|  |
| --- |
|  |
| دانشگاه آزاد اسلامی  واحد قزوین  دانشکده مهندسی برق، مکاترونیک و مهندسی پزشکی  پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد  مهندسی برق، گرایش سیستمهای الکترونیک دیجیتال  **عنوان:**  طراحي و پياده سازی ربات دوچرخ امدادگر دست پرتاب HSL  **نگارش:**  سعید بازرگان  **استاد راهنما:**  محمد نوروزی  **بهار 1404** |

|  |
| --- |
| ␂矸曰矷淀矵ح矨 |

|  |
| --- |
|  |

|  |
| --- |
|  |

تشكر و قدرداني:

با نهایت احترام و امتنان، بدینوسیله از استاد گرامي و محترم، جناب آقای دکتر نوروزی که با هدایت‌ها و راهنمایي‌های ارزشمند خود در طول انجام این پژوهش، اینجانب را یاری نمودند، تشكر و قدرداني مي‌نمایم.

از صبر و شكیبایي و همچنین توجهات بي‌دریغ ایشان که موجب پیشبرد پژوهش گردید، صمیمانه سپاسگزارم.

همچنین از تمامي اعضای خانواده و دوستان که در طول این مسیر پشتیبان من بودند، کمال تشكر را دارم.

# **چکیده:**

توسعه ربات‌های امداد و نجات مقرون‌به‌صرفه برای بهبود ایمنی و کارایی در محیط‌های خطرناک که دسترسی انسان‌ها محدود است، امری حیاتی است. اگر چه طرح‌ها و پیاده‌سازی‌های مختلفی در زمینه ربات‌های امداد و نجات ارائه شده است، اما تعبیه همه قابلیت‌های تحرک، مهارت و شناسایی در یک ربات واحد ، همچنان یک مشکل چالش برانگیز است. هدف این پایان‌نامه پاسخ به این تقاضا است، که به طراحی و اجرای ربات دست پرتاب امدادگر با قابلیت‌هایی همچون فشرده بودن و مقرون‌به‌صرفه بودن می‌پردازد و مجهز به حسگرهای متنوع برای حمل و نقل آسان و استقرار سریع است. این پلتفرم طراحی شده از ماموریت‌های نجات، تحقیقات و برنامه‌های آموزشی پشتیبانی می‌کند و از طریق قابلیت‌های پیشرفته تشخیص اشیا، کمک‌های نیمه‌خودمختار را ارائه می‌دهد. یکی از ویژگی‌های قابل توجه این طراحی، امکان ضبط و پخش تصاویر دوربین و صدای محیط خارجی از ربات به یک لپ‌تاپ خارجی است که توسط یک برد Raspberry Pi Zero 2W انجام می‌گیرد، جایی که تشخیص اشیا با استفاده از چارچوب YOLOdotnet با یک رابط کاربری گرافیکی انجام می‌شود. این رویکرد سرعت پردازش را افزایش داده و با به کارگیری وظایف محاسباتی فشرده، عمر باتری را حفظ می‌کند. با تمرکز بر عملکرد، دسترسی، مقرون‌به‌صرفه بودن، و طراحی منبع باز، این پلتفرم شامل یک SDK جامع است. از طرفی، سیستم الکترونیکی این ربات حول یک میکروکنترلر 32 بیتی ARM متمرکز شده است که توانایی تخصیص وظایف زمان‌بندی شده را به وسیله FreeRTOS انجام می‌دهد و شبیه‌سازی دقیق این ربات نیز در محیط نرم‌افزاری Gazebo صورت گرفته و در حال حاضر توسط آزمایشگاه تحقیقات مکاترونیک MRL در دست توسعه است.

کلمات کلیدی: ربات های متحرک، جستجو و امدادگر، دست پرتاب، YOLOdotnet، انتشار اطلاعات

**فهرست مطالب**

[**چکیده:** 6](#_Toc189645361)

[**فصل اول:** 1](#_Toc189645362)

[**مقدمه** 1](#_Toc189645363)

[**1-1-** **مقدمه ای بر ربات های متحرک:** 2](#_Toc189645364)

**فهرست اشکال**

[شکل 1) شسیشسیسش 17](#_Toc189643496)

|  |
| --- |
| **فصل اول:****مقدمه** |

## **مقدمه‌ای بر ربات‌های متحرک:**

ربات‌های متحرک[[1]](#footnote-1) یکی از شاخه‌های جذاب و پرکاربرد در حوزه رباتیک هستند که به توانایی حرکت در محیط‌های مختلف مجهز شده‌اند. این ربات‌ها می‌توانند به صورت مستقل یا با هدایت از راه دور عمل کنند و در کاربردهای متنوعی از جمله صنعت، حمل و نقل، پزشکی، کاوش‌های فضایی و حتی خدمات روزمره مورد استفاده قرار گیرند. یکی از ویژگی‌های کلیدی ربات‌های متحرک، توانایی درک محیط اطراف و واکنش به آن است. این ربات‌ها با استفاده از حسگرهای گوناگون مانند دوربین‌ها، لیدار[[2]](#footnote-2) و حسگرهای اولتراسونیک[[3]](#footnote-3) اطلاعات لازم را از محیط دریافت کرده و از طریق الگوریتم‌های هوشمند تصمیم‌گیری می‌کنند. کنترل حرکت آن‌ها نیز بر اساس مدل‌های دینامیکی و الگوریتم‌های مسیریابی[[4]](#footnote-4) انجام می‌شود تا بتوانند به‌طور مؤثر در محیط حرکت کنند.

### **انواع ربات‌های متحرک:**

ربات‌های متحرک بسته به نوع حرکت و مکانیزم جابجایی که دارند به دسته‌های مختلفی تقسیم می‌شوند. برخی از مهم‌ترین آن‌ها ربات‌های چرخ‌دار و پادار هستند و دارای ویژگی‌ها، مزایا و محدودیت‌های خاص خود هستند که در جدول زیر به تعدادی از آن ها پرداخته شده است.

جدول (1- 1) مزایا و معایب حرکتی ربات‌های چرخ‌دار و پادار

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| نوع | مزایا | معایب |
| چرخ‌دار | حرکت آسان | نیاز به مسیر تکیه‌گاهی پیوسته |
| طراحی آسان | مشکلاتی در مانور دادن |
| مصرف انرژی کم | افزایش تعداد چرخ‌ها برای حرکت‌های چند وجهی |
| کنترل راحت‌تر به دلیل مکانیزم آسان آن‌ها |  |
| کمبود مشکلات پایداری در حرکت |  |
| پادار | حرکت چند وجهی | طراحی پیچیده |
| جداسازی مسیر حرکت بدن ربات از مسیر پاها | مصرف توان بالا |
| آسیب کمتر به محیط | کنترل بسیار پیچیده |
| طبیعی، مانند گونه‌های حیوانی | سرعت کم حرکت بر روی سطوح |
| تطبیق بهتر با محیط‌های انسانی |  |

### **کاربرد ربات‌های متحرک:**

ربات‌های متحرک در صنایع و حوزه‌های مختلفی کاربرد دارند که برخی از مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

* صنعت و تولید: استفاده در خطوط تولید، انبارداری هوشمند و حمل مواد اولیه.
* حمل و نقل و لجستیک[[5]](#footnote-5): خودروهای خودران و ربات‌های تحویل کالا.
* پزشکی و مراقبت‌های بهداشتی: ربات‌های جراحی، حمل دارو و کمک به بیماران.
* کاوش‌های فضایی: مریخ‌نوردهای بدون سرنشین.
* امداد و نجات: جستجوی نجات در بلایای طبیعی و مناطق خطرناک.

همچنین در آینده نیز، پیشرفت‌های بیشتری در زمینه طراحی، الگوریتم‌های هوش مصنوعی و بهینه‌سازی مصرف انرژی باعث خواهد شد که ربات‌های متحرک به شکل گسترده‌تری در زندگی روزمره و صنایع مختلف مورد استفاده قرار گیرند. علاوه بر این، توسعه شبکه‌های ارتباطی پیشرفته مانند 5-جی[[6]](#footnote-6) می‌تواند امکان کنترل بهتر و دقیق‌تر این ربات‌ها را فراهم سازد. از سویی دیگر، ربات‌های متحرک با بهره‌گیری از یادگیری عمیق و سیستم‌های تصمیم‌گیری پیشرفته، توانایی‌های بیشتری در تطبیق با محیط‌های پویا و ناشناخته پیدا خواهند کرد.

## **ربات‌های متحرک در امداد و نجات:**

ربات‌های امداد و نجات به دلیل توانایی آن‌ها در حرکت در محیط‌های پرخطر، مانند مناطق زلزله‌زده، ساختمان‌های تخریب شده و مناطق آلوده، ارزش فزاینده‌ای در عملیات جستجو و نجات پیدا کرده‌اند. برخلاف انسان‌ها یا سگ‌های نجات، این ربات‌ها در صورت از بین رفتن، تلفات جانی ایجاد نمی‌کنند و می‌توانند به عنوان اولین کاوشگران برای ارزیابی اولیه محیط‌های خطرناک استفاده شوند. یکی از چالش‌های اصلی در عملیات جستجو و نجات شهری، غیرقابل پیش‌بینی بودن و تنوع زیاد محیط‌های فاجعه است. محیط‌های پر از آوار، معابر باریک و خطرات احتمالی باعث می‌شوند که استفاده از ربات‌ها به عنوان ابزار اصلی امداد و نجات دشوار باشد. با وجود تلاش‌های فراوان، هنوز هیچ یک از راه حل‌های موجود به طور کامل مقرون به صرفه و قابل اعتماد برای استفاده گسترده در تمام سناریوهای نجات نیستند (مسینا و جکاف، 2007)[[7]](#footnote-7).

در سال‌های اخیر، پیشرفت‌های قابل توجهی در زمینه پردازش تصاویر و تشخیص اشیا به وقوع پیوسته است که نقش مهمی در بهبود عملکرد ربات‌های امدادگر ایفا کرده است. به ویژه، شبکه‌های عصبی کانولوشنال[[8]](#footnote-8) و الگوریتم‌های یادگیری عمیق[[9]](#footnote-9) منجر به افزایش دقت در شناسایی و مکان‌یابی افراد گرفتار در میان آوار شده‌اند. یکی از فناوری‌های برجسته در این زمینه، چارچوب یولو[[10]](#footnote-10) است که به دلیل توانایی پردازش بلادرنگ[[11]](#footnote-11) و تشخیص سریع اشیا، برای عملیات نجات بسیار مناسب است (یاو و همکاران، 2022)[[12]](#footnote-12). علاوه بر بینایی ماشین[[13]](#footnote-13)، استفاده از فناوری‌های دیگری مانند لیدار برای نقشه‌برداری سه‌بعدی، حسگرهای حرارتی[[14]](#footnote-14) برای شناسایی افراد زنده و سیستم‌های ارتباطی خودکار برای ارسال داده‌های حیاتی از محل حادثه، باعث شده است که ربات‌های امداد و نجات کارایی بیشتری پیدا کنند. آینده این حوزه وابسته به پیشرفت در هوش مصنوعی، سخت‌افزارهای کم‌مصرف و توسعه سیستم‌های خودمختار است که بتوانند در شرایط بحرانی به طور مؤثر عمل کنند.

## **چالش‌های پیش روی ربات‌های متحرک:**

با پیشرفت فناوری و ترکیب رباتیک با هوش مصنوعی، ربات‌های متحرک روزبه‌روز هوشمندتر شده و قابلیت‌های بیشتری پیدا می‌کنند. از خودروهای خودران گرفته تا پهپادهای هوشمند و ربات‌های امدادگر، که این فناوری‌ها نقش مهمی در آینده خواهند داشت. با این حال، چالش‌هایی نیز در مسیر توسعه این فناوری‌ها وجود دارد و برخی از آن‌ها عبارت اند از:

* پردازش داده حسگرها: تحلیل داده‌های حجیم و استخراج اطلاعات مفید از آن‌ها همچنان یک چالش مهم محسوب می‌شود.
* مسیریابی و ناوبری: ربات‌های متحرک باید بتوانند مسیرهای بهینه را پیدا کرده و با کمترین میزان خطا حرکت کنند.
* پایداری و تعادل: حفظ تعادل به ویژه در ربات‌های پادار یکی از چالش‌های مهم در طراحی این ربات‌ها است.
* مدیریت انرژی: تأمین انرژی برای عملکرد طولانی مدت یکی از مشکلات اساسی در ربات‌های متحرک است.
* تعامل با محیط: ربات‌ها باید توانایی تشخیص و تعامل مناسب با انسان‌ها و سایر موجودات را داشته باشند.

## **مطالعه انجام شده درباره ربات‌های چرخ‌دار متحرک:**

مطالعه‌های پیشین انجام شده در حوزه ربات‌های متحرک و چرخ‌دار بر توسعه مدل‌های حرکتی، کنترل ناوبری، بهینه‌سازی مصرف انرژی و بهبود تعامل با محیط تمرکز داشته‌اند. بسیاری از مقالات و پژوهش‌ها به بررسی راهکارهای افزایش پایداری و دقت حرکت ربات‌های چرخ‌دار در شرایط مختلف پرداخته‌اند. یکی از حوزه‌های کلیدی مطالعه، مدل‌سازی دینامیکی ربات‌های چرخ‌دار است که تلاش دارد تا تأثیر اصطکاک، وزن، و نیروی گرانش بر حرکت را بررسی کند و از مدل‌های کلاسیکی مانند مدل درایو دیفرانسیلی[[15]](#footnote-15) برای توصیف رفتار حرکتی اینگونه ربات‌ها به کار گرفته‌اند (الن, 2013)[[16]](#footnote-16). در مطالعات اخیر، روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی و یادگیری عمیق برای پیش‌بینی و کنترل حرکت ربات‌های چرخ‌دار مورد استفاده قرار گرفته است.

|  |
| --- |
|  |

شکل (1- 1) نمونه ای از توصیف رفتار حرکتی در ربات 2 چرخ (کومان و لونسکو، 2014)[[17]](#footnote-17)

یکی دیگر از چالش‌های مطرح شده در پژوهش‌های گذشته، کنترل پایدار و حرکت روی سطوح ناهموار است. تحقیقات مختلف نشان داده‌اند که ترکیب حسگرهایی همچون لیدار، بینایی ماشین، و واحدهای اندازه‌گیری اینرسی[[18]](#footnote-18) می‌توانند به بهبود حرکت ربات‌های چرخ‌دار در محیط‌های پیچیده کمک کنند. مطالعاتی در زمینه ناوبری اجتماعی نیز صورت گرفته است که هدف آن‌ها ایجاد رفتارهای طبیعی‌تر برای ربات‌های چرخ‌دار در محیط‌های انسانی است. در نتیجه، الگوریتم‌های یادگیری تقویتی[[19]](#footnote-19) و پردازش تصویر به این ربات‌ها امکان داده است تا در محیط‌های شلوغ به‌گونه‌ای حرکت و عمل کنند که با کمترین مزاحمت برای افراد همراه باشد. لذا یکی از حوزه‌های پررنگ تحقیقاتی، بررسی تعاملات میان انسان و ربات‌ها بوده است و توسعه رابط‌های گرافیکی بهینه و الگوریتم‌های هوشمند باعث می‌شود تا ربات‌ها بتوانند به طور مؤثرتری با انسان‌ها ارتباط برقرار کنند.

### **تاریخچه ساخت ربات‌های چرخ‌دار متحرک:**

تاریخچه ربات چرخ‌دار در دهه 60 میلادی آغاز می شود. در سال 1960 در مؤسسه تحقیقاتی استنفورد، ساخت ربات شی کی[[20]](#footnote-20) به پایان رسید. این اولین و تنها رباتی بود که با استفاده از یک برنامه کنترل می‌شد. هیلاری[[21]](#footnote-21) مطابق با شکل زیر ساخته شد و یک نمونه عالی از سیستمی است که از یک روش کنترل کلاسیک استفاده می‌کند. این ربات مجهز به حلقه‌ای متشکل از 14 حسگر اولتراسونیک، یک سیستم مادون قرمز و یک دوربین بود. این سیستم سعی کرد یک مدل جهانی دقیق به دست آورد تا ربات بتواند خود را در داخل آن قرار دهد (گولتیرز و باربر، 2005).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

شکل (1- 2) راست-ربات شی کی چپ-ربات متحرک هیلاری

|  |
| --- |
|  |

شکل 1) شسیشسیسش

Allen, P. (2013). CS W4733 NOTES-Differential Drive Robots. *Columbia University: Department of Computer Science. Evido váno*, *9*, 16.

Coman, D., & Ionescu, A. (2014). Mobile Robot Trajectory Analysis Using Computational Methods. *Advanced Materials Research*, *837*, 549–554.

Gutierrez, A., & Barber, R. (2005, فوریه). *Mobile robots history*.

Messina, E. R., & Jacoff, A. S. (2007). Measuring the performance of urban search and rescue robots. *2007 IEEE Conference on Technologies for Homeland Security: Enhancing Critical Infrastructure Dependability*, 28–33. https://doi.org/10.1109/THS.2007.370015

Yao, Z. B., Douglas, W., O’Keeffe, S., & Villing, R. (2022). Faster YOLO-LITE: Faster Object Detection on Robot and Edge Devices. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *13132 LNAI*, 226–237. https://doi.org/10.1007/978-3-030-98682-7\_19

|  |
| --- |
|  |
| **Islamic Azad University**  **Qazvin Branch**  Faculty of Electronic, Mechatronics and Biomedical Engineering  M.Sc. Thesis on Electrical Engineering  Digital Electronic Systems  **Subject:**  Design and Implementation of the HSL Hand-Launchable Two-Wheeled Rescue Robot  **By:**  Saeed Bazargan  **Supervisor:**  Mohammad Norouzi  **Spring 2025** |

1. Mobile-Robots [↑](#footnote-ref-1)
2. Lidar [↑](#footnote-ref-2)
3. Ultrasonic [↑](#footnote-ref-3)
4. Path-Planning [↑](#footnote-ref-4)
5. Logistics [↑](#footnote-ref-5)
6. 5G [↑](#footnote-ref-6)
7. Messina E, Jacoff A [↑](#footnote-ref-7)
8. Convolutional Neural Network (CNN) [↑](#footnote-ref-8)
9. Deep-Learning [↑](#footnote-ref-9)
10. YOLO (You Only Look Once) [↑](#footnote-ref-10)
11. Real-Time [↑](#footnote-ref-11)
12. Yao et al. [↑](#footnote-ref-12)
13. Image Processing [↑](#footnote-ref-13)
14. Thermal Infrared Images [↑](#footnote-ref-14)
15. Differential Drive Kinematics [↑](#footnote-ref-15)
16. Allen P [↑](#footnote-ref-16)
17. Coman D, Lonescu A [↑](#footnote-ref-17)
18. Inertial Measurement Unit (IMU) [↑](#footnote-ref-18)
19. Reinforcement learning [↑](#footnote-ref-19)
20. Shakey [↑](#footnote-ref-20)
21. Hilare [↑](#footnote-ref-21)