

Dinamika manipulatora i upravljanje Završni ispit

1. Zadatak

RR manipulator, sa virtualnim zglobovima (q_3), u položaju $\mathbf{q} = [\frac{\pi}{4} \ 0 \ 0]$, prikazan je na slici 1. Ako pretpostavite da se robot giba **konstantnim** brzinama $\dot{\mathbf{q}} = [\omega \ \omega \ 0]$, Newton-Eulerovim postupkom izračunajte:

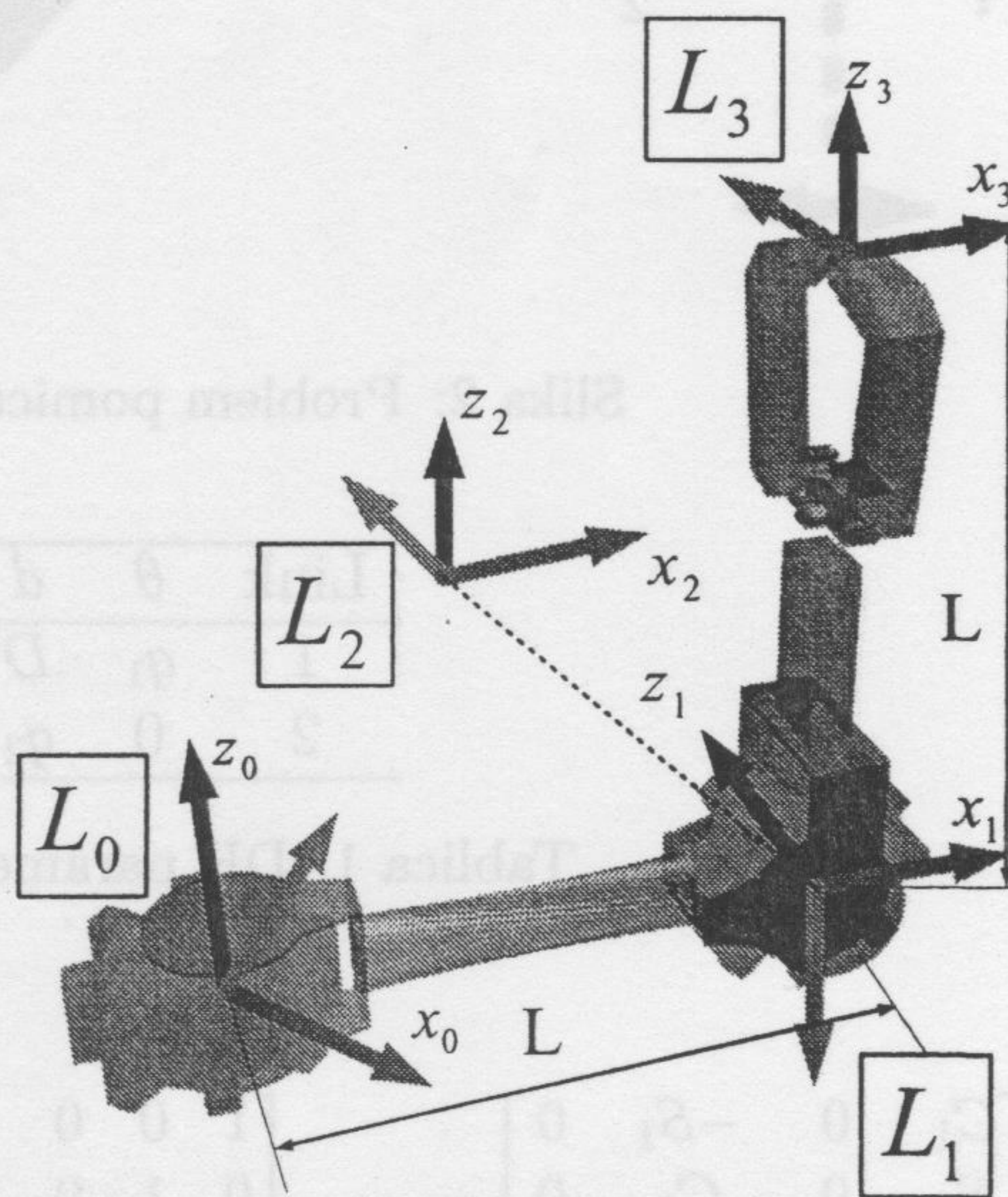
- (3 boda) Kutne brzine zglobova i alata robota;
- (3 boda) Kutna ubrzanja zglobova i alata robota;
- (5 bodova) Linijske brzine zglobova i alata robota.
- (6 bodova) Izračunajte translacijsku komponentu Jacobijeve matrice alata (matricu \mathbf{A}) i pomoću nje provjerite izraz za linijsku brzinu vrha alata, dobiven Newton-Eulerovim postupkom.

$$\mathbf{T}_0^1 = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & -\frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{L}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{L}{\sqrt{2}} \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{T}_0^2 = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{L}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{L}{\sqrt{2}} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{T}_0^3 = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{L}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{L}{\sqrt{2}} \\ 0 & 0 & 1 & L \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{T}_0^3 = \begin{bmatrix} C_1 C_2 & -S_1 & C_1 S_2 & L C_1 + L C_1 S_2 \\ C_2 S_1 & C_1 & S_1 S_2 & L S_1 + L S_1 S_2 \\ -S_2 & 0 & C_2 & L C_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



Slika 1: RR manipulator

2. Zadatak (14 bodova)

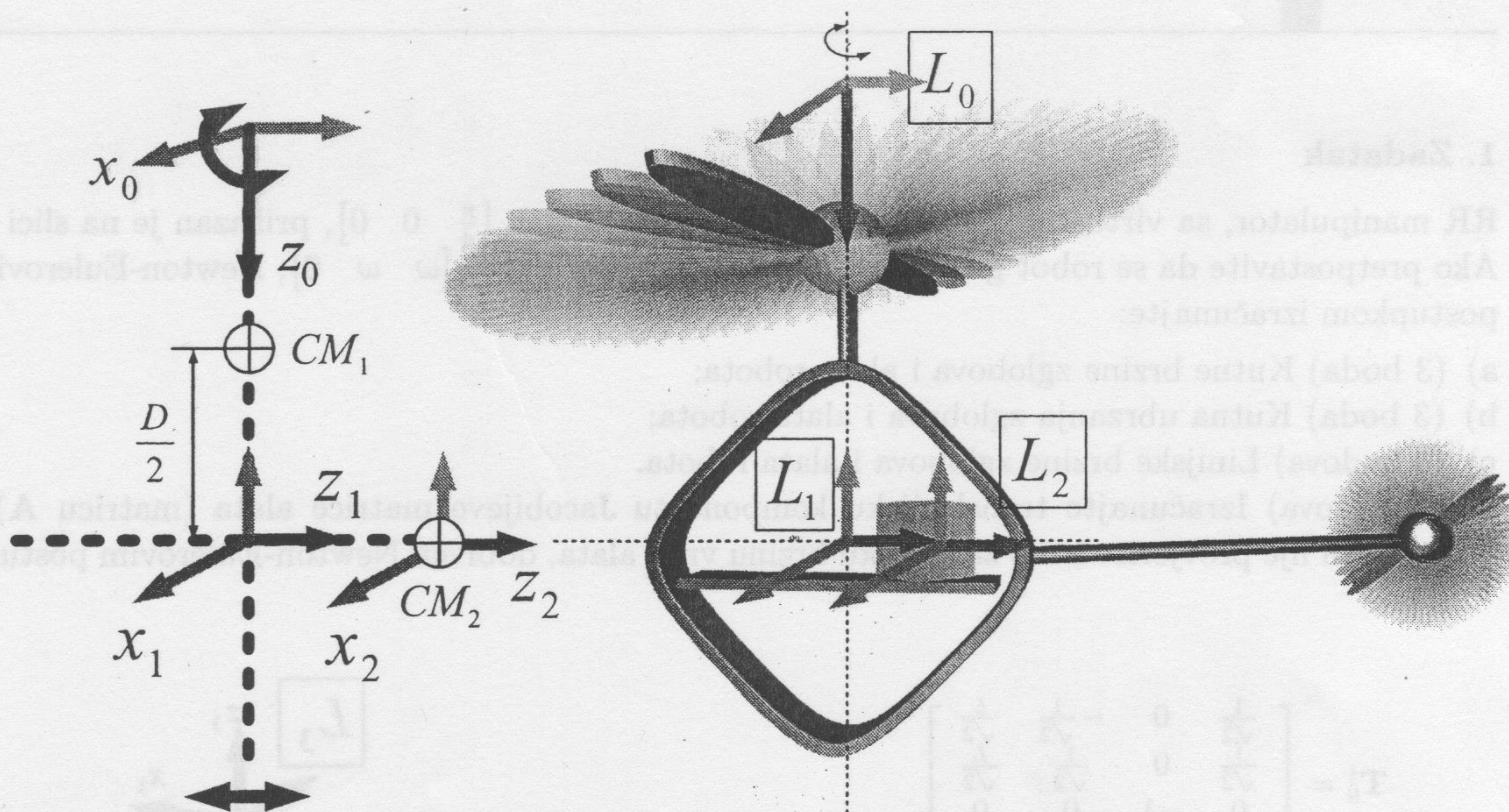
Ivica i Karlo piloti su FER-RT64 teretnog helikoptera, na zadatku prenošenja vrlo teškog tereta za Gorsku službu spašavanja. U nedostatku vremena, nisu dovoljno čvrsto osigurali teret, koji nekontrolirano klizi po podu teretnog prostora. Kako bi bili sigurni da će autopilot uspješno upravljati letjelicom, moraju izračunati promjenu momenta inercije.

Budući je Ivica nedavno završio online tečaj Osnove robotike, odlučio je ovaj problem modelirati kao RT manipulator (vidi sliku 2). Postavio je DH parametre robota, izračunao matrice

transformacije T_0^1 i T_1^2 te momente tromosti letjelice D_H i tereta D_T .

Korišćeći se Ivičnim bilješkama i Lagrange-Eulerovim algoritmom, pomozite Ivici izračunati moment tromosti letjelice oko osi z^0 !

2.1. Ivičine bilješke



Slika 2: Problem pomicanja paketa u helikopteru

Link	θ	d	a	α	m
1	q_1	D	0	$-\frac{\pi}{2}$	M
2	0	q_2	0	0	m

Tablica 1: DH parametri tereta u helikopteru

$$T_0^1 = \begin{bmatrix} C_1 & 0 & -S_1 & 0 \\ S_1 & 0 & C_1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & D \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, T_1^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & q_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, D_H = \begin{bmatrix} J_x & 0 & 0 \\ 0 & J_y & 0 \\ 0 & 0 & J_z \end{bmatrix}, D_T = \begin{bmatrix} j_x & 0 & 0 \\ 0 & j_y & 0 \\ 0 & 0 & j_z \end{bmatrix}$$

3. Zadatak

- Skicirajte blokovsku shemu regulacijske petlje položaja zgloba, uz upravljanje momentom. (2 boda)
- Blokovsku shemu iz prethodnog zadatka nadopunite kompenzacijskim proširenjem, te objasnite MIN-MAX metodu ugađanja takvog regulatora. (2 boda)
- Skicirajte i opišite matematički model dodira manipulatora i radne okoline za jedan stupanj slobode gibanja (translacija)! (3 boda)
- Objasnite princip hibridnog upravljanja silom dodira. Koji se tip regulatora koristi? (2 boda)