

تیم FortyBot - لیگ ربات‌های کارخانه‌ای

پنجمین دوره مسابقات بین‌المللی رباتیک جام دانشگاه امیرکبیر ۱۳۹۴

گزارش فنی تیم

علی آذریپوند، میثم پرویزی، حسین تقی‌لو، مسعود جعفری، مرتضی علیاری

انجمن رباتیک دانشگاه زنجان
زنجان، بلوار دانشگاه، دانشگاه زنجان، دانشکده‌ی مهندسی
uzra@znu.ac.ir
<http://www.uzra.ir>

چکیده. این گزارش توضیحاتی راجع به فعالیت‌های تیم FortyBot برای شرکت در لیگ ربات‌های کارخانه‌ای پنجمین دوره‌ی مسابقات بین‌المللی رباتیک جام دانشگاه امیرکبیر در سال ۱۳۹۴ ارائه می‌کند. در این گزارش مشخصات مکانیکی و الکترونیکی ربات شرح داده شده و همچنین تجهیزات و ماژول‌های مورد استفاده در ربات نیز معرفی خواهد شد.

۱ مقدمه

تیم FortyBot که وابسته به انجمن رباتیک دانشگاه زنجان است از ابتدای سال ۱۳۹۴ فعالیت‌های خود را برای شرکت در لیگ ربات‌های کارخانه‌ای مسابقات بین‌المللی رباتیک جام دانشگاه امیرکبیر آغاز کرد. تمامی اعضای این تیم از دانشجویان کارشناسی دانشکده‌ی مهندسی دانشگاه زنجان و عضو انجمن رباتیک دانشگاه زنجان هستند. انجمن رباتیک دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹۲ تأسیس گردیده است و هم‌اکنون تحت سرپرستی آقای دکتر علی آذریپوند قرار دارد. چالش‌های پیش روی ما در به انجام رساندن این پروژه عبارت بودند از: طراحی و ساخت سازه‌ی حرکتی ربات، طراحی و ساخت بازوی ربات، طراحی و پیاده‌سازی مدارات الکترونیکی ربات، طراحی و پیاده‌سازی الگوریتم‌های ناوبری و تولید نقشه برای سازه‌ی حرکتی ربات، پردازش تصویر دوربین روی ربات برای تشخیص قطعه‌های مختلف با رنگ‌های مختلف و در نهایت کنترل بازوی ربات برای برداشتن و گذاشتن قطعات.

۲ اعضای تیم

تیم FortyBot متشکل از چهار دانشجوی کارشناسی و یک استادیار دانشکده‌ی مهندسی دانشگاه زنجان است که مسئولیت‌های ایشان به شرح زیر می‌باشد:

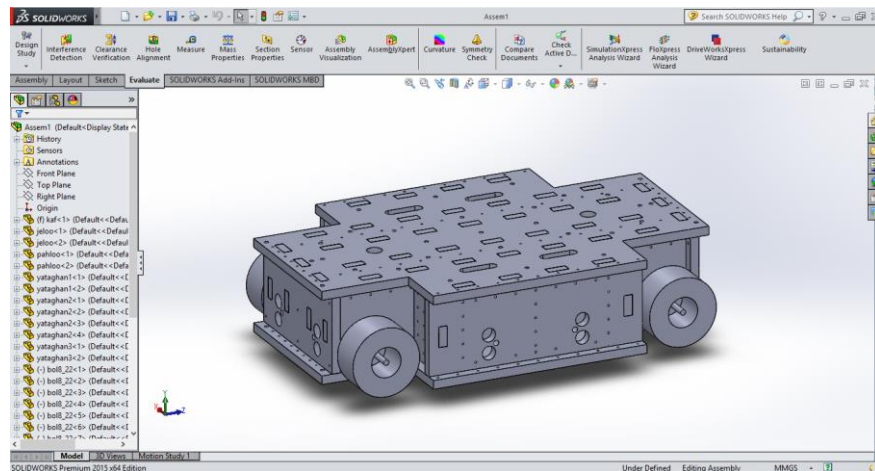
- | | |
|-------------------|---|
| دکتر علی آذرپیوند | • سرپرست تیم |
| میثم پرویزی | • طراحی مدارات الکترونیکی |
| | • پیاده‌سازی الگوریتم ناوبری سازه‌ی حرکتی |
| | • مسئول هماهنگی و ارتباط اعضا |
| حسین تقی‌لو | • طراحی سازه‌ی حرکتی و بازوی ربات |
| | • مسئول خرید و امور مالی |
| مسعود جعفری | • پیاده‌سازی الگوریتم‌های پردازش تصویر برای تشخیص شکل و رنگ قطعات مختلف |
| مرتضی علیاری | • کنترل بازوی ربات برای برداشتن و گذاشتن قطعات |

۳ طراحی و ساخت سازه‌ی حرکتی

سازه‌ی حرکتی ربات با الگوگیری از پلتفرم KUKA youBot که در رقابت‌های جهانی RoboCup@Work مورد استفاده قرار می‌گیرد به صورت Omni-directional طراحی شده است. در این سازه از چهار عدد چرخ مکانوم (سوئدی) به قطر ۱۰ سانتی‌متر به همراه چهار عدد موتور ۱۲ ولتی DC گیربکس‌دار Faulhaber با توان ۱۷ وات در کنار چهار عدد انکودر LPD3806 با رزولوشن ۳۶۰ پالس بر دور استفاده شده است. با توجه به محدودیت زمان و منابع سعی شد تا سازه‌ی طراحی شده با امکانات و مواد اولیه‌ی در دسترس قابل ساخت باشد. طراحی سازه‌ی حرکتی در محیط SolidWorks2015 انجام شده است.

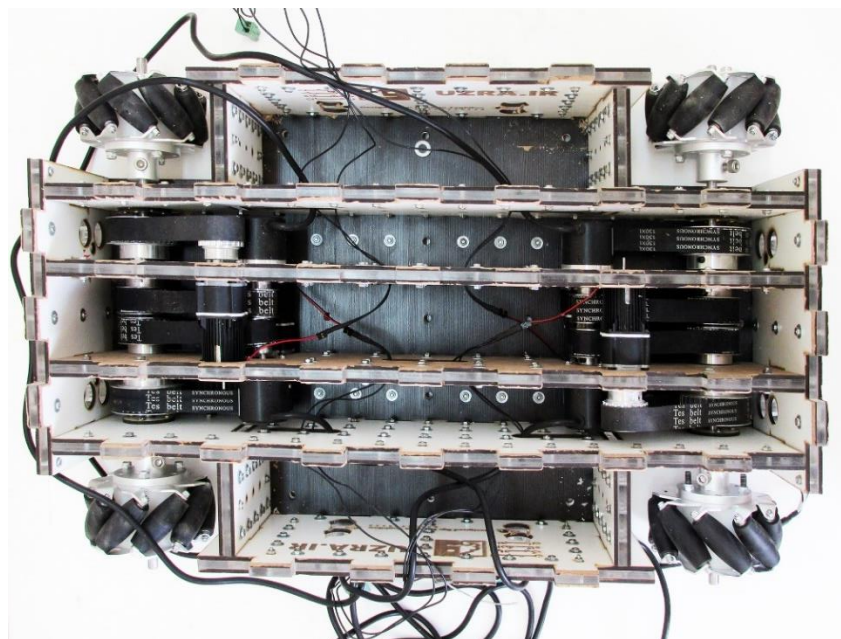
ماده‌ی مورد استفاده برای پیاده‌سازی طرح، صفحات پلکسی گلاس با ضخامت ۶ میلی‌متر است که با دستگاه برش لیزر طرح مورد نظر روی آن پیاده شده است. همچنین برای پایین آوردن احتمال شکستن سازه و تقویت آن از ورقه‌های MDF به ضخامت ۳ میلی‌متر در طرفین پلکسی استفاده شده است، به طوری که ضخامت نهایی صفحات به ۱۲ میلی‌متر می‌رسد.

۳ گزارش فنی تیم FortyBot - لیگ ربات‌های کارخانه‌ای



شکل ۱. طرح سازه‌ی حرکتی ربات در محیط SolidWorks 2015

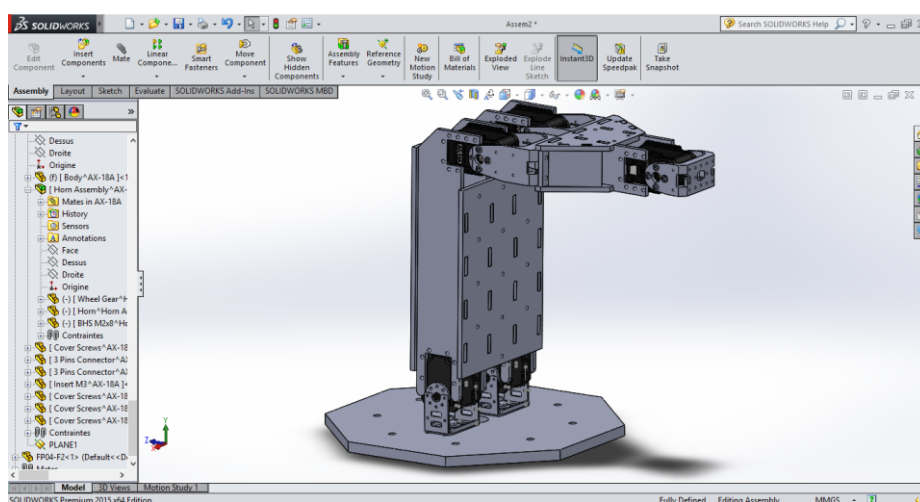
برای انتقال حرکت از محور موتور به محور چرخ و انکودر از مکانیزم تسمه تایم و پولی استفاده شده است.



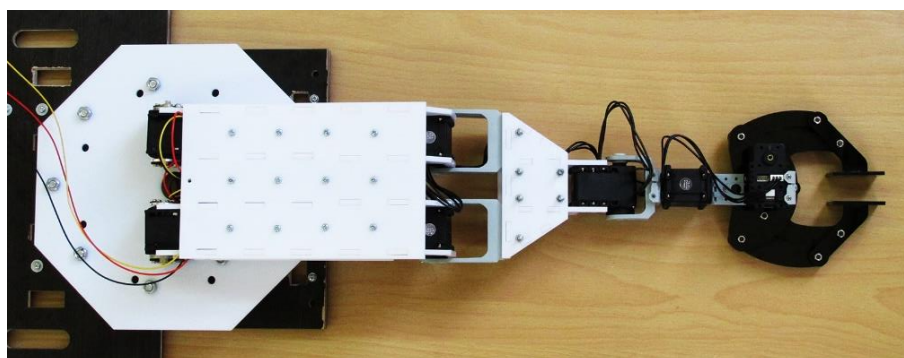
شکل ۲. نمایی از ساختار مکانیکی سازه‌ی حرکتی ربات

۴ طراحی و ساخت بازو

بازوی طراحی شده دارای ۴ درجه آزادی است. در این بازو از سروو موتورهای Dynamixel در دو مدل AX-18A و MX-28AT استفاده شده است. در مفصل اول که متحمل بیشترین نیرو خواهد شد دو موتور MX-28AT به صورت موازی قرار داده شده است. همچنین در مفصل دوم از دو موتور AX-18A به صورت موازی و در مفاصل سوم و چهارم نیز هر کدام از یک موتور AX-18A استفاده شده است. طراحی بازو نیز در محیط SolidWorks2015 انجام شده و بر روی پلکسی گلاس به ضخامت ۴ میلی‌متر اجرا شده است.

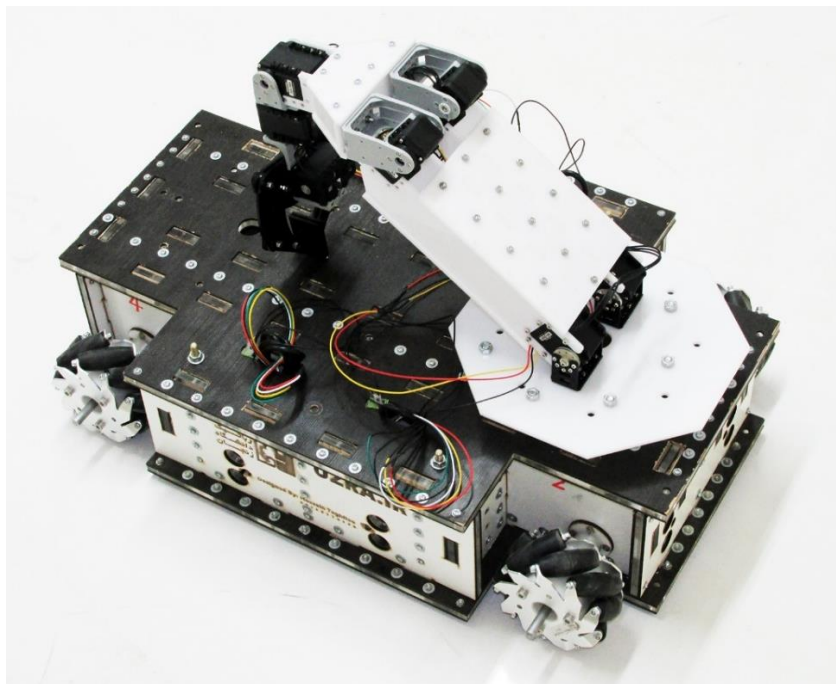


شکل ۳. طرح بازوی ربات در محیط SolidWorks2015



شکل ۴. بازوی ربات پس از ساخت

عملگر نهایی بازو یک گریپر موازی است که در آن نیز از موتور AX-18A استفاده شده است.



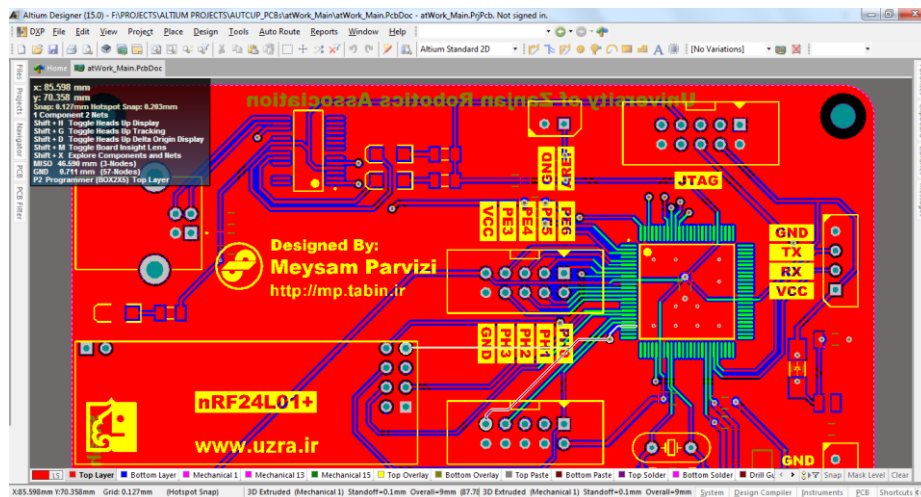
شکل ۵. سازه‌ی نهایی ربات

۵ مدارات الکترونیکی و پردازشگر مرکزی

بردهای الکترونیکی اصلی مورد نیاز برای ربات در محیط Altium Designer 15 طراحی و به صورت PCB پیاده‌سازی شده‌اند. این ربات دارای چهار برد اصلی با عناوین برد تغذیه، برد میکروکنترلر مرکزی، برد درایور موتورها و برد انکودرها است. برای ارتباط میان بُردها از رابط I2C استفاده شده است.

در این ربات از ماژول درایور موتور MonsterMoto که دارای آی‌سی درایور VN2SP30-E است استفاده شده است. همچنین ماژول فرستنده-گیرنده بی‌سیم nRF24L01+ برای ارتباطات بی‌سیم مورد استفاده قرار گرفته است.

برای تغذیه‌ی موتورهای سازه‌ی حرکتی، سروو موتورهای بازو و همچنین مدارات الکترونیکی از باتری‌های لیتیوم-پلیمر استفاده شده است.



شکل ۶. طرح PCB برد میکروکنترلر مرکزی ربات در محیط Altium Designer 15

پردازشگر مرکزی ربات یک دستگاه مینی پی‌سی Intel NUC DC3217IYE است که از پردازنده‌ی Intel Core i3 و ۶ گیگابایت RAM بهره می‌برد.

۶ ناوبری

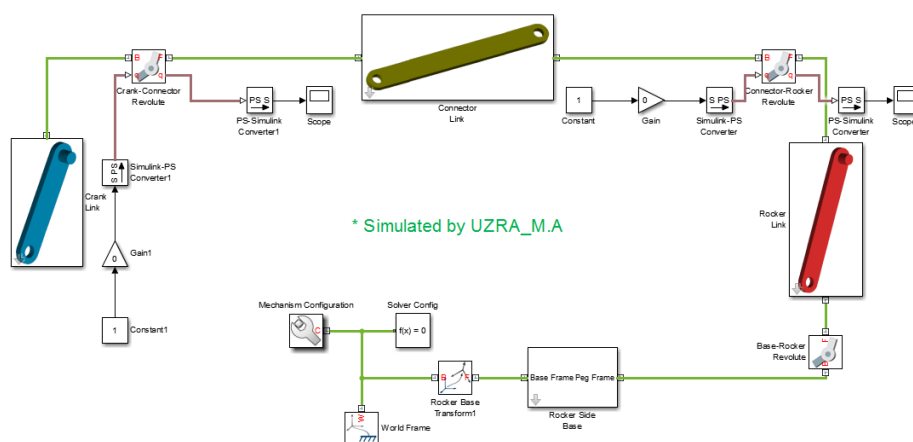
ناوبری ربات به کمک ۸ عدد سنسور اولتراسونیک SRF08 که در چهار ضلع سازه قرار دارند به کمک یک عدد ماژول GY-86 که یک سنسور IMU است انجام می‌گیرد. همچنین از پردازش تصویر نیز برای افزایش دقت و بهینه‌سازی ناوبری استفاده خواهد شد. برای ناوبری ربات از روش موقعیت‌یابی و نقشه‌برداری همزمان (SLAM) استفاده می‌شود.



شکل ۷. ماژول GY-86 (سمت راست) و سنسور SRF08 (سمت چپ)

۷ کنترل بازو

قبل از استفاده از بازو می‌بایست آن را در محیط مناسبی شبیه‌سازی کرده و نواقص تئوری برنامه را پس از مشاهده نتایج شبیه‌سازی رفع می‌کردیم. این شبیه‌سازی در محیط MATLAB2015 و با استفاده از جعبه ابزار SimMechanics انجام گرفته است تا علاوه بر محاسبه میزان گشتاور وارد بر مفاصل بازو، کنترل‌کننده‌ای برای رفع اغتشاشات در محیط شبیه‌ساز طراحی گردد.



شکل ۸. مدل طراحی شده در Simulink برای شبیه‌سازی بازو

برای کنترل موتورهای Dynamixel از مازول USB2Dynamixel به همراه API مربوط به آن استفاده شده است.

۸ پردازش تصویر

- پردازش تصویر به وسیله‌ی کتابخانه‌ی قدرتمند OpenCV و رابط آن در محیط NET Framework. (EmguCV)^۱ پیاده‌سازی شده است. پردازش تصویر ربات از دو قسمت تشکیل شده است:
۱. پردازش برای جستجوی مسیر و یافتن هدف مشخص.
 ۲. پردازش متمرکز بعد از قرارگیری ربات در مکان مشخص برای تشخیص قطعه‌ی مورد نظر.

^۱ <http://www.emgu.com>

جهت افزایش سرعت فرآیند پردازش‌ها از روش‌ها و الگوریتم‌هایی نظیر روش چند نخه (MultiThreading)، مدیریت حافظه (Memory Management) و نیز روش‌های ابتکاری جهت تمرکز پردازش بر قسمت خاص مورد نظر استفاده شده است. فرآیند پردازش تصویر طوری پیاده‌سازی شده است که درصد بالایی از نویز محیط از جمله نور اضافه یا کم و وجود رنگ‌های مبهم قابل جبران‌سازی می‌باشد.



شکل ۹. خروجی پردازش تصویر (سمت راست) و تصویر ورودی (سمت چپ)

تصاویر مورد نیاز برای پردازش تصویر از طریق دوربین Logitech HD Pro Webcam C920 تهیه شده و به پردازشگر مرکزی ارسال می‌شود.

۹ نتیجه‌گیری

در این گزارش ساختار و نحوه‌ی عملکرد ربات شرح داده شد. تیم ما با اینکه هنوز در مراحل اولیه‌ی رشد خود قرار دارد برای حضور قدرتمند در لیگ ربات‌های کارخانه‌ای آماده شده است. دستاوردهای ما با وجود فرصت و منابع کمی که برای کسب آمادگی جهت شرکت در این رقابت در اختیار داشتیم بسیار قابل توجه است و می‌تواند مبنای فعالیت‌های آتی در حوزه‌ی ربات‌های کارخانه‌ای باشد.

۱۰ سپاسگزاری

بر خود لازم می‌دانیم تا از ریاست دانشگاه زنجان و ریاست دانشکده‌ی مهندسی دانشگاه زنجان به خاطر حمایت از انجمن رباتیک دانشگاه زنجان و تیم FortyBot تشکر نماییم.