

RESEARCHING, DESIGNING, AND MANUFACTURING MECHANICAL AND TRANSMISSION SYSTEM OF THE RECONNAISSANCE ROBOT

Nguyen Tien Anh, Nguyen Van Toan, Nguyen Xuan Thau, Doan Tat Khoa*

Le Quy Don Technical University

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 24/11/2023 Revised: 29/01/2024 Published: 30/01/2024	Along with the development of the Internet and globalization, terrorists using chemical, biological and radioactive agents have increased rapidly due to easy access to technology for manufacturing improvised explosive devices and purchasing toxic chemical agents. In addition to using security inspection equipment and surveillance camera systems to combat terrorism, CBRN reconnaissance robots integrated with measuring probes, sensors, and remote control capabilities are widely used in terrorism prevention. This work presents the process of researching, designing, and manufacturing the mechanical and transmission system of the reconnaissance robot used in reconnaissance and terrorism prevention. The robot integrates toxic chemical sensors, radiational probes, and electronic communication devices. The chassis system was optimized for ensuring mobility, operation with different terrains such as stone and gravel roads, capable of climbing 30 ° slopes, overcoming ~30 cm high obstacles, and operating time of 2,6 hours. This is one of the first products that have been researched, designed and manufactured domestically for use in the Ministry of Police Security.
KEYWORDS Robot Mechanics Transmission Reconnaissance Terrorisms	

NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ, CHẾ TẠO HỆ THỐNG CƠ KHÍ, TRUYỀN ĐỘNG CỦA ROBOT TRÌNH SÁT

Nguyễn Tiến Anh, Nguyễn Văn Toàn, Nguyễn Xuân Thấu, Đoàn Tất Khoa*

Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 24/11/2023 Ngày hoàn thiện: 29/01/2024 Ngày đăng: 30/01/2024	Với sự phát triển của Internet và toàn cầu hóa, các vụ khủng bố sử dụng các chất độc hóa học, sinh học và phóng xạ ngày càng phổ biến do sự dễ dàng tiếp cận về công nghệ chế tạo thiết bị nổ tự chế và mua bán các hóa chất độc hại. Bên cạnh việc sử dụng các thiết bị kiểm tra an ninh, các hệ thống camera giám sát thì các robot trinh sát CBRN (hóa học, sinh học, phóng xạ và hạt nhân) tích hợp các đầu đo, các cảm biến cùng khả năng điều khiển từ xa được sử dụng phổ biến trong phòng, chống khủng bố. Công trình này trình bày về quá trình nghiên cứu, thiết kế, và chế tạo hoàn thiện hệ thống cơ khí, truyền động của robot trinh sát sử dụng trong trinh sát và phòng chống khủng bố. Robot tích hợp các cảm biến đo khí độc hóa học, đầu đo phóng xạ cùng với các thiết bị điện tử, truyền thông. Hệ thống khung vỏ được tối ưu trong nghiên cứu đảm bảo cho robot có khả năng cơ động cao, hoạt động với các địa hình khác nhau như mặt đường đá, sỏi, có khả năng leo dốc 30°, vượt vật cản cao ~30 cm, thời gian hoạt động liên tục 2,6 giờ. Đây là một trong những sản phẩm đầu tiên được nghiên cứu, thiết kế chế tạo trong nước để trang bị trong ngành Công an.
TỪ KHÓA Robot Cơ khí Truyền động Trinh sát Khủng bố	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.9286>

* Corresponding author. Email: khoadt@lqdtu.edu.vn

1. Giới thiệu

Ngày nay, các nguy cơ khủng bố bằng các loại vũ khí sinh học, hóa học và phóng xạ trên toàn thế giới đang diễn ra hết sức phức tạp cả về quy mô lẫn tần suất hoạt động [1], [2]. Với sự phát triển của Internet, sự giao thương vận tải thuận tiện nên những kẻ khủng bố có thể dễ dàng tiếp cận các thông tin kỹ thuật, công nghệ mới, nguyên vật liệu để chế tạo các loại vũ khí CBRN, vật liệu nổ tự chế... [3]. Hóa chất độc hại và các tác nhân sinh học đặc biệt thu hút những kẻ khủng bố vì nguồn nhiên liệu dễ tìm kiếm và khả năng tích hợp, sản xuất vũ khí đơn giản. Một lượng nhỏ các tác nhân này, do độc tính và khả năng lây lan nhanh của chúng có thể dẫn đến những thiệt hại nặng nề về con người nếu không được bảo vệ. Các tác động của khủng bố sử dụng chất độc hóa học và phóng xạ có thể rất lớn, không chỉ liên quan đến những thiệt hại to lớn về tính mạng con người mà còn ảnh hưởng nghiêm trọng về kinh tế và tác động lâu dài đến môi trường [4], [5].

Để phòng chống khủng bố, hiện nay các phương tiện giám sát, trinh sát công nghệ cao như camera giám sát, các thiết bị kiểm tra an ninh được sử dụng rộng rãi. Trong số đó, các robot trinh sát CBRN tích hợp các cảm biến đo các chất độc hóa học, đầu dò sinh học và đầu dò phóng xạ cùng với các hệ thống tay gắp được phát triển ở hầu hết các nước tiên tiến trên thế giới như hệ thống tEODor của Đức [6], hệ thống Patrol RSN 5000 của Mỹ [7], hệ thống Daksh của Ấn Độ [8]. Các robot này được trang bị rộng rãi cho lực lượng chuyên trách của các nước sử dụng trong trinh sát, thu giữ vật liệu nổ tự chế và trong cứu hộ, cứu nạn với môi trường độc hại mà con người không thể tiếp cận. Với việc ứng dụng các công nghệ hiện đại trong điều khiển tự động, điện tử, truyền thông..., những robot này đóng vai trò hết sức quan trọng trong hỗ trợ và thay thế con người trong các nhiệm vụ có nguy cơ rủi ro cao ở các môi trường có các tác nhân CBRN. Ở Việt Nam trong những năm gần đây mới chỉ có một vài sản phẩm robot là những sản phẩm nghiên cứu ban đầu của các đề tài nhưng chưa có robot nào được sản xuất và trang bị sử dụng trong thực tế.

Bài báo trình bày chi tiết về quá trình nghiên cứu, thiết kế, chế tạo hệ thống cơ khí và hệ thống truyền động của robot trinh sát khí độc hóa học và phóng xạ. Hệ thống khung vỏ được lựa chọn là dạng khung không gian đảm bảo khả năng cơ động và tối ưu không gian tích hợp các linh kiện bên trong robot. Khối cảm biến trên robot tích hợp 04 cảm biến đo khí độc hóa học và 01 cảm biến đo phóng xạ cùng với các thiết bị điện tử, truyền thông sử dụng để trinh sát, tiếp cận hiện trường. Hệ thống có khả năng cơ động cao, đảm bảo hoạt động với các địa hình khác nhau như mặt đường đá, sỏi, có khả năng leo dốc 30°, vượt vật cản cao ~30 cm, thời gian hoạt động liên tục 2,6 giờ, tốc độ di chuyển cực đại với đường nhựa là 4,9 km/h. Đây là sản phẩm đầu tiên được nghiên cứu trong nước nhằm trang bị cho lực lượng phòng chống khủng bố trong ngành Công an góp phần chủ động trong công nghệ chế tạo các sản phẩm công nghệ cao.

2. Phương pháp thiết kế

2.1. Thông số kỹ thuật của hệ thống robot trinh sát

Bộ thông số chiến - kỹ thuật của robot trinh sát khí độc hóa học và phóng xạ được trình bày chi tiết trong Bảng 1 dưới đây. Căn cứ vào những yêu cầu kỹ thuật cần đạt này để thiết kế, lựa chọn hệ thống cơ khí, truyền động đảm bảo đạt hoặc vượt các giá trị yêu cầu.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật yêu cầu cần đạt với robot trinh sát CRN

STT	Thông số chiến - kỹ thuật	Giá trị cần đạt
1	Khối lượng hệ thống robot (không tính module cảm biến)	45 ÷ 75 kg
2	Tốc độ cực đại với đường bê tông, đường nhựa	4,25 ÷ 5,75 km/h
3	Leo dốc với độ dốc lớn nhất	30°
4	Thời gian hoạt động liên tục	≥ 2 giờ
5	Phạm vi điều khiển	500 ± 10 m
6	Dải nhiệt độ môi trường hoạt động	0 ÷ 60 °C
7	Tải trọng tối đa	≥ 10 kg

2.2. Thiết kế hệ thống cơ khí của robot trình sát

2.2.1. Cơ sở khoa học lựa chọn, thiết kế hệ thống khung robot

Có nhiều dạng kết cấu khung được sử dụng trong thiết kế robot. Việc lựa chọn dạng khung phù hợp tùy theo các yêu cầu, tính năng hoạt động, thông số chiến – kỹ thuật mà thiết bị cần đạt. Với các loại robot di động thì cấu hình khung phổ biến hay được sử dụng có 3 loại, gồm: (1) Cấu hình dạng thân trên khung, (2) Cấu hình dạng khung liền, và (3) Cấu hình dạng khung không gian.

Cấu hình dạng thân trên khung là một cấu hình được sử dụng từ những ngày đầu của các phương tiện di chuyển nói chung và các robot nói riêng [9]. Khung dạng này gồm hai phần riêng biệt: Khung gầm dưới chứa hệ thống truyền động, thường sử dụng những vật liệu nặng tạo độ đầm cho robot và khung trên chứa các hệ thống điều khiển, hệ thống nguồn và các linh kiện, thiết bị tích hợp đi kèm... Ưu điểm của cấu hình khung này là khả năng mô đun hóa cao, thuận lợi cho việc sản xuất hàng loạt. Tuy nhiên, nhược điểm là toàn bộ phần khung dưới sẽ là phần chịu lực nên cần phải thiết kế, chế tạo chắc chắn nên dẫn tới khối lượng của robot lớn. Điều này sẽ ảnh hưởng đến khả năng đáp ứng điều khiển cũng như việc tiêu thụ nhiên liệu, đặc biệt với robot trình sát thì việc đảm bảo tiết kiệm năng lượng cho quá trình di chuyển và một vấn đề quan trọng cần lưu ý trong việc lựa chọn thiết kế.

Trái ngược với kết cấu dạng thân trên khung thì cấu hình dạng khung liền chỉ gồm một khung duy nhất [10]. Tất cả các cơ cấu tích hợp trên hệ thống sẽ được gắn lên các vị trí của khung. Ưu điểm của dạng kết cấu này là có độ cứng vững cao hơn, khả năng chịu lực tốt hơn trong khi đó lại nhẹ hơn so với cấu hình dạng thân trên khung. Điều đó có được là do toàn bộ các thành phần của hệ thống đều được liên kết với nhau nên trong quá trình chịu lực thì toàn bộ khung đều đảm nhận, chia sẻ tải trọng. Đồng thời với kết cấu dạng này có thể sử dụng vật liệu kim loại tấm, sử dụng nhiều dạng liên kết khác nhau để ghép lại thành hệ khung tổng thể của robot. Nhược điểm của kết cấu này là việc thiết kế và chế tạo tương đối phức tạp do liên khối. Để phát huy được khả năng chịu lực của cả khung trong quá trình làm việc cần phải tính toán, mô phỏng kỹ các lực tác dụng, ứng suất lên các vị trí trên khung nhằm tối ưu các tham số thiết kế, hình dáng hình học và lựa chọn vật liệu phù hợp. Hơn nữa, các mối liên kết giữa các thành phần của khung cũng cần đảm bảo chắc chắn, tin cậy.

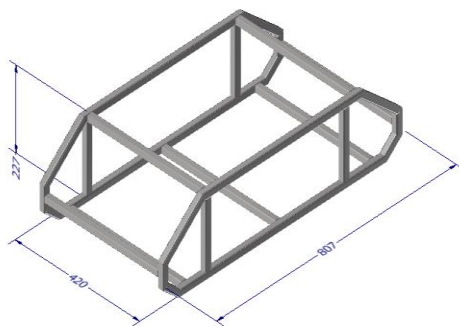
Hiện nay, cấu trúc khung không gian là dạng khung phổ biến hay được lựa chọn trong thiết kế, chế tạo robot vì những ưu điểm nổi bật của nó. Đây là một trường hợp riêng của cấu trúc dạng khung liền đã phân tích ở trên, nghĩa là robot có một khung duy nhất không phân biệt khung trên, khung dưới [11]. Tuy nhiên, cấu trúc khung này chủ yếu gồm các kết cấu dạng thanh được ghép lại với nhau bằng các liên kết như hàn, đinh tán, hay bắt vít. Đặc biệt, việc chế tạo không đòi hỏi các máy móc và thiết bị phức tạp, hình dạng có thể dễ dàng thay đổi các góc vát khác nhau. Với các robot cần sự linh hoạt trong quá trình chuyển động thì cấu trúc khung dạng này là một lựa chọn tối ưu. Ưu điểm nổi bật của cấu trúc này là trọng lượng của khung sẽ nhẹ hơn so với việc sử dụng các tấm kim loại nguyên khối, nguyên tâm nhưng vẫn đạt được độ cứng, vững và độ bền cần thiết. Đặc biệt, với các dạng robot sản xuất đơn chiếc hay những mô hình trong quá trình thử nghiệm thì cấu trúc khung dạng này là một lựa chọn lý tưởng. Tính linh hoạt yêu cầu với các robot vượt địa hình thì thiết kế dạng khung không gian này thường được lựa chọn vì robot sẽ có khả năng vượt địa hình đa dạng hơn, tốt hơn cũng như có khả năng điều chỉnh thiết kế cấu trúc phù hợp để thích nghi với các dạng địa hình khác nhau. Do đó dạng khung này được lựa chọn để thiết kế sản phẩm robot trình sát nhằm đảm bảo được các thông số kỹ thuật như trong Bảng 1, đặc biệt là yêu cầu về khối lượng và tốc độ di chuyển cực đại.

2.2.2. Thiết kế hệ thống khung robot

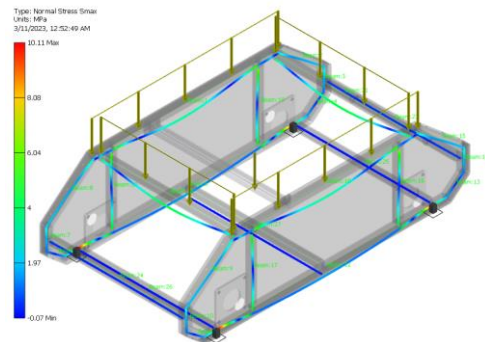
Dạng khung không gian được lựa chọn để thiết kế hệ thống khung cho robot trình sát với các cấu trúc dạng thanh được liên kết với nhau bằng các mối hàn. Phần thân trước và sau robot sử dụng các cấu trúc vát nhằm tối ưu về cấu trúc khí động học cũng như về hình dạng thẩm mỹ và

tối ưu về khối lượng của hệ thống. Các thông số kỹ thuật trong Bảng 1 là cơ sở để lựa chọn linh kiện tích hợp bên trong thân robot và lựa chọn vật liệu, kích thước ban đầu của khung. Sau đó sẽ tiến hành mô phỏng để tối ưu cấu trúc của các thanh nối, các kích thước của khung nhằm đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật đặt ra. Khung của robot phải đáp ứng độ bền vững của kết cấu và yêu cầu di chuyển trong môi trường địa hình có nhiều mấp mô, có vật cản và các loại địa hình khác nhau. Ngoài ra yêu cầu thiết kế cần tối ưu không gian của robot nhằm đáp ứng được không gian cho các thiết bị điều khiển, truyền thông và hệ thống pin tích hợp bên trong robot.

Hình 1(a) là hình ảnh 3D thiết kế khung của robot trinh sát. Phần khung chịu lực chính được thiết kế theo dạng hộp vát hai đầu nhằm giảm sự ảnh hưởng của sức cản không khí khi di chuyển. Khung được sử dụng thép hộp SS400 kích thước $20 \times 20 \times 20$ mm. Kích thước khung được thiết kế trên cơ sở tối ưu không gian tích hợp các cơ cấu, các khối điện tử, khối nguồn ở bên trong. Sau khi thiết kế 3D khung kết cấu chịu lực chính sẽ tiến hành mô phỏng độ bền kết cấu sử dụng phần mềm Inventor để đánh giá cấu trúc thiết kế, đánh giá việc lựa chọn vật liệu, mô phỏng độ chịu lực cũng như phân bố lực, phân bố ứng suất tại các vị trí của khung nhằm tối ưu hóa các tham số thiết kế ban đầu, điều chỉnh thiết kế để đưa ra kích thước tối ưu, phục vụ cho quá trình chế tạo. Trong quá trình mô phỏng, với tải trọng phân bố đều trên khung là $0,3 \text{ N/mm}$ cho kết quả mô phỏng khả năng chịu lực tĩnh và phân bố lực tại các vị trí như trong Hình 1(b). Kết quả mô phỏng cho thấy thiết kế khung hợp lý cho việc đảm bảo tải trọng của module cảm biến đặt phía trên robot cũng như biến dạng của khung khi chịu tác dụng của tải trọng. Kết quả mô phỏng cho kết quả giới hạn độ bền lớn nhất của khung là $10,11 \text{ Mpa}$, đảm bảo trong giới hạn bền của mác thép SS400.



(a) Hình ảnh 3D thiết kế khung

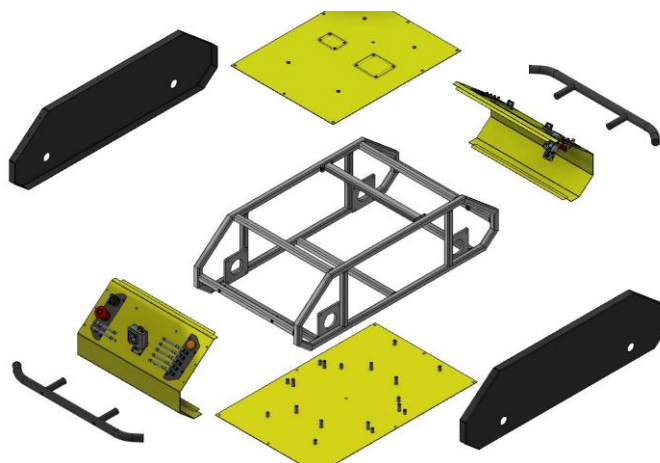


(b) Mô phỏng khả năng chịu lực tĩnh của khung

Hình 1. (a) Hình ảnh 3D thiết kế khung của robot trinh sát CRN và (b) Kết quả mô phỏng khả năng chịu lực tĩnh của khung robot

2.1.3. Thiết kế hệ thống vỏ bảo vệ

Với điều kiện làm việc đa dạng, đa phần là môi trường ngoài trời và các vị trí đặc thù, yêu cầu robot có thể vượt địa hình phức tạp nên thiết kế vỏ của robot phải đảm bảo được khả năng chống bụi, chống nước theo tiêu chuẩn IP-52 nghĩa là có khả năng chống bụi và khả năng chống nước xối trực tiếp với góc 15° theo phương thẳng đứng. Ngoài ra việc chế tạo phải đảm bảo dễ dàng trong việc tháo lắp, bảo trì, bảo dưỡng. Do đó, khối vỏ bảo vệ của robot được thiết kế bằng phương pháp gia công kim loại tấm. Ưu điểm của phương pháp này là dễ dàng gia công chế tạo, chi phí sản xuất tối ưu, phù hợp với sản phẩm nghiên cứu, sản xuất đơn chiếc. Các vị trí ghép vỏ với khung robot sẽ được sử dụng gioăng silicon để đảm bảo khả năng chống nước, đảm bảo an toàn cho các thiết bị điện tử tích hợp bên trong. Hình 2 minh họa các cơ cấu của lớp vỏ bảo vệ của robot trinh sát gồm các tấm lắp phía trên, dưới, và hai bên, trên các tấm lắp trước, sau có các khe để lắp các ăng ten của hệ thống truyền thông. Khung bảo vệ robot để bảo vệ phần thân vỏ.

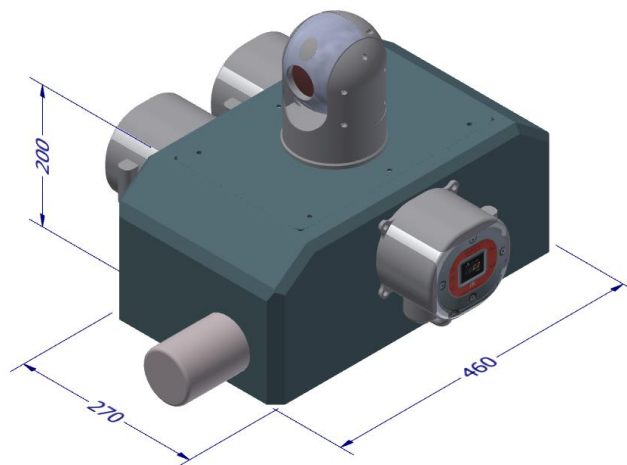


Hình 2. Các cơ cấu của lớp vỏ bảo vệ của robot trinh sát CRN

Để đảm bảo đáp ứng các yêu cầu khắc khe của hệ thống khi sử dụng ngoài trời, trong trinh sát các khu vực cháy nổ, các môi trường khắc nghiệt, các lớp vỏ của robot được xử lý sơn bề mặt bằng loại sơn Alkyd đặc biệt của hãng sơn Euronavy (Bồ Đào Nha). Loại sơn này không sử dụng dung môi pha loãng, không cháy nổ, sơn được trên bề mặt ẩm 100%, không bị hạn chế bởi điểm sương, không cần độ nhám, sơn được trên bề mặt rỉ vàng, sơn được trong các điều kiện khác nhau. Loại sơn này được Hải quân Mỹ xác nhận và sử dụng cho tàu ngầm nguyên tử.

2.1.4. Thiết kế module tích hợp cảm biến

Hình 3 là hình ảnh thiết kế 3D của module tích hợp cảm biến trên robot. Kích thước tương ứng phần dài nhất của module này là dài $\times$ rộng $\times$ cao, tương ứng là $460 \times 270 \times 270$ mm.



Hình 3. Hình ảnh 3D của module cảm biến tích hợp trên robot

Modul tích hợp cảm biến trên robot bao gồm 01 cảm biến đo suất liều phóng xạ, 04 cảm biến đo khí độc hóa học, và 01 camera quan sát cùng với các cơ cấu đi kèm. Để đảm bảo cho khả năng tải trọng của robot và các tính năng hoạt động của nó khi tích hợp hệ thống hoàn chỉnh cũng như để thuận tiện trong quá trình vận hành, tháo lắp, nên khối vỏ được lựa chọn sao cho vật liệu chế tạo đảm bảo độ bền, nhẹ và dễ dàng trong gia công. Do đó, vật liệu nhôm 6061 được lựa chọn để gia công, chế tạo khối vỏ của module này. Đây là loại nhôm chuyên dụng trong sản xuất máy bay và các thiết bị quân sự có khả năng đáp ứng đầy đủ các yêu cầu kỹ thuật đặt ra.

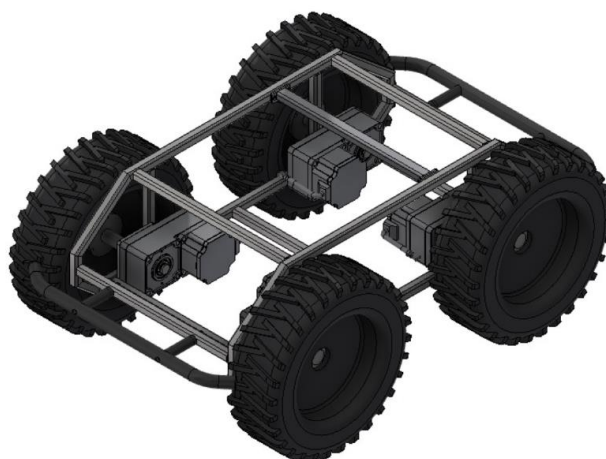
Hình dạng, kích thước của module tích hợp cảm biến được thiết kế sao cho tối ưu để gá lắp các cảm biến và cân đối với khung của robot phía dưới nhưng vẫn dự phòng không gian trong trường hợp cần mở rộng thêm các cảm biến khác. Vị trí lắp các cảm biến và camera được tính toán, lựa chọn sao cho đảm bảo tính năng hoạt động của từng loại riêng biệt đồng thời phải đảm bảo tính cân đối, thẩm mỹ của cơ cấu. Cảm biến phóng xạ với phần đầu đo được đưa ra ngoài và hướng về phía trước để đảm bảo tín hiệu đo chuẩn, không bị ảnh hưởng bởi nhiễu xung quanh là một kết quả nghiên cứu tối ưu. Ở hai bên của khối vỏ sẽ lắp đặt các cảm biến đo khí độc sao cho đối xứng. Camera quan sát được lắp ở chính giữa, phía trên đảm bảo không gian quan sát tốt nhất khi robot di chuyển.

2.2. Thiết kế hệ thống truyền động của robot

Hệ thống truyền động của robot được tính toán, lựa chọn động cơ và các cơ cấu điều khiển sao cho đảm bảo được các thông số về tốc độ di chuyển, địa hình, tải trọng trong Bảng 1. Dựa trên các thông số này, các loại động cơ đảm bảo các thông số về điện áp, công suất, momen khởi động được tính toán và so sánh để lựa chọn sử dụng. Qua nghiên cứu, động cơ GGM K9XS100N2 (Hàn Quốc) đáp ứng yêu cầu đặt ra và được lựa chọn.

Sau khi thiết kế, mô phỏng đưa ra được bộ thông số tối ưu của hệ thống khung, các thiết bị của hệ thống truyền động của robot sẽ được sắp xếp, xây dựng thiết kế 3D. Cụm động cơ và hệ thống bánh của robot sẽ được dựng gắn liền với khung. Việc thiết kế lựa chọn động cơ hộp số trục âm giúp tối ưu tối đa không gian bên trong robot cũng như việc lắp đặt dễ dàng cho bảo trì bảo dưỡng. Ngoài ra hệ thống bốn bánh điều khiển độc lập cũng giúp cho việc linh hoạt hơn trong việc điều khiển robot khi gặp các tình huống chướng ngại vật đa dạng trong môi trường chiến đấu thực tế.

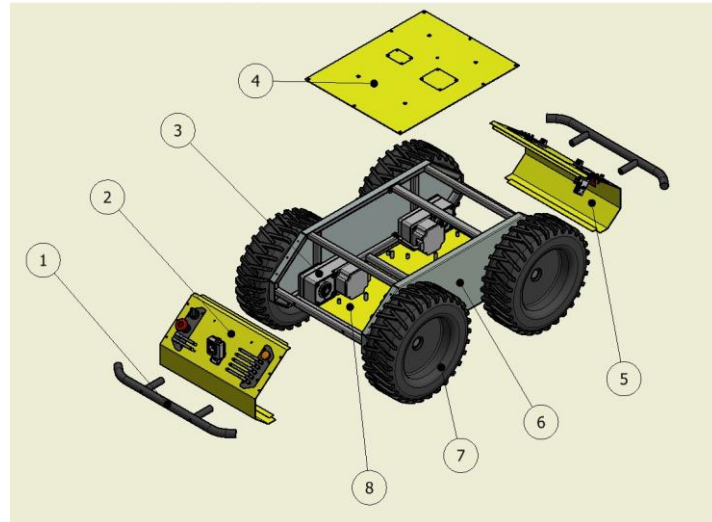
Hình 4 dưới đây là hình ảnh 3D hoàn thiện kết cấu khung cho robot cùng với việc tích hợp, liên kết các cơ cấu của hệ thống truyền động lên khung như hộp số, trục, hệ thống bánh lốp. Để bảo vệ cho hệ thống khung và các thiết bị tích hợp bên trong robot, hai thanh chắn được tích hợp ở phần trước và sau của khung để bảo vệ phần thân robot khi hệ thống di chuyển hay khi có va đập vào các vật cản.



Hình 4. Hình ảnh 3D hoàn thiện kết cấu khung robot cùng với hệ thống truyền động

2.3. Thiết kế hệ thống cơ khí, truyền động của robot trinh sát

Hình 5 là hình ảnh 3D hoàn chỉnh của hệ thống cơ khí và truyền động của robot trinh sát, trong đó chi tiết các cơ cấu gồm: (1) khung bảo vệ, (2, 5) lắp trước, sau, (3) động cơ, (4) lắp trên, (6) lắp bên, (7) bán lốp, (8) lắp dưới. Hệ thống khung vỏ được chế tạo cơ khí theo bản vẽ, hệ thống truyền động được tích hợp từ các sản phẩm, linh kiện thương mại.



Hình 5. Hình ảnh 3D hoàn chỉnh của hệ thống cơ khí và truyền động của robot

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Chế tạo, tích hợp hệ thống cơ khí, truyền động robot CRN

Hệ thống khung, các cơ cấu vỏ của robot và module cảm biến sau khi thiết kế, mô phỏng, hoàn thiện bản vẽ sẽ được tiến hành gia công, chế tạo cơ khí, sơn phủ để lắp ghép, tích hợp hoàn thiện. Tiếp đến, các động cơ, hệ thống trục và hệ thống bánh lốp sẽ được lắp ghép vào khung. Các khối vỏ, khung bảo vệ lần lượt được lắp với khung sử dụng các vít inox. Phía trong thân robot, các cơ cấu gá lắp các thiết bị điện tử, khối nguồn được gia công, tích hợp. Các cảm biến, camera được tích hợp vào các vị trí tương ứng với khối vỏ của module cảm biến và sau cùng được lắp lên phía trên robot. Hình 6 là ảnh chụp của robot trình sát sau khi tích hợp hoàn chỉnh.



Hình 6. Hình ảnh tích hợp hoàn chỉnh hệ thống cơ khí và truyền động của robot

3.2. Khảo sát thông số của robot sau chế tạo

Hệ thống robot sau khi chế tạo, tích hợp được tiến hành kiểm tra, khảo sát các tính năng theo yêu cầu. Giá trị các thông số của hệ thống được minh họa trong Bảng 2. So với các giá trị đặt ra ban đầu, các thông số của hệ thống đều đảm bảo các giá trị và các thông số kỹ thuật đặt ra ban đầu.

Bảng 2. Thông số đạt được của hệ thống robot sau khi chế tạo

STT	Thông số kỹ thuật	Giá trị yêu cầu	Giá trị đạt được
1	Khối lượng hệ thống robot (không tính module cảm biến)	45 ÷ 75 kg	74,5 kg
2	Tốc độ cực đại với đường bê tông, đường nhựa	4,25 ÷ 5,75 km/h	4,9 km/h
3	Leo dốc với độ dốc lớn nhất	30°	3,8°
4	Thời gian hoạt động liên tục	≥ 2 giờ	2,6 giờ
5	Phạm vi điều khiển	500 ± 10 m	501 m
6	Dải nhiệt độ môi trường hoạt động	0 ÷ 60 °C	0 ÷ 60 °C
7	Tải trọng tối đa	≥ 10 kg	10 kg

4. Kết luận

Bài báo này trình bày một cách chi tiết về quá trình nghiên cứu, thiết kế, chế tạo hệ thống cơ khí và hệ thống truyền động của robot trinh sát khí độc hóa học và phóng xạ. Các nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá, lựa chọn dạng khung không gian phù hợp với sản phẩm robot. Các thiết kế 3D được minh họa cùng với kết quả mô phỏng được trình bày nhằm tối ưu các thông số của hệ thống khung, vỏ. Các tính toán được thực hiện để lựa chọn động cơ phù hợp, đáp ứng các yêu cầu của robot trong di chuyển, leo dốc, vượt vật cản. Với thiết kế này, robot có khả năng cơ động cao, đảm bảo hoạt động với các địa hình khác nhau như mặt đường đá, sỏi, có khả năng leo dốc 30°, vượt vật cản cao ~30 cm, tốc độ di chuyển trên mặt đường nhựa tối đa là 4,9 km/h, thời gian hoạt động liên tục 2,6 giờ. Đây là sản phẩm đầu tiên được nghiên cứu và có tiềm năng triển khai, trang bị cho lực lượng phòng, chống khủng bố trong ngành Công an.

Lời cảm ơn

Công trình là sản phẩm của đề tài KHCN cấp Bộ Công an, mã số CTHSB.2018.KTQS.04.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] C. N. House, "The chemical, biological, radiological, and nuclear terrorism threat from the Islamic state," *Military Review*, vol. 96, no. 5, pp. 68-75, Sep. 2016.
- [2] D. Tin, F. Granholm, A. Hart, and G. R. Ciotto, "Terrorism-related chemical, biological, radiation, and nuclear attacks: a historical global comparison influencing the emergence of counter-terrorism medicine," *Prehospital and Disaster Medicine*, vol. 36, no. 4, pp. 399-402, 2021.
- [3] M. Conway, "Terrorist use of the internet and the challenges of governing cyberspace," in *Power and Security in the Information Age*, Routledge, 2016, pp. 95-127.
- [4] K. Ivanova and T. Sandler, "CBRN attack perpetrators: An empirical study," *Foreign Policy Analysis*, vol. 3, no. 4, pp. 273-294, 2007.
- [5] K. Ivanova and T. Sandler, "CBRN incidents: Political regimes, perpetrators, and targets," *Terrorism and Political Violence*, vol. 18, no. 3, pp. 423-448, 2006.
- [6] G. D. Cubber, H. Balta, and C. Lietart, "Teodor: A semi-autonomous search and rescue and demining robot," *Applied Mechanics and Materials*, vol. 658, pp. 599-605, Nov. 2014.
- [7] Research international, "CBRN Patrol model RSN 500", datasheet. [Online]. Available: <https://www.resrchintl.com>. [Accessed Nov. 01, 2023].
- [8] S. Pillai, P. Chudiwal, and G. Shejy, "Digital Signal Interpreting Robot for Remote Surveillance with Obstruction Detection," *International Journal for Scientific Research & Development*, vol. 3, no. 5, pp. 1-3, 2015.
- [9] S. Y. Yoo, B.-H. Jun, H. W. Shim, and P. -M. Lee, "Design and analysis of carbon fiber reinforced plastic body frame for multi-legged subsea walking robot," *Crabster. Ocean engineering*, vol. 102, pp. 78-86, 2015.
- [10] K. K. Pandey, T. Shah, S. Yadave, S. Shinde, and V. Pagare, "Design and Development of an Autonomous Robot Assistant," in *Proc. Conference of Innovative Product Design and Intelligent Manufacturing System*, Nov, 2022, pp. 381-389.
- [11] A. Søndergaard, O. Amir, P. Eversmann, L. Piskorec, F. Stan, F. Gramazio, and M. Kohler, "Topology optimization and robotic fabrication of advanced timber space-frame structures," *Robotic fabrication in architecture, art and design*, 2016, pp. 190-203.