

## ساخت ربات امدادگر (ResRob)<sup>۱</sup> با بازوی کنترل شونده به کمک یکپارچه سازی سنسورها

امیر بالائی شهرک<sup>۱</sup>، لاریسا خدادادی باشبلاغ<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه برق و الکترونیک، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

دانشجوی کارشناسی ارشد، مرکز تحقیقات رباتیک و فن آوری های نرم، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۲- استادیار، گروه برق، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

استادیار، مرکز تحقیقات رباتیک و فن آوری های نرم، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

### چکیده

هدف اصلی در این مقاله طراحی و راه اندازی ربات شبیه ساز امدادگر با کنترل از طریق حرکت بازوی انسان بوسیله آردوینو، AVR برای اولین بار توسط یکپارچه سازی سنسور های حرکت حرارتی و سنسور دی اکسید کربن با فناوری کنترل بدون سیم و انتقال تصویر آنلاین به صورت بی سیم است. در زندگی امروزی ارتباط بین ربات و انسان در زمینه های متفاوتی بوسیله دسته کنترلر ها یا کنترل کننده خاص انجام می شود و همینطور برای انسان کار در محیط های پرخطر مانند محیط های آلوده به مواد شیمیایی یا کوره ها یا محیط های آوار ریخته دشوار است. برای حل این چنین مشکلاتی در این مقاله از حالت طبیعی بازوی انسان برای کنترل ربات و بازوی ربات استفاده می شود چراکه حالت بدن انسان، صحیح ترین و در عین حال طبیعی ترین راه برقراری ارتباط بین کامپیوتر و انسان در مکانیزم سیستم های واقعی است. در این مقاله از برد آردوینو مگا و آردوینو یونو برای پردازش تمام عملکرد های ربات استفاده شده است. کار انجام شده بوسیله بازوی ربات ساخته شده بخاطر استفاده از ۶ سروموتور بسیار دقیق می باشد. همچنین در ساخت قسمتی که بازوی انسان را شبیه سازی می کند، مقاومت های متغیری از نوع ولوم نصب شده است تا زاویه آنها را مشخص کنند و برای پردازش به برد آردوینو منتقل کنند. بازوی ربات ساخته شده در عمل تست می شود و نتایج نشان می دهد که می تواند خود را با حرکات مختلف و طبیعی بازوی انسان وفق دهد، تصاویر آنلاین ارسال کند، آشکارسازی گاز CO<sub>2</sub> را انجام دهد و حرکت اجسام جاندار را تشخیص دهد. علاوه بر استفاده در کارهای رباتیک، امداد و نجات، این ربات در زمینه های دیگری همچون کشف، جستجو و کارهایی نظیر حرکت و جابجایی مواد و اجسام داخل مسیر های تونلی، کانال ها و ... هم می تواند کاربرد داشته باشد.

کلمات کلیدی: بازوی انسان، آردوینو، امدادگر، ResRob

<sup>1</sup> Rescue Robot. (ResRob)

<sup>2</sup> Corresponding author: Larissa Khodadadi

Email: lkhodadadi@iaut.ac.ir

## ۱. مقدمه

رباتیک، یکی از علوم مهندسی قابل توجه است که با طراحی، مدل سازی، کنترل و کاربرد ربات ها در ارتباط است. این روزها ربات ها در زندگی روزمره ی افراد همکاری می کنند و در فرآیندهای روزانه ی آن ها حضور دارند. در راستای توسعه ی تحقیقات، ربات ها نه تنها به عنوان مجری فعالیت های ساده، بلکه به عنوان ماشین هایی که اهداف و قابلیت های گوناگونی دارند نیز شناخته می شوند. جست و جو و امداد شهری<sup>۱</sup>، فعالیت واکنشی اضطراری است که با فروپاشی سازه های ساخته شده توسط دست انسان در ارتباط می باشد. فاجعه ی مرکز تجارت جهانی<sup>۲</sup>، به عنوان اولین رویداد در راستای استفاده از ربات ها برای جست و جو و امداد شهری، شناخته می شود. فاجعه ی مرکز تجارت جهانی نشان داد که ربات های کوچکی که می توانند در درون یک کوله پشتی جای گیرند، قابلیت منحصر به فردی برای جمع آوری اطلاعات مفید در موقعیت های جست و جو و امداد شهری دارند. ربات ها می توانند برای نجات افراد وارد حفره های عمیق و باریک شوند یا می توانند از حفره های بزرگ تر که افراد به دلیل وجود آتش یا ساختارهای سست مجاز به ورود به آن نیستند، نقشه برداری کنند. ربات ها می توانند دوربین ها، تصویربردارهای حرارتی و آشکارسازهای مواد خطرناک را به راحتی حمل کند. ربات های امدادگر توسط یکی از تحقیقات شورای ملی پژوهش با عنوان "ایجاد امنیت بیشتر در جامعه، نقش علم و تکنولوژی در مقابله با تروریسم" در سال ۲۰۰۳ معرفی شد. هدف در این مقاله طراحی و اجرای بازوی رباتیک و کنترل آن با استفاده از بازوی انسان به وسیله ی فن آوری هپتیک بوده است. هپتیکز علم استفاده از حس لامسه و کنترل برای ارتباط متقابل در راستای کاربردهای فیزیکی و مجازی است، بهبود کارایی ربات کاوشگر در نجات جان افراد در مناطق صعب العبور و غیرممکن توسط نیروی انسانی با ترکیب و ارتباط بین حرارت جاندار یا فرد با دی اکسید کربن آن، که نهایتا تشخیص زنده بودن فرد با درصد تشخیص صحیح بسیار بالا در فاصله های چند سانت تا چند متر می باشد که کل کار این ربات تلفیقی از کنترل و مشاهده ی آنلاین، ارتباط بی سیم، تشخیص و کاوش زنده بودن انسان در منطقه ی قابل کاوش توسط ربات می باشد. هپتیک یکی از حوزه های در حال رشد در همکاری بین انسان و رایانه می باشد که با تقابل حسگر با رایانه در ارتباط است. کلمه ی هپتیک از کلمه ی یونانی هپتیک<sup>۳</sup> مشتق شده که به معنای مربوط بودن به حس لامسه است. هپتیک در سیستم های مهندسی در راستای خلق محیط مجازی مورد استفاده قرار می گیرد. در واقع هپتیک یک فن آوری بازخورد لمسی است که از حس لامسه برای ایجاد حرکت، لرزش یا نیرو به کاربر استفاده می کند. هپتیک مورد نظر ما به این حوزه مربوط میشود به هپتیک انسانی: مطالعه ی احساس انسانی و کنترل کردن توسط حس لامسه و حس بازوی انسان. ایده ی اصلی، حسگرهایی روی دستگاه هپتیک هستند که به عنوان مبدل کار می کنند و حرکات دست را به سیگنال های الکتریکی تبدیل می کنند. این حرکات دست می توانند، با استفاده از بازوی رباتیک تکرار شوند. بازوی رباتیک: یک کنترل رباتیک، دستگاهی است که قابلیت حرکت در جهت های مختلف (تنه، شانه ها، آرنج، حرکت های انحرافی، پرتاب کردن و حرکت های چرخشی) را دارد و به وسیله ی هپتیک کنترل می شود. ساختارهای لازم برای ساخت ربات امدادگر این است که علاوه بر این که مفصل های چندگانه با قابلیت درجه ی آزادی بیشتر داشته باشد، می تواند توسط حسگر های هپتیک کنترل شده و علاوه بر این قابلیت کنترل بی سیم و ارسال داده های تصویر از طریق یک دوربین را داشته باشد.

<sup>1</sup> USAR

<sup>2</sup> WTC

<sup>3</sup> haptikos

## ۲- تاریخچه تحقیق

در دنیای بشریت، جان انسان ها ارزش و اهمیت خاصی را دارا می باشد و این موضوع با وجود قدرت های خدادادی انسان ها از جمله قدرت تاقل بالا، اختیار و ... باعث شده است که موضوع هایی که به نجات جان انسان ها مربوط می باشند، بیشتر مورد بررسی قرار بگیرند و دانشمندان و محققان در این باره تحقیقات یه لحظه هم غفلت نکنند تا اینکه هرروز امکانات بشریت و امنیت و آسایش انسان ها کامل تر و بروزتر باشد. اهمیت نجات جان افراد از جهات مختلفی مانند بیماری ها، عارضه های خاص، حالت های روحی و بلایای طبیعی مانند سیل و زلزله می تواند انجام پذیرد که ما روی مسائلی آخری یعنی بلایای طبیعی تمرکز می کنیم و با استفاده از ربات ها به نجات جان افراد کمک می کنیم. ربات های نسل جدید در حوزه ی ایزوله شده از جامعه ی انسانی، مورد بررسی قرار گرفته است [۱]، این ربات ها از کاستی های بزرگی رنج می برند، به این دلیل که قابلیت های آن ها جهت کنترل و تقابل با انسان محدود شده است. موضوع اصلی این مقاله، طراحی و توسعه ی رباتی است که با استفاده از فن آوری بی سیم و با شناخت حرکت دست انسان از طریق فن آوری هپتیک حرکت می کند. سیستم ارائه شده در این مقاله، جهت شناخت حرکت های انسانی استفاده گردیده است. بنابراین، دستگاه های هپتیک باید کوچکتر باشند که با وزن کمتر و راحت تر مورد استفاده قرار گیرند. در واقع، فن آوری هپتیک در این مقاله اجازه می دهد ارتباط متقابلی به صورت آنی با اشیای مجازی صورت گیرد. قسمت بازوی ربات امدادگر از تکنولوژی هپتیک [۱] با بهبود زوایا بهره می گیرد. همچنین ربات های نسل جدید در حوزه های ایزوله شده از جامعه ی انسانی بررسی شده است [۲]، موضوع اصلی طراحی و توسعه ی رباتی است که با استفاده از سیستم بی سیم حرکت می کند و از فن آوری هپتیک جهت حرکت دست در محیط مجازی و سیستم های ماشین انسان بهره می برد. از شتاب سنج ممز<sup>۱</sup> جهت کنترل بازوی رباتیک و از دستکش های هپتیک استفاده شده است. برای ساخت آن از حس گرهای هپتیک و میکروکنترلر<sup>۲</sup> و ماژول های رادیویی<sup>۳</sup> استفاده گردیده است. بخاطر برخی محدودیت ها در تکنولوژی شتاب سنج ها و ماژول های استفاده شده در فرکانس های آراف ما در ربات امدادگر از نوع دیگر کنترلر ها و ماژول ها با کارایی خیلی بالا بهره می بریم. مسائل ایمنی در راستای کنترل ربات و اجرای وظایف مشابه انسانی در فضای مشابه کاری بررسی نمودیم است [۳]، در طول اجرای وظایف ربات، انسان باید این قابلیت را داشته باشد که به طور فیزیکی با ربات در ارتباط باشد و در این مقاله یک الگوریتم تخمین برای ارتباط ارائه می شود که شرایط ایمنی را هم تضمین می کند. این روش، از تخمین گشتاور مشترک باقی مانده آغاز شده، محاسبات تطبیقی در نقاط نیرو و اتصالی را انجام می دهد بعلاوه چون به طور همزمان باید از ارتباطات غیرعمدی خودداری شود، یک روند پسارخورد جهت حرکت ربات، دور از منطقه ی تصادف بررسی می گردد. در این چهارچوب، تخمین نیروی متقابل، جهت پیش بینی حرکت انسان و واکنش مناسب بسیار مهم است. به همین دلیل روشی برای تخمین نیروی اتصال و نقطه ی اتصال جهت کنترل n لینک در نقطه ی اتصال با گشتاور صفر ارائه شده است. از این مرجع بطور ساده تر و کارآمدتر در برنامه ی ربات بطور پیشرفته، کنترل لینک هارا دقیقتر می کنیم. روشی دیگر جهت تطابق با حس لامسه ی انسانی که همان فن آوری هپتیک است مورد بررسی قرار گرفته است [۴]، در اینجا حرکت ربات به وسیله ی بازخورد دریافت شده ی هپتیک از کاربر مشخص می شود. بازخور هپتیک، اشاره به تغییرات خروجی دستگاه با توجه به حس لامسه ی انسان دارد. هدف طراحی و اجرای بازوی رباتیک هپتیک است. که حرکات دست کاربر را شناسایی می کند. بازوی ربات، تغییرات در حرکات دست کاربر را دنبال می کند. در این راستا، این بازو با سه نقطه ی اتصال شامل سروو موتورها جهت ایجاد دو درجه ی آزادی طراحی شده است. حرکات انسان به وسیله

<sup>1</sup> MEMS

<sup>2</sup> ATMEGA16

<sup>3</sup> RF

ی اجزای الکترونیکی مثل پتانسیومتر حس می شود. پردازش خروجی حس شده کاملاً مشابه ساختار طبیعی بوده که هزینه ی موثر بازوی ربات را کاهش می دهد. سیستم های حلقه بسته با استفاده از سروو موتورها اجرا گردیده است که خطای ناشی از منابع اغتشاش خارجی را کاهش می دهد. بازوی ربات قادر است وزن بالاتر از ۲۵۰ گرم را بلند کند و دقت بالایی در حرکت بازوی ربات به دلیل تولید سیگنال های کنترل دقیق برای سروو موتورها مشاهده شده است. ما نیز در ربات امدادگر از مرجع [۴] بهره برده و با تکامل دادن نوع لینک ها و بازو ها و حتی سروو ها با ایده هایی نو و کامل و تکامل یافته ادامه می دهیم. تمرکز روی توسعه و کنترل بازوی ربات های انسان نما<sup>۱</sup> می باشد که برای کار کردن در محیط های پویا در نظر گرفته شده است [۵]، حس گرهای گشتاور نوری که روی هر مفصل نصب شده است، نیروی ارتباط را در طول تمامی سطح کنترل اندازه گیری می کند. یک روند کنترل هدایت متغیر، کار افزایش فعالیت ربات و دست یابی به ارتباط پویای شبه انسانی را انجام می دهد در این مقاله هم چنین یک مفهوم بدیع جهت اجتناب از موانع دارای شکل نامعین ارائه می کند. قابلیت حسگری لامسه ی کنترل کننده های توسعه یافته، به اتصالات ربات اجازه می دهد که حد فاصل شی را دنبال کنند و نقشه ی حرکت را در محیط دینامیک اجرا کنند. اطلاعات از بردار نیروی اعمال شده، شکل شی و نقطه ی هدف به سیستم نقشه برداری حرکت، عرضه می شود. این الگوریتم ها برای کشف نقطه ی اتصال، شناخت هندسه ی شی و تخمین میزان سفتی شی را به تفصیل بررسی می کنند. شبیه سازی های عددی، قابلیت روش ارائه شده جهت تخمین دقیق شکل شی های مختلف با استفاده از شبیه سازی های عددی محک زده می شود. ما نیز در این مقاله، نوع ارتباط مفصل ها با روش هایی جهت تخمین زوایا و اطلاعات دریافت شده از طریق فیدبک بازوی ربات را با بهتر کردن الگوریتم های این مرجع پیش میبریم. یک روش عملیاتی از راه دور برای بازوی ربات در محیط پیچیده با استفاده از نیروی مجازی در مرجع [۶] ارائه شده است. یک بازوی مجازی ربات به وسیله ی نیروی فرمان، کنترل می شود که توسط بازخورد هپتیک تولید می گردد. یک میدان نیروی سه بعدی برای آشکارسازی تصادف و اجتناب از آن به کار گرفته شده است. نیروی های دفع کننده از میدان نیروی سه بعدی، تولید شده و به دستگاه هپتیک بازخورد می کند که این عمل قابلیت اجرای حس لامسه روی موانع روبه رو را ایجاد کرده و سپس به بازو دستور می دهد که از آن دوری کند. به عنوان یک نتیجه، موفقیت های بدون تصادف در بازوی ربات مجازی می تواند جهت دستور دادن به ربات واقعی مورد استفاده قرار گیرد. استفاده از روش فیدبک گیری از بازوی اصلی برای تشخیص محیط واقعی با مقدار حرکت از قبل تعیین شده در این مقاله استفاده شد. طراحی یک بازوی ربات هپتیک، که می تواند جهت برداشتن و قرار دادن اشیا استفاده شود [۷ و ۸]، یک بازوی ربات با ۴ درجه ی آزادی، طراحی شده است و قابلیت قرار دادن اشیا با وزن معین و در مکان دلخواه را دارد. جهت راحتی برداشتن اشیا سروو موتورها با گشتاور ۱۱ کیلوگرم مورد استفاده قرار می گیرد. برنامه نویسی به وسیله ی میکروکنترلر<sup>۲</sup> صورت پذیرفته است. ورودی میکروکنترلر به وسیله ی یک کنترلر از راه دوری ارائه می شود که یک بازوی ربات است. بازوی ربات از پلی کرنات نصب شده با پتانسیومترها با چرخش زاویه ی معین ساخته شده است. پتانسیومترها زاویه ی چرخش را آشکارسازی می کنند و سیگنال های مربوط به میکروکنترلر را ارسال می کنند. در این قسمت از برد های معروف آردوینو با پردازنده های قدرتمند و کارآمد و ارزان قیمت ۳۲۸ مگا بهره خواهیم برد که نسبت به دیگر کنترلر ها قابل دسترسی آسان، ارزان و امکانات بیشتر می باشد. هدف ما طراحی و اجرای بازوی رباتیک و کنترل آن با استفاده از بازوی انسان به وسیله ی فن آوری هپتیک بوده است. هپتیکز علم استفاده از حس لامسه و کنترل برای ارتباط متقابل در راستای کاربردهای فیزیکی و مجازی است، بهبود کارایی ربات کاوشگر در نجات جان افراد در

<sup>1</sup> iSoRA

<sup>2</sup> ATMEGA-328

مناطق صعب العبور و غیرممکن توسط نیروی انسانی با ترکیب و ارتباط بین حرارت جاندار یا فرد با دی اکسید کربن آن، که نهایتاً تشخیص زنده بودن فرد با درصد تشخیص صحیح بسیار بالا در فاصله‌های چند سانت تا چند متر می‌باشد که در کل کار این ربات تلفیقی از کنترل و مشاهده‌ی آنلاین، ارتباط بی سیم، تشخیص و کاوش زنده بودن انسان در منطقه‌ی قابل کاوش توسط ربات امدادگر می‌باشد. ربات امدادگر جزو دسته ربات‌های حرکتی<sup>۱</sup> می‌باشد و قادر به حرکت بوده می‌تواند بر حسب کاربرد هوشمند یا نیمه هوشمند باشد و در موارد مورد نیاز در صحنه‌های مختلف مانند آوارها و خرابه‌ها به امداد و نجات آدمی کمک مناسب را انجام دهد، مهمترین اهداف در این ربات امدادگر عبارت‌اند از:

- بهبود کارایی ربات امدادگر با افزودن امکان ارسال تصویر از منطقه‌ی کاوش
- کنترل بازوی ربات با استفاده از بازوی انسان
- تشخیص زنده بودن فرد با تلفیقی از سنسورهای دی اکسید کربن و حرارت

### ۳- بیان کلی ساختار ربات

ربات امدادگر از چندین بخش مجزا ساخته شده است که به صورت یکپارچه به هم متصل شده و وظیفه ربات امدادگر مورد نظر را انجام می‌دهند. بصورت کلی ربات ResRob به دو بخش زیر تقسیم می‌شود:

۳-۱. بخش مکانیکی ربات

۳-۲. بخش الکترونیکی و نرم افزاری ربات

### ۳-۱. بخش مکانیکی ربات

بخش مکانیکی ربات امدادگر شامل بازوی مکانیکی ربات و گریپر که وظیفه تغییرات متناسب با بازوی شخص به صورت کاملاً بی سیم و حمل مواد لازم توسط آن را بر عهده دارد، بخش موبایل حرکتی ربات که وظیفه انتقال ربات از نقطه‌ای به نقطه دیگر را توسط موتورها و دستورات ارسال شده از قسمت جوی استیک در مدارات قسمت بازوی مکانیکی دارد.

### ۳-۱-۱. بخش جوی استیک یا کنترل حرکت اصلی ربات

از ماژول جوی استیک می‌توان برای ساخت رادیو کنترل و کنترل‌های هدایتی و کنترل انواع ربات‌های جنگجو و پرنده و ... و بسیاری موارد دیگر استفاده کرد، ماژول جوی استیک<sup>۲</sup> ربات امدادگر که در شکل ۱ آمده است، دارای دو محور X و Y است که خروجی آن بصورت ولتاژ و آنالوگ می‌باشد. دلیل استفاده از جوی استیک در ربات امدادگر در اولین مرحله برای حرکت بدنه‌ی ربات در مناطق عملیاتی و آوار، به سمت جلو، عقب، چپ گرد و راست گرد از تک سویچ‌های پایه بلند استفاده شد، که در مرحله‌ی تست متوجه این مساله شدیم که برای حرکت تند و کند ربات در همه‌ی جهات به مشکل برخوردیم چون خروجی تک سویچ‌ها فقط ۰ و ۱ را عوض می‌کند و مشکل دیگر اشتباهات و خطاهای فردی در کنترل حرکت ربات به سوی هدف مورد نظر به علت استفاده از چند انگشت به صورت همزمان بود، برای این منظور از ماژول جوی استیک موجود در بازار استفاده شد، که دلیل استفاده از این ماژول خروجی آنالوگ این ماژول می‌باشد که خروجی آن نسبت به شدت تغییرات متغیر می‌باشد که باعث می‌شود حرکت تند و کند ربات را انجام بدیم، مزیت دیگر این جوی استیک سادگی بیش از حد به دلیل استفاده از پتانسیومتر برای تغییر ولتاژ کنترل، داخل ساختار این ماژول می‌باشد.

<sup>1</sup> Mobile Robot

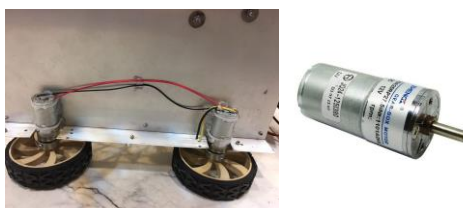
<sup>2</sup> JoyStick



شکل ۱. نمای ظاهری و ساختار داخلی جوی استیک استفاده شده در ربات امدادگر

## ۳-۱-۲. بخش حرکتی ربات<sup>۱</sup>

برای ربات امدادگر موتورهای محرکی با گیربکسی مستقل برای دریافت قدرت بالا و سرعت قابل تنظیم نیاز بود، که بعد از تحقیقات مداوم در مورد موتور های گیربکس دار نتیجه بر این شد که: در مرحله ی آزمایش ربات از موتور های DC با گیربکس حلزونی و کمیاب به علت قدرت فوق العاده ی گیربکس این موتور ها استفاده شد، در مراحل تست اولیه، ربات به درستی کار کرد، ولی در مراحل بعدی، بعد از گذراندن دوره های تست عملکرد، متوجه جریان کشی بالا، گرم شدن گیربکس به علت مصرف بالا و گیر گردن همزمان ۲ موتور موقعی که ۱ موتور به حالت فشار زیاد ترمز می کند برخورد شد و این مساله بعد از طی مسافت و دور زدن های مکرر باعث اشتباهات در سمت گیری و به دنبال آن خالی کردن باتری ربات انجامید، اکثر ایده های برنامه نویسی و ضریب کنترل ها و دقت ها چک شدند ولی نتیجه مطلوب نبود و همچنان مشکلات قابل چشم پوشی نبود که برای رفع این مشکل دست به کار شده و از موتور های معروف ZGA12 موجود در بازار استفاده شد، این موتور ها خیلی بروزتر، کم مصرف و کارکرد بهینه ای نسبت به موتور های موجود دارند، قیمت خیلی مناسب، قابل دسترسی آسان، گیربکس خیلی قویتر نسبت به DC های موجود در بازار و در کارکرد عادی تداخلی در همدیگر ندارند و نیز به علت مصرف انرژی پایین درایو آسانتری دارند. موتورهای استفاده شده در ربات امدادگر از نوع ZGA12<sup>۲</sup> که در شکل ۲ مشاهده می شود به تعداد ۲ عدد در هر طرف ربات می باشد، که با ولتاژ ۱۲ ولت و چپیت درایور موتور<sup>۳</sup>، درایو شده و توسط برد آردوینو<sup>۴</sup> دستور گرفته و کنترل می شوند.



شکل ۲. موتور گیربکس ZGA استفاده شده در ربات امدادگر

## ۳-۱-۳. بازوی مکانیکی ربات

بخش بازوی مکانیکی ربات امدادگر شامل ۲ عدد بازو است که یک بازو جهت کنترل ربات اصلی ( قسمت کنترل کننده توسط بازو ی انسان ) و قسمت دیگر بازو ی کنترل شونده می باشد که عملیات امداد و نجات را توسط کنترل کننده (کاربر) بر عهده دارد. بازوی مکانیکی ربات یک بازو دارای بخش کنترلی می باشد که با استفاده از بازوی طراحی شده توسط انسان این کار را انجام می دهد. بازوی طراحی شده مورد نظر وظیفه انتقال سیگنال های کنترلی جهت تغییرات ربات را ارسال می کند. بازوی کنترل کننده از یک قسمت الکترونیکی و یک قسمت مکانیکی تشکیل شده است، بخش

<sup>1</sup> Mobile Robot

<sup>2</sup> ZGA12 150RPM

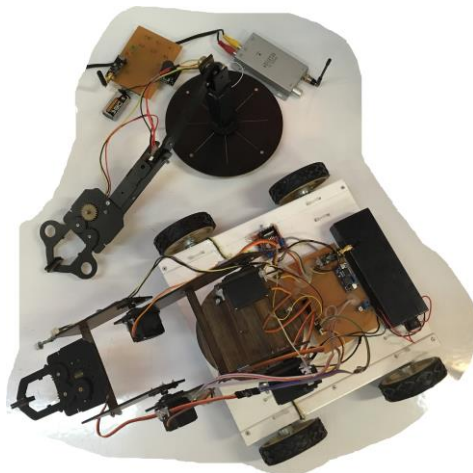
<sup>3</sup> L298

<sup>4</sup> Arduino Mega2560

مکانیکی ربات امدادگر توسط بازو‌هایی از جنس چوب<sup>۱</sup> سخت که طراحی ابعاد و شکل‌های بازو در نرم افزار کورل<sup>۲</sup> انجام و استفاده شد، به علت دوام زیاد و سبک بودن بیش از حد، این قسمت با چوب‌هایی معروف به ام دی اف ۲ میلیمتری سخت طراحی شد، قسمت ارسال دستورها، توسط لینک‌های بازو‌ها را، ولوم‌هایی مونو با دقت قابل قبول و بالایی بر عهده دارند که یک ولوم برای قسمت گریپر و ۳ تای دیگر برای لینک‌های بازوگنجانده شد. بازوی کنترل شونده از یک قسمت الکترونیکی و یک قسمت مکانیکی و شاسی تشکیل شده است، بخش مکانیکی قسمت کنترل شونده ربات امدادگر که در شکل ۳ دیده می‌شود، از هرزگرد‌های فلزی در قسمت بازوی متصل به شاسی و ۶ عدد سرو موتور فلزی با قابلیت تحمل بیش از 10kg عملی و نیز جنس بدنه ی بازو از چوب‌های ۲ میلی متری ساخته شد. بخش شاسی ربات اصلی و جایی که بازو اصلی ربات امدادگر بر روی آن سوار است توسط ورق‌های آلومینیومی نازک به هم چسبیده و برای استحکام بالا و وزن کم استفاده شد، که عملکرد خیلی خوبی دارد. قسمت محرک ربات امدادگر از موتورهای دی سی گیربکس دار دور پایین<sup>۳</sup> توسط بست به شاسی ربات متصل شد تا مهارت و ضریب حرکات ربات را بالا ببرد.

### ۳-۱-۴. بخش گریپر

قسمت گریپر (دست) ربات در هر دو قسمت کنترل کننده و کنترل شونده که در شکل ۳ هر دو قسمت نمایان است، توسط نرم افزار طراحی شده و آماده شد، که بعد از جایگذاری در قسمت نهایی بازو با کنترل شونده یک سرو موتور نتیجه مطلوب شد. گریپر ربات امدادگر نیز با جنس چوب سخت<sup>۴</sup> تهیه و آماده شد.



شکل ۳. نمایی از ربات امدادگر شامل هر دو بازوی مکانیکی

### ۳-۱-۵. بدنه ی اصلی ربات

قسمت بدنه ی اصلی و محرک ربات از یک برد پردازشی آردوینو<sup>۵</sup> بهره می‌برد که وظیفه ی این برد، هماهنگی بین همه ی دستورات دریافتی از بازو، اعم از حرکت بازو، حرکت ربات و ... را دارد، همچنین تحلیل و پردازش سیگنال‌های دریافتی از ماژول ان آر اف<sup>۶</sup>، ارسال و دریافت تمام عملکردها با این ماژول به صورت بی سیم، پردازش دریافت خروجی سنسورهای ربات و ارسال سیگنال‌های عملکردی به برد بازوی کنترل ربات و نیز ارسال دستورهای هماهنگی و درایو

<sup>1</sup> MDF

<sup>2</sup> Corel Draw

<sup>3</sup> 150RPM

<sup>4</sup> MDF

<sup>5</sup> Mega2560

<sup>6</sup> NRF

موتوهای محرک ربات توسط تراشه‌ی درایور موتور استفاده شده در ربات امدادگر، هماهنگی و ترکیب داده‌های دریافتی از برد کنترلی و بازوی کنترلی، برای کنترل ۶ عدد سرو موتور استفاده شده در قسمت بازوی ربات جهت امداد و نجات و در نهایت اجرای تمام دستورات به صورت همزمان بدون تداخل هیچ یک از بخش‌ها در دیگر عملکردهای ربات امدادگر می‌باشد، در ضمن ماژول تغذیه‌ی کاهنده<sup>۱</sup> نیز بر روی این برد گنجانده شد تا ولتاژ و جریان صافتری به قسمت‌های برد آردوینو برسد.

## ۲-۳. بخش الکترونیکی و نرم‌افزاری ربات

بخش الکترونیکی و نرم‌افزاری ربات نیز شامل سنسور و مدار فرمان که وظیفه دریافت اطلاعات محیط، تغییرات محیط و همچنین ارسال سیگنال‌های دریافتی از سنسور‌ها و انتقال به بخش‌های کنترلی مورد نظر محرک و حرکتی ربات را دارد. و نیز بخش نرم‌افزار ربات امدادگر شامل برنامه‌ی برد‌های کنترلی ربات و بازو می‌باشد، که وظیفه‌ی هماهنگی بین سنسور‌ها، انتقال داده‌ها بین فرستنده و گیرنده بازو و ربات، آنالیز فرکانس‌های دریافتی و هماهنگی حرکات و بهینه کردن بهره و هدر رفت انرژی را دارد. در حالت کلی بخش پردازنده مرکزی ربات در هر دو قسمت کنترلی و قسمت محرک از نوع میکروکنترلرهای AVR می‌باشد که توسط برد‌های طراحی شده با ترکیب برد‌های آماده، تمامی قسمت‌های ربات را باهم هماهنگ کرده و وظیفه‌ی پردازش تمامی عملکردهای سیستم را برعهده می‌گیرد. در ادامه بخش‌های الکترونیکی و نرم‌افزاری به اختصار توضیح داده می‌شود.

## ۱-۲-۳. سنسور حرکت حرارتی

بخش سنسور حرکتی مدار شامل یک برد راه‌انداز سنسور و خود سنسور الکترونیکی می‌باشد که ورودی آن شامل جسمی است که دارای حرکت و دارای حرارت است، ماژولی که از آن در ربات امدادگر استفاده می‌شود HC-SR505 PIR<sup>۱</sup> نام دارد که در شکل ۴ نشان داده شده است، این سنسور برای تشخیص حرکت بر مبنای نور مادون قرمز ناشی از گرمای موجود در محیط کاربرد دارد. راه‌اندازی اولیه و کالیبره شدن این سنسورها چیزی در حدود ۱۰ تا ۶۰ ثانیه به طول می‌انجامد و در طی این مدت برای تنظیم دقیق نباید در شعاع دید آنها حرکتی انجام پذیرد. خروجی این سنسور به صورت یک چراغ LED سبز رنگ در قسمت کنترلی بازو گنجانده شده است، که که فرد کنترل کننده با مشاهده‌ی وضعیت موجود تصمیم‌گیری برای روند امداد و نجات را از طریق تشخیص حرکت و حرارت انجام می‌دهد.



شکل ۴. ماژول PIR حرکت حرارتی

## ۲-۲-۳. سنسور اکسیژن

از سنسور گاز برای اندازه‌گیری مقدار گاز موجود در محیط استفاده می‌شود جهت مصارف ایمنی و آتش‌نشانی استفاده می‌شود. میزان گاز به صورت "قسمت در میلیون قسمت"<sup>۳</sup> بیان می‌شود. سنسورهای گاز جزء سنسورهای شیمیایی محسوب می‌شوند، بخش سنسور گاز مدار ربات امدادگر شامل یک سنسور الکترونیکی می‌باشد که ورودی آن شامل انواع اقسام گازها می‌باشد، سنسوری که از آن استفاده می‌کنیم از سری سنسورهای MQ می‌باشد که MQ-135 سنسور مورد

<sup>۱</sup> LM2596

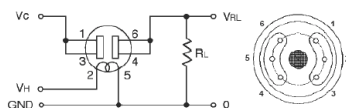
<sup>۲</sup> Passive Infra-Red

<sup>۳</sup> "PPM"



استفاده در ربات امدادگر است ، که در شکل ۵ آورده شده است که یک سنسور گاز کربن دی اکسید<sup>۱</sup> است ، که از ویژگی

های آن می توان حساسیت بالا ، راه اندازی و کارکرد آسان ، سرعت پاسخ دهی خوب و قیمت نسبتا ارزان را نام برد ، ورودی سنسور دی اکسید کربن متغیرهای تصمیم گیری برای عملکرد های ربات توسط بازو را شامل می شود ، خروجی این سنسور به صورت یک چراغ LED قرمز رنگ در قسمت کنترلی بازو گنجانده شده است که که فرد کنترل کننده با مشاهده ی وضعیت موجود تصمیم گیری برای روند امداد و نجات را انجام می دهد.



شکل ۵. مدار داخلی سنسور گاز

### ۳-۲-۳. قسمت انتقال بی سیم داده ها (NRF)

این ماژول در ۲ نوع آنتن دار و بدون آنتن که در شکل ۶ نمایش داده شده است ، موجود می باشد ، که نوع بدون آنتن بردی حدود ۱۰۰ متر و نوع آنتن دار ۱۱۰۰ متر است. چیپ NRF24L01+ نمونه تصحیح شده با امکانات بیشتر و دیتا ریت بالاتر چیپ NRF2401 است که توسط شرکت NORDIC در اوایل سال ۲۰۰۸ معرفی شد. این چیپ یک ماژول بسیار عالی برای ارسال و دریافت اطلاعات بدون خطا است چیزی که در ماژول های HMTR یا حتی در RFXMXX ها یا به کلی وجود نداشت یا این که مشکلات خاص خود را داشت. فرکانس ارتباطی این چیپ ۲.۴ گیگا هرتز است که این خاصیت آن ویژگی های زیادی را برای ما به ارمغان می آورد . از جمله کوچک شدن سایز آنتن که حتی میتوان از خود برد<sup>۲</sup> به صورت یک آنتن استفاده کرد ، مورد دیگر هم به دلیل فرکانس بالا بسیار راحت تر از دیوار یا اجسام دیگر عبور می کند و با عث می شود که برد بیشتری هم به ما بدهد . این چیپ به صورت دو طرفه کار می کند و در کل شما فقط به ۲ عدد از این چیپ ها برای ارتباط لازم دارید ، دیتا ریت این چیپ حداکثر ۲ مگا بیت بر ثانیه است که می توان از آن برای انتقال اطلاعات سنگینی مشابه صوت و یا حتی ویدئو استفاده کرد. ویژگی های خاص ماژول های ان آر اف سری آنتن دار طبقه تقویت کننده گیرنده و فرستنده داخلی آن ها است ، حداکثر دیتا ریت تا ۲ مگا بیت بر ثانیه در فضای باز قابل دریافت است ، جریان مصرفی ۱۲ میلی آمپر که مصرف بسیار پایینی است ، دارای رگولاتور داخلی و بی نیاز از تأمین ولتاژ های مختلف می باشد ، مجهز به تکنولوژی پیشرفته SHOCKBURST است ، همچنین قابلیت اتصال چند ماژول به هم از طریق بی سیم و ایجاد یک شبکه محلی را داراست نیز قابلیت تحمل ولتاژ ۵ ولت بر روی پین های دیتا را دارد موارد استفاده این ماژول های رادیویی عبارت اند از : قطعات کامپیوتری بی سیم مانند موس یا کیبورد یا قطعات دیگر بعلاوه هدست های بیسیم مانند VOIP HEADSET ، همچنین دسته های بیسیم کنسول های بازی مانند PS3 و ساعت های ورزشی یا سنسور ها می باشد و نیز همچنین در شبکه هایی که نیاز به یک ارتباط وایرلس بسیار کم مصرف است، سیستم های مسیر یاب مانند GPS ، اسباب بازی ها، در بسیاری از پروژه های متنوع صنعتی و غیرصنعتی که نیاز به یک ارتباط بی سیم مطمئن می باشد. در ربات امدادگر به علت نیاز به برد بالا و خطای خیلی کم و توان مصرفی پایین به علت استفاده از باتری از ماژول NRF24L01+ آنتن دار با برد تقویت شده ۱۱۰۰ متر استفاده شد .

<sup>1</sup> CO2

<sup>2</sup> PCB



شکل ۶. ماژول های NRF24L01 با آنتن و بدون آنتن

### ۳-۲-۴. دوربین ربات امدادگر

در ربات امدادگر یک دوربین طبق شکل ۷ معروف به دوربین های بی سیم آر اف استفاده شده است ، دلیل استفاده از این نوع دوربین ، جریان کشی فرستنده ی دوربین است که به علت تکنولوژی بسیار بالا به علت بی سیم بودن در حد ۲۰ میلی آمپر می باشد و به علت استفاده از باتری در ربات ، مصرف این دوربین بسیار نامحسوس و قابل چشم پوشی می باشد ، دلیل دیگر کیفیت قابل قبول و اندازه ی این دوربین می باشد ، که بعد از نصب بر روی ربات اصلا دیده نمیشود ، وزن کم این دوربین نسبت به دیگر دوربین های مدار بسته باز هم مزیتی است که باعث می شود وزن ربات کم باشد و به طبع آن مصرف انرژی پایینتر در پی خواهد داشت ، دیگر مزیت این دوربین قیمت نسبتا پایین آن نسبت به دوربین های موجود در بازار می باشد . ولتاژ های این دوربین هم در فرستنده هم در گیرنده ۱۲ ولت می باشد ، که ولتاژ فرستنده را باتری ربات و ولتاژ تغذیه ی گیرنده ی دوربین را یک آداپتور سویچینگ ۱۲ ولت تامین می کند. خروجی گیرنده تصویری با صدا و تصویر آنالوگ دارد ، که در ال سی دی یا یک تلویزیون مشاهده می کنیم که در صورت بروز مشکل در مسیر حرکت ربات علت نمایان می شود .



شکل ۷. دوربین بی سیم استفاده شده در ربات امدادگر

### ۳-۲-۵. کنترل توسط بازوی انسان

قسمت کنترل توسط بازوی انسان از یک برد پردازشی به نام آردوینو<sup>۱</sup> بهره می برد ، که وظیفه ی این برد ، هماهنگی بین دستورات ارسالی از بازو ، ارسال دستورات حرکتی ربات توسط جوی استیک ، ارسال و دریافت تمام عملکرد ها با ماژول NRF به صورت وایرلس ، پردازش دریافت خروجی سنسور های ربات و نمایش سیگنال های دریافتی از طریق LED های تعبیه شده بر روی برد کنترل ربات را دارد ، که برای سنسور دی اکسید کربن LED قرمز رنگ و برای سنسور حرکتی LED سبز رنگ استفاده شد.

### ۳-۲-۶. نرم افزار کورل<sup>۲</sup>

برای ساخت و طراحی قسمت های مختلف هر دو بازو در قسمت گیرنده و فرستنده به یک نرم افزار جهت طراحی برای ساخت قسمت های ربات نیاز بود که بخاطر راحتی و ساده بودن طراحی در این نرم افزار، قابل دسترس بودن آموزش رایگان برای عموم و بدون هزینه بودن برای دانلود و کرک نداشتن نرم افزار از نرم افزار CorelDraw Graphics Suite X8 که نسخه ی نهایی می باشد، استفاده شد . برای طراحی همه ی قسمت های بازوی مورد استفاده در ربات

<sup>1</sup> Arduino UNO

<sup>2</sup> Corel Draw

امدادگر ابتدا فرضیات روی کاغذ کشیده شد در مرحله ی بعد اندازه ها در ابعاد خیلی کوچکتر برای مرحله ی تست طراحی و از چوب نازک سخت ۲ میلی ساخته شد و بعد از مراحل تست و بررسی استحکام و رفع ایرادات طراحی ، بازو هایی با ابعاد نزدیک به واقعی برای راحتی کار در آزمایشگاه طراحی و در نتیجه نمونه ی نهایی ساخته و آماده ی بهره برداری شد .

### ۳-۲-۷. نرم افزار آلتیوم دیزاینر<sup>۱</sup>

برای طراحی برد های واسط جهت کار با گجت های آردوینو از چند نرم افزار که شامل نرم افزای پروتئوس ، ZenitPCB ، ... و در نهایت نرم افزار فوق حرفه ای آلتیوم دیزاینر که در عین حال خیلی ساده و عامه پسند و کتابخانه ای از قطعاتی خیلی کامل و کاربردی که باعث شد به سراغ این نرم افزار رفته و طراحی ۲ عدد برد واسط برد های آردوینو در قسمت فرستنده و گیرنده را در این نرم افزار انجام دهیم . طریقه ی کار با این برنامه به شکلی است که در مرحله ی اول با قطعات مورد نیاز ، شماتیک مدار مورد نظر خود را چیدمان کرده و سیم کشی خاص مدار را انجام می دهیم و بعد از تأیید نهایی طراحی از نظر علمی ، به مرحله ی دوم وارد شده و به سیم کشی های شماتیک مدار خود نظم و ترتیب می دهیم و بعد از انتخاب اتصالات<sup>۲</sup> و اندازه ی PCB نهایی ، مسیر های مورد نظر را طراحی کرده تا PCB نهایی آماده ی چاپ می شود.

### ۳-۲-۸. نرم افزار آردوینو<sup>۳</sup>

این برنامه تحت عنوان آردوینو قابل دسترس می باشد و این نرم افزار پیش فرض از کتابخانه ی تمامی قطعات الکترونیکی برای فراخوان در برنامه پشتیبانی می کند ، زبان برنامه نویسی در این نرم افزار از زبان C پشتیبانی می کند و باید دستورات ما تحت زبان C باشد ، که تمامی الگوریتم های عملی و هماهنگی برد های ربات امدادگر در این نرم افزار اوپن سورس<sup>۴</sup> انجام گرفت .

### ۴. نتیجه گیری و پیشنهادات برای ادامه کار

در این مقاله هدف بررسی یک ربات امدادگر با بازوی مکانیکی کنترل شونده با بازوی انسان به منظور انجام وظایف مرتبط با امدادگری با سنسور های مختلف بود. به همین منظور ساختار الکترونیکی، کنترلی و مکانیکی ربات به صورت کامل تشریح شده و الگوریتم جستجو در آن مورد بررسی قرار گرفت. سپس به دلیل اهمیت بازوی ربات مطالعات لازم پیرامون بخش های مرتبط با سینماتیک و دینامیک بازوی مکانیکی انجام گرفته و تاثیر محیط و انسان بر آن در نظر گرفته شد ، که در ساختار کنترلی بازو می توان از بازوی شبیه ساز و جوی استیک به شکل همزمان به منظور اعمال تبدیلات متوالی حرکتی استفاده کرد ، بکارگیری سنسورهای تشخیص حرکت حرارتی و دی اکسید کربن از مبانی کاربردی ربات های امدادگر می باشد که تلفیق این ۲ سنسور نتایج مطلوبی داشت ، در بازو بکارگیری بازوی سه درجه آزادی می تواند از جهتی فرآیند کنترلی کار را ساده تر و کارآمد تر نموده و از جهتی دیگر به انعطاف حرکتی بازو کمک کند . کاربرد ساختار سنسوری یکپارچه ، می تواند فرآیندهای جستجو ، تشخیص و انتقال را سهولت دهد . بعلاوه سیستم وایرلس استفاده شده نیز بسیاری از مشکلات حرکتی ، مسافتی ، سرعت و بسیاری از محدودیت ها را از میان برمی دارد. برای بهبود عملکرد این ربات ، می توان از کنترل کننده های حلقه بسته به عنوان بخش تکمیلی کار ربات استفاده کرد ، استفاده از سنسورهای التراسونیک به صورت شبکه ای می تواند میزان هوشمندی ربات را افزایش دهد ، بعلاوه می توان با استفاده از الگوریتم های بهینه در پیدا کردن مسیر حرکت بهینه به سمت هدف کار امداد را سریعتر نمود ، ساخت بردهای حافظه برای این ربات به منظور ذخیره مسیر رفت و استفاده از آن در مسیر بازگشت می تواند کار امداد را دقیقتر کند .

<sup>1</sup> Altium Designer

<sup>2</sup> connections

<sup>3</sup> Arduino

<sup>4</sup> OpenSource

۵. منابع

- [1]- Vipul J. Gohil, et al., (2013) "Robotics arm control using haptic technology", International Journal of Latest Research in Science and Technology, Vol.2, No.2, pp.98-102
- [2]- Bhushan R, et al., (2015) "Haptic gloves controlled robotic arm using MEMS accelerometer", international journal of innovations in engineering research and technology, Vol.2, No.1, pp.1-5
- [3]- Filippo D'Ippolito, et al., (2014) "Contact Estimation in Robot Interaction", International Journal of Advanced Robotic Systems. Energy, Information Technology and Mathematical Model, University of Palermo, Italy, Vol.49, No.8, pp.616-620
- [4]- Jainish S Kothari, Tanay S Vaidya, (2014) "Analog Haptic Robotic Arm", International Journal of Scientific & Engineering Research, Vol.5, No.1, pp. 771-774
- [5]- Dzmitry T, et al., (2009) "ISORA: Humanoid Robot Arm for Intelligent Haptic Interaction with the Environment", Advanced Robotics, Vol.23, No.2, pp.1327-1358
- [6]- Pholchai Ch, et al., (2008) "a haptic base human robot interaction approach for robotic grit blasting", Te 25<sup>th</sup> International Symposium of Automation and Robotics in Construction, Vol.10, No.4, pp. 148-154
- [7]- A. Rama K, et al., (2012) "Design And Implementation Of A Robotic Arm Based On Haptic Technology", International Journal of Engineering Research and Applications, Vol. 2, No.3, pp.3098-3103
- [8]- Adam J, Elena M, John E, (2002) "Performance evaluation of autonomous mobile robots", Industrial Robot: An International Journal, Vol. 29, No. 3, pp.259 - 267