



دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین  
دانشکده مهندسی برق، رایانه و فناوری اطلاعات  
سمینار دوره کارشناسی ارشد رشته الکترونیک دیجیتال

موضوع سمینار:  
طراحی و پیاده سازی ربات دوچرخ امدادگر  
دست پرتاب HSL

استاد راهنما:  
دکتر محمد نوروزی  
نگارش:  
سعید بازرگان

تابستان ۱۴۰۳

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## چکیده:

انتظار می رود ربات های امداد و نجات، عملیات نظارت و مهارت را در محیط های ناشناخته که شامل موانع مختلفی از جمله موانع بدون ساختار هستند، با چابکی انجام دهند. اگر چه طرح ها و پیاده سازی های مختلفی در زمینه ربات های امداد و نجات ارائه شده است، اما تعبیه همه قابلیت های تحرک، مهارت و شناسایی در یک ربات واحد، همچنان یک مشکل چالش برانگیز است. این گزارش طراحی و اجرای ربات دست پرتاب امدادگر را توضیح می دهد، یک ربات متحرک که درجه بالایی از تحرک را در کنار حفظ مهارت و قابلیت های اکتشافی مورد نیاز برای مأموریت های جستجو و نجات شهری (USAR) نشان می دهد. ابتدا نیازمندی های سیستم یک ربات امدادگر استاندارد را از چارچوب های مختلف بررسی و استخراج می کنیم و سپس، طراحی و اجرای سیستم فرمان و کنترل را با بحث در مورد سیستم قدرت، سنسورها و سیستم های سخت افزاری ربات ارائه می کنیم. در رابطه با این مسئله، نحوه پیاده سازی و بکارگیری سیستم نرم افزاری و رابط انسان و ربات را توضیح می دهیم. علاوه بر این، ارزیابی های گسترده ای از عملکرد میدانی این ربات را انجام داده تا بررسی کنیم که آیا هدف اصلی این ربات برآورده شده است یا خیر. در ادامه نشان خواهیم داد که ربات HSL با ارزیابی تمامی جنبه های آزمایشی و آموزشی، عملیات نجات تعیین شده را به طور مؤثر انجام داده است و در نهایت، قابلیت های کمی عملکرد HSL با سایر ربات های پیشرو در زمینه امداد و نجات تأیید شده است.

**کلمات کلیدی:** ربات های متحرک، جستجو و امدادگر، مکانیزم طراحی ربات های متحرک و سنسورهای ربات، انتشار اطلاعات

۳	چکیده:
۵	فصل اول:
۶	مقدمه:
۸	شرح کلی صورت مسئله:
۱۳	فصل دوم:
۱۴	مقدمه:
۱۵	تحقیقات اولیه و طراحی های اولیه:
۱۶	پروژه های برجسته و نوآوری های اخیر:
۱۶	چالش ها و مسیرهای آینده:
۱۸	فصل سوم:
۱۹	مقدمه:
۲۰	شبکه های عصبی:
۲۴	سیستم های توسعه یافته EMBEDDED SYSTEMS:
۲۶	سخت افزار و نرم افزار مورد نیاز جهت ساخت ربات امدادگر دست پرتاب HSL:
۳۳	فصل چهارم:
۳۴	نتیجه گیری:
۳۵	منابع و مراجع:

فصل اول:

پیش گفتار

در چند دهه گذشته، بلایای طبیعی و انسانی تلفات سنگین و خسارات اقتصادی قابل توجهی به همراه داشته اند. با افزایش این تلفات، نیاز به راه حل هایی برای کاهش آن ها در تمام مراحل یک فاجعه بیشتر شده و به همین دلیل، استفاده از ربات های امداد و نجات افزایش یافته است. در این میان، ربات های دست پرتاب به عنوان یک دسته خاص به دلیل ویژگی های منحصر به فرد خود، معرفی شده اند که توجه زیادی را به خود جلب کرده اند. ربات های دست پرتاب به طور خاص برای مواجهه با شرایط دشوار و محیط های غیر قابل دسترس طراحی شده اند. اینگونه ربات ها به دلیل طراحی ویژه خود، قابلیت پرتاب شدن به مکان های دشوار و به دور از دسترس انسان ها را دارند. با استفاده از این ربات ها، نیروهای امداد و نجات می توانند به سرعت به بررسی و شناسایی وضعیت در محیط های خطرناک مانند ساختمان های ویران شده، مناطق زلزله زده و فضا های تنگ و محدود بپردازند.

لازم به ذکر است که تنها کاربرد این ربات ها در عملیات امداد و نجات نبوده، بلکه می توان از قابلیت هایی که اینگونه ربات های کوچک دارند همچون قابلیت های کوچک بودن، سبک و قابل حمل بودن آن ها نیز در بخش های مختلفی همچون نظامی، آموزشی و سرگرمی نیز استفاده نمود [۱].

ویژگی های کلیدی ربات های دست پرتاب شامل اندازه کوچک و وزن کم، قابلیت پرتاب و مقاومت در برابر آسیب های ناشی از برخورد با زمین، و مجهز بودن به دوربین و میکروفون برای ارائه تصاویر و صدا های محیط است. این ویژگی ها به کاربران اجازه می دهد تا اطلاعات دقیقی درباره وضعیت داخل محیط های خطرناک کسب کنند و به این ترتیب، در برنامه ریزی و اجرای عملیات های نجات، تصمیمات بهتری اتخاذ نمایند. انتظار می رود که ربات های دست پرتاب نقش های موثری در جستجو و نجات شهری (USAR)، عملیات اضطراری در میدان های هسته ای و سایر مأموریت های نجات ایفا کنند. این قابلیت ها به ربات های امدادگر این امکان را می دهند تا بر موانع غلبه کنند، آوار را حذف کنند، محیط های ناشناخته را کاوش و نقشه برداری کنند و همچنین قربانیان را شناسایی کنند.

اگر چه حداقل سطوح مورد نیاز در یک ربات امداد و نجات بسته به کاربرد آن متفاوت است، اما ارائه یک سطح استاندارد از قابلیت های مکمل در یک سیستم، چالش های مهمی ایجاد می کند که انگیزه اصلی این

کار است. اولین تلاش های آکادمیک در زمینه ربات های امداد و نجات توسط دو گروه در دانشگاه کوبه ژاپن و مدرسه معدن کلرادو در ایالات متحده صورت گرفت که به ترتیب با انگیزه زلزله کوبه و بمباران ساختمان فدرال مورا در اوکلاهما سیتی انجام شد. در نتیجه پلتفرم ربات های متحرک معرفی شدند که می توانستند به عنوان دو تلاش آزمایشی اولیه در طراحی و اجرای پلتفرم های ربات متحرک مناسب برای USAR شناخته شوند، اما نویسندگان به صراحت به برنامه های خود اشاره ای نکردند. بعدها، ربات های امدادگر به تدریج در میان جامعه تحقیقاتی ربات های متحرک مورد توجه قرار گرفتند و منجر به توسعه ربات های امداد و نجات با مکانیزم های مختلف حرکتی مانند حرکت کروی، پا، چرخدار و غیره شدند [۲]. مکانیزم های حرکتی مبتنی بر چرخ، انعطاف پذیری بیشتری نسبت به سایر آن ها را ارائه می دهند. در این زمینه، تلاش های مختلفی برای طراحی ربات های امداد و نجات در اندازه های مختلف انجام شده است که آن ها را به انواع قابل حمل توسط انسان و اندازه های بزرگتر دسته بندی می کنند. در این راستا، دو طراحی ربات امداد و نجات قابل حمل توسط انسان ارائه شده است.

لذا، ربات های دست پرتاب به عنوان ابزار های کلیدی در عملیات های امداد و نجات به شمار می آیند. این ربات ها، با طراحی خاص خود که امکان پرتاب به مکان های دور دست و دشوار را فراهم می آورد، به نیرو های امداد و نجات این قابلیت را می دهد که به سرعت و با دقت به بررسی محیط های خطرناک بپردازند. این ویژگی ها موجب شده است که ربات های دست پرتاب در شرایطی مانند ساختمان های ویران شده، تونل های تخریب شده، و مناطق زلزله زده به کار گرفته شوند، جایی که دسترسی انسان ها به دلیل خطرات متعدد امکان دارد غیرممکن یا بسیار دشوار شود. ربات های دست پرتاب معمولاً به دوربین های با کیفیت بالا و میکروفون های حساس مجهز هستند که این امکانات به آن ها اجازه می دهد تا تصاویر و صدا های محیطی را به طور مستقیم به تیم های امداد و نجات منتقل کنند. این قابلیت ها موجب افزایش کارایی و سرعت عمل در عملیات های نجات می شود و تصمیم گیری های سریع و دقیق را ممکن می سازد [۳].

با توجه به طراحی منحصر به فرد و قابلیت های ذکر شده در این گونه ربات ها، آن ها می توانند به عنوان یک مکمل برای سایر سیستم های امداد و نجات عمل کنند. به عنوان مثال، وقتی که استفاده از ربات های بزرگتر

یا پیچیده تر به دلیل محدودیت های فضا یا شرایط محیطی غیرممکن است، ربات های دست پرتاب می توانند به طور مؤثر در عملیات های شناسایی و ارزیابی اولیه مورد استفاده قرار گیرند. در نهایت، با پیشرفت فناوری و افزایش توانمندی های ربات های امداد و نجات، این ربات ها به طور فزاینده ای در زمینه های مختلف امداد و نجات کاربرد دارند و به تیم ها کمک می کنند تا در شرایط بحرانی به سرعت و به طور مؤثر عمل کنند. به ویژه در موقعیت هایی که دسترسی به مکان های آسیب دیده محدود است.



شکل- 1 نمایی از یک ربات امداد و نجات دست پرتاب

#### شرح کلی صورت مسئله:

کنترل یک بحران طبیعی و یا غیر طبیعی امری بسیار مهم و ضروری می باشد. یک اشتباه کوچک در کنترل که ناشی از دریافت اطلاعات نادرست باشد، می تواند هزینه بسیاری را به قیمت از دست دادن جان انسان ها در پی داشته باشد. به همین جهت همواره به دنبال راهی برای دریافت اطلاعات صحیح در مورد موقعیت اشیاء و یا انسان ها هستیم که در این راه چالش های گوناگونی را شاهد هستیم. به همین دلیل روش های مختلفی برای از بین بردن این چالش ها به کار گرفته می شود که یکی از آن ها استفاده از ربات ها است. این روش ها با توجه به کاربرد ربات و مشخصات ساختاری آن متفاوت می باشد.

یکی از روش های پر کاربرد در امر امداد و نجات توسط ربات، استفاده از سنسور های مخصوص می باشد. این سنسور ها می توانند شامل دوربین، قطب نما و شتاب سنج و غیره باشند. اما مسئله اصلی در به کارگیری



سنسور برای یک ربات امدادگر، این است که به دلیل عوامل مختلف محیطی و جانبی، امکان ایجاد اعوجاج و خطا در دریافت داده ها وجود دارد. در نتیجه ما به دنبال روشی هستیم که بتوانیم خطای داده های دریافتی را به حداقل برسانیم.

برای دستیابی به یک راه حل مناسب، روش های گوناگونی مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به نوع عملکرد هر روش یک الگوی منطقی و پایدار را انتخاب نموده ایم. در روش انجام پروژه، ما از تعدادی سنسور که متشکل از دوربین، میکروفن، قطب نما، شتاب سنج و ژيروسکوپ استفاده نموده ایم. هدف اصلی این است تا بتوانیم با استفاده از یک تکنیک مناسب که برگرفته از پردازش تصویر، شبکه های عصبی و سیستم های توسعه یافته است ربات مورد نظر را هوشمند و یا نیمه هوشمند کرده تا اختلالات پیش آمده را از بین برده و اطلاعات درست و مناسبی را از محیط ربات دریابیم.

لازم به ذکر است که در حالت کلی باید قادر به استفاده از این ربات در محیط های مختلف با شرایط گوناگون بود. به طور مثال اگر ربات در یک لوله آب با عمق کم مورد استفاده قرار گیرد باید قادر به حرکت باشد و اجرای دستورات را انجام دهد. همچنین، در توضیح صورت مسئله باید به این نکته اشاره کنیم که بدنبال روشی هستیم که دقت قابل قبولی را در اختیار ما گذاشته و در عین حال از نظر اقتصادی نیز به صرفه بوده و انتظارات اقتصادی ما را نیز برآورده سازد. به طور مثال بجای استفاده از روش های پرهزینه و گاهی مخاطره آمیز برای انسان در انجام بعضی از ماموریت ها می توان از ربات ها و به طور خاص از ربات های امدادگر دست پرتاب استفاده نمود.

مسئله بعدی در شرح صورت مسئله این است که ربات های دست پرتاب باید مقاوم در برابر ضربه های شدید، رطوبت و یا آب، مسیرهای شیب دار خاکی و یا سنگلاخ باشند. در نتیجه دقت داده های ارسالی از ربات های دست پرتاب برای ما دارای اهمیت بسیاری است. به طور مثال، هنگام بررسی مناطق آسیب دیده در یک فاجعه، برای ما بسیار مهم است که موقعیت دقیق قربانیان و نقاط بحرانی را به طور دقیق به دست آورده باشیم. به همین خاطر، ابزارهای سنجش موقعیت این ربات ها باید دقت کافی را داشته باشند تا کارایی عملیات امداد و نجات تحت تأثیر قرار نگیرد. در پیشبرد این فرایند و تعیین موقعیت ربات های دست پرتاب و از همه

مهم تر جهت گیری خود ربات در فضا، چالش هایی در برابر ما قرار دارند. این چالش ها به علت عوامل گوناگون محیطی ایجاد می شوند. اختلالاتی که در جهت یابی ربات های دست پرتاب ایجاد می شوند، ممکن است به عوامل مختلفی برگردند. در زیر، برخی از این اختلالات را شرح خواهیم داد:

۱. تداخل الکترومغناطیسی: امواج الکترومغناطیسی از منابع مختلف مانند تجهیزات بی سیم، رادیوها، سیستم های ارتباطی و سایر دستگاه های الکترونیکی می توانند تداخلی در سیستم جهت یابی ربات ایجاد کنند و موجب از دست رفتن یا تغییر موقعیت مکانی ربات شوند.

۲. مشکلات سنسورها: سنسورهای استفاده شده برای تعادل و موقعیت یابی ربات های دست پرتاب ممکن است با خطا هایی مواجه شوند. به عنوان مثال، سنسورهای اینرسیال (مانند ژيروسکوپ و شتاب سنج) ممکن است دچار نویز شوند یا در طول زمان دقت خود را از دست دهند.

۳. مشکلات ناشی از شرایط محیطی: شرایط محیطی مثل باد قوی، بارش باران یا برف، و موانع فیزیکی می توانند تداخلی در عملکرد ربات های دست پرتاب ایجاد کنند. این شرایط ممکن است منجر به دست زدن ربات به عوارضی ناخواسته شود یا باعث عدم دقت در تعیین موقعیت شود.

۴. خرابی سخت افزاری: خرابی ها و نقص های سخت افزاری مانند خرابی در سنسورها یا سیستم های الکترونیکی می توانند تداخلی در عملکرد ربات ایجاد کنند.

برای مقابله با این اختلالات، معمولاً روش هایی مانند استفاده از سیستم های قدرتمند، استفاده از سنسورهای دقیق تر، بهبود الگوریتم های موقعیت یابی، استفاده از سیستم های فیلترینگ سیگنال و استفاده از روش های پیشرفته تری برای محافظت در برابر تداخلات الکترومغناطیسی مورد استفاده قرار می گیرند. تداخل مغناطیسی وقتی به وقوع می پیوندد که میدان های مغناطیسی از یک منبع خارجی با سیستم مورد نظر تداخل ایجاد می کنند. این تداخل ممکن است به دلیل وجود منابع مغناطیسی قوی در اطراف ربات اتفاق بیافتد. منابع تداخل مغناطیسی می توانند شامل موارد زیر باشند:

۱. تجهیزات الکترونیکی: برخی از تجهیزات الکترونیکی مانند تلویزیون ها، رادیوها، رایانه ها، تلفن های همراه و دستگاه های بی سیم ممکن است منابع تداخل مغناطیسی باشند.

۲. سیم های برق: جریان الکتریکی که از طریق سیم های برق عبور می کند، میدان های مغناطیسی پیرامون خود را ایجاد می کند. در برخی موارد، در ساختمان های آسیب دیده سیم های برق با سیستم های حساس مانند ربات های دست پرتاب در نزدیکی قرار می گیرند و تداخل مغناطیسی را ایجاد می کنند.

۳. اشیاء فلزی: فلزات، به خصوص فلزات هادی، قدرت جذب میدان های مغناطیسی را دارند و ممکن است منابع تداخل مغناطیسی باشند. اشیاء فلزی مانند قاب های فلزی، سازه های فلزی، لوله های فلزی و غیره ممکن است میدان های مغناطیسی را تغییر دهند و تداخلاتی را در سیستم های حساس ایجاد کنند.

در آخر به سنسور IMU می پردازیم که جزو قدیمی تری روش ها برای جهت یابی محسوب می شود. این سنسور در حقیقت از تجمیع ۳ سنسور مختلف ایجاد شده است که شامل ژيروسکوپ، شتاب سنج و قطب نما می باشد. هر یک از این سنسورها به ترتیب سرعت زاویه ای، شتاب خطی و قدرت میدان مغناطیسی را در ۳ محور XYZ در اختیار سیستم قرار می دهد. هزینه پردازشی استفاده از این سنسور بسیار پایین است و برای مقابله با هرگونه تداخل در عملکرد این سنسور، می توان از روش های زیر استفاده کرد تا داده های ارسالی از ربات و همچنین عملکرد ربات را تحت تأثیر قرار ندهد [۴]:

- طراحی مناسب سیستم الکترونیکی: در طراحی ربات دست پرتاب، می توان از قطعات الکترونیکی با حساسیت کمتر به تداخلات مغناطیسی استفاده کرد. استفاده از سنسورها و قطعات مقاوم در برابر تداخلات مغناطیسی، می تواند مانع تأثیرات ناخواسته باشد.
- آنتن های مغناطیسی: استفاده از آنتن های مغناطیسی می تواند مؤثر باشد. این آنتن ها برای جذب تداخلات مغناطیسی و هدایت آنها از قطعات حساس می توانند استفاده شوند. طراحی مناسب آنتن های مغناطیسی باعث کاهش تداخل می شود.

- مهندسی مغناطیسی: با استفاده از روش های مهندسی مغناطیسی می توان تأثیرات تداخل مغناطیسی را کاهش داد. این شامل بهینه سازی قرارگیری قطعات الکترونیکی، جدا کردن منابع تداخل مغناطیسی از ربات، و استفاده از مواد کاهنده تأثیرات مغناطیسی است.

ربات های دست پرتاب به عنوان ابزارهای کلیدی در عملیات های امداد و نجات به شمار می آیند. این ربات ها، با طراحی خاص خود که امکان پرتاب به مکان های دور دست و دشوار را فراهم می آورد، به نیروهای امداد و نجات این قابلیت را می دهند که به سرعت و با دقت به بررسی محیط های خطرناک بپردازند. این ویژگی ها موجب شده است که ربات های دست پرتاب در شرایطی مانند ساختمان های ویران شده، تونل های تخریب شده، و مناطق زلزله زده به کار گرفته شوند، جایی که دسترسی انسان ها به دلیل خطرات متعدد ممکن است غیرممکن یا بسیار دشوار باشد. ربات های دست پرتاب معمولاً به دوربین های با کیفیت بالا و میکروفن های حساس مجهز هستند که این امکان را به آن ها می دهد تا تصاویر و صداها را محیطی را به طور مستقیم به تیم های امداد و نجات منتقل کنند. این قابلیت ها موجب افزایش کارایی و سرعت عمل در عملیات های نجات می شود و تصمیم گیری های سریع و دقیق را ممکن می سازد.

با توجه به طراحی منحصر به فرد و قابلیت های ویژه این ربات ها، توسعه و بهینه سازی مداوم آن ها برای مقابله با چالش های مختلف محیطی و تکنولوژیکی از اهمیت بالایی برخوردار است. این شامل ارتقاء دقت سیستم های جهت یابی، کاهش اثرات تداخلات الکترومغناطیسی، و بهبود استحکام و مقاومت ربات ها در برابر شرایط سخت محیطی می شود.

## فصل دوم:

مروری بر تحقیقات و پیشرفت های پیشین در زمینه ربات های امدادگر دست  
پرتاب

در دنیای امروز، با افزایش وقوع حوادث طبیعی و انسانی، نیاز به تکنولوژی های پیشرفته برای امداد و نجات بیش از پیش احساس می شود. ربات های امدادگر دست پرتاب به عنوان یکی از نوآوری های برجسته در این زمینه، توانسته اند توجه بسیاری از محققان و متخصصان را به خود جلب کنند. این ربات ها با طراحی منحصر به فرد خود، توانایی این را دارند تا به مناطق دور از دسترس و خطرناک نفوذ کنند و اطلاعات حیاتی را به تیم های امداد و نجات منتقل کنند.

توسعه و استفاده از ربات های امدادگر دست پرتاب، نتیجه تلاش های گسترده ای است که در سال های اخیر در حوزه رباتیک و فناوری های نوین صورت گرفته است. این ربات ها، با استفاده از سنسورهای مختلف نظیر دوربین، میکروفن، قطب نما، شتاب سنج و ژيروسکوپ، قادرند داده های دقیق و حیاتی را از محیط جمع آوری کرده و به تیم های نجات ارائه دهند. این ویژگی ها به خصوص در شرایط بحرانی مانند زلزله، سیل، آتش سوزی و سایر حوادث غیرمنتظره، می تواند تفاوت بین زندگی و مرگ را تعیین کند.

در این فصل، به بررسی پیشینه تحقیقات و پروژه های انجام شده در زمینه ربات های امدادگر دست پرتاب پرداخته می شود. شناخت و درک این تحقیقات نه تنها به ما کمک می کند تا با روند پیشرفت های تکنولوژیکی در این حوزه آشنا شویم، بلکه می تواند راهنمایی برای توسعه و بهبود ربات های امدادگر آینده باشد. از طراحی های اولیه تا مدل های پیشرفته تر، مروری بر این تحقیقات به ما نشان می دهد که چگونه نوآوری ها و بهبود های مستمر در این زمینه، می توانند به کارایی بیشتر و نجات جان انسان ها کمک کنند. ربات های امدادگر دست پرتاب، با توجه به چالش های محیطی و تکنولوژیکی مختلف، همواره در حال بهبود و ارتقاء هستند. از کاهش تداخلات الکترومغناطیسی تا افزایش دقت سیستم های جهت یابی، هر یک از این بهبود ها گامی به سوی ساخت ربات های کارآمدتر و مطمئن تر است. در ادامه، به بررسی دقیق تر این تحقیقات و دستاوردها خواهیم پرداخت تا بتوانیم تصویری جامع و کامل از وضعیت کنونی و مسیرهای پیش رو در این حوزه ارائه دهیم.

### تحقیقات اولیه و طراحی های اولیه:

در دهه ۱۹۹۰، اولین گام ها برای توسعه ربات های امدادگر دست پرتاب برداشته شد. این ربات ها در ابتدا بسیار ساده بودند و تنها دارای قابلیت های پایه ای مانند ارسال تصاویر ویدیویی به مرکز کنترل بودند. یکی از اولین نمونه های این ربات ها، ربات هایی بودند که توسط تیم های دانشگاهی طراحی شدند و به منظور استفاده در عملیات های امداد و نجات در محیط های خطرناک مورد آزمایش قرار گرفتند (شکل-۲). این ربات ها به دلیل محدودیت های تکنولوژیکی زمان خود، نمی توانستند به طور کامل نیازهای تیم های امداد و نجات را برآورده کنند، اما نقطه شروعی برای تحقیقات بیشتر در این زمینه بودند [۵]. در نتیجه با ورود به دهه ۲۰۰۰ و پیشرفت های چشمگیر در زمینه فناوری های رباتیک و الکترونیک، ربات های امدادگر دست پرتاب با قابلیت های پیشرفته تری توسعه یافتند. این ربات ها علاوه بر داشتن دوربین های با کیفیت بالا و میکروفن های حساس، مجهز به سیستم های جهت یابی دقیق تری نیز بودند که امکان تعیین موقعیت دقیق تر را فراهم می کرد.



شکل-۲ نمونه ای از یک ربات امداد و نجات دست پرتاب که توسط تیم های دانشگاهی ساخته شده است.

دهه ۲۰۱۰ شاهد تحولات بزرگی در زمینه سنسورها و سیستم های جهت یابی ربات های امدادگر دست پرتاب بود. محققان با استفاده از تکنولوژی های پیشرفته تر، توانستند دقت و کارایی این ربات ها را به میزان قابل توجهی افزایش دهند. استفاده از سنسورهای پیشرفته مانند دوربین های با کیفیت بالا، میکروفن های حساس، قطب نما، شتاب سنج وژیروسکوپ، این امکان را فراهم کرد که ربات ها بتوانند داده های دقیق تری را از محیط جمع آوری کنند. به عنوان مثال، یکی از پروژه های مهم در این دوره، توسعه ربات هایی بود که

می توانستند با استفاده از تکنیک های پردازش تصویر و شبکه های عصبی، اختلالات و تداخلات محیطی را کاهش داده و داده های به دست آمده را با دقت بیشتری تحلیل کنند.

#### پروژه های برجسته و نوآوری های اخیر:

در سال های اخیر، چندین پروژه برجسته در زمینه ربات های امدادگر دست پرتاب اجرا شدند که هر کدام به نوبه خود به پیشرفت های قابل توجهی در این حوزه منجر شد. به عنوان مثال، پروژه های مشترکی بین دانشگاه ها و سازمان های دولتی در کشورهای مختلف انجام شده که به توسعه ربات هایی با قابلیت های پیشرفته تر و مقاوم تر منجر شده اند. این ربات ها علاوه بر داشتن ویژگی های اولیه، قادر به انجام مأموریت های پیچیده تری مانند نقشه برداری از محیط، شناسایی نشتی های گاز و حتی حمل محموله های کوچک نیز هستند. همچنین یکی از پروژه های برجسته در این زمینه، پروژه توسعه ربات های دست پرتاب با قابلیت تشخیص و شناسایی مواد خطرناک است. به طور مثال این ربات ها مجهز به سنسورهای خاصی هستند که می توانند نشتی گاز های شیمیایی، بیولوژیکی و غیره را تشخیص دهند و اطلاعات مربوطه را به مرکز کنترل ارسال کنند. این قابلیت به تیم های امداد و نجات این امکان را می دهد که با اطلاع از وجود خطرات احتمالی، اقدامات مناسبی را برای حفاظت از خود و دیگران انجام دهند (شکل-۳).



شکل-۳ نمونه ای از یک ربات امداد و نجات دست پرتاب ساخته شده در سال های اخیر

#### چالش ها و مسیرهای آینده:

با وجود پیشرفت های قابل توجهی که در زمینه ربات های امدادگر دست پرتاب صورت گرفته است، همچنان چالش های متعددی وجود دارد که نیاز به تحقیق و توسعه بیشتری دارند. یکی از این چالش ها، هوشمندسازی



ربات ها، بهبود مقاومت آن ها در برابر شرایط سخت محیطی و افزایش عمر باتری است که از جمله مسائلی است که باید مورد توجه قرار گیرد. ربات های دست پرتاب باید بتوانند در شرایط مختلفی مانند دمای بالا یا پایین، رطوبت زیاد و ضربه های فیزیکی شدید عملکرد قابل قبولی داشته باشند.

همچنین در کنار مقاومت های فیزیکی در برابر ضربه و یا رطوبت که ذکر شد، چالش های دیگری نیز در مسیر این ربات ها وجود دارد که به ترتیب زیر قابل مشاهده است:

- تداخلات الکترومغناطیسی: که می تواند بر دقت سیستم های جهت یابی و سنسورها تأثیر منفی بگذارد.

- افزایش بازدهی و عمر باتری ها: که برای بهینه سازی مصرف انرژی و افزایش مدت زمان عملکرد ربات بسیار کاربرد دارد.

- تغییر سنسورها و تجهیزات: برای افزایش انعطاف پذیری و تطبیق با شرایط مختلف محیطی و عملیاتی قابل استفاده است.

- مکانیزم های تطبیقی چرخ ها و بدنه مکانیکی مقاوم و سبک: برای حرکت در محیط های مختلف مانند سنگلاخ، گل و لای، یا سطوح ناپایدار.

- مسیریابی هوشمند و شناسایی موانع: بهره گیری از تکنیک های پردازش تصویر برای شناسایی موانع و افراد در محیط های دشوار.

در نهایت، با ادامه تحقیقات و توسعه فناوری های نوین، انتظار می رود که ربات های امدادگر دست پرتاب با قابلیت های بیشتری معرفی شوند. این ربات ها می توانند نقش بسیار مهمی در عملیات های امداد و نجات ایفا کنند و به تیم های امداد و نجات این امکان را بدهند که به سرعت و با دقت بیشتری به مناطق آسیب دیده دسترسی پیدا کنند و جان انسان ها را نجات دهند. لازم به ذکر است که پیشرفت در زمینه ربات های امدادگر دست پرتاب نه تنها می تواند به بهبود کارایی عملیات های امداد و نجات کمک کند، بلکه می تواند زمینه ساز توسعه تکنولوژی های جدیدی در حوزه های دیگر نیز باشد. از این رو، ادامه تحقیقات و سرمایه گذاری در این زمینه از اهمیت بالایی برخوردار است و می تواند تأثیرات مثبت بسیاری در جامعه داشته باشد.

## فصل سوم:

بررسی چندین ربات مرتبط با روش های متفاوت و شکل گیری ربات امدادگر  
دست پرتاب HSL

در این فصل قصد داریم به بررسی چند روش مرتبط با زمینه پژوهش پردازیم و در آخر نیز به نحوه شکل گیری ربات امداد و نجات HSL خواهیم پرداخت.

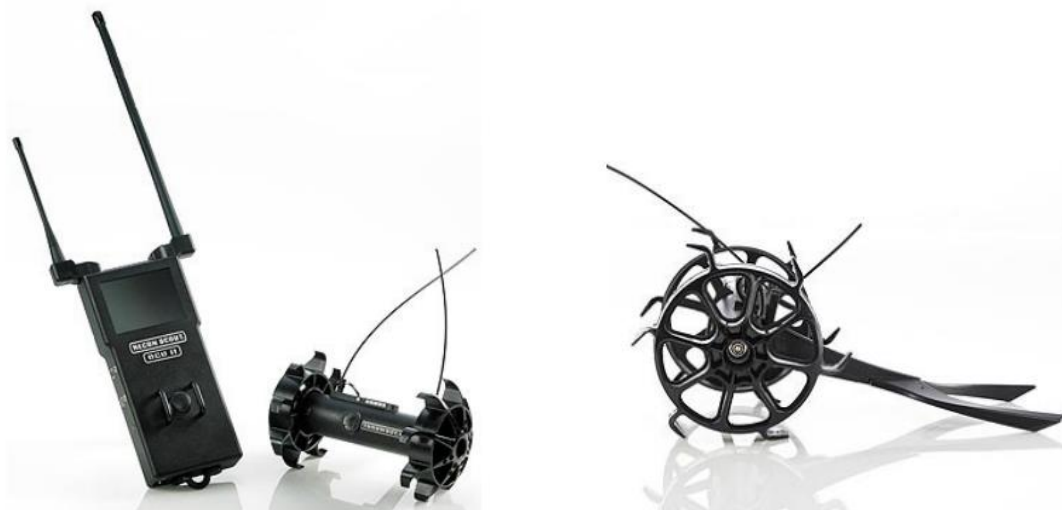
مقاله ای که سال ۲۰۰۵ منتشر شده است [۳] با استفاده از سیستم ربات های چرخ دار ساخته شده و تلاش دارد تا مسیرهای شیب دار را توسط ۶ چرخ طی کند که همین موضوع باعث افزایش قیمت ساخت ربات می شود. و همچنین ربات هایی را معرفی کرده که دارای محدودیت های تحرکی بودند که به علت طراحی های اولیه مختلف نتوانستند به خوبی در زمین های مختلف عمل کنند. همچنین از دوربینی استفاده شده که زاویه دید مناسبی را ندارد و به این نتیجه رسیده است که در شرایط نور کم یا تاریک، که نیاز به دوربین هایی با کیفیت بالاتر یا منبع نور اضافی دارد.



شکل- ۴ نمونه ای از ربات های دست پرتاب چرخ دار ساخته شده در سال های اخیر

مقاله دیگری در سال ۲۰۱۴ ارائه شده است [۶] که به تحلیل نیازها و چالش ها پرداخته اما تمامی جنبه های ممکن برای یک ربات امداد و نجات عمومی را پوشش نمی دهد و بیشتر تمرکز آن بر تجربیات گذشته و

مشکلات عملیاتی بوده و کمتر به راه حل های آینده پرداخته است. دیگر مشکلی که این ربات ها دارند هزینه ساخت بالای آن ها است و اغلب در دسترس تیم های نجات اولیه قرار ندارند.



شکل- ۵ نمونه ای از ربات های دست پرتاب چرخ دار ساخته شده در سال های اخیر

همچنین، مقاله ای دیگر در سال ۲۰۱۴ منتشر شده [۷] که در برد ارتباطی آن دارای مشکل بوده و حداکثر تا فاصله ۳۰ متر را پوشش می دهد و زمان استفاده از این ربات مطابق با باتری استفاده شده ۷۰ دقیقه است که در برخی از سناریوهای نجات ممکن است کافی نباشد.

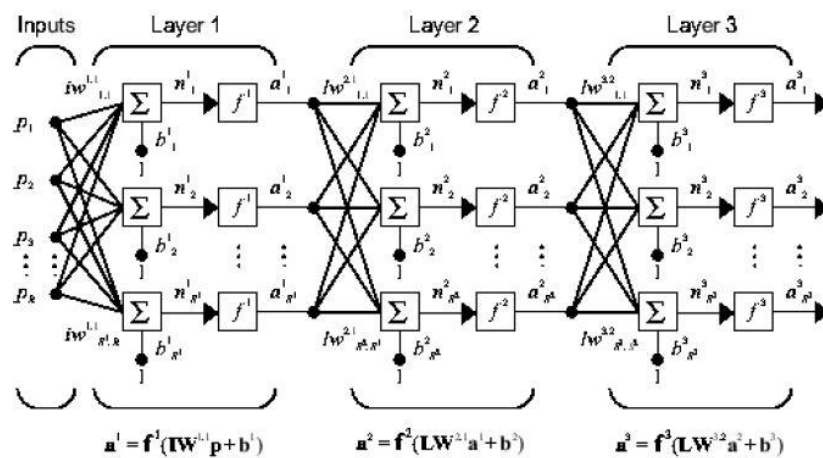
بنابراین همانگونه که مطالعه گردید، اکثر ربات های دست پرتاب ساخته شده تاکنون قابلیت هوشمندی را دارا نبوده و از نظر سخت افزاری نیز دارای معایب متفاوتی هستند که در این پژوهش سعی بر این بوده است تا معایب ربات های دیگر را تا حدودی برطرف نموده و همچنین قابلیت هوشمند سازی را نیز تا حد قابل قبولی در این ربات ها جای دهد.

بنابراین برای تحقق این هدف، لازم است تا از تکنیک هایی که برگرفته از پردازش تصویر، شبکه های عصبی و سیستم های توسعه یافته هستند استفاده شود که در مورد هر یک از آن ها در بخش های بعدی توضیح داده خواهد شد.

#### شبکه های عصبی:

برای بهبود عملکرد ربات ها، می توان از انواع مختلف شبکه های عصبی استفاده کرد. در زیر به برخی از انواع شبکه های عصبی که برای بهبود عملکرد ربات ها استفاده می شوند، اشاره شده است:

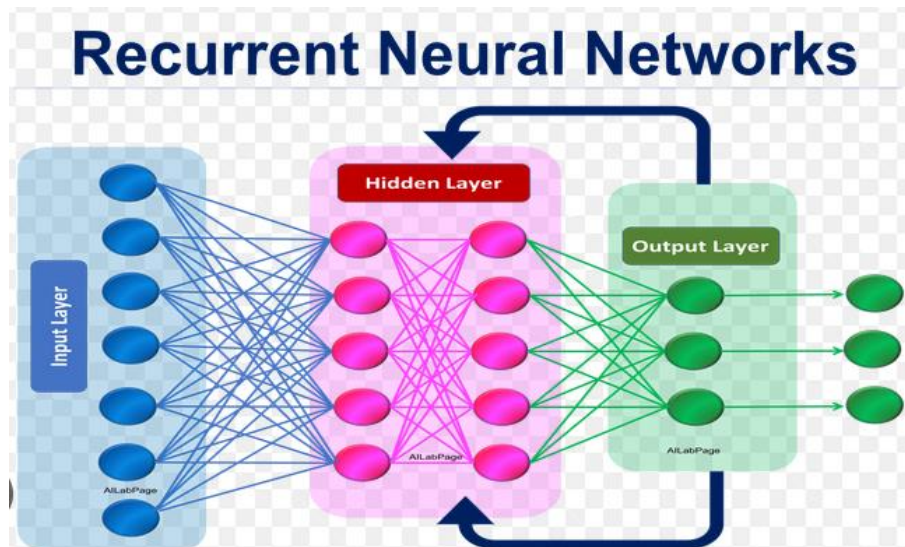
۱- شبکه های عصبی پرسپترون (Perceptron): این شبکه ها به عنوان یکی از اولین و ساده ترین شبکه های عصبی معرفی شدند. آن ها به منظور تشخیص الگو های ساده و تصمیم گیری در موارد دودویی استفاده می شوند. همچنین شامل یک یا چند ورودی (input)، یک یا چند وزن (weight)، یک تابع فعال سازی (activation function) و یک خروجی (output) است. ورودی ها به همراه وزن ها در یک تابع خطی جمع می شوند و سپس از تابع فعال سازی عبور می کنند تا خروجی تولید شود. فرآیند آموزش شبکه پرسپترون مبتنی بر تعیین و تنظیم وزن ها است.



شکل- ۶ یک شبکه عصبی پرسپترون

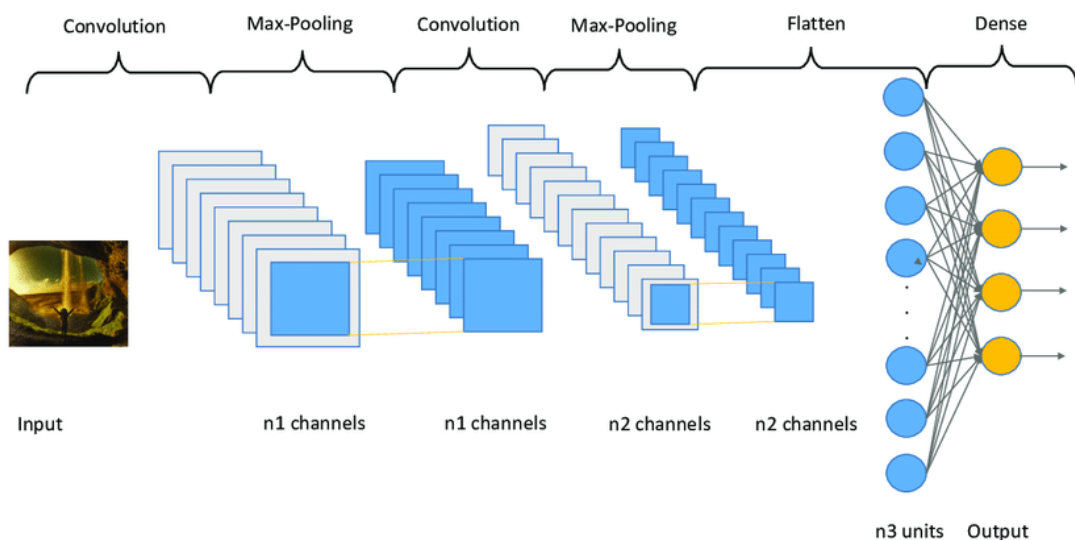
۲- شبکه های عصبی پیچیده تر: مانند شبکه های عصبی ژرف (Deep Neural Networks - DNNs) و شبکه های عصبی بازگشتی (Recurrent Neural Networks - RNNs) می توانند در حل مسائل پیچیده تر مورد استفاده قرار گیرند. این شبکه ها قادر به یادگیری توالی ها و الگوهای طولانی مدت هستند و برای تشخیص و پیش بینی مسائل مرتبط با حالت ها و تغییرات زمانی مناسب هستند.

۳- شبکه های عصبی بازگشتی تصادفی (Recurrent Neural Networks - RNNs): این شبکه ها برای مدل سازی توالی ها و داده های دارای وابستگی زمانی استفاده می شوند. آن ها قادر به یادگیری و تشخیص الگوهای زمانی هستند و در کنترل حرکت و برنامه ریزی حرکت ربات ها بسیار مفید هستند.



شکل- ۷ یک نمونه از شبکه های عصبی موجود

۴- شبکه های عصبی کانوولوشنی (Convolutional Neural Networks - CNNs): این شبکه ها عمدتاً برای پردازش تصاویر و تشخیص الگوها در تصاویر استفاده می شوند. آن ها از لایه های کانوولوشنی برای استخراج ویژگی های تصویری بهره می برند و به عنوان ابزاری قوی در تشخیص و شناخت تصاویر محیط ها برای ربات ها مورد استفاده قرار می گیرند که در ربات دست پرتاب امدادگر HSL نیز از اینگونه شبکه های عصبی استفاده شده است که در ادامه توضیح داده خواهد شد.



شکل- ۸ یک نمونه از شبکه عصبی CNN

در مورد شبکه های عصبی کانولوشنی (Convolutional Neural Networks - CNNs) می توان گفت که یک نوع از شبکه های عصبی هستند که برای پردازش داده های تصویری و داده های دو بعدی بسیار مورد استفاده قرار می گیرند. این شبکه ها قابلیت تشخیص الگوها و ویژگی های مرتبط در داده های تصویری را دارا هستند. شبکه های عصبی کانولوشنی تصادفی بر مبنای دو عملکرد اصلی، یعنی عمل کانولوشن و عمل پولینگ (pooling) عمل می کنند. عمل کانولوشن به شبکه این امکان را می دهد تا الگوها و ویژگی های مختلف در داده های ورودی را شناسایی کنند. به طور خاص، با استفاده از یک یا چند فیلتر کانولوشن، اطلاعات ویژه را از تصویر استخراج می کند. در این عمل، فیلتر کانولوشن روی تصویر حرکت کرده و محاسباتی را انجام می دهد تا ویژگی های مهم را شناسایی کند.

عمل پولینگ برای کاهش ابعاد فضایی و استخراج ویژگی های مهم استفاده می شود. این عمل با کاهش اندازه تصویر و ادغام ویژگی های برجسته، از یک تصویر بزرگتر به یک تصویر کوچکتر با ویژگی های مهم تبدیل می شود. این کاهش ابعاد کمک می کند تا تعداد پارامترها کاهش یابند و محاسبات شبکه سریعتر انجام شود.

لذا شبکه های عصبی کانولوشنی تصادفی به صورت سلسله مراتبی از لایه ها عمل می کنند. لایه ورودی به عنوان تصویر ورودی را دریافت می کند. سپس لایه های کانولوشنی و پولینگ به ترتیب عمل می کنند تا ویژگی های مهم استخراج شوند. سپس لایه های کاملاً متصل (fully connected) که شامل نورون هایی است که با تمام ویژگی ها ارتباط برقرار می کنند، برای تصمیم گیری و طبقه بندی استفاده می شوند. در نتیجه میتوان از آن ها در الگوریتم های مختلف استفاده کرد که یکی از آن ها نیز الگوریتم YOLO می باشد. این الگوریتم (YOLO) و نسخه های تکامل یافته تر آن به طور مختصر توضیح داده خواهد شد. YOLO بازنمایی شی تعمیم یافته را به طور دقیق نسبت به سایر مدل های تشخیص اشیا انجام می دهد و مدل CNN نیز می تواند نقاط برجسته را حذف کرده و اشیاء را در هر تصویر شناسایی کند. زمانی که این مدل به درستی پیاده سازی شود، می تواند به مسائلی همچون تشخیص بد شکلی، ایجاد برنامه های آموزشی و غیره بپردازد [۸].

بنابراین با قابلیت شناسایی الگوها و ویژگی های مرتبط در داده های تصویری، در حوزه بینایی ماشین، تشخیص الگو، تشخیص وسایل نقلیه خودکار، تشخیص چهره، تشخیص اشیاء و تصویربرداری پزشکی مورد استفاده قرار می گیرند [۹].

این فقط چند مثال از انواع شبکه های عصبی و الگوریتمی است که می توان در بهبود عملکرد ربات ها استفاده شود. همچنین، ترکیب مختلف این شبکه ها و استفاده از شبکه های عصبی پیشرفته تر نیز در بهبود عملکرد ربات ها مورد استفاده قرار می گیرد. البته، انتخاب نوع شبکه عصبی مناسب، بستگی به وظایف و نیازهای خاص ربات دارد.

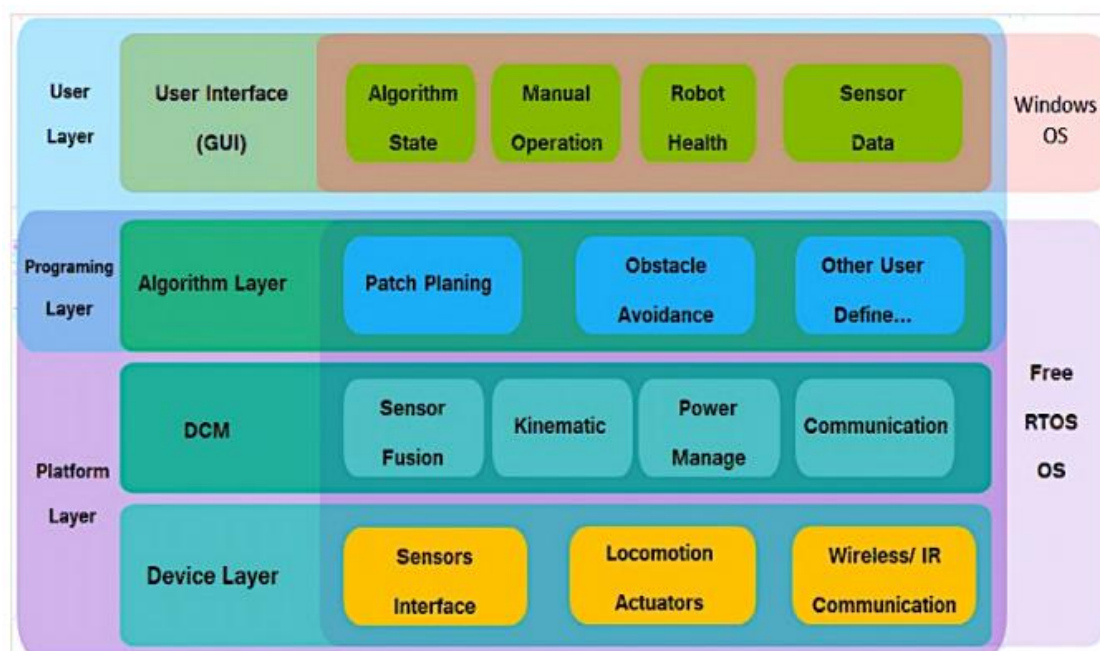
#### سیستم های توسعه یافته Embedded Systems:

سیستم های تعبیه شده (Embedded Systems) به عنوان یکی از ارکان اصلی در طراحی و توسعه دستگاه ها و تجهیزات مدرن شناخته می شوند. این سیستم ها ترکیبی از سخت افزار و نرم افزار هستند که برای انجام وظایف خاص و مشخصی طراحی می شوند و در بسیاری از کاربردهای صنعتی، پزشکی، خودرویی و نظامی نقش کلیدی دارند. در ربات های امدادگر، این سیستم ها برای کنترل دقیق و مدیریت عملیات های مختلف ربات استفاده می شوند. برخلاف سیستم های محاسباتی عمومی که برای اجرای چندین نوع برنامه طراحی شده اند، سیستم های تعبیه شده معمولاً برای یک یا چند وظیفه خاص بهینه سازی می شوند. یکی از مهم ترین اجزای سیستم های تعبیه شده، میکروکنترلرها هستند که به عنوان مغز متفکر این سیستم ها عمل می کنند. به طور مثال، میکروکنترلرهای سری STM32، ساخته شده توسط شرکت STMicroelectronics، به دلیل قابلیت های گسترده و انعطاف پذیری بالا، در بسیاری از پروژه های رباتیک و Embedded استفاده می شوند. این میکروکنترلرها بر پایه معماری ARM Cortex-M توسعه یافته اند و از ویژگی هایی مانند پردازنده های قدرتمند، مصرف انرژی پایین، پشتیبانی از پروتکل های ارتباطی مختلف همانند I2C، SPI، UART، و غیره برخوردارند. این ویژگی ها به توسعه دهندگان این امکان را می دهد تا سیستم های پیشرفته و بهینه ای را برای کاربردهای مختلف از جمله ربات های امدادگر طراحی کنند. STM32 در حوزه های مختلفی از جمله پردازش سیگنال دیجیتال (DSP)، کنترل موتور، مدیریت باتری، و ارتباطات بی سیم استفاده می شود. یکی



از ویژگی های برجسته این میکروکنترلرها، توانایی اجرای سیستم عامل های بلادرنگ مانند FreeRTOS است که امکان مدیریت همزمان وظایف مختلف را با دقت و کارایی بالا فراهم می سازد [۱۰].

FreeRTOS یک سیستم عامل بلادرنگ سبک و انعطاف پذیر است که به طور گسترده در پروژه های Embedded استفاده می شود. این سیستم عامل به توسعه دهندگان اجازه می دهد تا برنامه های پیچیده ای با چندین وظیفه همزمان را ایجاد کنند که هر یک از این وظایف می تواند به صورت مستقل از دیگر وظایف اجرا شود. FreeRTOS به دلیل پشتیبانی از چندین میکروکنترلر مختلف، از جمله STM32، محبوبیت زیادی پیدا کرده است. لذا با ارائه امکاناتی همچون مدیریت وظایف (Task Management)، هماهنگ سازی (Synchronization)، صف های پیام (Message Queues)، و تایمرها (Timers) به توسعه دهندگان کمک می کند تا برنامه هایی قابل اعتماد و با کارایی بالا ایجاد کنند [۱۱]. همچنین امکان ادغام با سایر سیستم ها و پروتکل ها، مانند TCP/IP و MQTT را فراهم می سازد که برای پروژه های اینترنت اشیاء و ارتباطات بی سیم بسیار مهم است. این سیستم عامل به دلیل قابلیت های بلادرنگ خود، می تواند وظایفی را که نیاز به پاسخگویی فوری دارند، به سرعت و بدون تأخیر اجرا کند.



شکل- ۹ ساختار لایه بندی سیستم های عامل در ربات /مدادگر دست پرتاب

در ربات های امدادگر، سیستم های تعبیه شده نقش محوری در کنترل و مدیریت عملیات های مختلف ایفا می کنند. این سیستم ها به ربات ها اجازه می دهند تا در محیط های پیچیده و غیرقابل پیش بینی به طور مؤثر عمل کنند. به عنوان مثال، از طریق میکروکنترلرهای STM32، ربات ها می توانند داده های دریافتی از سنسورها را پردازش کنند، تصمیمات بلادرنگ بگیرند و به شرایط محیطی پاسخ دهند.

علاوه بر این، استفاده از FreeRTOS در این ربات ها امکان مدیریت بهتر منابع سیستم و اجرای همزمان چندین وظیفه مانند کنترل حرکت، و ارتباط با مرکز کنترل را فراهم می سازد. این قابلیت ها باعث می شود که ربات های امدادگر بتوانند به طور مؤثر و کارآمد در عملیات های نجات و جستجو شرکت کنند و در شرایط بحرانی عملکرد بهتری داشته باشند. در نهایت، سیستم های تعبیه شده به عنوان یک جزء حیاتی در ربات های امدادگر، به توسعه دهندگان این امکان را می دهند که ربات هایی با کارایی بالا، مصرف انرژی بهینه و قابلیت های پیشرفته طراحی و تولید کنند. انتخاب صحیح سخت افزار و نرم افزار برای این سیستم ها می تواند تفاوت بزرگی در موفقیت یا ناکامی یک پروژه رباتیک ایجاد کند [۱۲].

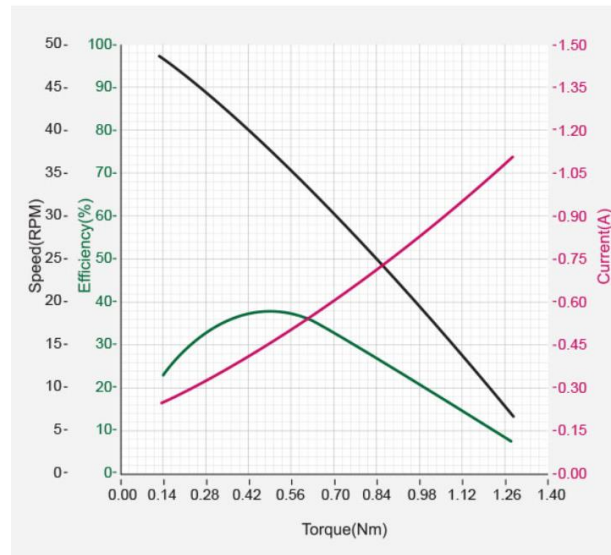
#### سخت افزار و نرم افزار مورد نیاز جهت ساخت ربات امدادگر دست پرتاب HSL:

با توجه به مطالب گفته شده، نیاز است تا قطعات سخت افزاری تهیه شوند که بتوانند سیستم کلی این ربات را به درستی معرفی کنند. مطابق با جدول زیر، در طراحی ربات امدادگر دست پرتاب HSL، نیاز به سخت افزارهایی با قابلیت های خاص برای تأمین توان پردازشی و حرکتی ربات وجود دارد. این بخش به بررسی اجزای سخت افزاری ضروری و ویژگی های مهم آن ها می پردازد.

انتخاب موتور مناسب یکی از بخش های کلیدی در طراحی ربات است. برای تعیین حداکثر سرعت موتور با توجه به گشتاور، از رابطه زیر استفاده می شود:

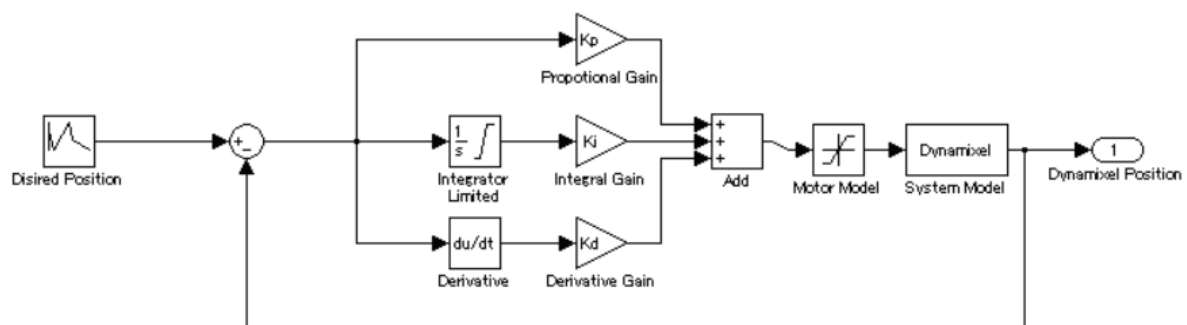
$$\omega_{max} = \frac{V_{max} - I_{No\_Load} * R}{e^k}$$

با استفاده از این فرمول، در این مرحله با توجه به پارامترهایی همچون حداکثر سرعت زاویه ای موتور، ولتاژ تغذیه، جریان در حالت بی باری و غیره به نظر می رسد که سروو موتورهای داینامیکسل که توسط شرکت Robotis ساخته شده اند به دلیل بالا بودن گشتاور آن ها گزینه مناسبی هستند [۱۳].



شکل - ۱۰ خروجی سرعت-گشتاور-جریان موتورهای استفاده شده

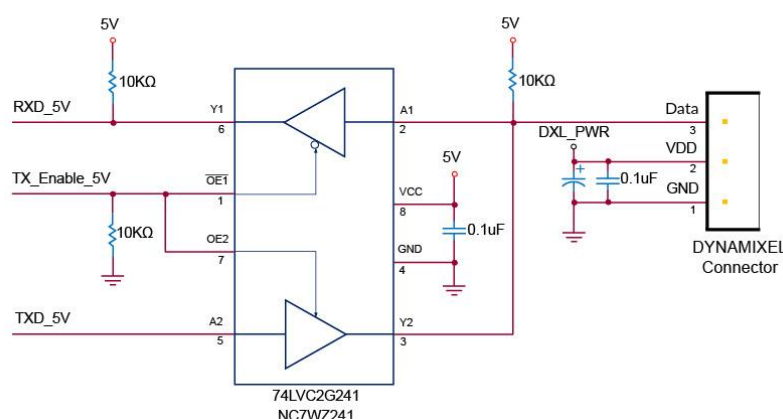
این موتورها از پروتکل نیمه دو طرفه UART با ۸ بیت انتقال داده، ۱ بیت Stop و No-Parity استفاده می کنند و درکنار چرخش دورانی که یکی از قابلیت های اینگونه موتورها است، میتوان به چرخش زاویه ای آن ها نیز اشاره نمود که در راستای این امر از کنترلرهای PID جهت قرارگیری در زاویه درست استفاده می کنند. به طور کلی با وجود سنسورهای اثرهال، زاویه چرخش شفت خروجی موتور را برآورد کرده و طبق فرامینی که از کنترلر PID دریافت می کند زاویه خود را تغییر می دهد (شکل-۱۱).



شکل - ۱۱ بلوک دیاگرام کلی کنترلر PID/استفاده شده در موتورهای داینامیکسل

پس از انتخاب موتور مناسب، نیاز است تا درایوری در نظر گرفته شود که نحوه ساخت آن می تواند مطابق با شکل زیر باشد که باید طراحی گردد.

TTL Communication Circuit



شکل- ۱۱ نمونه ای از شماتیک درایور که توسط شرکت Robotis ارائه شده است

در نهایت، لازم است یک واحد کنترل مرکزی برای این ربات در نظر گرفته شود که تمامی پردازش های مورد نیاز بر روی آن انجام گیرد. کامپیوترهای کوچک Raspberry Pi، با توجه به قابلیت های سخت افزاری خود، می توانند عملکرد بسیار مطلوبی را ارائه دهند. در این پژوهش، یک مازول یا دانگل Wi-Fi به این مینی کامپیوتر متصل می شود تا امکان تبادل اطلاعات به صورت بی سیم فراهم شود. علاوه بر این، یک دوربین با زاویه دید مناسب و مجهز به میکروفن نیز به این مینی کامپیوتر متصل خواهد شد تا داده های تصویری و صوتی را به واحد کنترل مرکزی منتقل کند. برای اجرای وظایف همزمان و مدیریت سنسورها و موتورها، از سیستم عامل FreeRTOS استفاده شده است. این سیستم عامل به ربات این امکان را می دهد تا وظایفی مانند خواندن داده های سنسورها، کنترل حرکت، و برقراری ارتباط با Raspberry Pi را به صورت مؤثر مدیریت کند. FreeRTOS با قابلیت ایجاد وظایف مختلف و تخصیص اولویت های متفاوت به هر وظیفه، امکان می دهد تا داده های حسگرها به صورت بلادرنگ خوانده شوند و موتورها با دقت کنترل شوند.

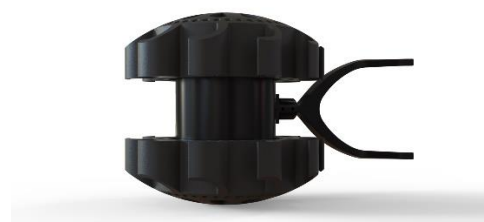
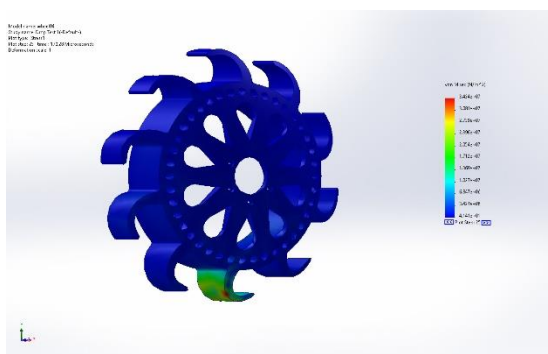
برای اطمینان از کارایی و سازگاری تمامی قطعات، مشخصات فنی هر یک از اجزا در جدول زیر آورده شده است. این مشخصات شامل اطلاعات دقیقی درباره دوربین، مازول Wi-Fi، و سایر قطعات سخت افزاری مورد استفاده در این پروژه می باشد. این ترکیب از اجزا و قابلیت ها، نه تنها امکان پردازش و تبادل داده های حیاتی را فراهم می آورد، بلکه به ربات اجازه می دهد تا به طور مستقل و کارآمد به وظایف خود عمل کند. مشخصات فنی تمامی قطعات در نظر گرفته شده نیز در جدول زیر قابل مشاهده است.

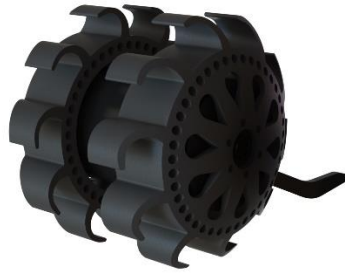
مشخصات فنی	نوع
Li-Po 4-cell 2200mAh	باتری
2 Dynamixel mx-28	سروو موتور
MPU9250 (ژیروسکوپ / شتاب سنج)	سنسور
Raspberry Pi zero	برد کنترل مرکزی
Logitech C920	دوربین و میکروفن
مدار طراحی شده	واحد ارتباطی
3D-Print PLA	بدنه اصلی

جدول ۱ مشخصات فنی قطعات انتخاب شده جهت ساخت ربات دست پرتاب امدادگر

در راستای تکمیل این پروژه، یک طرح اولیه برای بدنه ربات در نظر گرفته شده که با استفاده از فناوری چاپ سه بعدی (3D-Print) ساخته خواهد شد. این طرح در شکل زیر قابل مشاهده است. جنس بدنه به گونه ای انتخاب شده است که علاوه بر دارا بودن مقاومت بالا در برابر ضربه های شدید، قادر به دمپ (Damping) یا جذب و کاهش انرژی ناشی از ضربه ها نیز باشد. این ویژگی ها باعث می شود که ربات نه تنها در محیط های سخت و پرفشار عملکرد مطلوبی داشته باشد، بلکه طول عمر اجزای داخلی آن نیز افزایش یابد. استفاده از مواد با کیفیت بالا و طراحی مهندسی دقیق، تضمین می کند که بدنه ربات در شرایط مختلف، از جمله سقوط یا برخورد های ناگهانی، کارایی خود را حفظ کند و از آسیب های جدی جلوگیری نماید.

در نهایت، طراحی بدنه به گونه ای انجام شده است که امکان دسترسی آسان به اجزای داخلی برای تعمیر و نگهداری فراهم باشد، و همچنین در کنار ضد آب بودن آن، تهویه مناسبی برای جلوگیری از گرم شدن بیش از حد قطعات الکترونیکی داخلی در نظر گرفته شده است. این مزایا مجموعاً به افزایش بهره وری و کارایی کلی ربات کمک خواهند کرد.

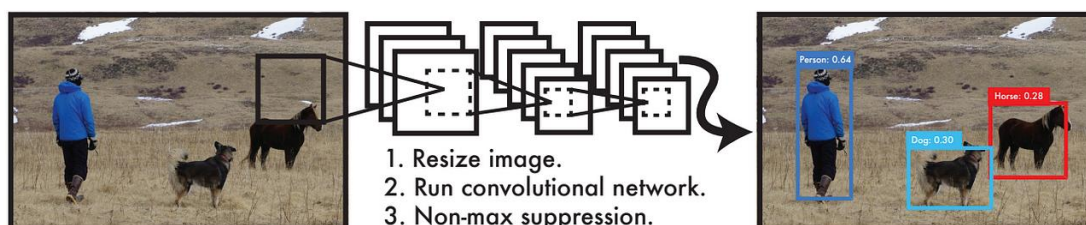




شکل-۱۲ نمونه اولیه طراحی شده از بدنه ربات دست پرتاب/امدادگر

همانطور که قبل تر ذکر شد، در این پژوهش از شبکه عصبی کانولوشنی (CNN) و الگوریتم YOLO برای تشخیص موانع در مسیر ربات استفاده شده است. این روش به دلیل قابلیت بالای خود در استخراج ویژگی ها از تصاویر، به طور گسترده در کاربردهای مرتبط با پردازش تصویر، از جمله تشخیص موانع، مورد استفاده قرار می گیرند. در این روش، دوربین موجود بر روی ربات تصاویر محیطی را دریافت کرده و به شبکه عصبی ارسال می کند. این شبکه با تحلیل تصاویر، قادر است موانع را شناسایی کرده و به ربات فرمان های لازم برای جلوگیری از برخورد را ارسال کند [۱۴].

مدل CNN استفاده شده در این پروژه به گونه ای آموزش داده شده که بتواند اشیاء و موانع مختلف را با دقت بالایی تشخیص دهد. داده های آموزشی شامل تصاویری از محیط های مختلف با موانع گوناگون بوده است تا شبکه بتواند در شرایط واقعی عملکرد مطلوبی داشته باشد. پس از تشخیص موانع، اطلاعات به سیستم کنترل حرکتی ربات ارسال می شوند تا مسیر ربات به صورت خودکار اصلاح شود. این روش باعث افزایش سرعت واکنش و دقت ربات در محیط های پیچیده شده و از آنجا که تمام پردازش ها به صورت بلادرنگ (real-time) انجام می شود، ربات می تواند به سرعت به تغییرات محیط پاسخ دهد.



شکل-۱۳ شبکه عصبی CNN و الگوریتم YOLO به منظور تشخیص اشیاء مختلف

در انتها نیز، میکروکنترلر STM32 به عنوان مغز متفکر اصلی سیستم کنترلی ربات امدادگر دست پرتاب عمل می کند. این میکروکنترلر به دلیل ویژگی های پیشرفته و قابلیت های پردازشی قوی، انتخاب مناسبی برای کنترل دقیق و بلادرنگ موتورها و پردازش داده های حسگرها است. STM32 با استفاده از سیستم عامل بلادرنگ FreeRTOS، امکان اجرای چندین وظیفه به صورت همزمان را فراهم می سازد که این امر برای عملکرد صحیح و به موقع ربات بسیار حیاتی است.

یکی از وظایف اصلی STM32 در این سیستم، کنترل موتورها است. برای این منظور، میکروکنترلر سیگنال های مربوطه را تولید و به موتورها ارسال می کند. این سیگنال ها به محرک ها اجازه می دهند تا با دقت بالا و با توجه به نیازهای محیطی، سرعت و جهت حرکت خود را تنظیم کنند. به عنوان مثال، هنگامی که ربات نیاز به تغییر جهت سریع دارد یا باید سرعت خود را به دلیل نزدیکی به یک مانع کاهش دهد، STM32 با استفاده از داده های حسگرها و الگوریتم های کنترلی، سیگنال های مناسب را تولید کرده تا حرکت موتورها بهینه شوند.

STM32 همچنین نقش کلیدی در خواندن داده های حسگرهای مختلف مانند سنسورهای ژيروسکوپ، شتابسنج و قطب نما ایفا می کند. این حسگرها اطلاعات حیاتی را در مورد وضعیت محیطی و دینامیک حرکت ربات فراهم می کنند. STM32 با جمع آوری و پردازش این داده ها، به ربات کمک می کند تا درک دقیقی از محیط اطراف خود داشته باشد و بتواند به طور مستقل تصمیمات مناسبی بگیرد، از جمله اجتناب از موانع و حفظ تعادل.

FreeRTOS به عنوان یک سیستم عامل بلادرنگ، این امکان را فراهم می سازد تا تمامی این وظایف به صورت همزمان و بدون وقفه اجرا شوند. هر یک از وظایف مانند خواندن داده های حسگرها، کنترل موتورها، و برقراری ارتباط با Raspberry Pi به عنوان یک "وظیفه" یا "تسک" در FreeRTOS تعریف می شوند. سیستم عامل بلادرنگ با مدیریت این تسک ها، اطمینان حاصل می کند که هیچ یک از فرآیندها به دلیل تأخیر یا بار زیاد پردازشی مختل نمی شوند. این ویژگی بسیار مهم است زیرا در محیط های پیچیده و پویا مانند عملیات امداد

و نجات، ربات باید به سرعت به تغییرات محیطی پاسخ دهد و تأخیر در تصمیم گیری می تواند منجر به شکست مأموریت شود.

علاوه بر این همانطور که ذکر شد، STM32 وظیفه برقراری ارتباط با Raspberry Pi را نیز بر عهده دارد و Raspberry Pi به عنوان یک پردازنده مکمل، مسئولیت های پردازشی سنگین تر مانند پردازش تصویر و اجرای شبکه های عصبی را بر عهده دارد. STM32 داده های پردازش شده توسط Raspberry Pi را دریافت کرده و از آن ها برای تنظیم پارامترهای کنترل موتورها و مدیریت حرکت ربات استفاده می کند. این ارتباط بین دو واحد پردازشی به صورت سریال برقرار می شود و اطلاعات بین این دو واحد به صورت پیوسته رد و بدل می شود. در نهایت، ترکیب STM32 و FreeRTOS با Raspberry Pi، سیستمی منعطف، مقیاس پذیر و کارآمد را برای ربات فراهم می کند که قادر است به صورت مستقل و با دقت بالا به وظایف محوله پاسخ دهد. این معماری اجازه می دهد تا سیستم در صورت نیاز به آسانی ارتقا یابد و ویژگی ها و حسگرهای جدیدی به آن اضافه شود. این ویژگی ها موجب می شوند که ربات امدادگر دست پرتاب بتواند به طور مؤثری در محیط های پیچیده و پرچالش عمل کند و به اهداف امداد و نجات خود دست یابد.



فصل چهارم:

نتیجه گیری

## نتیجه گیری:

روش های متعددی برای طراحی و پیاده سازی ربات های امدادگر، به ویژه ربات های دست پرتاب امداد و نجات وجود دارد. اگرچه برخی ربات های توانمند و بزرگ تر نیز در دسترس هستند، اما این ربات ها برای کارهای تخصصی مناسب تر بوده و معمولاً هزینه های بالایی دارند. همچنین، حمل و نقل و کارکرد آن ها پیچیده است و در بسیاری از موارد، ابعاد بزرگ آن ها مانع از ورود به محیط های چالش برانگیز با فضاهای محدود می شود.

در مقابل، ربات های کوچک و متوسطی که در اینجا بررسی می شوند، به طور بالقوه می توانند نیازهای امداد و نجات را برآورده کنند. با این حال، هزینه هر یک از این ربات ها معمولاً به چند هزار دلار می رسد که این امر استفاده گسترده از آن ها در سناریو های نجات واقعی را محدود می کند. برای غلبه بر این چالش ها، تلاش های زیادی در جهت هوشمند سازی این ربات ها صورت گرفته است. هوشمند سازی ربات های امدادگر شامل تجهیز آن ها به حسگرهای پیشرفته، سیستم های پردازش داده های سریع، و الگوریتم های هوش مصنوعی است. این فناوری ها به ربات ها این امکان را می دهند تا به طور خودکار مسیرهای پیچیده را شناسایی کرده و با موانع مختلف سازگار شوند. علاوه بر این، توانایی پردازش داده های محیطی در لحظه، به ربات ها اجازه می دهد تا تصمیم گیری های بهتری در شرایط اضطراری داشته باشند.

یکی از جنبه های کلیدی هوشمند سازی، استفاده از فناوری های ارتباطی پیشرفته است. با تجهیز ربات ها به ماژول های ارتباطی بی سیم مانند Wi-Fi و 4G/5G، امکان تبادل سریع اطلاعات بین ربات و تیم نجات فراهم می شود. این ارتباطات نه تنها به بهبود هماهنگی و کارایی عملیات نجات کمک می کند، بلکه امکان کنترل از راه دور و دریافت بازخورد لحظه ای از وضعیت محیط را نیز فراهم می آورد.

در نهایت، با توجه به اهمیت استحکام و انعطاف پذیری بدنه ربات ها، طراحی و مواد استفاده شده در ساخت بدنه نیز باید به گونه ای باشد که بتواند در برابر ضربه ها و شرایط سخت محیطی مقاومت کند. استفاده از مواد مقاوم و سبک، همراه با طراحی های نوآورانه، به افزایش کارایی و طول عمر ربات ها کمک می کند.

## منابع و مراجع

- A. A. P. K. S. S. G. Mojtaba Karimi, "WeeMiK\_A low-cost omnidirectional swarm platform for outreach, research and education," *The 4th International Conference on Robotics and Mechatronics*, 2016, doi: <http://dx.doi.org/10.1109/ICRoM.2016.7886789>.
- S. Habibian *et al.*, "Design and implementation of a maxi-sized mobile robot (Karo) for rescue missions," *ROBOMECH Journal*, vol. 8, no. 1, pp. 1–33, 2021, doi: 10.1186/s40648-020-00188-9.
- M. Barnes, H. R. Everett, and P. Rudakevych, "ThrowBot: design considerations for a man-portable throwable robot," *Unmanned Ground Vehicle Technology VII*, vol. 5804, p. 511, 2005, doi: 10.1117/12.604161.
- E. I. Al Khatib, M. A. K. Jaradat, and M. F. Abdel-Hafez, "Low-Cost Reduced Navigation System for Mobile Robot in Indoor/Outdoor Environments," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 25014–25026, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2971169.
- B. Reiner and M. Svensson, "Mimer-Developing a low-cost, heavy-duty reconnaissance robot for use in Urban Search and Rescue operations," p. 103, 2016, [Online]. Available: <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=8892257&fileId=8892258>
- T. Booyesen and T. J. Mathew, "The Case for a General Purpose, First Response Rescue Robot," *Proceedings of the 2014 PRASA, RobMech and AfLaT International Joint Symposium*, p. 6, 2014, [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/profile/Tracy-Booyesen/publication/270507253\\_The\\_Case\\_for\\_a\\_General\\_Purpose\\_First\\_Response\\_Rescue\\_Robot/links/54abe83e0cf25c4c472fb93f/The-Case-for-a-General-Purpose-First-Response-Rescue-Robot.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Tracy-Booyesen/publication/270507253_The_Case_for_a_General_Purpose_First_Response_Rescue_Robot/links/54abe83e0cf25c4c472fb93f/The-Case-for-a-General-Purpose-First-Response-Rescue-Robot.pdf)
- T. J. Mathew, G. Knox, W. K. Fong, T. Booyesen, and S. Marais, "The Design of a Rugged, Low-Cost, Man-Packable Urban Search and Rescue Robotic System," *Proceedings of the 2014 PRASA, RobMech and AfLaT International Joint Symposium*, p. 6, 2014, [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/profile/Tracy-Booyesen/publication/270507252\\_The\\_Design\\_of\\_a\\_Rugged\\_Low-Cost\\_Man-Packable\\_Urban\\_Search\\_and\\_Rescue\\_Robotic\\_System/links/54abe8940cf25c4c472fb97b/The-Design-of-a-Rugged-Low-Cost-Man-Packable-Urban-Search-and-Rescue](https://www.researchgate.net/profile/Tracy-Booyesen/publication/270507252_The_Design_of_a_Rugged_Low-Cost_Man-Packable_Urban_Search_and_Rescue_Robotic_System/links/54abe8940cf25c4c472fb97b/The-Design-of-a-Rugged-Low-Cost-Man-Packable-Urban-Search-and-Rescue)
- R. A. Asmara, B. Syahputro, D. Supriyanto, and A. N. Handayani, "Prediction of traffic density using yolo object detection and implemented in raspberry pi 3b + and intel ncs 2," in *4th International Conference on Vocational Education and Training, ICOVET 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Sep. 2020, pp. 391–395. doi: 10.1109/ICOVET50258.2020.9230145.
- "Understanding Perceptron: The Founding Element of Neural Networks." Accessed: Aug. 02, 2024. [Online]. Available: <https://www.analytixlabs.co.in/blog/what-is-perceptron/>
- "freertos.org." Accessed: Aug. 06, 2024. [Online]. Available: <https://www.freertos.org/>
- Y. S. N. I. Wakako Nakano, "Full Hardware Implementation of FreeRTOS-Based Real-Time Systems," 2021, Accessed: Aug. 06, 2024. [Online]. Available: <https://cs.kwansei.ac.jp/~ishiura/publications/C2021-12.pdf>
- A. Zuiev, V. Krylova, A. Hapon, and S. Honcharov, "Research of microprocessor device and software for remote control of a robotic system," *Technology audit and production reserves*, vol. 1, no. 2(75), pp. 31–37, Jan. 2024, doi: 10.15587/2706-5448.2024.297339.
- "Robotis e-manual." [Online]. Available: <https://emanual.robotis.com/>

T. G. Østby, "Object Detection and Tracking on a Raspberry Pi using Background Subtraction and Convolutional Neural Networks," p. 65, 2018, [Online]. Available: [www.usn.no](http://www.usn.no)