

Introduction to Robotics  
Winter 2023



Computer Engineering Dept.  
Prof. Ahad Harati

### Assignment #3

### سوال‌های نظری

قسمت نظری تمرین‌ها می‌تواند دست‌نویس با استفاده از خودکار آبی یا مشکی، به صورت دیجیتالی با استفاده از قلم نوری و یا با استفاده از LaTeX و آپلود کد منبع آن همراه با PDF نوشته شود.

---

(۱) نقطه  $p[4, 2, 0]^T$  چسبیده به فریم  $A$  را به ترتیب و پشت سر هم تحت تبدیل‌های زیر قرار می‌دهیم. فریم  $A$  در ابتدا منطبق با فریم مرجع  $O$  است، همانطور که فریم  $A$  نسبت به فریم مرجع می‌چرخد یا انتقال داده می‌شود، نقطه  $p$  متصل به آن با آن حرکت می‌کند و مختصات نقطه نسبت به فریم مرجع  $O$  تغییر می‌کند.

• (a) ماتریس تبدیل  $4 \times 4$  هر کدام را نوشته و مختصات نهایی نقطه نسبت به فریم مرجع را پس از اعمال تمام تبدیل‌ها بر روی آن به ترتیب بدست آورید.

۱. چرخش  $90^\circ$  درجه حول محور  $x_o$

۲. جابه‌جایی تحت  $[-1, 2, 5]$

۳. چرخش  $90^\circ$  درجه حول محور  $z_o$

• (b) ترتیب اعمال تبدیل‌ها و ترتیب نوشتن ماتریس‌ها از چپ به راست را با هم مقایسه کنید.

• (c) ترتیب تبدیل‌ها را به صورت زیر تغییر دهید و دوباره مختصات نقطه نهایی را پیدا کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۱. جابه‌جایی تحت  $[-1, 2, 5]$

۲. چرخش  $90^\circ$  درجه حول محور  $z_o$

۳. چرخش  $90^\circ$  درجه حول محور  $x_o$

---

(۲) نقطه سوال قبل را اینبار تحت دوران‌هایی قرار می‌دهیم که نسبت به فریم فعلی هستند.

• (a) ماتریس تبدیل  $4 \times 4$  هر کدام را نوشته و مختصات نهایی نقطه نسبت به فریم مرجع را پس از اعمال تمام تبدیل‌ها بر روی آن به ترتیب بدست آورید.

۱. چرخش  $90^\circ$  درجه حول محور  $x_a$

۲. جابه‌جایی تحت  $[-1, 2, 5]$

۳. چرخش  $90^\circ$  درجه حول محور  $z_a$

• (b) ترتیب اعمال تبدیل‌ها و ترتیب نوشتن ماتریس‌ها از چپ به راست را با هم مقایسه کنید.

---

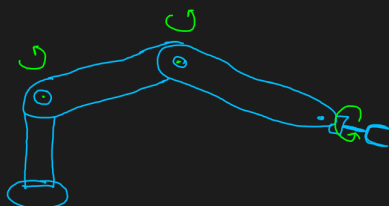
(۳) آیا ترتیب نوشتن ماتریس‌ها در سوال یک قسمت a و سوال دو قسمت a فرق کرده است؟ چرا؟  
به طور کامل و دقیق توضیح دهید و در رابطه با شهودات خود بنویسید.

---

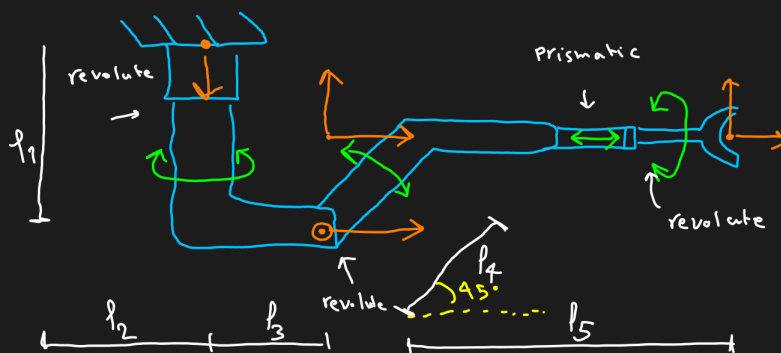
۴) به سوال‌های زیر در رابطه با نحوه قرار دادن فریم‌ها در سیستم DH پاسخ دهید. در هنگام نوشتن جواب، سوال‌ها را فقط به ترتیب پاسخ دهید. (در پاسخ خود هر دو نوع مفصل چرخشی و کشویی را در نظر بگیرید.)

۱. محور Z ها باید در چه جهتی باشد؟
۲. متغیر مفصل چگونه تعریف می‌شود؟
۳. آیا دو خط می‌توانند در فضا حالتی غیر از تقاطع و توازی داشته باشند؟ در صورت وجود چنین حالتی، آیا خطی هست که در این حالت بر هر دو خط قبل عمود باشد؟
۴. با توجه به حالت‌های مختلف مجورهای Z مجاور محور X ها در چه جهتی باید باشد؟
۵. در بین پارامترها کدام یک مربوط به ویژگی‌های فیزیکی ربات می‌شوند و تغییر نمی‌کنند؟ نحوه بدست آوردن آن‌ها را شرح دهید.
۶. فرق میان دو روش شماره گذاری فریم‌ها که در درس اشاره شده است را توضیح دهید.

۵) پارامترهای DH برای ربات‌های زیر را بدست آورید. برای هر سطر جدول، در حد یک خط دلایل خود را برای پر کردن آن سطر کامل توضیح دهید. پر کردن جدول بدون توضیحات هیچ نمره ای ندارد. شکل ربات را کشیده و محل قرار گیری فریم‌ها و جهت محورهای آن‌ها را تا جای امکان نمایش دهید.



۱.



۲.

۶) به سوال‌های زیر در رابطه با ماتریس Jacobian پاسخ دهید.

۱. این ماتریس چه کاربردی دارد؟

۲. هر یک از عناصر این ماتریس چه چیزی را بیان می‌کنند و چگونه بدست می‌آیند؟

۳. سرعت خطی و زاویه‌ای را توضیح دهید.

آموزش‌های زیر را مطالعه کرده و گام‌به‌گام پیش بروید.

- [Creating a launch file](#)
- [Launching and monitoring multiple nodes](#)
- [Learning TF2 \(using your preferred language\)](#)
- [URDF](#)
- [Simulating a Robot with Gazebo](#)

پس از خواندن تمام مطالب بالا به انجام تمرین‌ها بپردازید.

## تمرین ۱

- (a) برای تمرین ۱ و نودهای bob و alice یک لانچ فایل با فرمت YAML بنویسید.
- (b) برای تمرین ۲ و نودهای yin و yang یک لانچ فایل با فرمت YAML بنویسید که در آن پارامترهای shout و opacity به دلخواه مقداردهی شده‌اند. شیوه مقداردهی به پارامترهای هر نود از طریق لانچ فایل با فرمت YAML را باید با جست‌وجو پیدا کنید.
- (c) TF2 چگونه از تشکیل حلقه در تبدیلات خود جلوگیری می‌کند؟
- (d) static\_transform\_publisher چیست و در صورت نبود آن باید چکار می‌کردیم؟
- (e) فرق تبدیلات پویا و ایستا چیست و در چه جاهایی استفاده می‌شوند؟
- (f) درخت‌های TF2 و URDF چگونه بهم مربوط می‌شوند؟

## تمرین ۲)

یک پکیج با نام turtlemania طراحی کنید که ۳ لاکپشت علاوه بر لاکپشت ابتدایی ایجاد می‌کند. اولین لاکپشت ایجاد شده باید با ۲ ثانیه تاخیر به دنبال لاکپشت ابتدایی برود. لاکپشت دوم نیز با ۲ ثانیه تاخیر به دنبال لاکپشت اول، لاکپشت سوم با ۲ ثانیه تاخیر به دنبال لاکپشت دوم برود. برای مثال در لاکپشت دوم، منظور از ۲ ثانیه تاخیر این است که موقعیت ۲ ثانیه قبل لاکپشت اول نسبت به موقعیت حال حاضر لاکپشت دوم چیست.

با استفاده از teleop لاکپشت ابتدایی را جابه‌جا کنید و از نتیجه اسکرین شات بگیرید.

برای اجرای سیستم خود از لانچ فایل استفاده کنید. می‌توانید از کدهای turtle\_tf2 demo که در آموزش‌ها استفاده شد کمک بگیرید.

## تمرین ۳)

### نصب Gazebo

ابتدا Gazebo Garden را با دستورات نوشته شده در لینک زیر نصب کنید.

#### [Gazebo Garden Binary Install](#)

سپس rosdep rules های مربوط به آن را نصب کنید.

#### [Gazebo Garden Rosdep Rules](#)

نهایتاً پکیج‌های ros\_gz را در workspace خود کلون کنید و آن‌ها را بسازید. دقت کنید که برای GZ\_VERSION=garden آن را کامپایل کنید.

#### [Installing ros\\_gz From Source](#)

برای جلوگیری از پر شدن ناگهانی رم می‌توانید از دستور زیر استفاده کنید. کامپایل کردن آن نهایتاً ۱۰ دقیقه طول خواهد کشید.

```
MAKEFLAGS="-j2"; colcon build --parallel-workers 1 --symlink-install --packages-select ros_gz ros_gz_bridge ros_gz_image ros_gz_interfaces ros_gz_sim ros_gz_sim_demos
```

workspace ای که در آن ros\_gz را ساختید فعال کنید. برای تست اجرای Gazebo لینک زیر را دنبال کنید و بعد از باز شدن shapes.sdf از صفحه کل دسکتاپ همراه با ترمینالی که Gazebo را اجرا کرده است اسکرینشات بگیرید.

#### [Getting Started](#)

اگر به خطا در رابطه با پلاگین‌های QT برخوردید، قبل از اجرای Gazebo متغیرهای محیطی مربوط به QT را پاک

کنید.

لینک زیر را برای ارتباط بین ROS2 و Gazebo دنبال کنید. اسم کوچک خود را تایپ کرده و از خروجی عددی آن در تاپیک اکو شده و کل دسکتاپ اسکرینشات بگیرید.

[ROS2 Integration](#)

## تحويل

پاسخ سوال‌های قسمت نظری، تمرین ۱ و اسکریت شات‌های گرفته شده در تمرین ۲ و ۳ را در یک فایل PDF قرار داده و همراه با کد مربوط به تمرین ۲ در یک فایل zip قرار دهید و فایل zip را آپلود کنید.