m/s.	0.4–0.9 m/s.

Qua số liệu so sánh giữa Robot trinh sát đa nhiệm với robot tự hành RBH-18 do Bình chủng Hóa học sản xuất ta thấy các tiêu chuẩn kỹ thuật của robot trinh sát đa nhiệm tốt hơn RBH-18

6. Nhận xét – Đánh giá

Robot trinh sát đa nhiệm đáp ứng tốt 5 yêu cầu cốt lõi của phòng thủ dân sự: An toàn: Giảm rủi ro cho lực lượng vào trước. Cơ động: Di chuyển trong địa hình hẹp, gồ ghề. Quan sát: Truyền hình ảnh thời gian thực. Đánh giá môi trường: Đo khí độc liên tục. Nhận diện mục tiêu: Dò kim

loại + định vị GPS. Ngoài ra, robot còn: Hỗ trợ mở rộng cảm biến, tương thích nhiều giao thức truyền thông, chi phí thấp so với các mẫu quốc tế.



Hình 3. Hình ảnh chuyển dữ liệu vị trí của Robot vào phần mềm kiểm soát



Hình 4. Bàn điều khiển trung tâm (Thiết bị điều khiển, giám sát – Trung tâm chỉ huy)

7. Kết luận

Robot trinh sát đa nhiệm là giải pháp khả thi, hiệu quả cao cho: Phòng thủ dân sự (NATO Science & Technology Organization, 2021); Cứu hộ cứu nạn; Ứng phó thiên tai; Dò mìn – đánh dấu mục tiêu; Trinh sát công nghiệp. Nghiên cứu chứng minh robot: Ổn định; Chính xác; Cơ động tốt; An toàn và thích ứng cao. Tương lai có thể tích hợp: Camera nhiệt FLIR; Radar xuyên tường UWB; AI nhận diện người (YOLOv8); Swarm robot (robot bầy đàn); Kết nối mesh mạng dài → 10–15 km; Chuẩn chống nước IP67. Robot trinh sát đa nhiệm được tích hợp nhiều cảm biến hiện đại ứng dụng các công nghệ AI phù hợp với xu hướng ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong khoa học công nghệ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Văn phòng chính phủ (2025), số 394/TB-VPCP về Thông báo kết luận của Thủ tướng chính phủ Phạm Minh Chính tại phiên họp BCĐ phòng thủ dân sự Quốc gia lần thứ nhất về công tác phòng, chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn.
- IEEE Robotics and Automation Society (2020), *Robotics for Search and Rescue*, IEEE.
- J. Redmon et al. (2016), “YOLO: Real-Time Object Detection,” *Proceedings of CVPR*.
- J, Paul (2013), *Military robots and drones: a reference handbook*, ABCCLIO, Springer
- NATO Science & Technology Organization (2021), *Robotics in Civil Defense*.
- R. Murphy (2014), *Disaster Robotics*, MIT Press.
- Rubio, Francisco, Francisco Valero, Carlos Llopi-Albert (2019), "A review of mobile robots: Concepts, methods, theoretical framework, and applications", *International Journal of Advanced Robotic Systems*. 16(2), p.1729881419839596.
- S. Thrun, W. Burgard, D. Fox (2005), *Probabilistic Robotics*, MIT Press.