

دانشجویان محترم لطفاً به موردهای زیر توجه فرمایید:

- از کاغذ سفید و خودکار آبی یا مشکی استفاده کنید.
- نام و نام خانوادگی و شماره دانشجویی خود را بر روی برگه بنویسید.
- از مراقب امتحان سوالی نپرسید. در صورتی که فکر می‌کنید سوالی اشتباه است دلیل خود را در آن سوال را بنویسید.

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؟

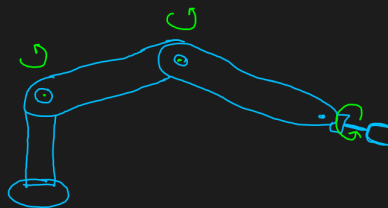
۴. با توجه به حالت‌های مختلف مجورهای Z مجاور محور X ها در چه جهتی باید باشد؟

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.

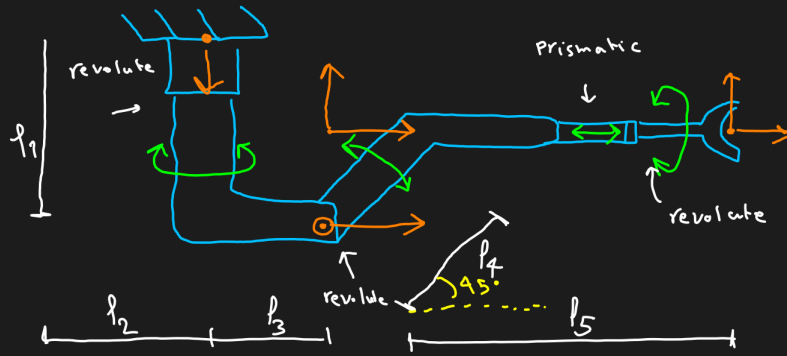
---

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.