



در مفاهیم رباتیکی، همواره نیاز است نقطه‌ای از یک بازوی رباتیک اندازه‌گیری شود تا از آن، در فیدبک کنترلی ربات استفاده شود. این نقطه سه بعدی فضایی به‌عنوان مثال، می‌تواند مجری نهایی ربات باشد. مختصات اندازه‌گیری این نقطه با $\mathbf{x} = [\mathbf{x}, \boldsymbol{\theta}]^T$ توصیف می‌شود و به آن، بردار مختصات کاری ربات گفته می‌شود. این بردار، که از 6 مولفه تشکیل شده است، خود از دو بخش بردار موقعیت و دوران به‌صورت زیر تشکیل می‌شود:

$$\mathbf{x} = [x, y, z]^T$$

$$\boldsymbol{\theta} = [\theta_x, \theta_y, \theta_z]^T$$

در این تمرین قصد داریم به تحلیل حرکت پویای ربات‌ها بپردازیم. بر خلاف تحلیل سینماتیکی که در آن به تحلیل حرکت ربات بدون در نظر گرفتن عامل ایجاد آن پرداخته می‌شد، در این فصل رابطه بین نیروها و گشتاورهای اعمالی بر ربات و حرکت‌های پویای حاصل از آن مورد توجه قرار می‌گیرد.

(أ) یک ربات دو درجه آزادی RR را در نظر بگیرید. یک کد برنامه نویسی بنویسید که ورودی آن، جدول دناویت هارتنبرگ ربات بوده و خروجی آن بردار موقعیت، ماتریس دوران، ماتریس ژاکوبین خطی و زاویه‌ای مرکز هر لینک باشد. تمام فرضیات را مشابه مثال ۲,۵ بگیرید و جواب باید با این مثال کاملاً یکسان شود.

(ب) اکنون کد فوق را توسعه دهید. ورودی کد باید همچنان جدول دناویت هارتنبرگ ربات بوده و بتواند با استفاده از محاسبات سینماتیکی هر لینک، فرم بسته دینامیک ربات را محاسبه کند. خروجی باید ماتریس جرمی، ماتریس کوریولیس و گریز از مرکز، و بردار گرانش باشد و نتایج با مثال ۲,۵ باید یکسان شوند. قسمت دشوار این بخش، محاسبه ماتریس کریستوفل، با استفاده از یک روش بازگشتی است.

(ج) اکنون یک کد برای محاسبه دینامیک ربات دارید. کد فوق را برای محاسبه فرم بسته دینامیک ربات 3R استفاده کنید. صرفاً ورودی جدول دناویت هارتنبرگ را به کد داده و خروجی کد را با نتایج مثال ۳,۵ مقایسه کنید.

(د) {امتیازی} چگونه می‌توان مطمئن شویم دینامیک محاسبه شده درست است؟ تفاوت Verification و Validation مدل‌های دینامیکی چیست؟

(ه) کد فوق را صرفاً برای محاسبه دینامیک ربات n درجه آزادی $\mathbf{R} \dots \mathbf{R}_n$ گسترش دهید. ورودی کد صرفاً باید n باشد. از دستورهای محاسبه زمان محاسبه کد (نظیر tic toc در متلب) استفاده کنید و در هر

حلقه، زمان محاسبه دینامیک ربات را محاسبه کنید. سپس نموداری رسم کنید که محور افقی آن $n = 1 \dots 7$ بوده و محور عمودی آن، زمان محاسبه کد می‌باشد.

(و) {امتیازی} با در نظر گرفتن نتیجه بخش قبلی، آیا روش اولر لاگرانژ بهترین روش برای محاسبه دینامیک ربات‌های سری می‌باشد؟ در مورد سایر روش‌ها تحقیق کنید و آنها را از نظر هزینه محاسباتی مقایسه کنید.

(ز) در بسیاری از کاربردها، از بستر Simulink Real Time برای کنترل بازوان رباتیکی استفاده می‌شود. در فصل کنترل یاد خواهیم گرفت که از مدل دینامیکی ربات برای کنترل بهتر بازوان رباتیکی استفاده می‌شود. به این منظور مدل دینامیک مستقیم و معکوس ربات 3R را در بستر سیمولینک توسعه دهید. پارامترهای عددی ربات و مسیر ترجکتوری مورد نظر را مطابق جدول ۱,۵ در نظر بگیرید.

توجه: در خصوص گزارش، نیاز به ذکر تمام موارد نیست. لطفاً کدها را به دقت توضیح دهید و صرفاً نتایج خروجی کد را در گزارش ذکر کرده، سپس آن را با نتایج کتاب مقایسه کنید.

موفق باشید