
ربات صنعتی @WORK

دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

اردیبهشت ۱۴۰۲

بسمه تعالی

شناسنامه سند

| | |
|--------------|-------------------------|
| عنوان پروژه | ربات صنعتی @WORK |
| عنوان سند | پیشنهادیه (Proposal) |
| شناسنامه سند | سند شماره ۱ |
| نام تیم | I.K.I.U. |
| موضوع | طراحی و ساخت ربات @WORK |

فهرست

۱. مقدمه ۳
۲. مأموریت ۴
۳. طرح مسئله ۴
۴. ویژگی‌های ربات ۴
۵. فلوجارت اجزای ربات ۶
۶. شمای کلی فرآیند @WORK ۷
۷. سازمان دهی و اعضا ۷
۸. برنامه زمانی ۸
۹. برآورد هزینه ۹

۱. مقدمه

امروزه شاهد سرعت بالای پیشرفت علم و فناوری در صنایع مختلف هستیم. یکی از زمینه‌های شایان توجه و مهم فناوری، رباتیک می‌باشد. سالانه شرکت‌های بزرگی همچون Boston Dynamics، iRobot، KUKA و ... بودجه‌های کلانی به ساخت و توسعه ربات‌های صنعتی اختصاص می‌دهند. همچنین سالانه تورنومنت‌ها و مسابقات معتبری جهت به چالش کشیدن توان فنی و مهندسی تیم‌های مختلفی از سراسر جهان برگزار می‌شوند. معتبرترین این مسابقات، مسابقات جهانی Robocup است که امسال این رویداد به میزبانی کشور فرانسه و در شهر Bordeaux برگزار می‌گردد.

در سال ۱۹۹۲، ایده ساخت ربات‌هایی که به انسان‌ها در کارهای خانگی و صنعتی کمک می‌رسانند توسط پروفسور Alan Mackworth، استاد دانشگاه British Columbia، مطرح و تبدیل به چالشی به نام مسابقات ربوکاپ گردید. هر ساله تیم‌های دانشجویی و دانش‌آموزی از سراسر جهان به رقابت در شاخه‌های مختلف من جمله لیگ ربات‌های فوتبالیست، ربات‌های خانگی (@Home)، ربات‌های امدادگر (Rescue) و ربات‌های صنعتی (@Work) می‌پردازند.

در سال ۲۰۱۹ میلادی لیگ ربات‌های صنعتی @Work به این مسابقات اضافه شد. ایده اصلی این لیگ طراحی ربات‌هایی صنعتی‌ست که مأموریت آن‌ها دریافت وظیفه (Task) از اپراتور، مسیریابی (Navigation)، تشخیص قطعه مد نظر (Object Detection)، برداشتن قطعه (Grab)، انتقال به نقطه مطلوب و گذاشتن قطعه در مکان مشخص (Placing) می‌باشد. مزیت این گونه ربات‌ها نسبت به بازوهای صنعتی ثابت (Static) این است که علاوه بر انعطاف بیشتر جهت انجام طیف بزرگتری از وظایف، هوشمندی و قابلیت تصمیم‌گیری است. هم اکنون شرکت‌های KUKA (آلمان)، ABB (سوئیس) و COMAU (ایتالیا) پیش‌تاز در ساخت این دسته از ربات‌ها هستند.



۱. نمونه ربات صنعتی ساخت شرکت KUKA به نام YouBot

۲. ماموریت

هدف تیم رباتیک I.K.I.U. ایجاد تیم و ساختار مناسب جهت فعالیت در زمینه رباتیک برای ارتباط دانشگاه و صنعت، کسب دانش روز و انتقال آن به دانشجویان و نسل جوان کشور عزیزمان و در ادامه شرکت در مسابقات معتبر جهانی همانند ربوکاپ و آمادگی برای حل چالش‌ها و شرکت در مسابقات مختلف در سال‌های آتی می‌باشد.

۳. طرح مسئله

چالش اصلی ربات‌های صنعتی که امروزه توسط شرکت‌های مختلف استفاده می‌شوند، عدم توانایی در تشخیص و تصمیم‌گیری جهت انجام وظایف محول شده می‌باشد. برای حل این مسئله قدم‌های شفاف و وجود دارند که نمونه کوچک آن‌ها را می‌توانیم در لیگ ربات‌های صنعتی @WORK مسابقات ربوکاپ مشاهده نماییم.

۴. ویژگی‌های ربات

۴/۱. مسیریابی (Navigation):

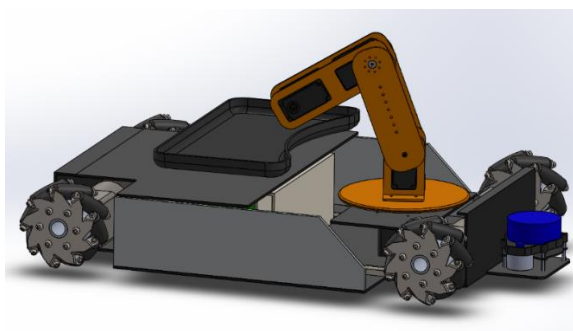
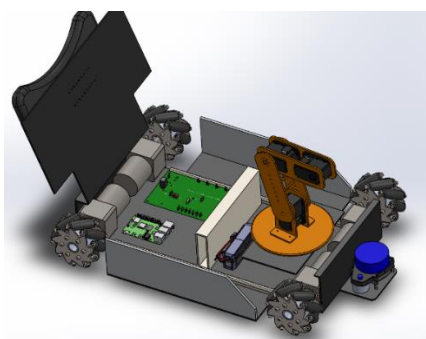
همانطور که در بخش مقدمه اشاره شد، ربات در محیط صنعتی نیاز به مسیریابی امن بدون برخورد به موانع و اشیاء دارد. در مرحله اول حرکت چند جهته یا omnidirectional مورد نیاز است. در نمونه اولیه ربات از چرخ‌های Mecanum با هرزگردهایی که در زاویه ۴۵ درجه دور چرخ‌ها نصب شده‌اند استفاده گردید. سپس نیاز به سنسورهای جهت تشخیص موانع و ارتفاع سطوح داریم که در نسخه اولیه ربات با توجه به بودجه کم از سنسورهای Ultrasonic استفاده شد. این سنسورها فاصله از اطراف ربات را اندازه‌گیری کرده و با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده و ابعاد فیزیکی ربات مسیر حرکت آن را مشخص کرده و از برخورد آن با موانع جلوگیری می‌شود. با توجه به ضعف سنسورهای Ultrasonic، در نسخه بعدی ربات از سنسورهای Lidar استفاده می‌شود. این سنسورها با قابلیت اسکن دو بعدی با دید ۳۶۰ درجه و دقت بالا می‌توانند نقشه کل محیط کار را اسکن کنند و به ربات این امکان را می‌دهد که با خطای بسیار کمتری در این فضا حرکت نماید.

۴/۲. تشخیص اشیاء

با توجه به اینکه ربات نیاز به شناسایی و تشخیص قطعات مطلوب دارد، نیازمند بینایی ماشین (computer vision) است. بدین منظور در ربات پیشین مدلی جهت پردازش تصویر که از الگوریتم YOLOv5 استفاده می‌کرد طراحی شد. YOLO از معروف‌ترین الگوریتم‌های پردازش تصویر است که به طور مثال شرکت بزرگی همچون تسلا (Tesla) برای خودروهای خودران از آن استفاده می‌کند. جهت آموزش (train) مدل، از دیتاست اختصاصی که با عکس‌برداری از قطعات و لیبل زدن به آن‌ها ساخته شده، استفاده شد. این مدل به زبان پایتون و در بستر Google Colab نوشته شده. در نسخه بعدی ربات از YOLOv8 و دیتاستی به مراتب باکیفیت‌تر استفاده خواهد شد و آموزش مدل بر روی سیستم عامل لینوکس و یک سرور اختصاصی انجام خواهد شد.

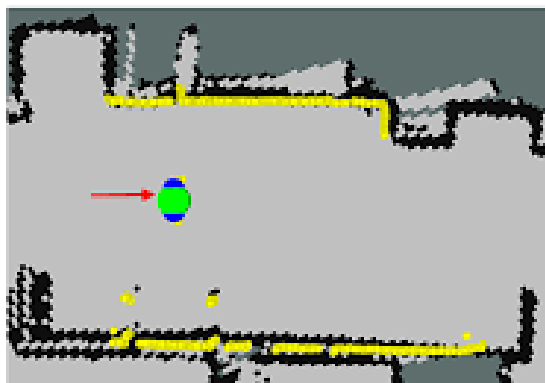
۴/۳. بازوی مکانیکی

از وظایف این ربات برداشتن و قرار دادن قطعات از روی میز با ارتفاع مشخص است. این کار با استفاده از یک بازوی مکانیکی با ۵ درجه آزادی انجام می‌شود. موتورهای استفاده شده در این بازو در نسخه اولیه موتورهای DC با گیربکس حلزونی هستند که قدرت بسیار بالایی دارند اما دقت کافی جهت دسترسی به قطعه مورد نظر در این موتورها وجود ندارد و خطای بسیار زیادی مشاهده می‌شود. در نسخه بعدی استفاده از موتورهای Dynamixel به علت دقت بالا و خطای کمتر مد نظر است. طراحی این بازو در نرم‌افزار SOLID WORKS انجام شده و سپس با استفاده از دستگاه‌های پرینتر سه بعدی و برش لیزری (CNC) ساخته شد. همچنین جهت تشخیص قطعه، یک دوربین بر روی بازو نصب شده که همانطور که در بخش ۴/۲ اشاره شد با استفاده از الگوریتم‌های پردازش تصویر قطعه را تشخیص و اطلاعات لازم را به کنترل کننده بازو ارسال می‌کند.



۴/۴. سیستم عامل ربات (ROS)

ساختار کلی ربات به سه بخش عملگرها (actuators)، سنسورها و کنترلرها تقسیم می‌گردد. در نسخه اولیه قسمت‌های مختلف به دو زبان C++ و Python نوشته شده بودند و همچنین برای یکپارچه سازی بخش‌های فیزیکی مختلف ربات مانند بازوی مکانیکی، دوربین، سیستم حرکتی و ... با مشکلاتی مواجه بودیم. برای حل این مشکل در نسخه بعدی ربات از سیستم عامل ربات‌ها یا ROS (Robot Operating System) استفاده خواهیم کرد. در این سیستم عامل هر بخش از ربات یک Node در نظر گرفته می‌شود که به وسیله Topic می‌تواند با یکدیگر ارتباط برقرار نمایند.

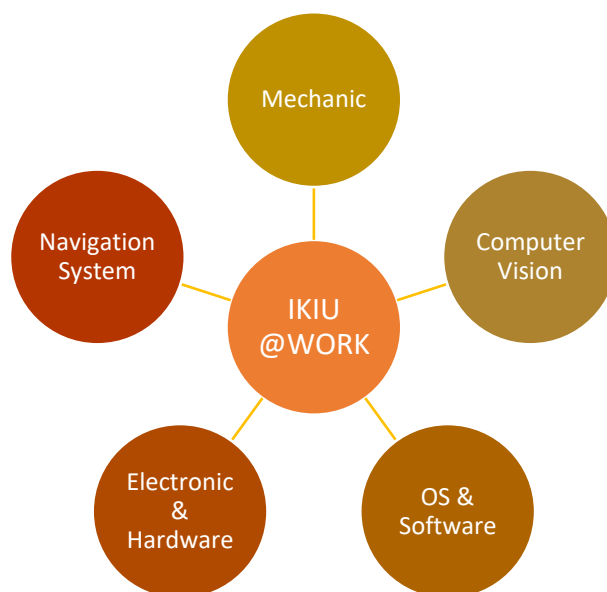


۴/۵. سخت افزار و الکترونیک

سخت افزار استفاده شده در این ربات جهت کنترل سیستم حرکتی و دریافت اطلاعات از سنسورها با استفاده میکروکنترلر STM32F103 به عنوان پردازنده اصلی می باشد. این سخت افزار ابتدا در نرم افزار Altium Designer طراحی شده و پس از چاپ و مونتاژ PCB بر روی ربات قرار گرفت. قطعات الکترونیکی استفاده شده در سخت افزار ربات در جدول زیر قابل مشاهده است.

| نام قطعه | توضیحات |
|---------------------------|--------------------|
| میکروکنترلر STM32F103C8T6 | پردازنده اصلی ربات |
| K7805 | رگولاتور ۵ ولت |
| LM1117 | رگولاتور ۳/۳ ولت |
| VNH5019 | درایور موتور DC |
| ESP8266 | ماژول وای فای |
| L298 | درایور موتور DC |

۵. فلوچارت اجزای ربات



- 1. Mechanic:**
Redesigning Mechanical system + suspension system + Robotic Arm.
- 2. Computer Vision:**
New Algorithm YOLOv8, Creating Dataset.
- 3. OS & Software:**
Using ROS Operating System.
- 4. Electronics & Hardware:**
Design and create new PCBs.
- 5. Navigation System:**
Add and setup Lidar sensor.

۶. شمای کلی فرآیند @WORK:



۷. سازماندهی و اعضا

سرگروه:

فرحان دائمی: کارشناسی مهندسی برق قدرت، مسلط به Altium Designer، C++، Python، ROS میکروکنترلرها و مباحث الکترونیک، تجربه شرکت در چند دوره مسابقات ربوکاپ از جمله 2014 Brazil، 2013 Mexico، Thailand، 2017

اعضای تیم:

امیرعلی اسکندری: کارشناسی مهندسی برق کنترل، مسلط به Altium Designer، Python، C++، ROS، یادگیری ماشین (Machine Learning)، یادگیری عمیق (Deep Learning) و پردازش تصویر (Image Processing)، سابقه کار در زمینه الکترونیک و طراحی مدارات مجتمع

مهدی جعفری: کارشناسی مهندسی برق مخابرات، مسلط به Altium Designer، C++، ROS، میکروکنترلرها و مباحث الکترونیک، سابقه کار در زمینه طراحی و مونتاژ بوردهای الکترونیکی

پادینا فرخیان: کارشناسی مهندسی برق الکترونیک، مسلط به مباحث هوش مصنوعی (Artificial Intelligence)، ROS، C++

طاها احمدزاده: کارشناسی مهندسی برق قدرت، مسلط به Altium Designer، Proteus، کنترل موتورهای STEP و ROS، C++، Servo

سینا حسینی: کارشناسی مهندسی برق، مسلط به SOLID WORKS، Proteus، برنامه نویسی میکروکنترلرهای ARM، Arduino

ایمان مشتاقی: کارشناسی مهندسی برق مخابرات، مسلط به برنامه نویسی میکروکنترلرهای ARM، AVR، Arduino، ROS

سوگند مراثی: کارشناسی مهندسی برق مخابرات، مسلط به زبان C++، Python و برنامه نویسی میکروکنترلرهای ARM

۸. برنامه زمانی

| تاریخ | عنوان | توضیحات |
|---------------|---|---|
| دی ۱۴۰۱ | تحقیقات و جمع آوری اطلاعات | بررسی نمونه‌های ساخته شده توسط کمپانی‌های خارجی بررسی قوانین مربوط به شرکت در مسابقات روبوکاپ مطالعه مستندات (TDP) شرکت کنندگان قبلی بررسی قطعات و برآورد هزینه کلی |
| بهمن ۱۴۰۱ | طراحی و شبیه سازی | طراحی مکانیک ربات، سیستم حرکتی، ... طراحی سخت افزار (PCB) کنترل حرکت ربات طراحی مکانیک بازوی ربات با استفاده از موتورهای Dynamixel ساخت بدنه اصلی و کنترل ساده ربات به صورت دستی |
| اسفند ۱۴۰۱ | ساخت نمونه اولیه | خرید قطعات مورد نیاز (سنسور Lidar، میکروکنترلر، موتور، ...) چاپ سخت افزار و لحیم کاری PCB نوشتن برنامه سیستم حرکتی برای PCB جدید راه اندازی سنسور lidar جهت اسکن فضای اطراف نوشتن الگوریتم مسیریابی خودکار نوشتن برنامه پردازش تصویر جهت تشخیص اجسام ساخت بازوی ربات و طراحی PCB کنترل کننده بازو |
| فروردین ۱۴۰۲ | تکمیل نمونه اولیه و آماده سازی برای ایران اپن | افزودن برنامه پردازش تصویر به برنامه اصلی ربات راه اندازی شبکه Referee Box جهت دریافت دستورات از سرور بهبود الگوریتم های مسیریابی و پردازش تصویر |
| اردیبهشت ۱۴۰۲ | شرکت در مسابقات ایران اپن | شرکت در مسابقات ایران اپن iranopenrobocup.ir بررسی ایرادات و اشکالات ربات برنامه ریزی جهت رفع ایرادات اصلی و آماده سازی برای شرکت در مسابقات روبوکاپ فرانسه |
| خرداد ۱۴۰۲ | آماده سازی جهت شرکت در مسابقات روبوکاپ فرانسه | رفع ایرادات بهبود عملکرد ربات خرید سنسور ها و موتور های جدید بهبود الگوریتم‌های پردازش تصویر و مسیریابی |
| تیر ۱۴۰۲ | شرکت در مسابقات روبوکاپ فرانسه | اعزام تیم به مسابقات روبوکاپ فرانسه robocup.org برگزاری دوره های آموزشی برای جذب اعضای جدید برنامه ریزی جهت ادامه کار |
| مرداد ۱۴۰۲ | آماده سازی جهت شرکت در مسابقات آسیایی | ادامه برگزاری دوره های آموزشی آماده سازی جهت شرکت در مسابقات آسیایی |
| شهریور ۱۴۰۲ | آماده سازی جهت شرکت در مسابقات آسیایی | ادامه برگزاری دوره های آموزشی آماده سازی جهت شرکت در مسابقات آسیایی |

۹. برآورد هزینه

| دسته بندی | عنوان | توضیحات | هزینه (دلار) |
|------------------------------|------------------------|------------------------------------|--------------|
| قطعات ربات | چرخ Mecanum | چرخ با قابلیت حرکت چند جهته | \$ 340 |
| | موتور 400RPM – DC | موتور سیستم حرکتی | \$ 100 |
| | سنسور Ultrasonic | سنسور تشخیص فاصله | \$ 20 |
| | ESP8266 | ماژول وای فای | \$ 10 |
| | STM32F103C8T6 | میکروکنترلر | \$ 30 |
| | ST-Link Programmer | پروگرامر میکروکنترلر ST | \$ 10 |
| | SD Card 64 GB | حافظه جهت نصب سیستم عامل | \$ 15 |
| | Raspberry Pie 4 | کامپیوتر مجتمع | \$ 170 |
| | TB600 STEP Driver | درایور استپ موتور | \$ 20 |
| | VNH5019 | درایور موتور DC | \$ 60 |
| | باتری LiPo 4cel 2200mA | باتری لیتیوم پلیمری ۳ عدد | \$ 150 |
| | موتور Dynamixel A-12 | موتور بازوی ربات | \$ 900 |
| | چاپ PCB | چاپ PCB قسمت‌های مختلف | \$ 100 |
| | Webcam Full HD | دوربین وب کم برای پردازش تصویر | \$ 20 |
| | Lidar 2D Scanner | سنسور لیدار، اسکن لیزری دوبعدی | \$ 500 |
| | Griper | گریپر سروو موتور | \$ 15 |
| | Other | سیم، مقاومت، خازن، دیود، کلید، ... | \$ 10 |
| مجموع | | | \$ 2.470 |
| اعزام به مسابقات ربوکاپ ۲۰۲۳ | ثبت نام تیم رباتیک | | \$ 4.440 |
| | ویزا و سفارت | | \$ 6.000 |
| | بلیت رفت و برگشت | | \$ 8.000 |
| | حمل و نقل بین شهری | | \$ 1.000 |
| | رزرو هتل | | \$ 6.000 |
| | تهیه غذا | | \$ 1.000 |
| مجموع | | | \$ 26.440 |

افتخار آفرینی تیم رباتیک I.K.I.U.

نخستین افتخار آفرینی تیم رباتیک دانشگاه بین‌المللی امام خمینی در مسابقات روبوکاپ آزاد ایران (Iran Open) با کسب مقام نائب قهرمانی به سرانجام رسید. این مسابقه در پنجم الی هشتم اردیبهشت ماه ۱۴۰۲، در دانشگاه آزاد تهران واحد علوم و تحقیقات برگزار شد و بیش از ۱۵۰۰ نفر در قالب ۳۲۰ تیم در این رویداد شرکت نمودند. همچنین تیم‌هایی از کشورهای آلمان، روسیه و مصر نیز در این مسابقات حضور داشتند.

