

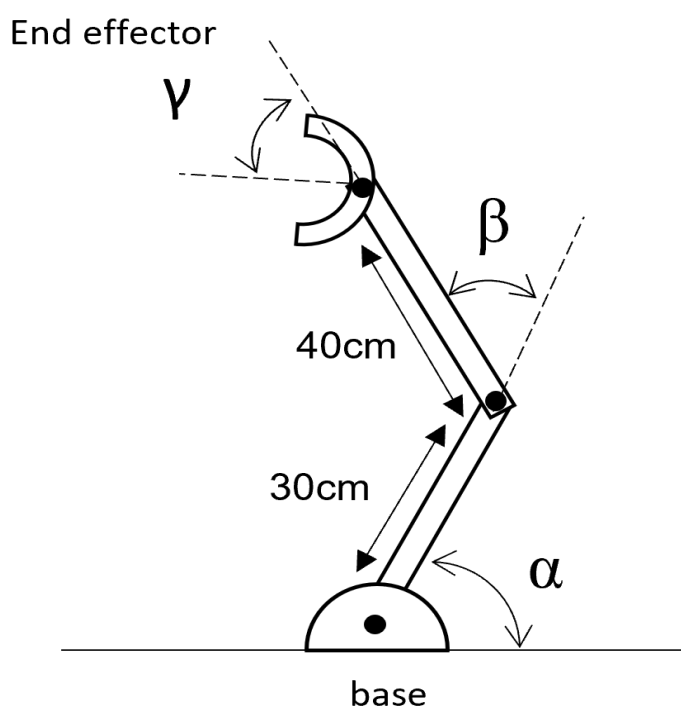
انجام این تمرین به صورت انفرادی می باشد

هدف از انجام این تمرین

هدف این تمرین مرور برخی از مفاهیم پایه مطرح شده در کلاس درس و همچنین آشنایی با مفاهیم پایه حرکت ربات است. برای انجام بخش پیاده سازی این تمرین، بهتر است در ابتدا ویدیو آماده شده برای این تمرین را مشاهده کنید.

بخش های تئوری

سوال اول: یک بازوی رباتی با سه درجه آزادی مطابق شکل را در نظر بگیرید. در این حالت تابع تبدیل همگن از *base* به *effector* را بر حسب مقادیر کنترلی α ، β و γ به دست بیاورید. (بارم : 7 امتیاز)



سوال دوم: فرض کنید، جهت (orientation) فریم $\{b\}$ نسبت به فریم $\{a\}$ با ماتریس زیر نمایش داده می شود:

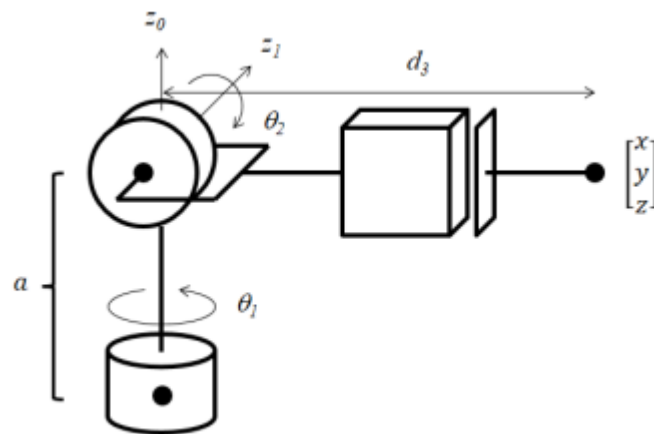
$$R_{ab} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

و نقطه p در فریم {a} به صورت (1, 2, 3) نمایش داده شود. مقادیر آن نقطه در فریم b را بیابید. (بارم : 3 امتیاز)

سوال سوم : شکل زیر را در نظر بگیرید، یکبار forward kinematic را برای شکل زیر و یکبار inverse kinematic آن را حل کنید. (رابطه نهایی را پارامتری به دست آورید). (بارم : ۱۰ امتیاز)

نکته ۱: پایه شکل ثابت و فقط قابلیت چرخش دارد. (θ_1)

نکته ۲: مکعب موجود در شکل برای تغییر طول می باشد.



بخش شبیه سازی

❖ شرح سناریو

در این سناریو می خواهیم با کمک **ROS** و مباحث کنترلی که یاد گرفته ایم، سیستمی برای ربات خود طراحی کنیم که مسیر دلخواه ما را گرفته و ربات را روی آن مسیر هدایت کند. سپس به تحلیل سیستم طراحی شده و ارزیابی درستی عملکرد آن می پردازیم.

❖ توضیح گام های انجام سناریو

گام اول (۲۰ امتیاز) : برای شروع، فرض کنید که ربات ما دو state دارد:

1. حرکت به سمت جلو با سرعت خطی ثابت

2. دوران 90 درجه به سمت چپ در حالت ایستاده (با سرعت زاویه‌ای دلخواه)

حال می‌خواهیم با کمک این state ها ربات را به گونه‌ای برنامه ریزی کنیم که بر روی یک مستطیل به مرکز فریم اصلی شبیه ساز حرکت کند. در این گام، ابتدا ربات باید به سمت نزدیکترین نقطه مستطیل حرکت کند و حرکت خود را روی مستطیل ادامه دهد، تا زمانی که برنامه متوقف شود. برنامه شما در این بخش باید قابلیت گرفتن سرعت خطی از ورودی (سمت کاربر) را داشته باشد (می‌توانید از تگ param در فایل ros launch خود استفاده کنید). طول مستطیل خود را 6 و عرض مستطیل را 4 متر در نظر بگیرید. نقطه شروع ربات را بر روی مختصات (0,0) قرار دهید. سپس به ازای سرعت خطی های 0.2 متر بر ثانیه، 0.4 متر بر ثانیه و 0.8 متر بر ثانیه اجرا بگیرید و موارد زیر را در گزارش خود قرار دهید:

1. خطای انحراف از مسیر به ازای هر سرعت خطی

2. نمای شکل تولید شده از حرکت ربات در شبیه ساز Rviz به ازای هر سرعت خطی

3. عملکرد ربات به ازای سرعت‌های ذکر شده بررسی کنید. آیا افزایش سرعت باعث انحراف ربات شده است یا خیر؟ برای جواب بلی یا خیر خود، تحلیل ارائه دهید؟

همچنین برای محاسبه‌ی خطای انحراف از مسیر کافی است داخل یک آرایه نقاط شکل مورد نظر را نگه داشته و در هر زمانی که اطلاعات Pose خود را دریافت می‌کنید فاصله ربات را با نزدیکترین نقطه از مسیر محاسبه کنید. **خطای انحراف را با استفاده از کتابخانه matplotlib ترسیم کنید.**

کد شکل مستطیل را از [اینجا](#) می‌توانید مشاهده کنید.

گام دوم (۴۰ امتیاز) : حال می‌خواهیم با روش‌های کنترلی، کنترل ربات را برای حرکت بر روی مسیر دلخواه خود، به دست بگیریم. برای این کار از کنترلر PID استفاده می‌کنیم. با PID در کلاس درس آشنا شده‌اید و اکنون سعی داریم در عمل از آن استفاده کنیم تا کنترل بهتری بر روی مسیر ربات خود داشته باشیم. این کنترلر باید به گونه‌ای طراحی شود که هر مسیر دلخواهی که در قالب یک آرایه ای از مختصات متوالی تعریف می‌شود را بتواند دنبال کند. مراحل زیر را برای پاسخ به این سوال دنبال کنید:

1. نمای شکل تولید شده از حرکت ربات در شبیه ساز Rviz را نشان دهید.

2. تشریح کنید که چه ضرایبی برای P، I و D پاسخ مناسبی را ارائه می‌کند. (ضرایب مناسب را به صورت تجربی به دست آورید)

3. درباره تاثیرات افزایش و کاهش هر کدام از ضرایب بحث کنید و چند نمونه آن را تشریح کنید. (برای این قسمت تحلیل کاهش و افزایش هر سه ضریب در گزارش نیاز است ولی برای ارزیابی حداقل دو مورد از تاثیرهای فوق را در شبیه‌ساز مستدل کنید کافی می‌باشد. این تاثیرها

می‌توانند شامل سرعت ربات در نیل به مسیر هدف در صورت انحراف، خطای انحراف از مسیر،
نوسان ربات در طی مسیر و ... باشند).

این گام را برای شکل توصیف شده در گام اول باید انجام دهید. نقطه شروع ربات را بر روی مختصات (1,1) قرار دهید.

گام سوم (۲۰ امتیاز) : در این گام می‌خواهیم عملکرد کنترلر خود را برای شکل‌های دیگری آزمایش کنید. ربات خود را در مسیرهای زیر قرار دهید:

1. مارپیچ لگاریتمی با $a = 0.17$

2. ترکیب دو نیم دایره، که برای کد آن به نکته دوم مراجعه کنید.

3. مارپیچ ارشمیدسی (Archimedean Spirals) با growth factor برابر 0.1

4. هشت ضلعی منتظم به ضلع دو

مرکز تمامی شکل‌ها نقطه ی (0,0) است و نقطه شروع ربات خود را نیز همان نقطه در نظر بگیرید. برای این بخش تنها کافی است که مسیر طی شده را در داخل شبیه ساز RViz نمایش دهید. انتظار می‌رود دانشجویان ضرایب کنترلی مناسب را برای برآوردن مسیر خواسته شده توسط ربات در پیاده‌سازی لحاظ کرده باشند.

نکته ۱: برای تمامی گام‌ها زمان اجرا را حداقل به گونه‌ای در نظر بگیرید که در داخل تصویر گرفته شده از مسیر طی شده شکل خواسته شده کاملاً قابل تشخیص باشد.

نکته ۲: می‌توانید برای تولید شکل‌های خواسته شده از کد قرار داده شده در [اینجا](#) استفاده کنید.

نکته ۳: کدهای مربوط به هر گام را به هر روشی که راحت‌تر هستید می‌توانید جدا کنید.

نکته ۴: برای گام دوم و سوم کنترلی که برای سرعت خطی طراحی می‌کنید باید PID باشد، هرچند برای سرعت زاویه‌ای هر کنترلی را می‌توانید طراحی کنید.

نکات تکمیلی در باب تحویل تمرین

1. تحویل گزارش تمرین در یک فایل pdf مطابق با تمپلیت قرار گرفته در سامانه کورسز و با نام‌گذاری HW2_StudentNumber است.

2. تحلیل بخش پیاده‌سازی نیز مشمول گزارش فوق بوده و می‌بایست به تفکیک هر سناریو و در همان فایل گزارش (در قالب مربوطه) صورت گیرد.

3. **نکات نگارشی:**

a. تحویل هر دو بخش تئوری و شبیه‌سازی می‌بایست در یک فایل زیپ شامل یک pdf (گزارش هر دو بخش تئوری و شبیه‌سازی) و یک پوشه Codes در سامانه صورت گیرد.

- b. گزارش را در قالب بارگذاری شده در سامانه و با اسم فایل عنوان شده تحویل دهید.
- c. در نهایت 10 درصد از نمره‌ی کسب شده در هر تمرین توسط دانشجو متعلق به رعایت نکات نگارشی است. (همچنین خوانایی متن و زیرنویس برای اشکال و بالانویس برای جدول‌ها ضروری بوده و عدم رعایت آن موجب کسر نمره نگارش از دانشجو می‌شود)
4. در صورت احراز مشابهت در گزارش یا در کد توسط تدریس‌یاران، نمره تمرین برای هر دو فرد بدون هیچ‌گونه اغمازی 100- لحاظ خواهد شد.
5. استفاده از منابع و مراجع و کتابخانه‌های آماده در اینترنت به‌جز مواردی که به صراحت بر عدم امکان این استفاده ذکر می‌شود بلامانع است. تنها نکته‌ای که وجود دارد این است که **دانشجویان مرجع خود را ذکر کنند.**
6. **تحویل کد به همراه تمرین لازم است و در صورت عدم تحویل کد و اکتفا به گزارش، نمره‌ی آن بخش به طور کامل کسر می‌شود. کدها را به تفکیک هر سناریو در پوشه Codes قرار دهید.**
7. تاریخ تحویل تمرین 5 اردیبهشت 1401 می‌باشد و سیاست‌های تاخیر مطابق با موارد ذکر شده در شیوه‌نامه لحاظ خواهد شد. خواهشمندیم برای کسب اطلاع شیوه‌نامه‌ی آموزشی تمرینات درس را به طور کامل مطالعه فرمایید.
8. در صورت وجود هرگونه ابهام یا سوال با مسئولین تمرین جناب آقای آخوندی و جناب آقای عسکری از طریق ایمیل زیر در ارتباط باشید.

a.akhoundi79@gmail.com

askaria079@gmail.com

موفق باشید