MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
<u>ROBOTİĞE GİRİŞ</u> FİNAL SINAV SORULARI 30.01.2015

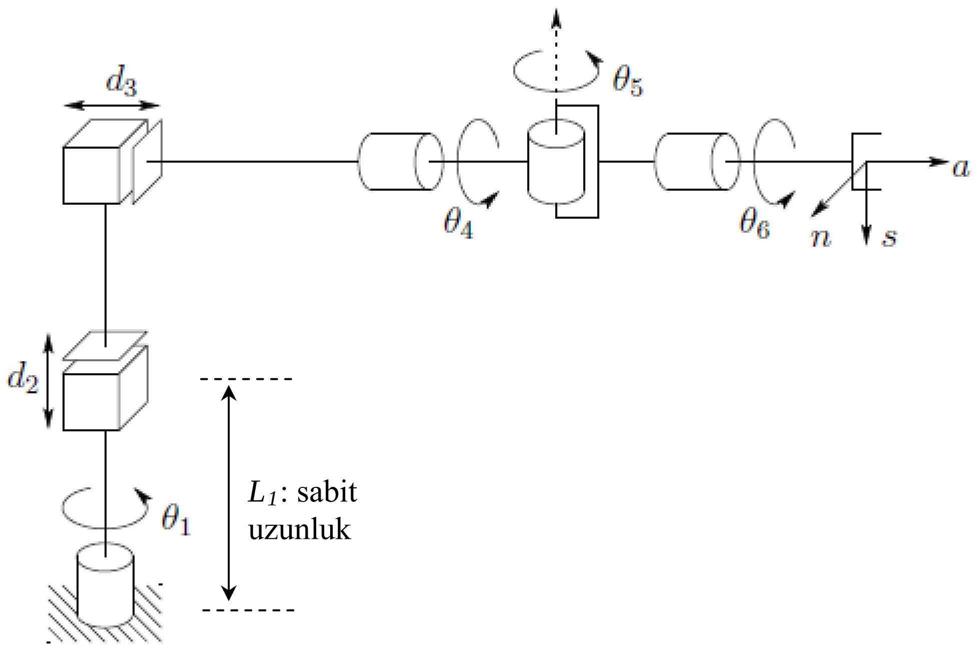
Sınav süresi **150** dakikadır. Cevaplar okunaklı ve anlaşılır olarak yazılmalıdır. Aksi takdirde yapılanlar dikkate alınmayacaktır. Başarılar dilerim.

Y.Doç.Dr. Yunus Ziya Arslan

Öğrenci adı:
Numarası:

SORU 1.

Aşağıdaki 6 serbestlik dereceli robotun Denavit-Hartenberg parametrelerini elde ediniz. 4., 5. ve 6. eksenlerin bilek eklemine ait eksenler olduğunu kabul ediniz.



i	α_{i-1}	a_{i-1}	d_i	θ_i

SORU 2. Aşağıda görülen 3 serbestlik dereceli robotun;

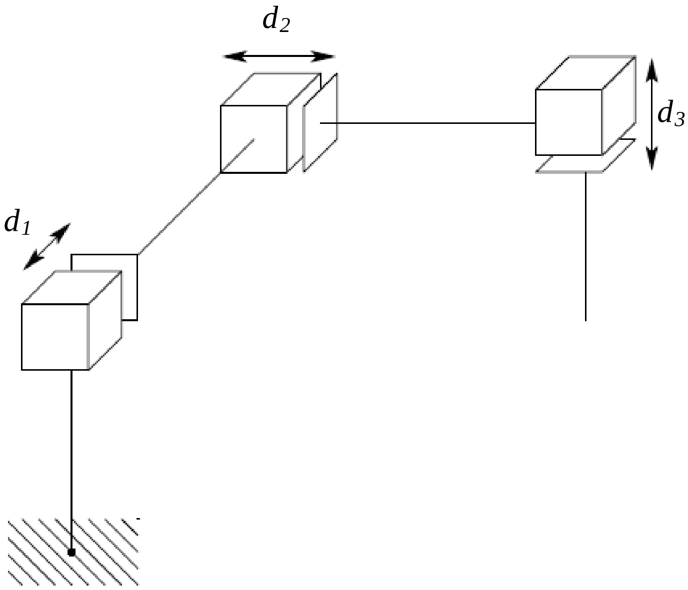
i) Koordinat eksenlerini, şekil üzerinde, ilgili eklemlere yerleştirerek Denativit Hartenberg parametrelerini elde ediniz. Koordinat eksenlerini, robotların üzerlerinde belirtilen tüm parametreleri işleme katacak şekilde yerleştiriniz. Kendiniz parametre atamayınız.

ii) Robotun eklem parametrelerini bildiğimiz varsayılırsa düz (forward) kinematik analiz yolu ile (transformasyon matrislerini kullanarak) uç noktanın pozisyonunu (P_x, P_y, P_z) bulunuz.

iii) Robotun uç noktasının pozisyonunu ve oryantasyonunu bildiğimiz varsayılırsa ters (inverse) kinematik analiz yolu (transformasyon matrislerini kullanarak) ile eklem patrametlerini bulunuz.

iv) Robotun, $\{0\}$. Frame göre Jacobian'ını (${}^{0}J(d,\theta)$) elde ediniz.

v) Robotun uç noktasına $F(t) = F_x(t)\vec{i} + F_y(t)\,\vec{j} + F_z(t)\vec{k}$ kuvveti etkiyorsa, bu kuvvetin eklemlerde oluşturduğu kuvvetleri Jacobian matrisi kullanarak hesaplayınız.



DH Parametreleri

i	α_{i-1}	a_{i-1}	d_i	θ_i

Not:

$$
{}^{i-1}_{\ \ i}T = \begin{bmatrix} c\theta_i & -s\theta_i & 0 & a_{i-1} \\ s\theta_i c\alpha_{i-1} & c\theta_i c\alpha_{i-1} & -s\alpha_{i-1} & -s\alpha_{i-1}d_i \\ s\theta_i s\alpha_{i-1} & c\theta_i s\alpha_{i-1} & c\alpha_{i-1} & c\alpha_{i-1}d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
$$

MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
ROBOTİĞE GİRİŞ FİNAL SINAV SORULARI 30.01.2015

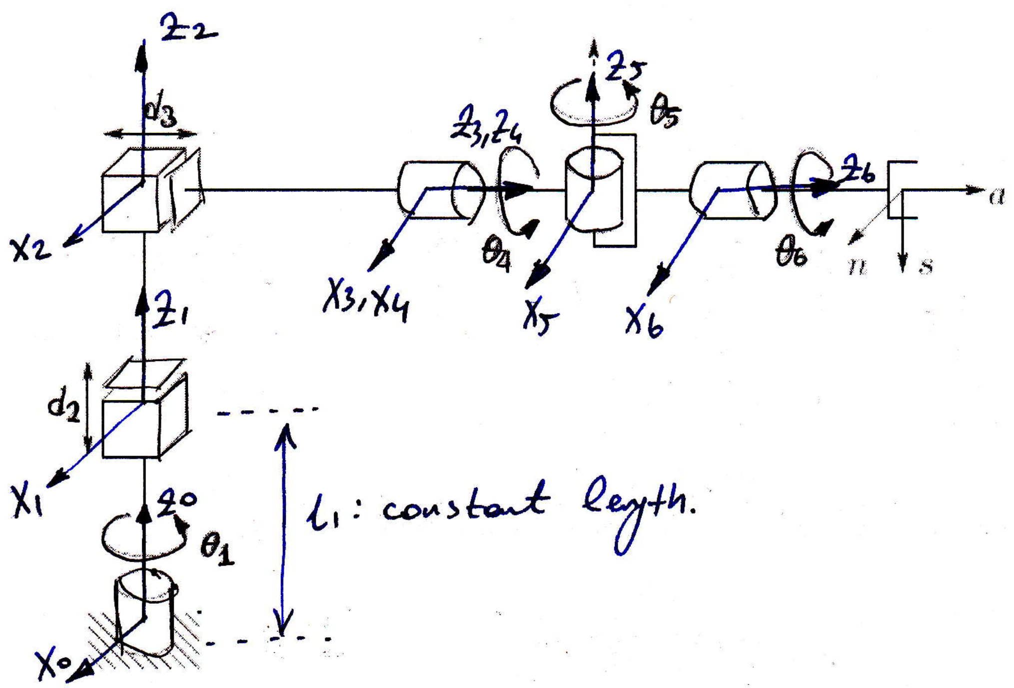
Sınav süresi **150** dakikadır. Cevaplar okunaklı ve anlaşılır olarak yazılmalıdır. Aksi takdirde yapılanlar dikkate alınmayacaktır. Başarılar dilerim.

Y.Doç.Dr. Yunus Ziya Arslan

Öğrenci adı:
Numarası:

SORU 1.

Aşağıdaki 6 serbestlik dereceli robotun Denavit-Hartenberg parametrelerini elde ediniz.



i	α_{i-1}	a_{i-1}	d_i	θ_i		
1	0	0	l_1	θ_1	→ Rotational	Joint
2	0	0	d_2	0	→ Prismatic	"
3	-90	0	d_3	0	→ "	"
4	0	0	0	θ_4	→ Rotational	"
5	90	0	0	θ_5	→ "	"
6	-90	0	0	θ_6	→ "	".

SORU 2. Aşağıda görülen 3 serbestlik dereceli robotun;

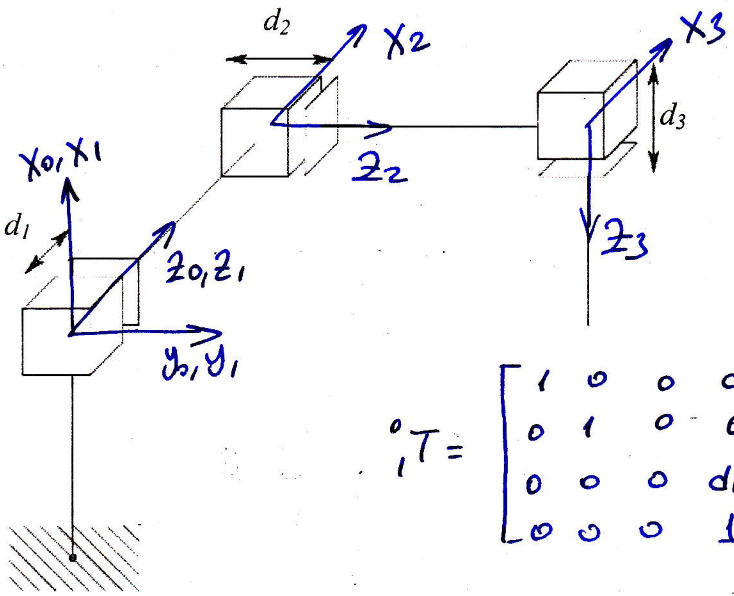
i) Koordinat eksenlerini, şekil üzerinde, ilgili eklemlere yerleştirerek Denativit Hartenberg parametrelerini elde ediniz. Koordinat eksenlerini, robotların üzerlerinde belirtilen tüm parametreleri işleme katacak şekilde yerleştiriniz. Kendiniz parametre atamayınız.

ii) Robotun eklem parametrelerini bildiğimiz varsayılırsa düz (forward) kinematik analiz yolu ile (transformasyon matrislerini kullanarak) uç noktanın pozisyonunu (P_x, P_y, P_z) bulunuz.

iii) Robotun uç noktasının pozisyonunu ve oryantasyonunu bildiğimiz varsayılırsa ters (inverse) kinematik analiz yolu (transformasyon matrislerini kullanarak) ile eklem patrametlerini bulunuz.

iv) Robotun, {0}. Frame göre Jacobian'ını (${}^{0}J(d,\theta)$) elde ediniz.

v) Robotun uç noktasına $F(t)=F_x(t)\vec{i}+F_y(t)\vec{j}+F_z(t)\vec{k}$ kuvveti etkiyorsa, bu kuvvetin eklemlerde oluşturduğu kuvvetleri Jacobian matrisi kullanarak hesaplayınız.



DH Parametreleri

i	α_{i-1}	a_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	d_1	0
2	-90	0	d_2	-90
3	+90	0	d_3	0

$$ {}^{0}_{1}T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} ; \quad {}^{1}_{2}T = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

Not:

$$ {}^{i-1}_{i}T = \begin{bmatrix} c\theta_i & -s\theta_i & 0 & a_{i-1} \\ s\theta_i c\alpha_{i-1} & c\theta_i c\alpha_{i-1} & -s\alpha_{i-1} & -s\alpha_{i-1}d_i \\ s\theta_i s\alpha_{i-1} & c\theta_i s\alpha_{i-1} & c\alpha_{i-1} & c\alpha_{i-1}d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

$$ {}^{2}_{3}T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & -d_3 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

ii)

$$ {}^{0}_{3}T = {}^{0}_{1}T \cdot {}^{1}_{2}T \cdot {}^{2}_{3}T = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & -d_3 \\ 0 & 1 & 0 & d_2 \\ 1 & 0 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

$P_x = -d_3$

$P_y = d_2$

$P_z = d_1$

iii) $d_1 = P_z$

$d_2 = P_y$

$d_3 = -P_x$

iv)
$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_x}{\partial d_1} & \frac{\partial P_x}{\partial d_2} & \frac{\partial P_x}{\partial d_3} \\ \frac{\partial P_y}{\partial d_1} & \frac{\partial P_y}{\partial d_2} & \frac{\partial P_y}{\partial d_3} \\ \frac{\partial P_z}{\partial d_1} & \frac{\partial P_z}{\partial d_2} & \frac{\partial P_z}{\partial d_3} \end{bmatrix}$$

$$J = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

v) $\vec{\tau} = J^T . \vec{F}$

$$\vec{\tau} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \tau_1 \\ \tau_2 \\ \tau_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_z \\ F_y \\ -F_x \end{bmatrix}$$