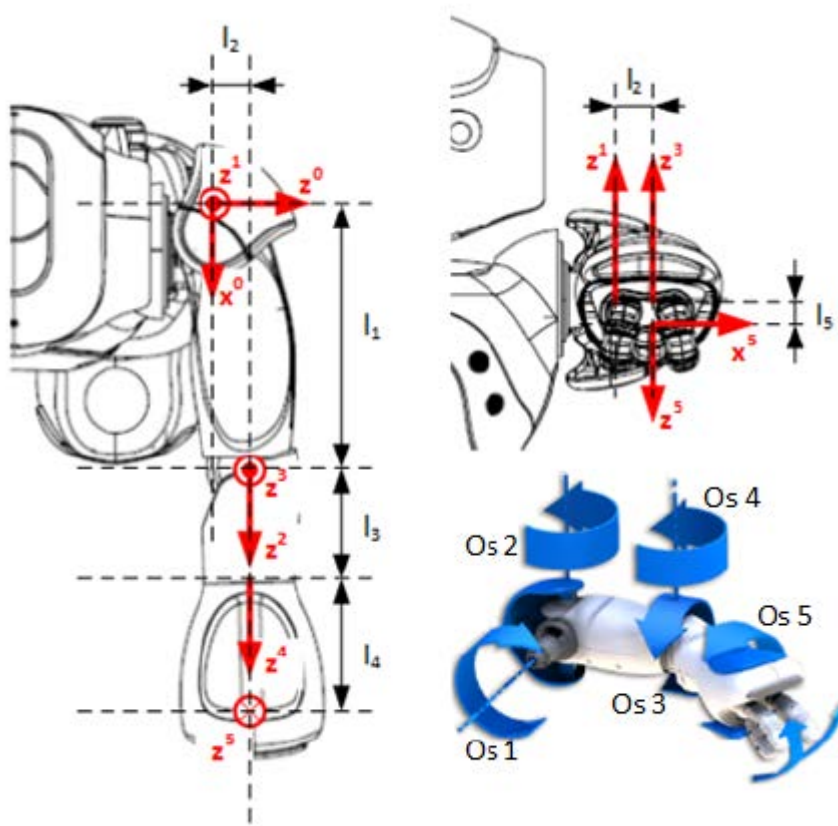


Ivan Rezo 0036466940 Grupa P01	FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA SVEUČILIŠTA U ZAGREBU Zavod za automatiku i računalno inženjerstvo	28.10.2015.
	Osnove robotike	
	Direktna kinematika manipulatora Zadaća broj 1	

Uvod

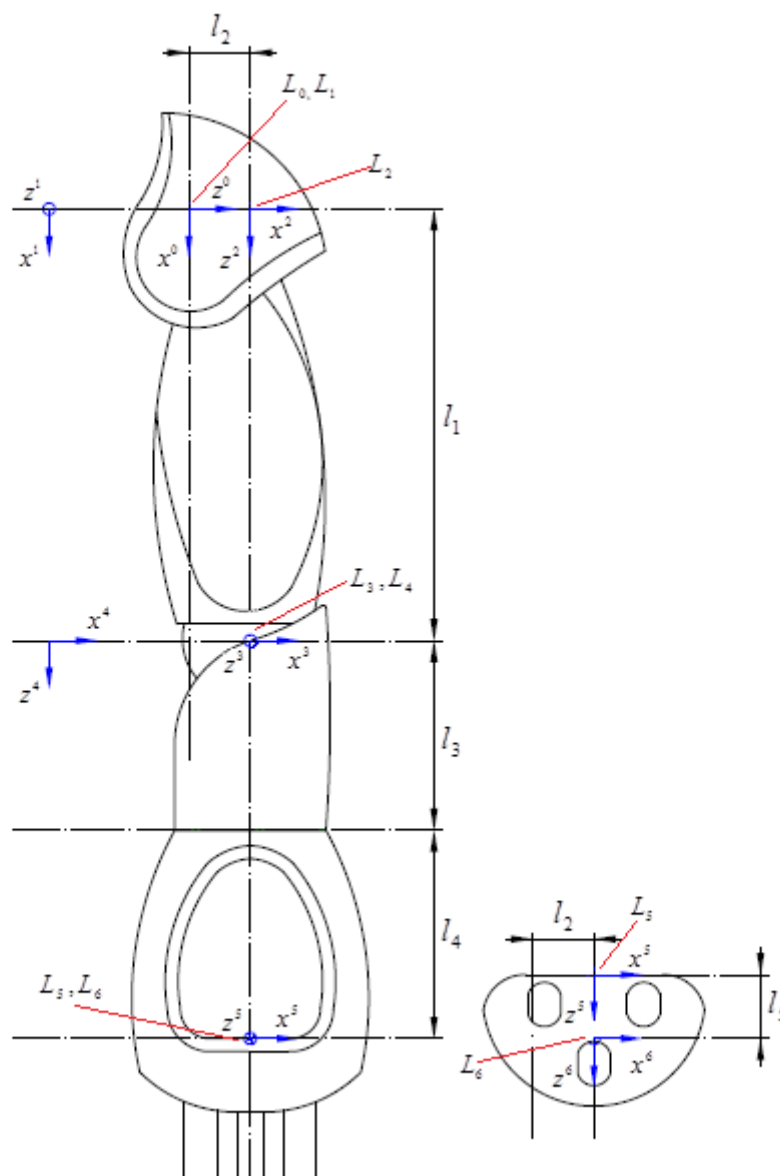
U ovoj domaćoj zadaći obradit će se ruka humanoidnog robota *Nao* s 5 stupnjeva slobode, prikazana Slikom 1. Na slici je prikazana stvarna ruka robota te tlocrt i nacrt izvedbe ruke robota, s označenim zglobovima, osima rotacije zglobova i karakterističnim dužinama. Ruka *Nao* robota spada u skupinu rotacijskih robota s 3 zgloba, pri čemu su dva zgloba (rame i lakat) izvedena kao dvoosni zglobovi, dok šaka ima jednu os rotacije. Vrh alata ruke *Nao* robota sadrži dodatan stupanj slobode (otvaranje i zatvaranje prstiju) koji se ne razmatra u ovoj zadaći.



Slika 1. Zglobovi ruke *Nao* robota

Zadatak 1.

Prema pravilima *Denavit-Hartenbergovog* postupka postavite koordinatne osi zglobova robota. Na slici rješenja obavezno označite i pomoćne točke korištene u postupku.



Slika 2. Koordinatne osi zglobova robota

Zadatak 2.

Odredite parametre *DH* tablice robota.

Tablica 1. Parametri *DH* tablice robota

	θ	d	α	a
1	$q_1(0^\circ)$	0	90°	0
2	$q_2(90^\circ)$	0	90°	l_2
3	$q_3(0^\circ)$	l_1	-90°	0
4	$q_4(0^\circ)$	0	90°	0
5	0°	$l_3 + l_4$	90°	0
6	$q_6(0^\circ)$	l_5	0°	0

*zglob broj 5 označava virtualni zglob

Zadatak 3.

Odredite i izračunajte matricu transformacije alata robota, T_0^5 te izdvojite vektore položaja i orijentacije alata.

$$T_0^6 = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} & A_{14} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} & A_{24} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} & A_{34} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3-1)$$

$$R_0^6 = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix} \quad (3-2)$$

$$P_0^6 = \begin{bmatrix} A_{14} \\ A_{24} \\ A_{34} \end{bmatrix} \quad (3-3)$$

$$A_{11} = \cos(q_5) * (\cos(q_4) * (\sin(q_1) * \sin(q_3) + \cos(q_1) * \cos(q_2) * \cos(q_3)) - \cos(q_1) * \sin(q_2) * \sin(q_4)) + \sin(q_5) * (\sin(q_4) * (\sin(q_1) * \sin(q_3) + \cos(q_1) * \cos(q_2) * \cos(q_3)) + \cos(q_1) * \cos(q_4) * \sin(q_2)))$$

$$A_{12} = \cos(q_5) * (\sin(q_4) * (\sin(q_1) * \sin(q_3) + \cos(q_1) * \cos(q_2) * \cos(q_3)) + \cos(q_1) * \cos(q_4) * \sin(q_2)) - \sin(q_5) * (\cos(q_4) * (\sin(q_1) * \sin(q_3) + \cos(q_1) * \cos(q_2) * \cos(q_3)) - \cos(q_1) * \sin(q_2) * \sin(q_4)))$$

$$A_{13} = \cos(q_1) * \cos(q_2) * \sin(q_3) - \cos(q_3) * \sin(q_1)$$

$$A_{14} = 15 * \cos(q_1) * \cos(q_2) + 105 * \cos(q_1) * \sin(q_2) - (1231 * \cos(q_3) * \sin(q_1)) / 100 + (2269 * \sin(q_4) * (\sin(q_1) * \sin(q_3) + \cos(q_1) * \cos(q_2) * \cos(q_3))) / 20 + (1231 * \cos(q_1) * \cos(q_2) * \sin(q_3)) / 100 + (2269 * \cos(q_1) * \cos(q_4) * \sin(q_2)) / 20$$

$$A_{21} = -\cos(q_5) * (\cos(q_4) * (\cos(q_1) * \sin(q_3) - \cos(q_2) * \cos(q_3) * \sin(q_1)) + \sin(q_1) * \sin(q_2) * \sin(q_4)) - \sin(q_5) * (\sin(q_4) * (\cos(q_1) * \sin(q_3) - \cos(q_2) * \cos(q_3) * \sin(q_1)) - \cos(q_4) * \sin(q_1) * \sin(q_2)))$$

$$A_{22} = \sin(q_5) * (\cos(q_4) * (\cos(q_1) * \sin(q_3) - \cos(q_2) * \cos(q_3) * \sin(q_1)) + \sin(q_1) * \sin(q_2) * \sin(q_4)) - \cos(q_5) * (\sin(q_4) * (\cos(q_1) * \sin(q_3) - \cos(q_2) * \cos(q_3) * \sin(q_1)) - \cos(q_4) * \sin(q_1) * \sin(q_2)))$$

$$A_{23} = \cos(q_1) * \cos(q_3) + \cos(q_2) * \sin(q_1) * \sin(q_3)$$

$$A_{24} = (1231 * \cos(q_1) * \cos(q_3)) / 100 + 15 * \cos(q_2) * \sin(q_1) + 105 * \sin(q_1) * \sin(q_2) - (2269 * \sin(q_4) * (\cos(q_1) * \sin(q_3) - \cos(q_2) * \cos(q_3) * \sin(q_1))) / 20 + (1231 * \cos(q_2) * \sin(q_1) * \sin(q_3)) / 100 + (2269 * \cos(q_4) * \sin(q_1) * \sin(q_2)) / 20$$

$$A_{31} = \cos(q_5) * (\cos(q_2) * \sin(q_4) + \cos(q_3) * \cos(q_4) * \sin(q_2)) - \sin(q_5) * (\cos(q_2) * \cos(q_4) - \cos(q_3) * \sin(q_2) * \sin(q_4))$$

$$A_{32} = -\cos(q_5) * (\cos(q_2) * \cos(q_4) - \cos(q_3) * \sin(q_2) * \sin(q_4)) - \sin(q_5) * (\cos(q_2) * \sin(q_4) + \cos(q_3) * \cos(q_4) * \sin(q_2))$$

$$A_{33} = \sin(q_2) * \sin(q_3)$$

$$A_{34} = 15 * \sin(q_2) - 105 * \cos(q_2) - (2269 * \cos(q_2) * \cos(q_4)) / 20 + (1231 * \sin(q_2) * \sin(q_3)) / 100 + (2269 * \cos(q_3) * \sin(q_2) * \sin(q_4)) / 20$$

Zadatak 4.

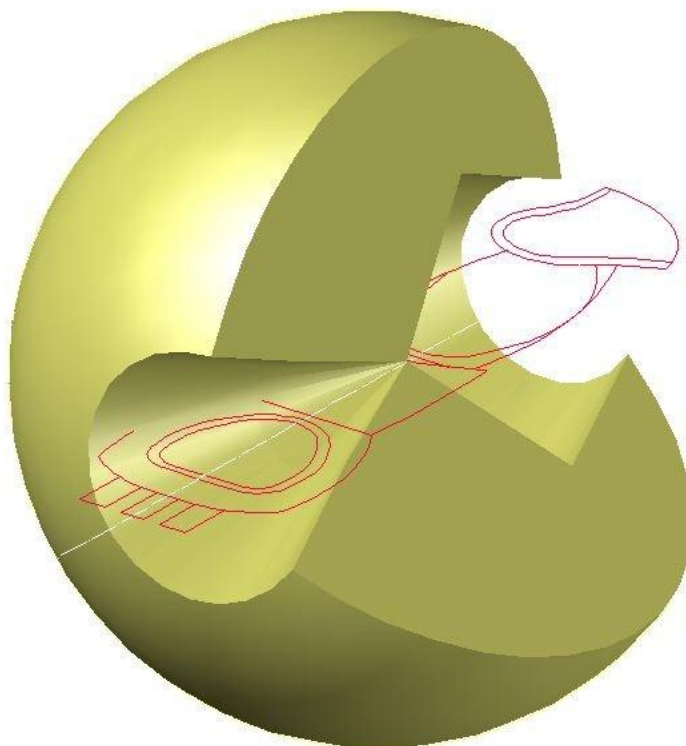
Skicirajte radni prostor robota, koristeći podatke iz Tablice 2 i Tablice 3.

Tablica 2. Zadane vrijednosti karakterističnih duljina robota

Veličina	Duljina [mm]
l_1	105.00
l_2	15.00
l_3	55.95
l_4	57.50
l_5	12.31

Tablica 3. Ograničenje rotacije zglobova

Os zgloba	Ograničenje [°]
Os 1	(−119.5, 119.5)
Os 2	(−18, 76)
Os 3	(−119.5, 119.5)
Os 4	(−88.5, −2)
Os 5	(−104.5, 104.5)



Slika 3. Radni prostor robota

Zadatak 5.

Vodeći računa o vrijednostima karakterističnih dužina iz tablice 2, za zadani položaj zglobova q , odredite položaj i orijentaciju koordinatnog sustava pridruženog trećem zglobu u koordinatnom sustavu baze i koordinatnom sustavu vrha alata.

$$q = \begin{bmatrix} 0 & \pi/4 & 0 & -\pi/4 & \pi/2 \end{bmatrix} \quad (5-1)$$

$$R_0^4 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (5-2)$$

$$P_0^4 = \begin{bmatrix} 63.64 \\ 0 \\ 84.85 \end{bmatrix} \quad (5-3)$$

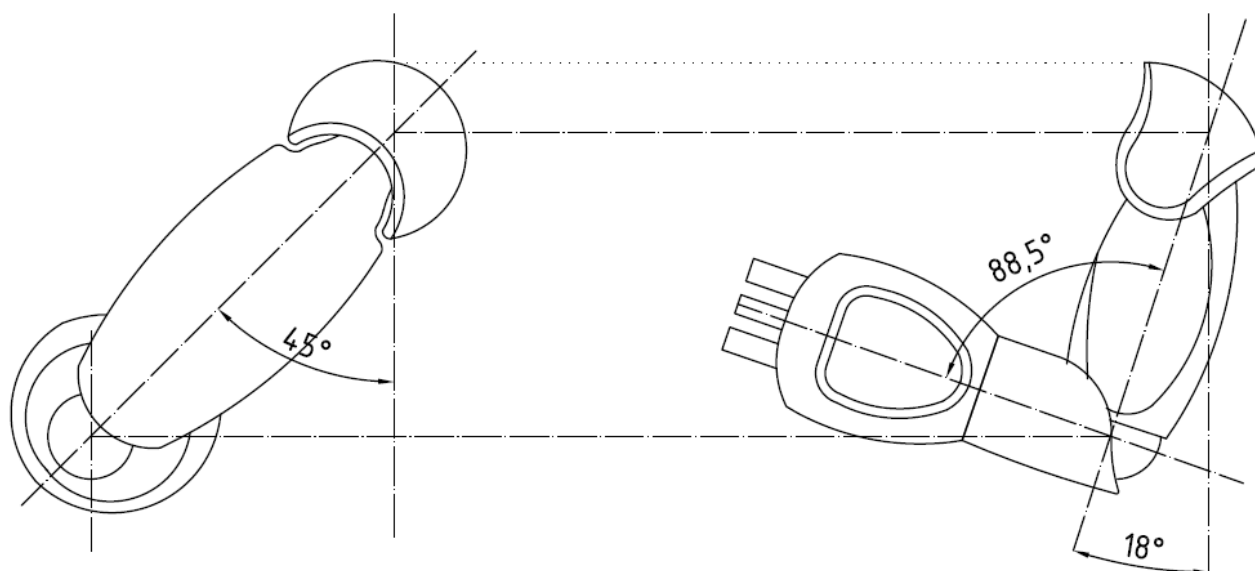
$$R_6^4 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (5-4)$$

$$P_6^4 = \begin{bmatrix} 0 \\ -113.45 \\ -12.31 \end{bmatrix} \quad (5-5)$$

Zadatak 6.

Skicirajte robota u zadanom položaju q , u nacrtu i bokocrtu.

$$q = [45^\circ \quad 0^\circ \quad -18^\circ \quad 0^\circ \quad -88.5^\circ \quad 0^\circ] \quad (6-1)$$



Slika 4. Skica robota u zadanom položaju q , u nacrtu i bokocrtu