



Dinamika manipulatora i upravljanje

Završni ispit

S ciljem da ubrza proizvodnju, tvornica auto stakla odlučila je investirati u svoje proizvodno postrojenje i izraditi RTR robotski manipulator kojim će vršiti ultrazvučno ispitivanje stakla. Donijeli su odluku da zaposle Mirka Vicu, svježeg diplomca FER-a, čiji je zadatak da izradi upravljački uređaj sustava tako da robot izvršava zadatak površinskog ispitivanja kakvoće stakla gibajući se kontinuirano po liniji $x = H, y = [-W, +W]$. Mirko je savjesno izmjerio radni prostor robota, pojedine segmente i izračunao direktnu kinematiku robota. Njegove bilješke prikazane su u 3. Nažalost, Mirko nije dobro savladao drugi dio kolegija Osnove robotike te je zapeo u dinamičkom modeliranju robota. S obzirom da se primiču rokovi za izradu upravljačkog sustava, pomozite Mirku da riješi sljedeće probleme:

1. Zadatak

Koristeći se Mirkovim bilješkama:

- (2 boda) Postavite koordinatne sustave koji nedostaju u Mirkovim bilješkama prema DH postupku. Pri tome vodite računa da je Mirko dobio sljedeće početne uvjete $q(0) = [\frac{\pi}{2}, 0, 0, 0]^T$, za što je vektor alata robot $p_0^4 = [d_4, 0, 0]$. Odredite raspon gibanja zgloba q_3 koji osigurava da je alat konstantno okomit na površinu koju ispituje.
- (4 boda) Newton - Eulerovim postupkom odredite kutnu brzinu alata robota. Odredite matematičko ograničenje gibanja zglobova robota tako da robot prilikom ispitivanja zadrži konstantnu orijentaciju prema staklu. Virtualni zglob je nepokretan;
- (5 bodova) Newton - Eulerovim postupkom odredite linijsku brzinu alata robota.

2. Zadatak

Pomozite Mirku da uspješno izvede upravljački sustav robota!

- (10 bodova) Odredite tenzor inercije manipulatora. Pri tome vodite računa da su $m_1 = m_3 \sim 0$ te da je dio postupka Mirko već izračunao.
- (1 bod) Skicirajte blokovsku shemu regulacijske petlje položaja zglobova, uz upravljanje momentom.
- (2 boda) Blokovsku shemu iz prethodnog zadatka nadopunite kompenzacijskim proširenjem, te objasnite MIN-MAX metodu ugađanja takvog regulatora.
- (4 boda) Prema min-max metodi ugodite upravljačke petlje po momentu s kompenzacijskim proširenjem za 1. zglob manipulatora. Pretpostavite da je koeficijent pojačanja pojačala ugođen tako da $K_P K = 1$, te da možete smatrati $m_4 = m_2$, odnosno $d_4 = \frac{L}{2}$.
- (1 bod) Odredite estimirani moment M_{ge} kojim ćete kompenzirati smetnju uzrokovanu djelovanjem sile teže.
- (1 bod) Skicirajte Mirku shemu adaptivnog robusnog upravljanja položajem prema Hsiaovoj metodi uz upravljanje prema momentu.

3. Mirkove bilješke

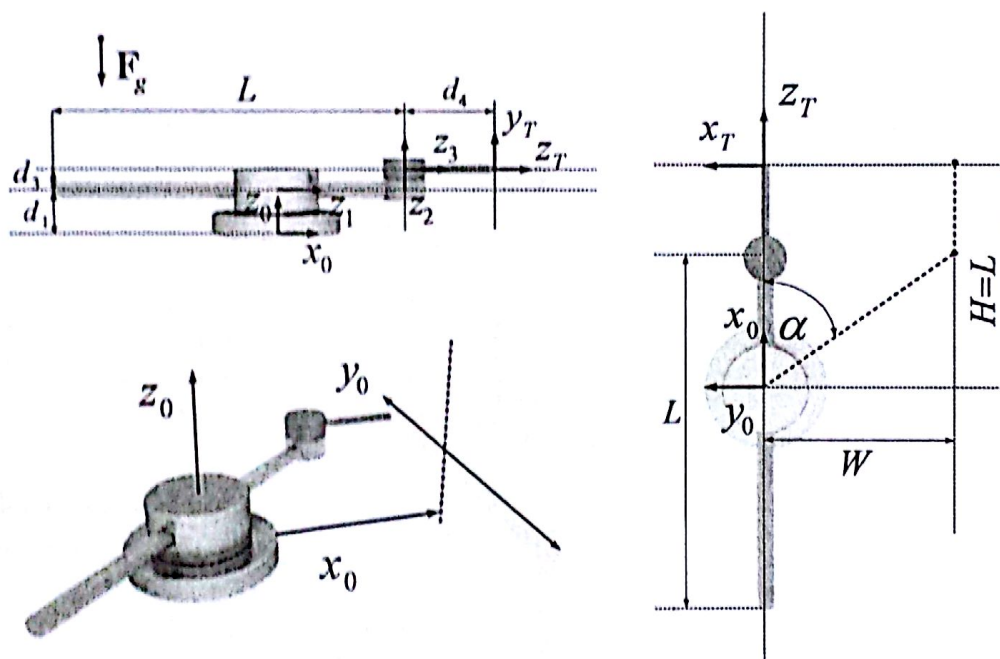
Napomena: Uvrštene su početne vrijednosti u matrice transformacije!

$$D_4 = m_4 \begin{bmatrix} \frac{1}{3}(d_4^2 + 3q_2(d_4C_3 + q_2)) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{d_4^2}{3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, T_0^2 = \begin{bmatrix} -S_1 & -C_1 & 0 & C_1q_2 \\ C_1 & -S_1 & 0 & S_1q_2 \\ 0 & 0 & 1 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$T_0^1 = \begin{bmatrix} -S_1 & 0 & C_1 & 0 \\ C_1 & 0 & S_1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, T_0^3 = \begin{bmatrix} -S_{13} & 0 & C_{13} & C_1q_2 \\ C_{13} & 0 & S_{13} & S_1q_2 \\ 0 & 1 & 0 & d_1 + d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, T_0^4 = \begin{bmatrix} -S_{13} & 0 & C_{13} & C_1q_2 + C_{13}d_4 \\ C_{13} & 0 & S_{13} & S_1q_2 + S_{13}d_4 \\ 0 & 1 & 0 & d_1 + d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Zglobovi se kreću u rasponu:

$$q_1 = [-\frac{\pi}{4}, +\frac{\pi}{4}], q_2 = [0, L], q_3 = ?$$



Slika 1: Mirkove bilješke i mjere za RTR robotskog manipulatora namjenjenog površinskom laptivanju kakvoće stakla.

	θ	d	a	α	m	J_r	i_{imp}
1	$q_1(\frac{\pi}{2})$	d_1	0	$\frac{\pi}{2}$	$m_1 \sim 0$	$m_2 L^2$	1
2		q_2	0	$-\frac{\pi}{2}$	m_2	m_2	1
3	q_3		0	$\frac{\pi}{2}$	$m_3 \sim 0$	$m_2 \frac{d_4^2}{3}$	1
4	q_4		0	0	$m_4 = m_2$	N/A	N/A

Tablica 1: DH parametri koje je Mirko zapisao. Popunite što nedostaje. Momenti inercije motora i prijenosni omjer reduktora odnose se na i -ti zglob, dok se masa odnosi na i -ti članak.