1.8 Robotların Olası Etkileri

Robot kullanımı insan hayatını kolaylaştırmaya ve iyileştirmeye yönelik olsa da robot kullanımı ve bu kullanımın yaygınlaşması bazı olumsuz etkileri de beraberinde sürüklemektedir, işsizlik gibi.

Bir ürünün aynı kalitede daimi olarak üretilmesi endüstri için önemli bir sorundur. Robot teknolojisi buna imkan tanıdığı gibi robotun yeniden programlanarak farklı bir işe yönlendirilebilmesi esneklik sağladığı gibi kalite ve verimliliğe de katkı sağlar.

Robot kullanımı sadece endüstriye has değildir. Ev işleri, tıp, askeri uygulamalar gibi pek çok alanda robot kullanımı insan yaşamına kolaylık sağlar. Bilgisayar destekli tasarım (CAD), bilgisayar destekli üretim (CAM) ve bilgisayar destekli mühendislik (CAE) gibi alanlarda robotlar zengin uygulama alanı bulmuştur.

1.9 Robot Kinematiği

Kinematik, cisimlerin hareketi kuvvetlerin etkisini göz ardı ederek inceleyen fizik dalıdır.

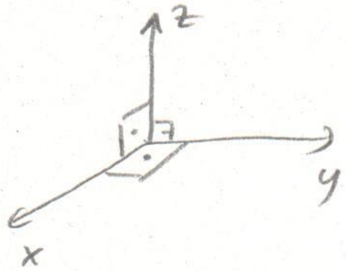
Robot kinematiğinde, her bir robot uzvunun hareketi, kendi ağırlığı dikkate alınmadan hesaplanır.

1.9.1 Robot Koordinatları

Dünya koordinat sistemi:

(orjin: başlangıç noktası)

Bu koordinat sisteminde orjin noktası yeryüzü üzerinde kullanıcının isteğine göre herhangi bir yerdir. X-Y düzlemi yeryüzü üzerindedir ve Z ekseni



Temel Koordinat sistemi:

Bu koordinat sisteminde orjin yani başlangıç noktası robotun bulunduğu zemine yerleştirilir. Her robot kendine özgü bir koordinat sistemine sahiptir.

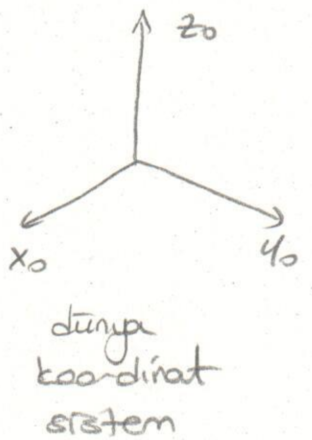
Mekanik Ana Birim Koordinat Sistemi

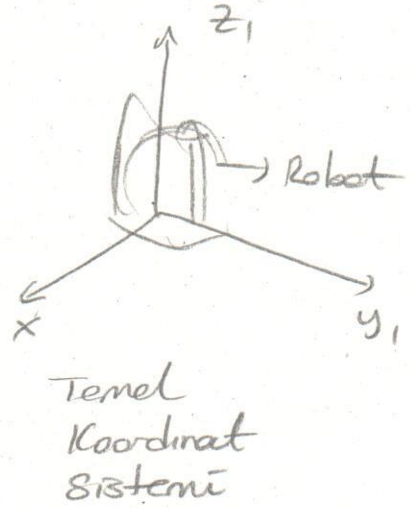
Başlangıç noktası mekanik ana birimin yüzeyine sabitlenir. Mekanik ana birim, uç elemanı (endeffectore) takılan aygıttır.

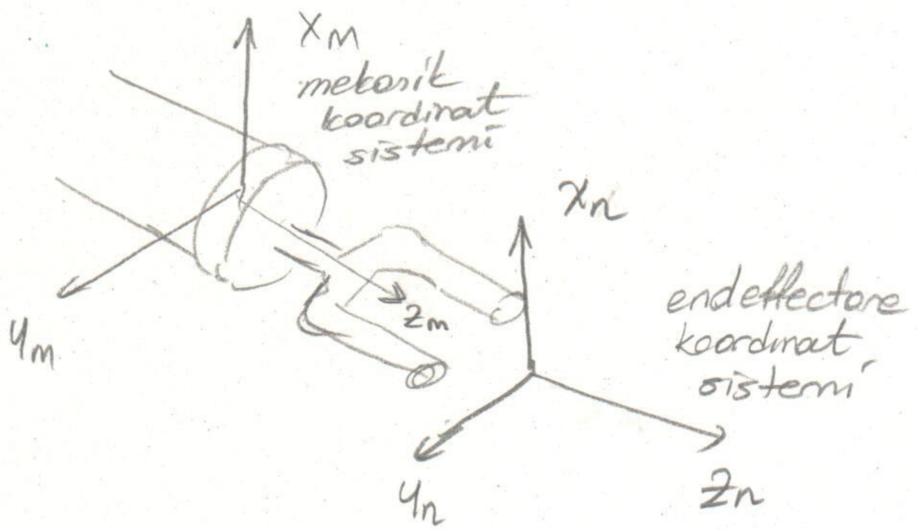
Endeffectore (uç elemanı) koordinat sistemi

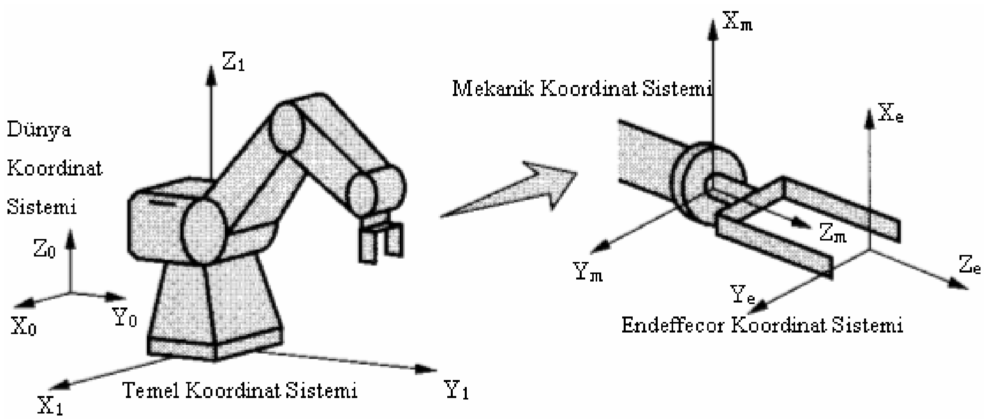
Başlangıç noktası (orijin) uç elemanı (endeffectore) nın uç kısmına yerleştirilir.

Aşağıda, robot kinematiğinde kullanılan koordinat sistemleri gösterilmiştir.





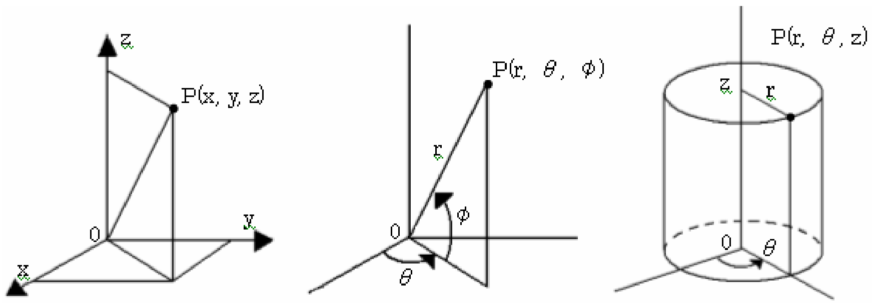




Şekil 1.14: Robot koordinat sistemi

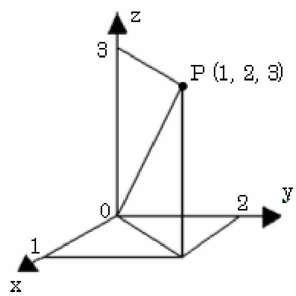
1.9.2. Koordinat Sisteminin İfade Edilişi

Koordinat sistemi, dikdörtgen, silindirik ve kutupsal koordinatlara göre ayrı ayrı ifade edilir.



Şekil 1.15: Koordinat tarifi

Örnek 1: Dikdörtgen koordinatında ifade edilen P(1, 2, 3) noktalarının polar koordinatındaki karşılığını bulunuz.

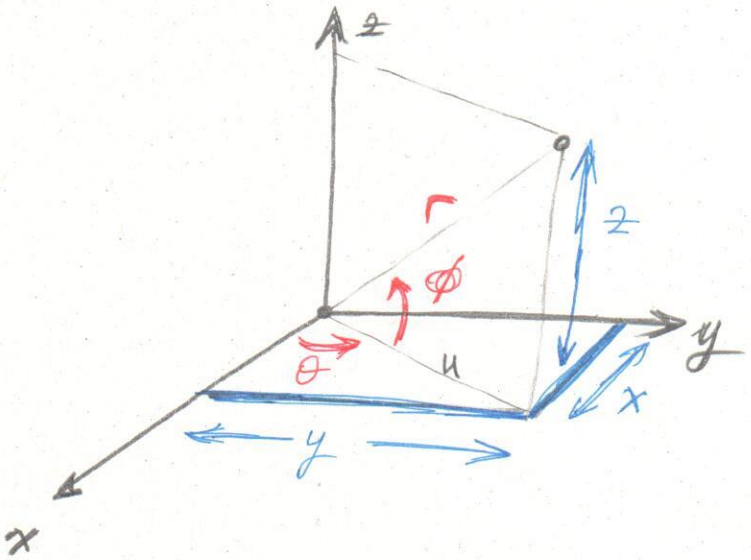


$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = \sqrt{1^2 + 2^2 + 3^2} = \sqrt{14}$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{y}{x} = \tan^{-1}\frac{2}{1} = 63.4°$$

$$\phi = \tan^{-1}\frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}} = \tan^{-1}\frac{3}{\sqrt{5}} = 53.3°$$

Cevap: P ($\sqrt{14}$, 63.4° , 53.3°)



r- hem kartezyen hem küresel hem de silindirik koordinatlarda aynı boya sahiptir. Sadece her koordinat sistemi için r'yi oluşturan dik bileşenler farklıdır.

Kartezyen koordinatlarda $r = \sqrt{x^2+y^2+z^2}$ dir.

$$\tan\theta = \frac{y}{x} \Rightarrow \theta = \mathrm{Arctan}\,\frac{y}{x}$$

$$\tan\phi = \frac{z}{u} \Rightarrow \phi = \mathrm{Arc\,tan}\,\frac{z}{u}$$

$u = \sqrt{x^2+y^2}$ ile r'nin xy üzerindeki izdüşümü.

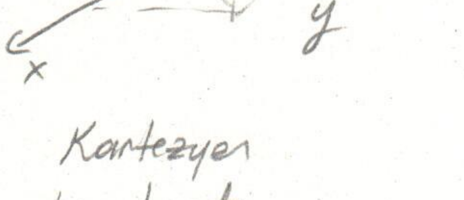
1.9.2. Koordinat sistemleri

Dik koordinat sistemleri kinematik ve hassas kollar matematiksel kolaylıklar sağladığı için önemlidir.

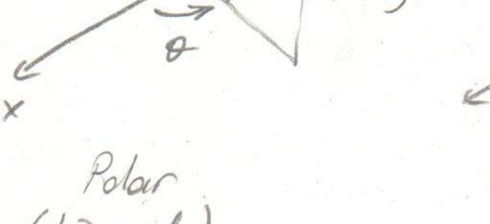
Örneğin sadece tek bir doğrultuda örneğin x- ekseni doğrultusunda hareket için y ve z'ye gerek yoktur. Fakat genel bir durum için x- y ve z bilinmelidir.

Benzer şekilde dairesel yörüngede bir nokta etrafında dönen bir cisim için merkezden olan uzaklık daima aynı kalacaktır.

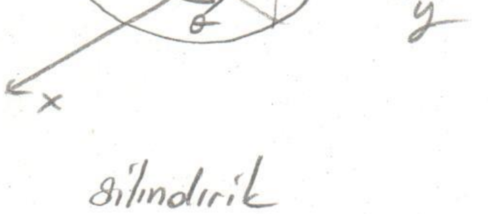
Uygun koordinat seçimi robotun çalışma alanını daha etkin tanımlayabilmeyi sağlar. Bu sebeple amaca uygun bir çalışma için koordinat seçimi, dolayısıyla dik koordinat sistemleri özellikleri bilinmelidir.



Kartezyen koordinat sistemi.

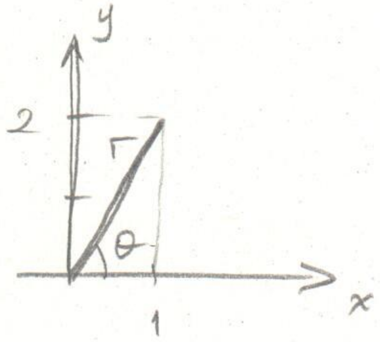


Polar (küresel) koordinat sistemi



Silindirik koordinat sistemi.

Örnek x-y düzleminde P(1,2) noktasının başlangıç noktasına uzaklığını ve x- ekseniyle yaptığı açıyı bulunuz.



$P(1,2)$

$\downarrow \quad \downarrow$

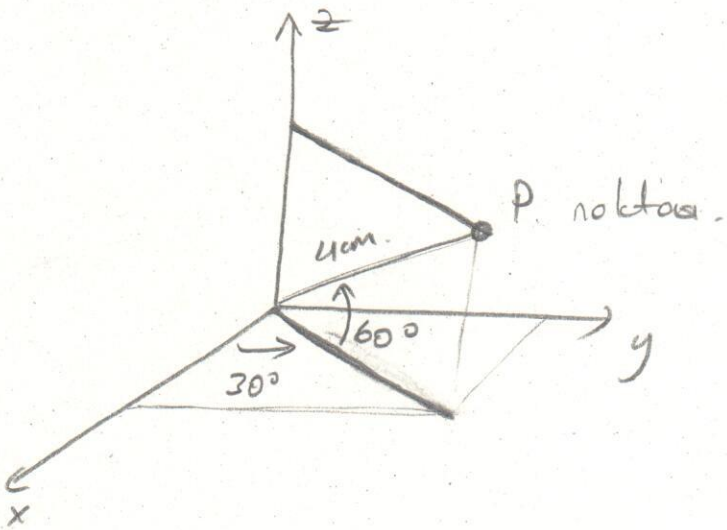
$x \quad y$

$$\boxed{\tan\theta = \frac{\theta\text{'nın karşısındaki kenar}}{\theta\text{'ya komşu kenar}}}$$

$$r = \sqrt{x^2+y^2} = \sqrt{5} \qquad \tan\theta = \frac{2}{1} = 2 \Rightarrow$$

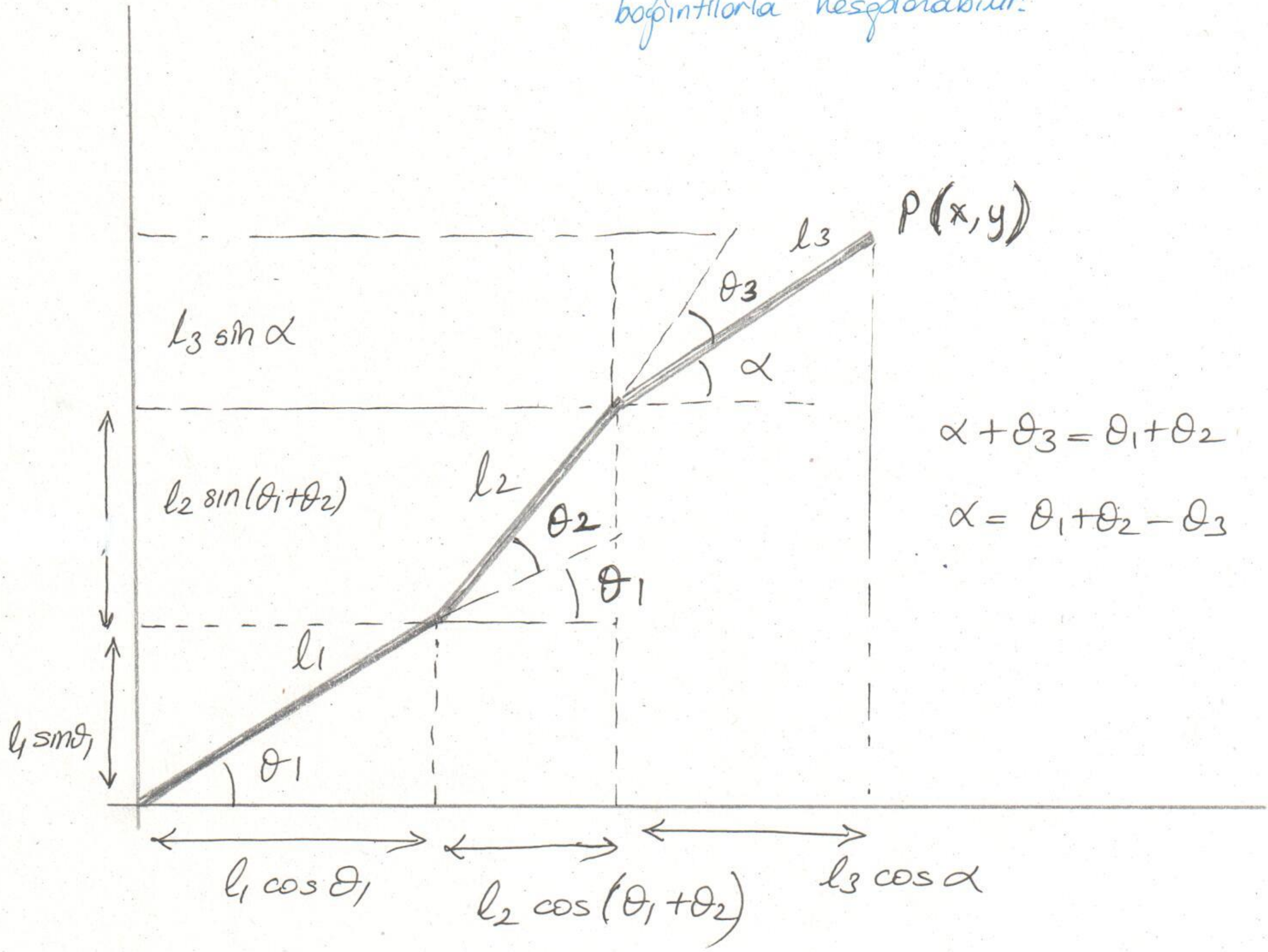
$$\theta = \text{Arctan}\,2 = 63{,}43^\circ$$

Örnek: x- ekseniyle 30° ve xy- düzlemi ile 60°'lik açı yapan orijinden 4 cm uzakta bulunan noktanın yerini çiziniz.



1.9.3. Düz Kinematik

Robot kolun matsal açısı aşağıdaki bağıntılarla hesaplanabilir.



$$\alpha + \theta_3 = \theta_1 + \theta_2$$

$$\alpha = \theta_1 + \theta_2 - \theta_3$$

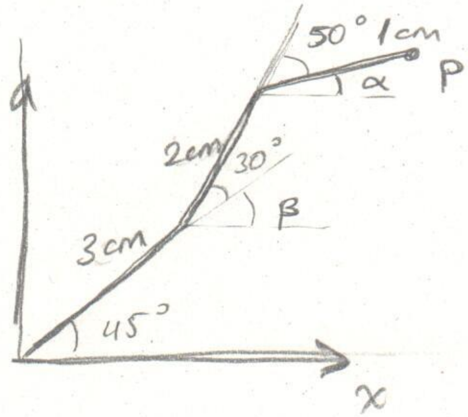
P noktasının x ve y bileşenleri.

$$P_x = l_1 \cos\theta_1 + l_2 \cos(\theta_1+\theta_2) + l_3 \cos\alpha$$

$$P_y = l_1 \sin\theta_1 + l_2 \sin(\theta_1+\theta_2) + l_3 \sin\alpha$$

ve $\alpha = \theta_1 + \theta_2 - \theta_3$

Örnek



P noktasının x ekseniyle yaptığı α açısını ve P noktasının koordinatlarını bulunuz.

β - biliyoruz ki 45° o halde $\alpha + 50 = 75° \Rightarrow$

$\alpha = 25°$

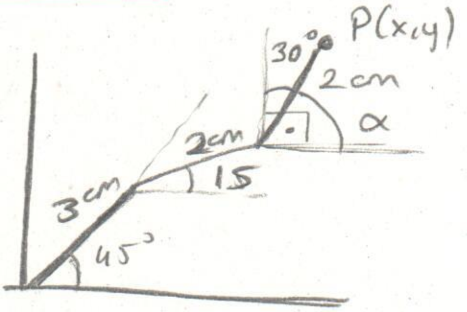
$P_x = 3 \cdot \cos 45 + 2 \cdot \cos 75 + 1 \cdot \cos 25$

$\boxed{P_x = 3{,}545 \text{ cm}}$

$P_y = 3 \cdot \sin 45 + 2 \cdot \sin 75 + 1 \cdot \sin 25$

$\boxed{P_y = 4{,}475 \text{ cm}}$

Ek soru



$P_x = ?$

$P_y = ?$

$\alpha = ?$

Çözüm:

$\alpha = 60° = 90° - 30°$

$P_x = 3 \cdot \cos 45 + 2 \cdot \cos 15 + 2\cos 60$

$P_y = 3 \cdot \sin 45 + 2 \cdot \sin 15 + 2\sin 60$

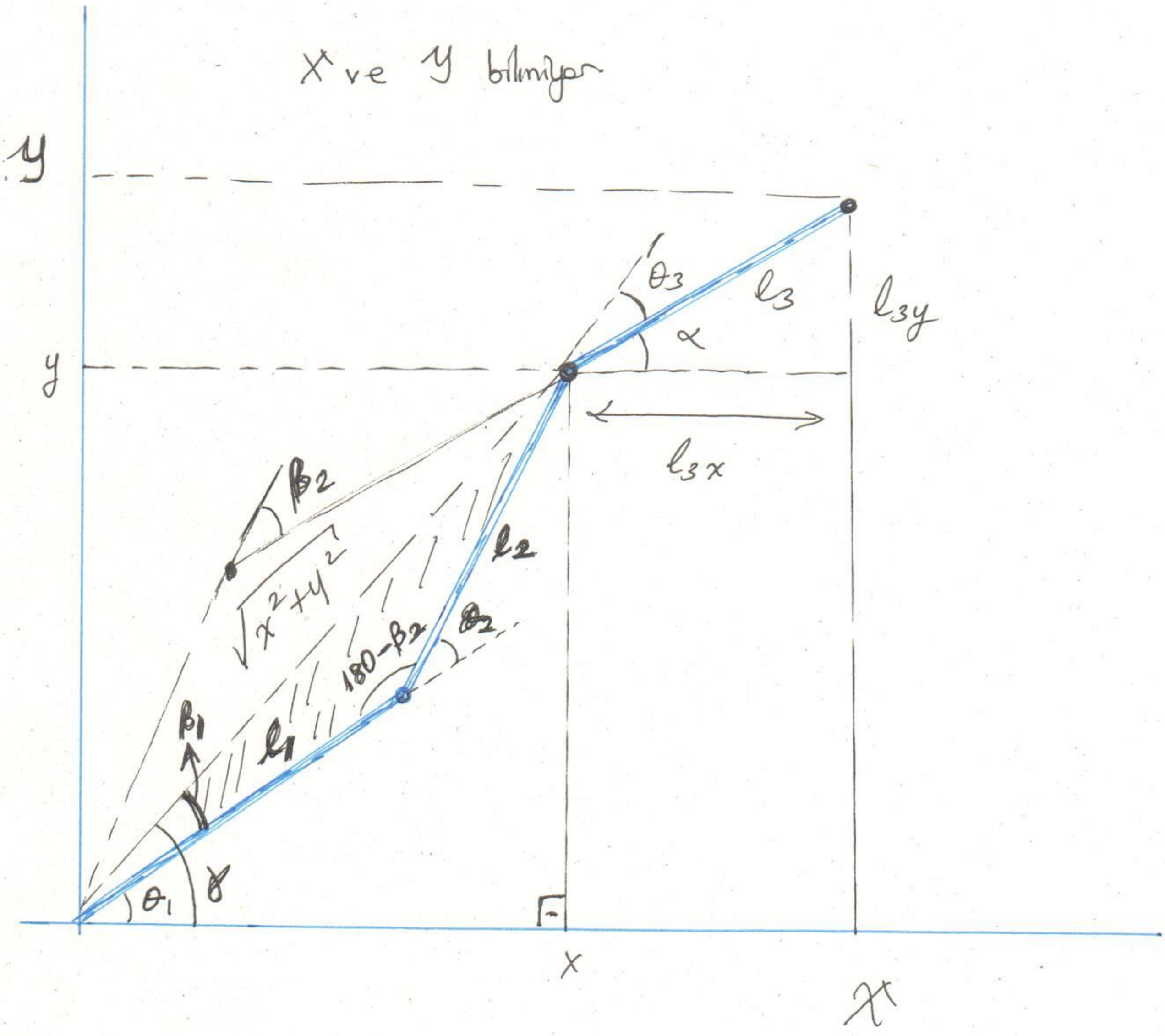
$P_x = 5{,}053$ cm

$P_y = 4{,}371$ cm

1.9.4. Ters Kinematik

Robot elinin koordinatlarından yola çıkarak mafsal açılarının ne olduğunun araştırılması ters kinematik işlemidir.

Ters kinematikte iki ya da daha fazla çözüm olabileceği gibi hiç çözümde olmayabilir. (Bkz. Şekil 1.18)



$$\tan\alpha = \frac{l_{3y}}{l_{3x}} = \frac{Y-y}{X-x}$$

$$x = X - l_3\cos\alpha$$
$$y = Y - l_3\sin\alpha$$

ya da:

$$\gamma = \theta_3 + \alpha = \mathrm{Arctan}\,\frac{y}{x} \quad \text{ise} \quad \alpha = \mathrm{Acrtan}\left(\frac{y}{x}\right) - \theta_3$$

taralı üçgende kosinüs teoremi uygulanırsa.

$$\left(\sqrt{x^2+y^2}\right)^2 = l_1^2 + l_2^2 - 2 l_1 l_2 \cos\left(180 - \beta_2\right)$$

$$\cos\left(180-\beta_2\right) = \frac{l_1^2 + l_2^2 - \left(x^2+y^2\right)}{2 l_1 \cdot l_2}$$

$$\cos\left(180-\beta_2\right) = \cos 180 \cos\beta_2 + \underbrace{\cancel{\sin 180 \cdot \sin\beta_2}}_{0}$$

$$= -\cos\beta_2$$

$$180-\beta_2 = -\beta_2 = \mathrm{Arccos}\left[\frac{l_1^2+l_2^2-\left(x^2+y^2\right)}{2 l_1 l_2}\right]$$

$$180-\beta_2+\theta_2 = 180 \Rightarrow \boxed{\theta_2 = \beta_2}$$

Yine taralı üçgende β_1 açısı için

$$l_2^2 = l_1^2 + \left(\sqrt{x^2+y^2}\right)^2 - 2 l_1 \left(\sqrt{x^2+y^2}\right) \cdot \cos\beta_1 \Rightarrow$$

$$\cos\beta_1 = \frac{l_1^2 + x^2 + y^2 - l_2^2}{2 l_1 \sqrt{x^2+y^2}} \Rightarrow$$

$$\boxed{\beta_1 = \mathrm{Arccos}\left(\frac{l_1^2 + x^2 + y^2 - l_2^2}{2 l_1 \sqrt{x^2+y^2}}\right)}$$ bulunur.

$\gamma = \theta_1 + \beta_1$ ve $\gamma = \tan \frac{y}{x}$ ise

$\theta_1 = \gamma + \beta_1$ 'dir.

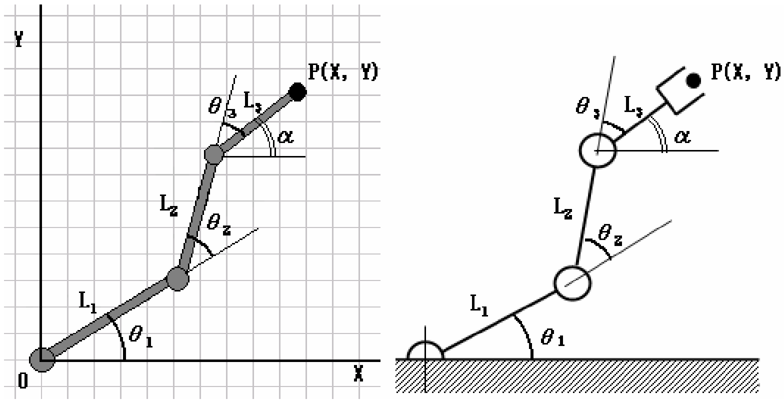
$\theta_3 + \alpha = \theta_1 + \beta_1 = \gamma$ ise $\theta_3 = \gamma - \alpha$

$\theta_3 = \theta_1 + \beta_1 - \alpha$ olarak bulunur.

1.9.3. Düz Kinematik

Robot kolunun P noktasının aşağıdaki ifadeler kullanılarak her bir mafsal açısı hesap edilir.

(α manipülator açısı, L_1, L_2 ve L_3 kol uzunluğu. θ_1, θ_2 ve θ_3 mafsal açısıdır.

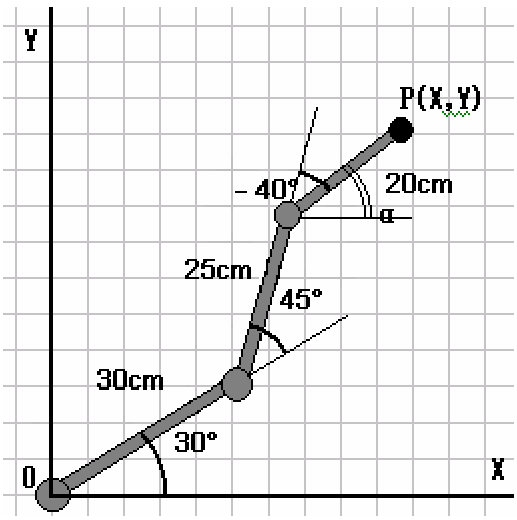


Şekil 1.16: Ters Kinematik

$$P = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_1 \cos\theta_1 + L_2 \cos(\theta_1 + \theta_2) + L_3 \cos\alpha \\ L_1 \sin\theta_1 + L_2 \sin(\theta_1 + \theta_2) + L_3 \sin\alpha \end{bmatrix}$$

$$\alpha = (\theta_1 + \theta_2) - \theta_3$$

Örnek 2: P noktasının X-Y koordinatını ve α açısını hesaplayınız.



Şekil 1.17: Problem Analizi

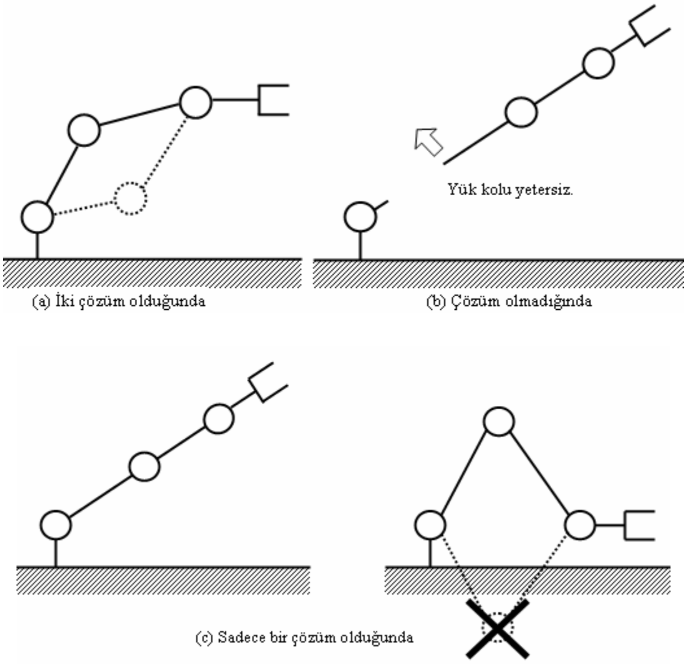
$$\alpha = 30° + 45° + (-40°) = 35°$$

$$x = 30 \times \cos 30° + 25 \times \cos(30° + 45°) + 20 \times \cos(35°) = 48.83$$
$$y = 30 \times \sin 30° + 25 \times \sin(30° + 45°) + 20 \times \sin 35°) = 50.61$$
$$P(x, y) = P(48.83, 50.61)$$

1.9.4 Ters Kinematik

Robot elinin koordinatlarından mafsal açılarını araştıran hesaba da ters kinematik denir.

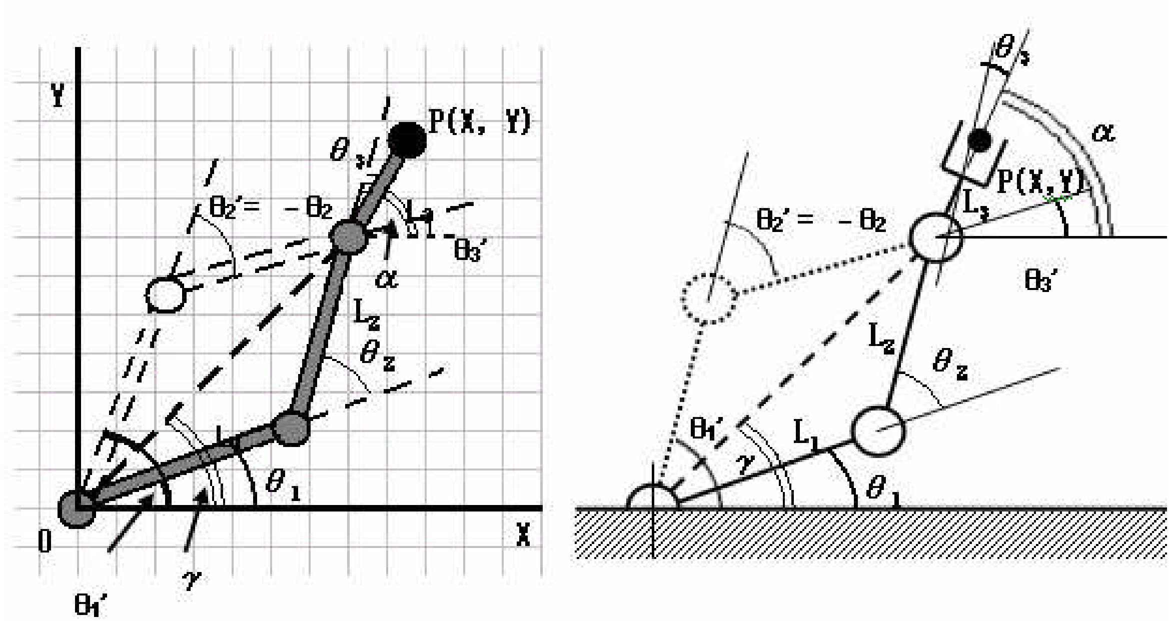
Düz kinematik hesapta yalnız bir çözüm var iken ters kinematikte iki ya da daha fazla olabilir. Ters kinematikte hiç bir çözüm de olmayabilir.



Şekil 1.18: Ters kinematik

Manipülatör α açı değerli P(X,Y) noktasında bulunduğunda θ_1, θ_2 ve θ_3 açılarını hesaplar.

L_1,L_2 ve L_3 kol uzunluğu, P noktası robot kolunun koordinatıdır.



Şekil 1.19: Ters Kinematik

α açısı,

$$Q = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X - L_3 \, x \cos \alpha \\ Y - L_3 \, x \sin \alpha \end{bmatrix}$$

ifadesinden bulunur.

θ_2 açısını bulalım.

Aşağıdaki ifade kosinüs teoerminden elde edilebilir

$$\left(\sqrt{x^2 + y^2}\right)^2 = L_1^{\,2} + L_2^{\,2} - 2 \times L_1 \times L_2 \times \cos \beta_2$$

Buradan;

$$2 \times L_1 \times L_2 \times \cos \beta_2 = L_1^{\,2} + L_2^{\,2} - \left(\sqrt{x^2 + y^2}\right)^2$$

$$2 \times L_1 \times L_2 \times \cos\beta_2 = L_1^{\ 2} + L_2^{\ 2} - (x^2 + y^2)$$

$$\cos\beta_2 = \frac{L_1^{\ 2} + L_2^{\ 2} - (x^2 + y^2)}{2 \times L_1 \times L_2}$$

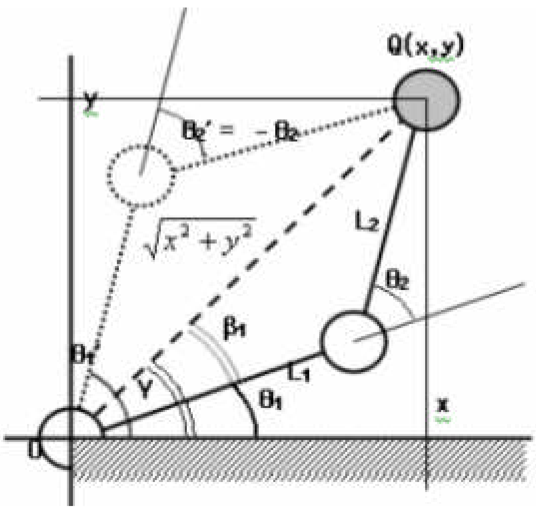
$$\beta_2 = \cos^{-1}\left(\frac{L_1^{\ 2} + L_2^{\ 2} - (x^2 + y^2)}{2 \times L_1 \times L_2}\right)$$

bulunur.

Buna göre;

$$\theta_2 = 180° - \beta_2 \ \text{ ve } \ \theta_2{}' = -\theta_2$$

bulunur. Şimdi θ_1 ve θ_3 açılarını tesbit edelim.



Şekil 1.20: Ters Kinematik

$$\gamma = \tan^{-1}\frac{y}{x}$$

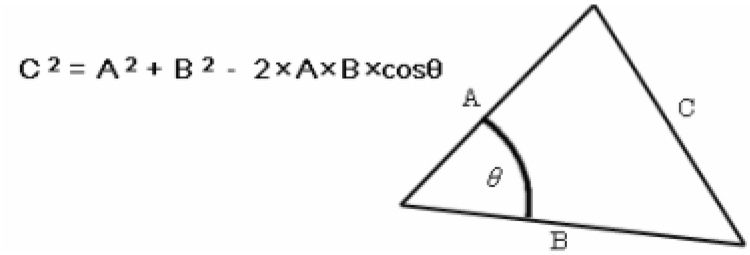
β_1 kosinüs teoreminden bulunur.

$$L_2^{\ 2} = \mathrm{L}_1^2 + (\sqrt{x^2 + y^2})^2 - 2 \text{ x } \mathrm{L}_1 \text{ x } (\sqrt{x^2 + y^2}) \text{ x Cos } \beta_1$$

$$\text{Cos } \beta_1 = \frac{(x^2 + y^2) + \mathrm{L}_1^2 - L_2^{\ 2}}{2 \text{ x } \mathrm{L}_1 \ x \ \sqrt{x^2 + y^2}}$$

$$\theta_1 = \gamma - \beta_1 \text{ ve } \theta_1' = \gamma + \beta_1$$
$$\theta_3 = \alpha - \theta_1 - \theta_2 \text{ ve } \theta_3' = \alpha - \theta_1' - \theta_2'$$

Hatırlatma (Kosinüs teoremi):



EK-1: İnsan Kolunun Özellikleri

Kemikler ve kasların birbiriyle bütünlük içinde hareket edebilmeleri için bütün eklemlerin belli bir açıya kadar hareket kabiliyeti vardır. Günlük hayattaki işler, eklemlerin müsaade nispetinde yürütülmektedir. İnsan ceketini giyerken kolunu 40^0 kadar omuzundan geriye götürebilir. Kollar daldan meyve koparırken 180^0 yukarı kaldırılırken omuzdan başımıza doğru yine 180^0 açıyla döndürülebilir.

İnsan dirseği geriye doğru 10^0 den fazla gitmez. Bunun sebebi, dirsek kemiklerinin özel yapısı ve dirsek eklemlerinin iç ve dışındaki özel iki adet bağdır. El ve omuzun kuvvet uygulamalarında, dirsekte görülen kilitlenme hareketi, bu eklemin geriye doğru kısıtlanması ile mümkündür.

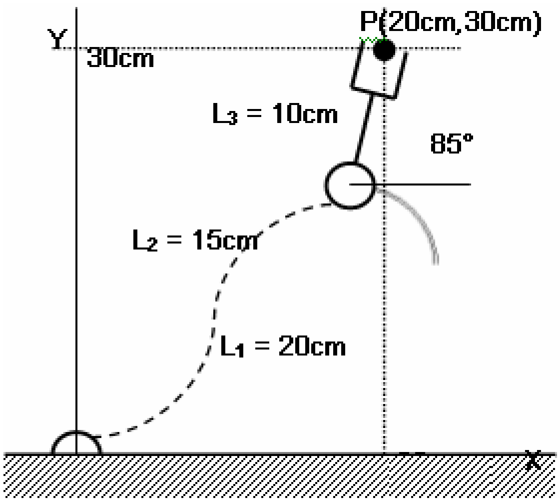
Bir cisim kavrandığında parmakların birinci boğumu 80, ikinci boğumu 90, üçüncü boğumu 45^0 bükme hareketi yapabilir. Tutulan cisim bırakıldığında ise tüm parmaklar 180^0 ileriye gider.

Bağdaş kurarak oturduğumuzda kalça, azami 50^0 dışarı döner. Diz kırırak oturduğumuzda 40^0 den fazla içe dönme engellenir.

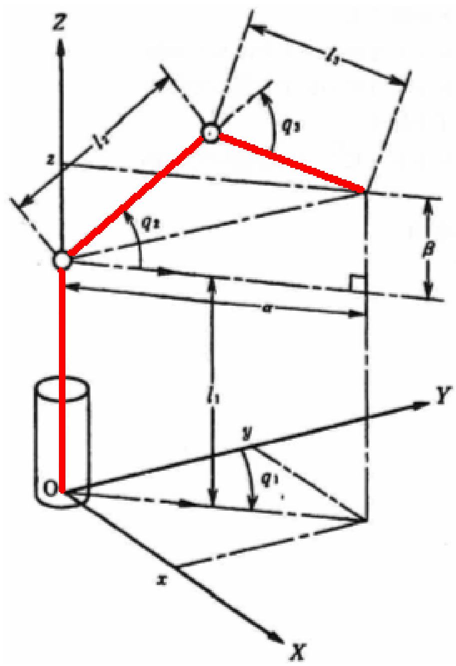
Frene basarken ya da frenden ayağımızı çekerken bilek aşağı doğru 50^0, geriye doğru 30^0 den fazla gitmez. Top oynarken bilekte, 30^0 nin üzerindeki dönmeler kısıtlanmıştır.

UYGULAMA FAALİYETİ

1: Robotun üç mafsalına ait θ_1, θ_2 ve θ_3 açılarını hesaplayınız.



1: 3 Serbestlik dereceli robotun üç mafsalına ait q_1, q_2 ve q_3 açılarını hesaplayalım.



1. Adım: Robotun düz kinematik denklemleri:

$$x = \{l_2 \cos q_2 + l_3 \cos (q_2 + q_3)\}\sin q_1 \quad (1)$$
$$y = \{l_2 \cos q_2 + l_3 \cos (q_2 + q_3)\}\cos q_1 \quad (2)$$
$$z = l_2 \sin q_2 + l_3 \sin (q_2 + q_3) + l_1 \quad (3)$$

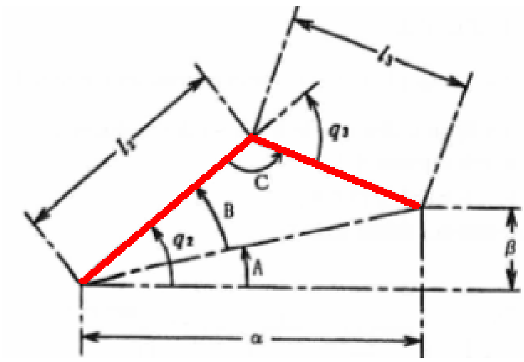
2. Adım: Ters kinematik denklemlerini yazabilmek için (1), (2) ve (3) denklemlerini q_1, q_2 ve q_3 cinsinden yazmak gerekir.

(1) ve (2) denklemlerinden

$$\tan q_1 = \frac{\sin q_1}{\cos q_1} = \frac{x}{y}$$
$$q_1 = \tan^{-1}\left(\frac{x}{y}\right) \quad (4)$$

elde edilir.

3. Adım: q_2 ve q_3 açılarına geçmeden önce robotun 2. ve 3. uzuvlarına yakından bakalım.



α ve β boyutları:

$$\alpha = \frac{x}{\sin q_1}$$
$$\beta = z - l_1$$

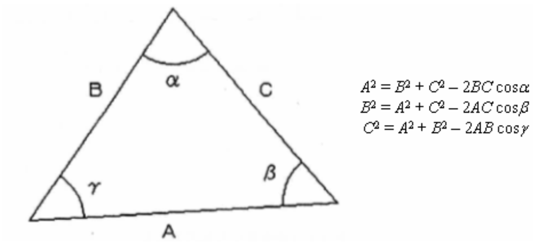
Şimdi q_2 değerini bulalım. Yukarıdaki şekilden q_2, $A + B$ şeklinde yazılabilir. Buradan

$$\tan A = \frac{\beta}{\alpha}$$

$$A = \tan^{-1}\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)$$

bulunur.

Kosinüs teroreminini bir kere daha hatırlayalım.



Bu teoremden

$$l_3^{\,2} = l_2^{\,2} + \left(\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}\right)^2 - 2l_2\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}\cos B$$
$$2l_2\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}\cos B = l_2^{\,2} + \left(\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}\right)^2 - l_3^{\,2}$$
$$\cos B = \frac{l_2^{\,2} + \alpha^2 + \beta^2 - l_3^{\,2}}{2l_2\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}$$

$$B = \cos^{-1}\frac{l_2^{\,2} + \alpha^2 + \beta^2 - l_3^{\,2}}{2l_2\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}$$

hesaplanır.
Yukarıdaki bazı ifadeleri tek bir terim altında toplayalım.

$$D = \frac{1}{2l_2}(l_2^{\,2} + \alpha^2 + \beta^2 - l_3^{\,2})$$

dersek

$$B = \cos^{-1}\left(\frac{D}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}\right)$$

yazılabilir.

q_2 yi şimdi yazalım.

$$
\begin{aligned}
q_2 &= A + B \\
&= \tan^{-1}\left(\frac{\alpha}{\beta}\right) + \cos^{-1}\left(\frac{D}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}\right)
\end{aligned}
\tag{5}
$$

4. Adım: q_3, C'nin dış açısı olduğundan kosinüs teoermini tekrar uygulayalım.

$$\left(\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}\right)^2 = l_3^{\,2} + l_2^{\,2} - 2l_2 l_3 \cos C$$

$$2l_2 l_3 \cos C = l_3^{\,2} + l_2^{\,2} - \left(\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}\right)^2$$

$$\cos C = \frac{l_2^{\,2} + l_3^{\,2} - \alpha^2 - \beta^2}{2l_2 l_3}$$

$$C = \cos^{-1}\left(\frac{l_2^{\,2} + l_3^{\,2} - \alpha^2 - \beta^2}{2l_2 l_3}\right)$$

q_3, 3. uzvun 2. uzuv ile yaptığı açı ve yukarıdaki şekle göre saatin yönü pozitif olduğundan yeniden yazılmalıdır.

$$
\begin{aligned}
q_3 &= -(\pi - C) \\
&= C - \pi \\
&= \cos^{-1}\left(\frac{l_2^{\,2} + l_3^{\,2} - \alpha^2 - \beta^2}{2l_2 l_3}\right) - \pi
\end{aligned}
\tag{6}
$$

5. Adım: x, y ve z değerlerini örnek değerler vererek açı değerlerini elde ediniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Makinanın ilk defa yoğun olarak kullanılmaya başlandığı döneme ne ad verilir?

A)Rönesans B)Aydınlanma Çağı
C)Reform D)Sanayi Devrimi

2. Robot kelimesi, ilk defa kimin eserinde geçmiştir?

A)Karel Çapek B)Langrange
C) Ömer Hayyam D)Dante

3. "Otomobil imalatında ham maddelerin, herhangi bir insan eli işe karışmaksızın, makine operatörleri tarafından işlenmesi", aşağıdakilerden hangisinin tanımıdır?

A)Mekatronik B)Proses kontrolü
C)Otomasyon D)Otomatik kontrol

4. Bir ya da birden fazla işlemi bir sistem içinde mekanik hareketlere dönüştüren geri beslemeli sisteme ne ad verilir?

A)Servomekanizma B)Servo sürücü
C)Robot D)Otomasyon

5. Bir nesnenin yapabileceği bağımsız hareketlerin sayısına ne ad verilir?

A)Düz kinematik B)Ters kinematik
C)Dinamik D)Serbestlik derecesi

6. Ağadakilerden hangisi, manipülatörün verilen mafsal açılarına bağlı olarak uç koordinat sisteminin, referans koordinat sistemine göre konum ve yöneliminin hesaplanmasının tanımıdır?

A)Dinamik B)Serbestlik derecesi
C)Ters kinematik D)Düz kinematik

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.