

Bulanık Mantık (Fuzzy) ile Geri Kinematik: End-Efektörün Hedef Konuma Ulaşması

May 20, 2025

1.Giriş

Bu çalışmada, iki mafsallı bir robot kolunun uç efektörünün (*end-effector*), belirli bir hedef konuma ($x = 0, y = 2$) ulaşabilmesi için gerekli mafsal açılarını (q_1, q_2), bulanık mantık (*fuzzy logic*) yaklaşımı kullanarak hesaplamak amaçlanmıştır. Robot kolunun her iki bağlantısının uzunlukları sırasıyla $a_1 = 3$ ve $a_2 = 1$ birimdir.

2.Problemin Tanımı

Verilenler:

- Bağlantı 1 uzunluğu: $a_1 = 3$
- Bağlantı 2 uzunluğu: $a_2 = 1$
- Hedef konum: $(x, y) = (0, 2)$

Amaç, uç efektörün bu hedef konuma ulaşması için gereken eklem açılarını bulanık mantık yaklaşımıyla bulmaktır.

3.Yöntem

Çalışmada, iki serbestlik dereceli bir robot kolunun ileri ve ters kinematiği ele alınmıştır. Ters kinematik çözümü için klasik cebirsel yöntemler yerine bulanık mantık sistemi kullanılmıştır. Aşağıda, problemin çözümüne ilişkin temel adımlar ve kullanılan Python kodları sunulmuştur.

4. Kodlar ve Açıklamalar

4.1 Gerekli Kütüphanelerin Eklenmesi

```
1 import numpy as np
2 import skfuzzy as fuzz
3 from skfuzzy import control as ctrl
```

Tablo 1: Kütüphanelerin Eklenmesi

Bu bölümde, matematiksel işlemler için **numpy** ve bulanık mantık işlemleri için **skfuzzy** kütüphaneleri import edilmiştir.

4.2 Giriş ve Çıkış Değişkenlerinin Tanımlanması

```
1 x = ctrl.Antecedent(np.arange(-4, 4.1, 0.1), 'x')
2 y = ctrl.Antecedent(np.arange(-4, 4.1, 0.1), 'y')
3 q1 = ctrl.Consequent(np.arange(-180, 181, 1), 'q1')
4 q2 = ctrl.Consequent(np.arange(-180, 181, 1), 'q2')
```

Tablo 2: Bulanık Değişkenlerin Tanımlanması

Bu kısımda, robotun uç efektörünün ulaşacağı x ve y değerleri ile, eklem açıları olan q_1 ve q_2 bulanık değişkenler olarak tanımlanmıştır.

4.3 Üyelik Fonksiyonlarının Oluşturulması

```
1 x['neg'] = fuzz.trimf(x.universe, [-4, -4, 0])
2 x['zero'] = fuzz.trimf(x.universe, [-1, 0, 1])
3 x['pos'] = fuzz.trimf(x.universe, [0, 4, 4])
4
5 y['neg'] = fuzz.trimf(y.universe, [-4, -4, 0])
6 y['zero'] = fuzz.trimf(y.universe, [-1, 0, 1])
7 y['pos'] = fuzz.trimf(y.universe, [0, 4, 4])
8
9 q1['neg'] = fuzz.trimf(q1.universe, [-180, -180, 0])
10 q1['zero'] = fuzz.trimf(q1.universe, [-30, 0, 30])
11 q1['pos'] = fuzz.trimf(q1.universe, [0, 180, 180])
12
13 q2['neg'] = fuzz.trimf(q2.universe, [-180, -180, 0])
14 q2['zero'] = fuzz.trimf(q2.universe, [-30, 0, 30])
15 q2['pos'] = fuzz.trimf(q2.universe, [0, 180, 180])
```

Tablo 3: Üyelik Fonksiyonları

Her değişken için negatif, sıfır ve pozitif bölgeler olmak üzere üçgen üyelik fonksiyonları tanımlanmıştır.

4.4 Kural Tabanının Oluşturulması

```
1 rule1 = ctrl.Rule(x['zero'] & y['pos'], (q1['zero'], q2['zero']))
2 rule2 = ctrl.Rule(x['neg'] & y['pos'], (q1['pos'], q2['zero']))
3 rule3 = ctrl.Rule(x['pos'] & y['pos'], (q1['neg'], q2['zero']))
4 rule4 = ctrl.Rule(x['zero'] & y['neg'], (q1['zero'], q2['pos']))
5 rule5 = ctrl.Rule(x['neg'] & y['neg'], (q1['pos'], q2['pos']))
6 rule6 = ctrl.Rule(x['pos'] & y['neg'], (q1['neg'], q2['pos']))
7 rule7 = ctrl.Rule(x['zero'] & y['zero'], (q1['zero'], q2['zero']))
```

Tablo 4: Bulanık Kural Tabanı

Bu bölümde, uç efektörün farklı konumlarına göre uygun eklem açılarını belirleyen 7 adet temel bulanık kural tanımlanmıştır.

4.5 Kontrol Sisteminin Tanımlanması ve Hesaplama

```
1 system = ctrl.ControlSystem([rule1, rule2, rule3, rule4, rule5, rule6,
    rule7])
2 sim = ctrl.ControlSystemSimulation(system)
3
```

```

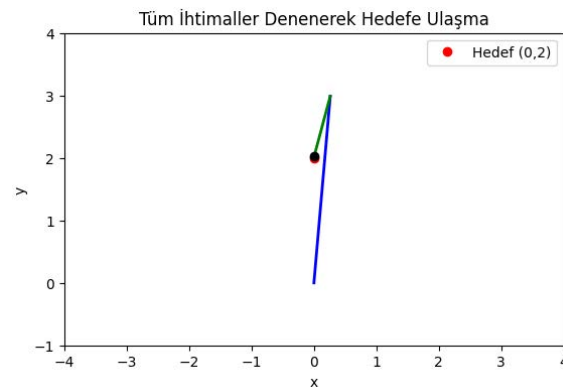
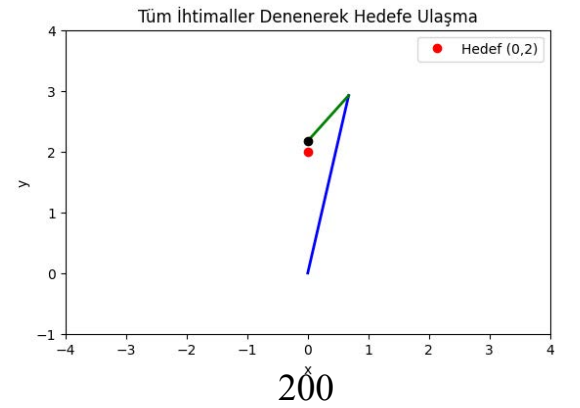
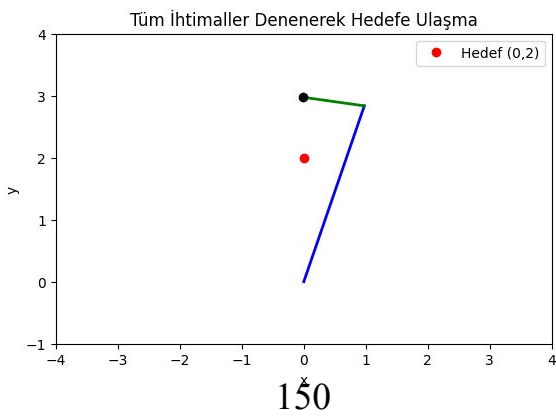
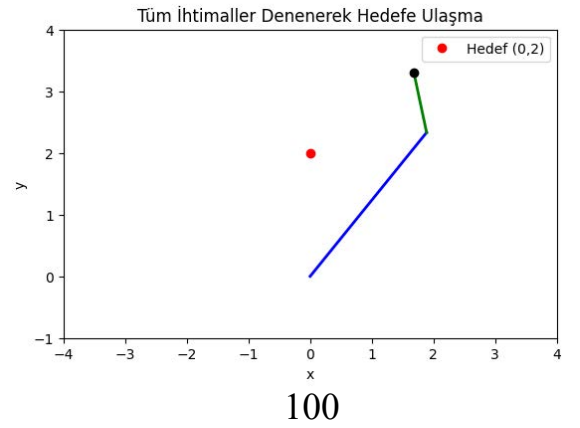
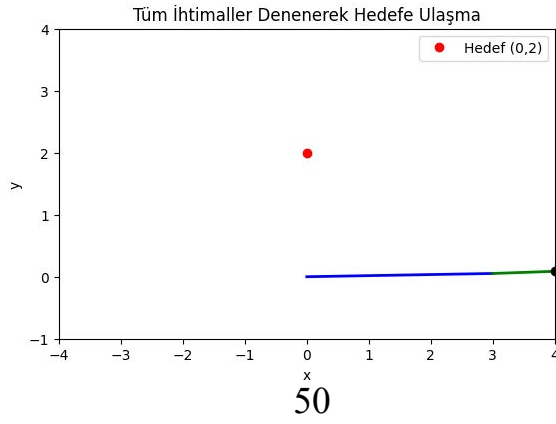
4 # Hedef pozisyonu giriyoruz:
5 sim.input['x'] = 0
6 sim.input['y'] = 2
7
8 # Hesaplama yap l r
9 sim.compute()
10 print('q1:', sim.output['q1'])
11 print('q2:', sim.output['q2'])

```

Tablo 5: Kontrol Sisteminin Tanımlanması ve Hesaplama

Bu bölümde kontrol sistemi oluşturulmuş, hedef konum atanmış ve simülasyon sonucunda elde edilen eklem açıları (q_1 ve q_2) ekrana yazdırılmıştır.

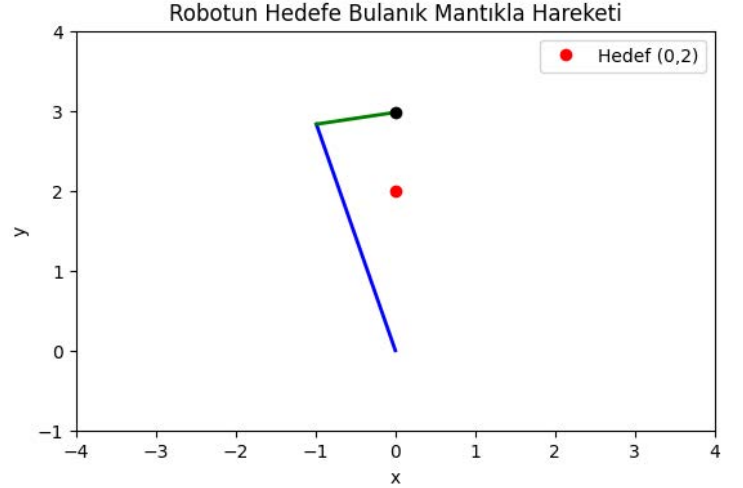
5. Çıktılar ve Sonuçlar



- $q_1 = 85.00$
- $q_2 = 170.00$

(Sonuç öncesi bilgilendirme)

Sağ tarafta da github üzerinde paylaştığım .ipynb dosyamda da görebileceğiniz ilk kurguladığım yanlış fuzzy algoritmasının "1500" adımıda dahi ulaşabildiği en iyi konum gözükmemektedir. Daha da iyi bir sonuca ulaşamamış robot kolu sabitlenmiştir. Bu da fuzzy kurallarının belirlenmesinin önemini anlatmaktadır. "Doğru kurallarla 250 aşamada daha iyi sonuç aldık"



6 Sonuç

Bu çalışmada, iki eklemlili bir robot kolunun uç efektörünün belirli bir konuma ulaşması için gereken eklem açıları bulanık mantık kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, bulanık mantık yönteminin ters kinematik problemlerinde alternatif bir yaklaşım sunduğunu göstermektedir.

**OSTİM TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
YZM304 ROBOTİK
FUZZY ALGORİTMASI ÖDEVİ**

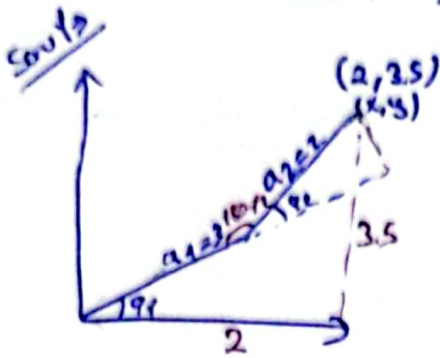
Dr. Öğr.Üyesi EROL DUYMAZ

**Hasan Fatih Öztürk
220212002
Yapay Zeka Mühendisliği**

YZM 304 ROBOTİK HOMEWORK

MF - Yaratıcı Zeka - Östin Teknik Üniversitesi

Hasan Fatih Öztürk — 220212002



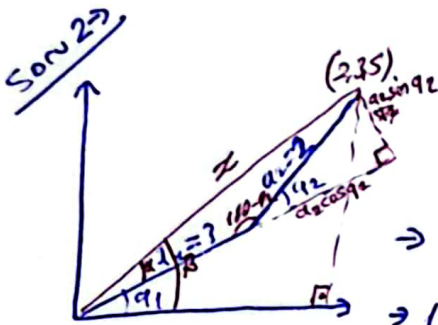
$$\cos q_1 = \frac{x^2 + y^2 - a_1^2 - a_2^2}{2 a_1 a_2}$$

$$q_1 = \tan^{-1} \frac{y}{x} - \tan^{-1} \frac{a_2 \sin q_2}{a_1 + a_2 \cos q_2}$$

$$\cos q_2 = \frac{2^2 + 3.5^2 - 3^2 - 2^2}{2 \cdot 3 \cdot 2} = \frac{3.25}{12} = 0.27083 \rightarrow \arccos(0.27083) = 74.24^\circ$$

$$q_1 = \tan^{-1} \frac{y}{x} - \tan^{-1} \frac{a_2 \sin q_2}{a_1 + a_2 \cos q_2} \rightarrow \tan^{-1}(1.75) - \tan^{-1} \left(\frac{1.9248}{3.54} \right) \rightarrow$$

$$\rightarrow 60.25^\circ - 28.53^\circ = 31.72^\circ = q_1, 74.24^\circ = q_2$$



Hazır formülleri kullanmadan trigonometrik olarak q_1 ve q_2 açılarının hesaplanması

(Büyük üçgen hipotenüs)

$$\Rightarrow z^2 = a_1^2 + a_2^2 - 2 a_1 a_2 \cdot \cos(180 - q_2)$$

$$\Rightarrow z^2 = 2^2 + 3.5^2 = 16.25$$

$$\Rightarrow 16.25 = 3^2 + 2^2 - 2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot \cos(180 - q_2) \Rightarrow 3.25 = -12 \cdot \cos(180 - q_2)$$

\downarrow
TO

TO \Rightarrow Trigonometrik Dönüşüm

\nearrow 2 bölge

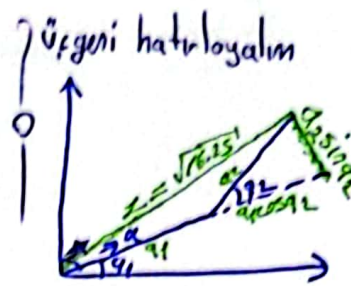
② S+ C- T-	sin	S+ C+ T+	①
③ S- C+ T+	cos	S- C- T-	④

$$\cos(180 - q_2) = -\cos q_2 \rightarrow 3.25 = 12 \cos q_2 \rightarrow 0.27 = \cos q_2 \rightarrow q_2 \rightarrow 74.24$$

Soru 2 devamı arka sayfadadır.

Soru 2 → devamı * $B = \theta_1 + \alpha$

$$\tan(\beta) = \frac{3.5}{2} \Rightarrow 1.75 \Rightarrow \arctan(1.75) = 60.255$$



$$\beta - \alpha = \theta_1 \quad \text{Yeşil üçgenler!}$$

$$\hookrightarrow \tan \alpha = \frac{a_2 \sin \theta_2}{a_1 + a_2 \cos \theta_2} \rightarrow \frac{2 \cdot \sin(74.3)}{3 + 2 \cdot \cos(74.3)} \rightarrow \frac{2 \cdot 1.925}{3 + 2 \cdot 0.27} = 0.543 = \tan \alpha$$
$$\alpha = \arctan 0.543$$
$$\alpha = 28.53$$

$$\beta - \alpha = \theta_1$$

$$\Rightarrow \beta = 60.255, \alpha = 28.53$$

$$\Rightarrow \theta_1 = 60.255 - 28.53 = 31.725$$