

## هدف از انجام این پروژه

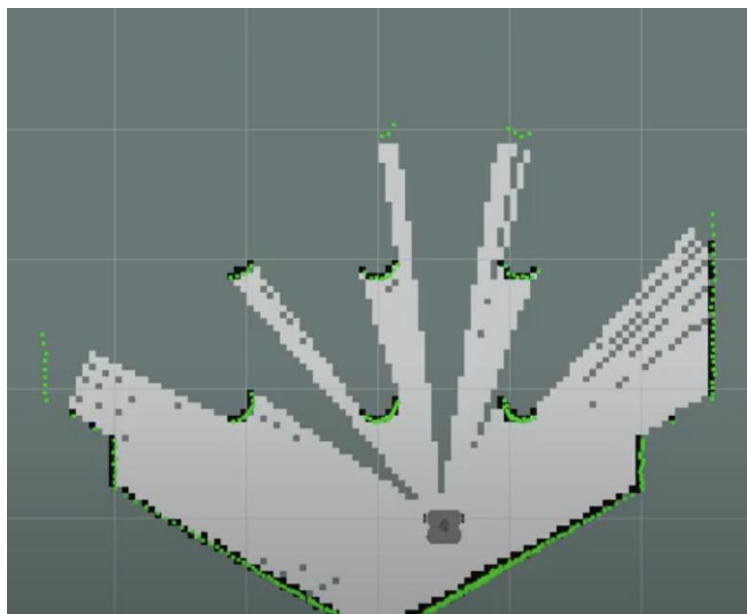
در این پروژه قصد داریم با بهره‌گیری از دانسته‌های عملی و تئوری در درس، اقدام به مکان‌یابی و مسیریابی ربات نماییم. در این راستا دانشجویان عزیز موظف هستند هندزآن‌های پنجم (SLAM) و ششم (Navigation) را مشاهده نمایند. در این سناریوها قصد داریم با کمک سیستم‌عامل ربات (ROS) و مباحث کنترلی که پیش از این آموخته‌ایم، سیستمی برای ربات خود طراحی کنیم به جهت آنکه ربات از محیط خود نقشه‌برداری کامل انجام دهد و سپس با عبور از موانع و بکارگیری الگوریتم‌های مسیریابی از کوتاه‌ترین مسیر به سمت مقصد حرکت کند.

## سناریوها

❖ توضیح سناریو اول (آشنایی با slam):

گام اول (۲۰ امتیاز):

ابتدا با استفاده از دستور `roslaunch turtlebot3_gazebo turtlebot3_world.launch` ربات خود را درون دنیای گزبو قرار بدهید. برای نیل به هدف این سناریو تصمیم داریم از پکیج `Gmapping` استفاده کنیم. این پکیج را به محیط خود اضافه کرده و دستور `roslaunch turtlebot3_slam turtlebot3_slam.launch` را وارد نمایید. پکیج `Gmapping` شامل `node` ای با نام `slam_gmapping` می‌باشد که با استفاده از آن می‌توانیم در شبیه ساز `rviz` نقشه‌ای دو بعدی از محیط اطراف ربات با کمک سنسور `laser scan` ایجاد نماییم. در قدم بعد، با استفاده از پکیج `turtlebot3_teleop` و دستور اجرایی `roslaunch turtlebot3_teleop_key.launch` ربات را با کلیدهای کیبورد درون محیط حرکت داده تا نقشه ی بدست آمده کامل بشود.

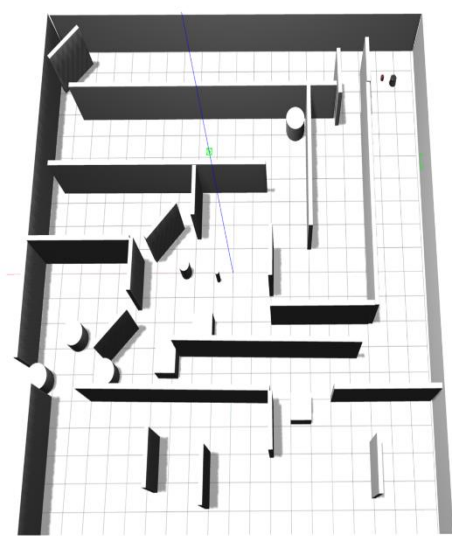


در انتها نیز نقشه را باید ذخیره نماییم. برای این کار از دستور زیر استفاده می نماییم:

```
roslaunch map_server map_saver -f ~/map
```

خروجی این دستور در مسیر `/home/$(username)` با نام `map.pgm` و `map.yaml` قابل مشاهده می باشد. این دو فایل بدست آمده را همراه با گزارش ارسال نمایید.

### گام دوم ( ۳۵ امتیاز ) :



در این بخش ربات را درون دنیای `funky_maze.world` قرار دهید. در این قسمت نیز همانند بخش قبل باید نقشه محیط را در بیاوریم با این تفاوت که ربات به صورت خودکار محیط را کاوش می کند (استفاده از `teleop` مجاز نمی باشد). شما می توانید برای پیاده سازی این `node`، از هر الگوریتم دلخواهی استفاده کنید. در گزارش خود ذکر کنید که الگوریتم انتخابی چگونه عمل می کند. همچنین همانند بخش قبل فایل های `map.pgm` و `mal.yaml` را در پوشه ی `Q1-Codes` ارسال نمایید.

❖ توضیح سناریو دوم (مسیریابی) :

( ۴۵ امتیاز)

هدف این گام مسیریابی و obstacle avoidance با استفاده از الگوریتم Vector Field Histogram میباشد. در این تمرین می‌بایست کد شما قادر باشد نقطه ورودی و نقطه هدف را از کاربر دریافت کند. برای ارزیابی انتظار می‌رود بتوانید در دنیای funky\_maze.world با شروع از مختصات (0,8) و اعمال الگوریتم VFH ربات خود را به مکان (-8,-8) که همان نقطه‌ی هدف است، برسانید. برای اینکار نیاز است که ابتدا با استفاده از LaserScan اطراف خود را بررسی کنید و آرایه‌ی احتمال وجود مانع در اطراف خود را دریافت کنید. سپس نیاز است که ۵ درجه در اطراف خود یک ناحیه یا sector تعریف کنید که مقدار آن از فرمول زیر بدست می‌آید:

$$m_{i,j} = (c^*_{i,j})^2 (a - bd_{i,j})$$

که در آن c برابر با احتمال وجود مانع (از لیزر اسکن ۱ بدست می‌آید)، و d برابر با فاصله‌ی است که اسکن انجام شده است که می‌توان از خروجی گرفته شده توسط لیزر اسکن آنرا بدست آورد.

مقادیر a و b را نیز به ترتیب می‌توانید برابر با ۱ و ۰/۲۵ قرار دهید. دقت کنید که زمانی که فاصله d حداکثر شود مقدار a - bd باید برابر صفر شود. یعنی m نمیتواند مقداری منفی اتخاذ کند. شما مجاز هستید با توجه به صلاحدید خود مقادیر a و b را تغییر دهید ولی توجه نمایید که مقدار حد آستانه‌هایی که در پایین توضیحات آن آمده نیز تغییر میکند.

سپس باید با استفاده از فرمول زیر چگالی قطبی مانع هر ناحیه را محاسبه کنید.

$$h_k = \sum_{i,j} m_{i,j}$$

سپس نیاز است که هموارسازی در میان نواحی ایجاد شود. هموارسازی هر ناحیه از فرمول زیر محاسبه میشود:

$$h'_k = \frac{h_{k-l} + 2h_{k-l+1} + \dots + lh_k + \dots + 2h_{k+l-1} + h_{k+l}}{2l+1}$$

که در اینجا مقدار l را برابر با ۲ قرار دهید.

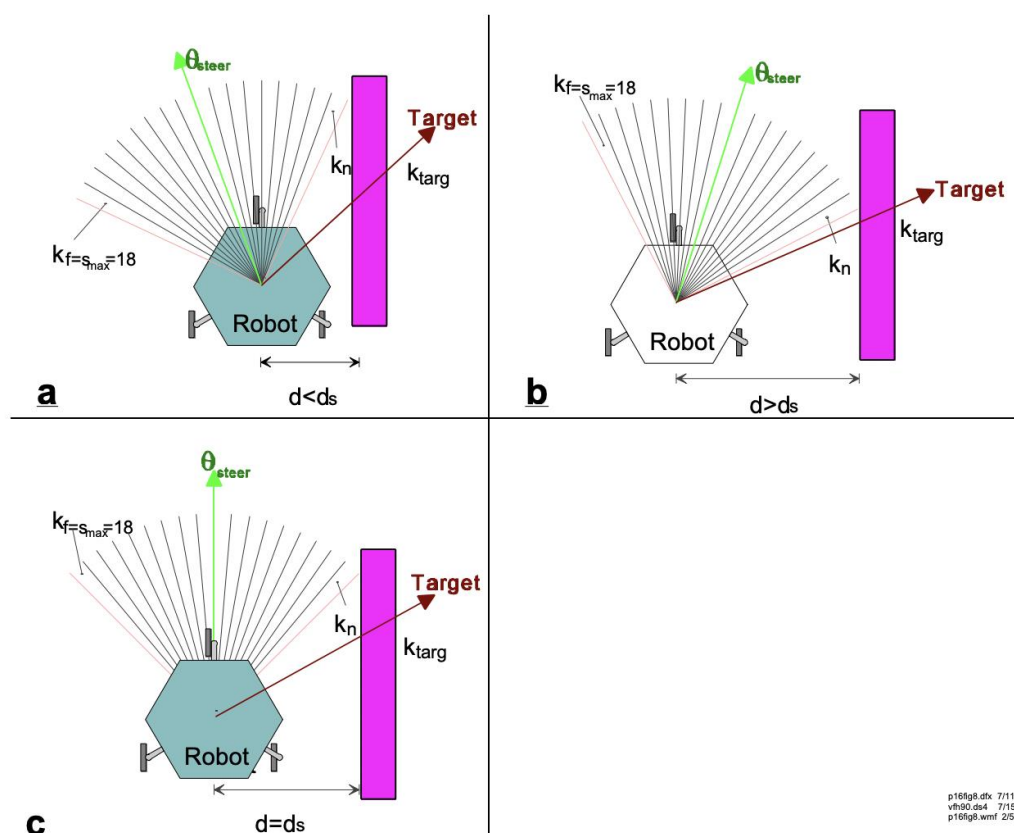
حال آرایه‌ی Vector Field Histogram تشکیل شده است. در این مرحله نیاز است که با تشخیص ماکسیمم و یا مینیمم های محلی، قعرها و قله‌های این آرایه مشخص شوند. برای مشخص کردن قعرها و قله‌ها می‌توانید از تابع argrelextrema استفاده کنید. سپس می‌بایست ۲ حالت زیر را بررسی کنید و زاویه‌ی مورد نظر را

مطابق با مطلب مقاله تدریس شده در کلاس که به خلاصه ای از آن اشاره شده است انتخاب کنید.(صفحه ۱۳ ، ۱۴)<sup>۱</sup> انتخاب کنید.

پس از یافتن قعرهای محلی که از آستانه مقدار کمتری دارند،

۱- اگر مقصد در قعر قرار داشت، به سمت آن حرکت میکند.

۲- در حالت دیگر میبایست نزدیک ترین قعر به مقصد ( یک تعداد ناحیه متوالی که همه مقدار کمتری از آستانه دارند ) را یافته و جهت حرکت را مطابق عکس زیر انتخاب کند :



به این معنا که به وسط ترین نقطه‌ی رشته ناحیه متوالی که از فرمول زیر محاسبه میشود برود.

$$\theta = (k_n + k_f) / 2$$

که در آن  $k_n$  نزدیک ترین ناحیه به مقصد و  $k_f$  دورترین ناحیه از رشته ناحیه متوالی به مقصد می‌باشد.

پیشنهاد می‌شود به جهت گرفتن نتیجه بهتر، برای تغییر زاویه از کنترلر PID استفاده کنید.

<sup>1</sup> “The vector field histogram-fast obstacle avoidance for mobile robots.” J Borenstein, Y Koren - IEEE transactions on robotics and automation, 1991

- **نکته:** دقت کنید که پیاده‌سازی صحیح الگوریتم و گرفتن یک نتیجه‌ی خوب مد نظر است و کیفیت بالای حرکت ربات بارم پایینی دارد.

برای سناریوی دوم علاوه بر گزارش و کد، لازم است یک ویدیوی از خروجی خود قرار دهید. در غیر اینصورت بارمی به گزارش و کد تعلق نخواهد گرفت.

### ❖ توضیح سناریو سوم (امتیازی):

در این گام می‌بایست در دنیای `funky_maze.world` با استفاده از نقشه‌ای که در سناریوی اول بدست آورده‌اید، کوتاه‌ترین مسیر حرکت به سمت مقصد را بدست آورده و به سمت آن مسیریابی را انجام دهید. کد شما باید قادر باشد نقاط شروع حرکت ربات و مقصد نهایی (نقطه‌ی هدف) را از کاربر دریافت کند. برای ارزیابی نقاط شروع و مقصد را مطابق با نقاط ذکر شده در سناریوی دوم در نظر بگیرید. در ابتدا نقشه‌ی محیط را به طور کامل بدست آورید و سپس برای بدست آوردن کوتاه‌ترین مسیر برای حرکت ربات به سمت مقصد، می‌توانید از الگوریتم‌های کوتاه‌ترین مسیر که در درس طراحی الگوریتم خوانده‌اید استفاده کنید. برای استفاده از الگوریتم‌های کوتاه‌ترین مسیر، پیشنهاد می‌شود از نقشه‌ای که توسط SLAM بدست آورده‌اید گرافی تشکیل دهید و با استفاده از آن کوتاه‌ترین مسیر را از نقطه  $(8,5,8,5)$  به  $(8,5,-8,5)$  پیدا کنید. در این راستا مسئله را در دو گام حل نمایید.

گام اول) استفاده از **Local Path Planning**: در این راستا می‌توانید رئوس گراف در کوتاه‌ترین مسیر را به عنوان مقاصد فرضی و متوالی در نظر گرفته و مسیریابی را با در نظر گرفتن این توالی، بر روی رئوس مد نظر تا رسیدن به مقصد نهایی انجام دهید.

گام دوم) ترکیب **Local Path Planning** با **Global Path Planning**: در این حالت شما مقصد نهایی را در کنار مقاصد محلی تاثیر داده و در پیمایش‌های متوالی متناسب با نرخ مناسب، ربات را همزمان به مقصد نهایی جذب می‌نمایید. این نرخ را به صورت تجربی بدست آورید و تاثیر آن را در رسیدن به مقصد نهایی ارزیابی کنید.

(راهنمایی: در سناریوی دوم این پروژه مقاصد محلی در مسیریابی حائز اهمیت نبوده و ربات در میدان هدف با نرخ یک به نقطه نهایی جذب می‌شد. در گام یک سناریوی سوم ربات نقاط هدف متوالی را بدست آورده بود و پیمایش را با مسیریابی به سمت این نقاط هدف محلی تا رسیدن به مقصد نهایی با نرخ یک انجام می‌داد. در گام دوم انتظار می‌رود میدان جذب با دو جاذب تاثیر داده شود. جاذب اول مقصد نهایی است و جاذب دوم مقاصد محلی می‌باشد. آنچه سهم هر یک از این جاذب‌ها را تعیین می‌نماید نرخ است که می‌بایست به صورت تجربی بدست آورید.)

برای سناریوی سوم علاوه بر گزارش و کد، لازم است یک ویدیوی از خروجی خود قرار دهید. در غیر اینصورت بارمی به گزارش و کد تعلق نخواهد گرفت.

## نکات تکمیلی در باب تحویل تمرین

۱. تحویل گزارش پروژه در یک فایل pdf مطابق با تمپلیت قرار گرفته در کنار فایل‌های Codes (شامل فایل‌های خواسته‌شده در سناریوی ۱ و کدهای زده شده برای سناریوی ۲ و ۳) و نیز ویدیو از خروجی سناریوی دوم و سوم و با نام‌گذاری Project\_StudentNumber صورت می‌گیرد. StudentNumber شماره دانشجویی سرگروه بوده و تنها سرگروه تیم موظف است تمرین را آپلود نماید.
۲. تحلیل بخش پیاده سازی نیز مشمول گزارش فوق بوده و می‌بایست به تفکیک هر سناریو و در همان فایل گزارش (در قالب مربوطه) صورت گیرد.

### ۳. نکات نگارشی:

۱. تحویل بخش شبیه سازی می‌بایست در یک فایل زیپ شامل یک pdf (گزارش بخش شبیه‌سازی) و یک پوشه Codes در سامانه صورت گیرد.
۲. گزارش را در قالب بارگذاری شده در سامانه و با اسم فایل عنوان شده تحویل دهید.
۳. در نهایت ۱۰ درصد از نمره‌ی کسب شده در هر تمرین توسط دانشجو متعلق به رعایت نکات نگارشی است. (همچنین خوانایی متن ضروری بوده و عدم رعایت آن موجب کسر نمره نگارش از دانشجو می‌شود)
۴. در صورت احراز مشابهت در گزارش یا در کد توسط تدریساران، نمره پروژه برای هر دو گروه بدون هیچ‌گونه اغمازی ۱۰۰- لحاظ خواهد شد.
۵. انجام این پروژه به صورت گروهی است و در صورتیکه گروهی را نتوانستید تشکیل دهید می‌توانید با آیدی @mhbadiei در ارتباط باشید. در غیر اینصورت ۵ درصد از نمره‌ی پروژه از شما کسر خواهد شد.
۶. 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 دانشجوین مرجع خود را ذکر کنند.
۷. 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.
۸. تاریخ تحویل تمرین ۱۰ تیر ۱۴۰۱ می‌باشد و تاخیر در تحویل پروژه به هیچ عنوان مجاز نمی‌باشد.
۹. در صورت وجود هرگونه ابهام یا سوال با مسئولین تمرین جناب آقایان رحیمی و ستاک (سناریوی ۱) و آقای مستاجران (سناریوی ۲ و ۳) از طریق ایمیل‌های زیر در ارتباط باشید.

[arshiarahimi78@gmail.com](mailto:arshiarahimi78@gmail.com)

[mh.setak38@gmail.com](mailto:mh.setak38@gmail.com)

[ariamostajeran99@gmail.com](mailto:ariamostajeran99@gmail.com)

موفق باشید