



# **Bulanık Mantık**

**(MÜH 425 – Bilgisayar Müh. Böl.)**

Prof.Dr. Yaşar BECERİKLİ

Hafta-11  
Bulanık Çıkartım-Örnek2

## İÇERİK

- Teorinin mucidi: Lutfi Asker Zadeh
- Bulanık Mantığa Giriş
- Bulanık Kümeler
- Temel İşlemler
- Kural Tabanı
- Bulandırma, Durulama
- Üyelik Fonksiyonları
- Çıkartım Sistemleri
- FAM tablosu,
- Uygulamalar

## ÖRNEK 2

bir lokanta zinciri **Servis kalitesi** ve **Yemek kalitesine** göre müşterinin verebileceği **bahşış miktarı** için bir Öneri Sistemi geliştirmeye karar verdi.

Müşteri memnuniyeti geri bildirimleri değerlendirildiğinde Servis kalitesi için *Kötü, İyi, Mükemmel*; Yemek kalitesi için de *Berbat* ve *Lezzetli* olmak üzere gruplandırılmış belirlenmiştir.

Bu bilgilerden faydalanarak Bahşış Miktarı Önerisi için en uygun metot olarak Bulanık Mantık kullanılmıştır:

### Verilenler ve Örnek Giriş Değerleri:

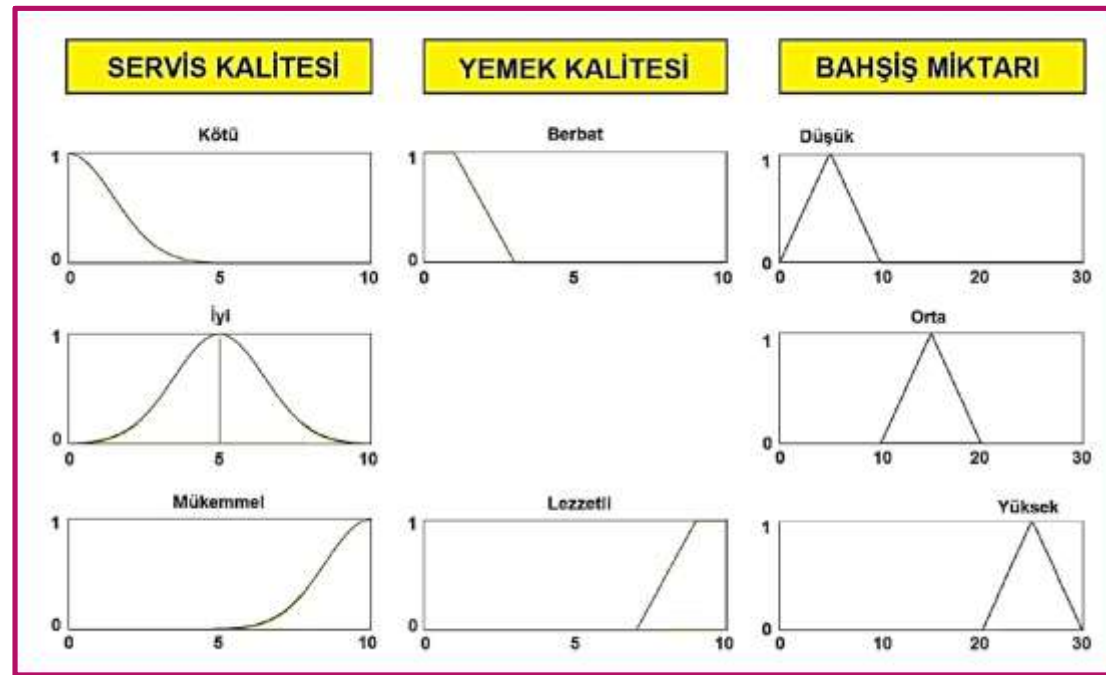
Giriş değişkenlerimiz 2 tane : **Servis Kalitesi (Kalite Puanı)** = 7.83 (10 üzerinden değerlendirme puanı)  
**Yemek Kalitesi (Kalite Puanı)** = 7.32 (10 üzerinden değerlendirme puanı)

Çıkış değişkenimiz 1 tane : **Bahşış Miktarı (₺)**

Bulanık Kümeler : **Fuzzy Set**<sub>Servis</sub> = { Kötü, İyi, Mükemmel }  
**Fuzzy Set**<sub>Yemek</sub> = { Berbat, Lezzetli }  
**Fuzzy Set**<sub>Bahşış</sub> = { Düşük, Orta, Yüksek }

**SORU: Servis kalite puanı 7.83 ve Yemek kalitesi puanı 7.32 ise Bahşış miktarı ne olmalıdır ?**

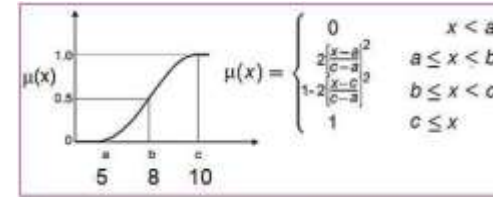
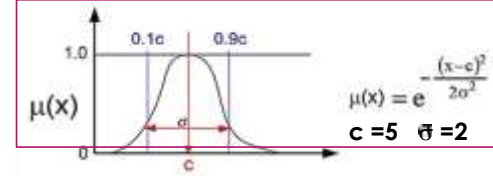
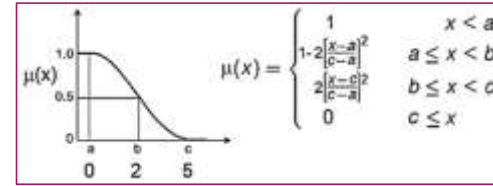
**Kullanılan Üyelik Fonksiyonları:**



## Üyelik Fonksiyonların Analitik Formülasyonu :

Servis Kalitesi (Kalite Puanı) :

Kötü (t)	= 1	t ≤ 0
	= 1 - 2 x   t / 5   <sup>2</sup>	0 < t ≤ 2
	= 2 x   (t - 5) / 5   <sup>2</sup>	2 < t ≤ 5
	= 0	t > 5
İyi (t)	= exp(-(t - 5) <sup>2</sup> / (2 x 4))	
Mükemmel (t)	= 0	t < 5
	= 2 x   (t - 5) / 5   <sup>2</sup>	5 ≤ t ≤ 8
	= 1 - 2 x   (t - 5) / 5   <sup>2</sup>	8 ≤ t ≤ 10
	= 1	t > 10

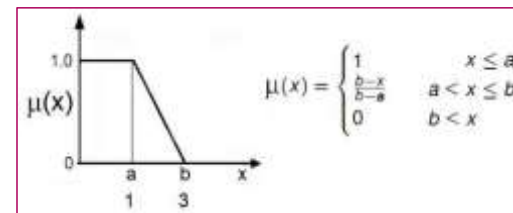


## ÖRNEK UYGULAMA.2

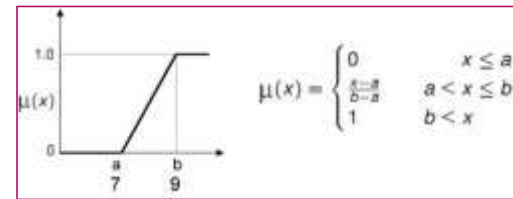
### Üyelik Fonksiyonların Analitik Formülasyonu :

Yemek Kalitesi (Kalite Puanı) :

Berbat (t)	= 1	$t \leq 1$
	= $(2 - t) / 2$	$1 < t \leq 3$
	= 0	$3 < t$



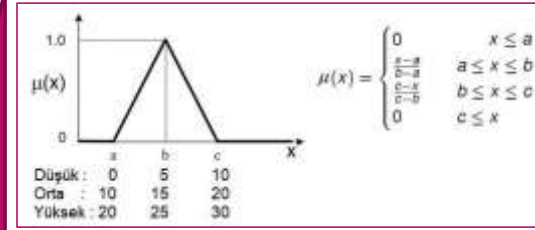
Lezzetli (t)	= 0	$t \leq 7$
	= $(t - 7) / 2$	$7 < t \leq 9$
	= 1	$9 < t$



## Üyelik Fonksiyonların Analitik Formülasyonu :

**BahşişMiktarı(₺) :**

Düşük (t)	= 0	t ≤ 0
	= t / 5	0 < t ≤ 5
	= (10 - t) / 5	5 < t ≤ 10
	= 0	10 < t
Orta (t)	= 0	t ≤ 10
	= (t - 10) / 5	10 < t ≤ 15
	= (20 - t) / 5	15 < t ≤ 20
	= 0	20 < t
Yüksek (t)	= 0	t ≤ 20
	= (t - 20) / 5	20 < t ≤ 25
	= (30 - t) / 5	25 < t ≤ 30
	= 0	30 < t



*Bu formüllerin nasıl çıkartılacağı Bölüm 1'de Üyelik Fonksiyonları bölümünde anlatılmıştır.*

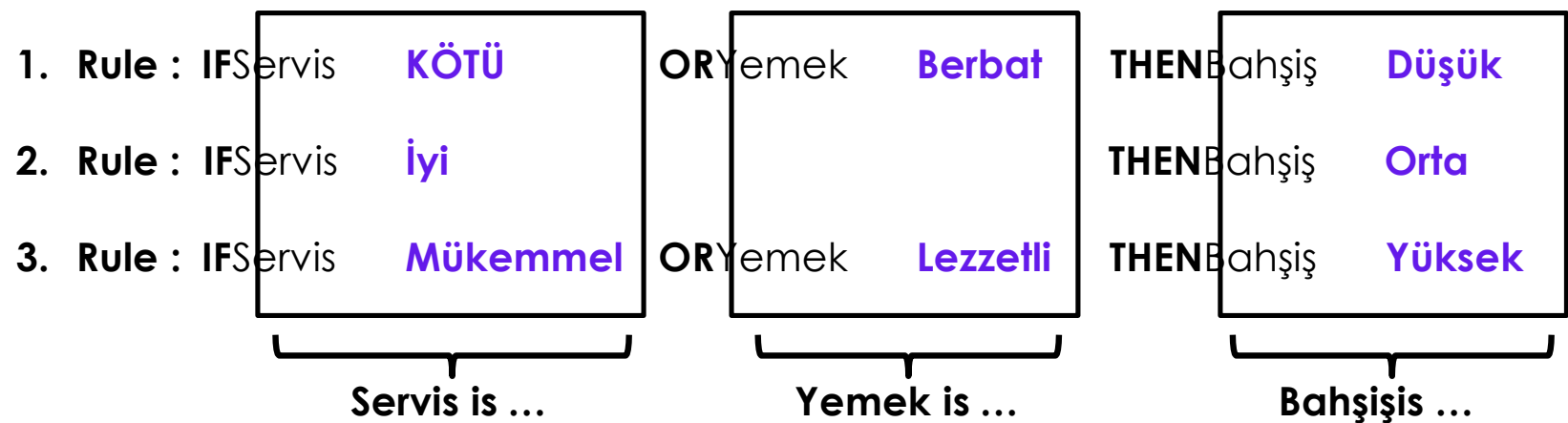
## 1.ADIM : FUZZIFICATION (BULANIKLAŞTIRMA)

Verilen Servis Kalitesi ve Yemek Kalitesi için		Kötü (S.Kalitesi) , İyi (S.Kalitesi) , Mükemmel (S.Kalitesi) Berbat (Y.Kalitesi), Lezzetli (Y.Kalitesi)		hesaplanır.
Servis Kalitesi (Kalite Puanı)	= 7.83	(10 üzerinden değerlendirme puanı)		
Yemek Kalitesi (Kalite Puanı)	= 7.32	(10 üzerinden değerlendirme puanı)		
<u>Servis Kalitesi (Kalite Puanı) :</u>				
Kötü (7.83)	= 0			
İyi (7.83)	= $\exp(-(7.83 - 5)^2/(2 \times 4))$	= 0.37		
Mükemmel (7.83)	= $1 - 2 \times  (7.83 - 5) / 5 ^2$	= 0,36		
<u>Yemek Kalitesi (Kalite Puanı) :</u>				
Berbat (7.32)	= 0			
Lezzetli (7.32)	= $(7.32 - 7) / 2$	= 0.16		



## 2.ADIM : CREATE RULE BASE

Burada herÇıkışıçın bir kural tanımlanmıştır.



### 3.ADIM : INFERENCE

Servis Kalitesi = 7.83 Kalite Puanı  
Yemek Kalitesi = 7.32 Kalite Puanı

1. Rule : IF Servis **KÖTÜ** OR Yemek **Berbat** THEN Bahşiş **Düşük**

Bahşiş (Düşük)

$$\begin{aligned} &= \max (\text{Kötü}_{\text{Servis}} (7.83), \text{Berbat}_{\text{Yemek}} (7.32) ) \\ &= \max ( 0, 0 ) = 0 \end{aligned} \quad (\text{Düşük-Bahşiş üyelik fonksiyonunu 0 da kesmekte})$$

2. Rule : IF Servis **İyi** THEN Bahşiş **Orta**

Bahşiş (Orta)

$$\begin{aligned} &= \text{İyi}_{\text{Servis}} (7.83) \\ &= 0.37 \end{aligned} \quad (\text{Orta-Bahşiş üyelik fonksiyonunu 0.37 de kesmekte})$$

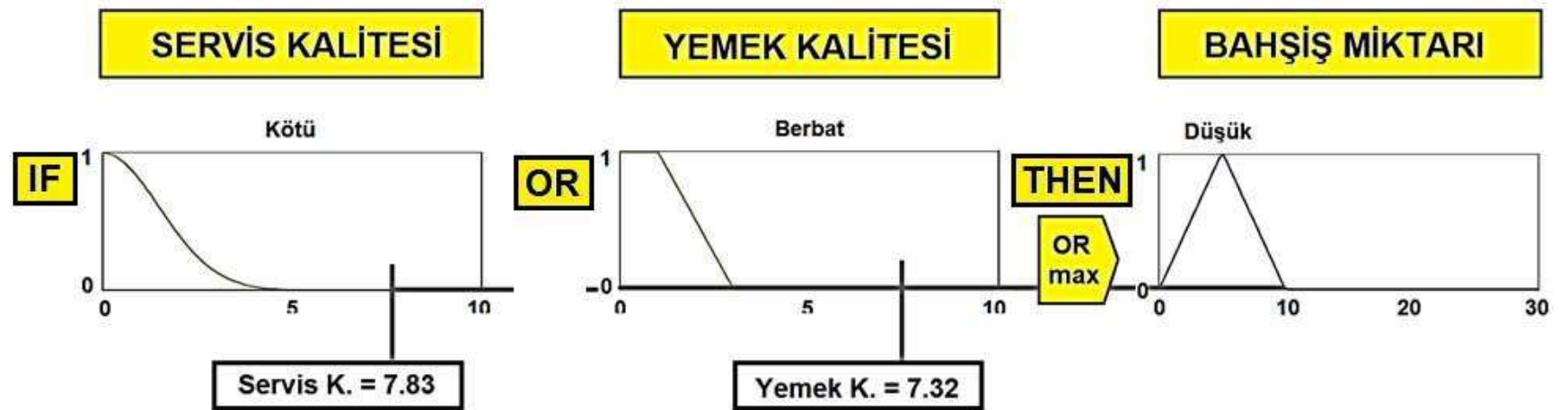
3. Rule : IF Servis **Mükemmel** OR Yemek **Lezzetli** THEN Bahşiş **Yüksek**

Bahşiş (Yüksek)

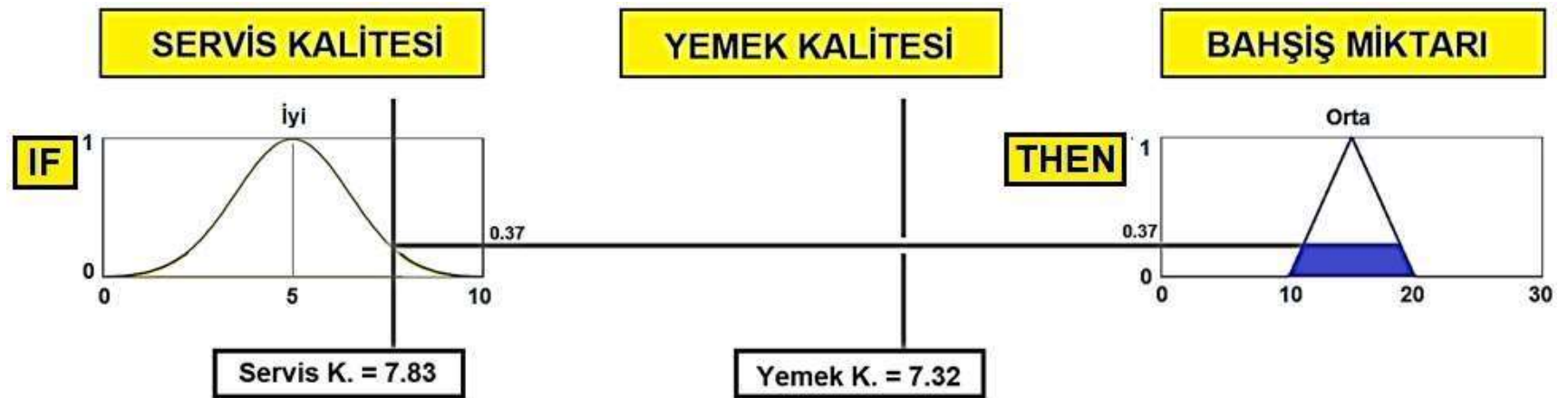
$$\begin{aligned} &= \max (\text{Mükemmel}_{\text{Servis}} (7.83), \text{Lezzetli}_{\text{Yemek}} (7.32) ) \\ &= \max ( 0.36, 0.16 ) = 0.36 \end{aligned} \quad (\text{Yüksek-Bahşiş üyelik fonksiyonunu 0.36 da kesmekte})$$

**OR** Operatöründen dolayı **MAX** kullanılmıştır.

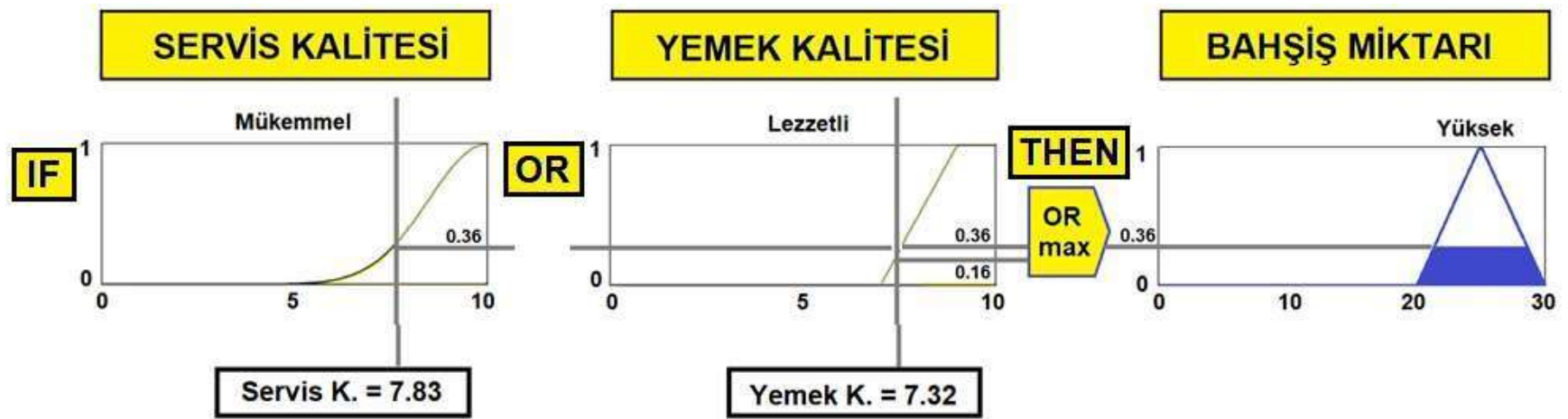
## Rule #1



## Rule #2



## Rule #3

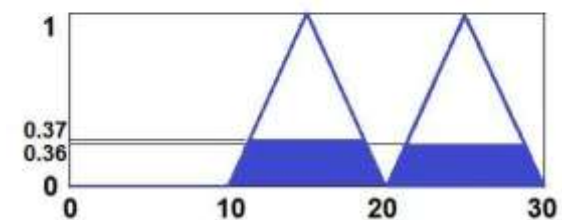
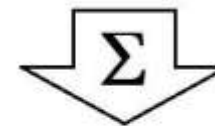
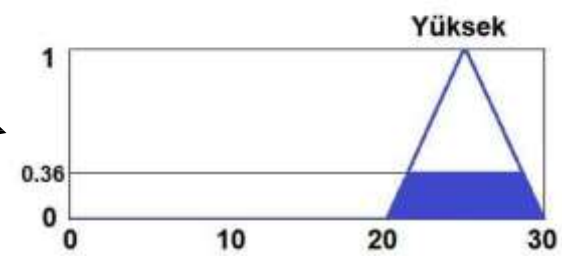
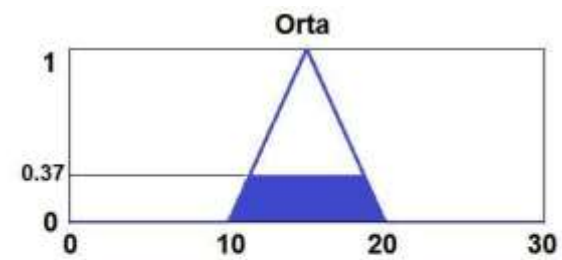


#### 4.ADIM : COMPOSITION

Bahşış (Düşük) = 0

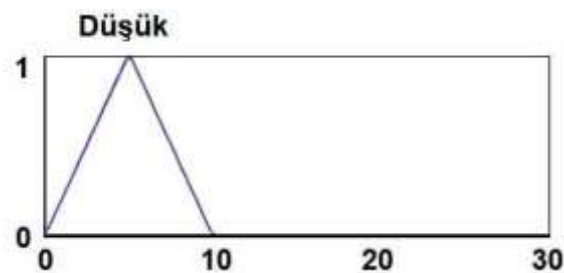
Bahşış (Orta) = 0.37

Bahşış (Yüksek) = 0.36



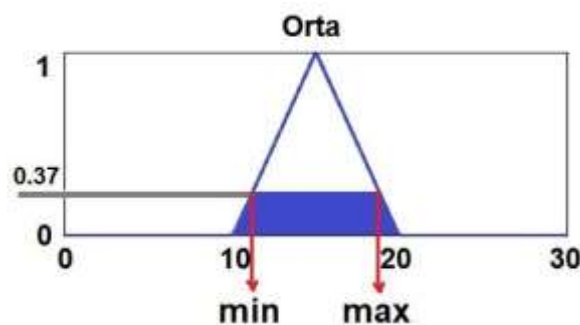
### 5.ADIM : DEFUZZİFİCATION (**DURULAŞTIRMA**) (Weighted Average Method-WAM)

Durulaştırma için (Verilen girişdeğerleri ve kurallara göre *BahşişMiktarını* bulmak için) ağırlıklı ortalama yöntemini kullanacağız : Öncelikle her bir kuraldan gelen çıkışdeğeri için üyelik fonksiyonlarının kestiği *minimum* ve *maksimum* çıkışdeğerlerini ve sonrasında bu değerlerin ortalamasını hesaplayalım:



$t = 0$  (min)  
 $t = 0$  (max)  
Ortalama = 0

Orta (t) =  $(t - 10) / 5$  *Bu üyelik fonksiyonundan t'yi çekersek:*  
 $t = \text{Orta}(t) \times 5 + 10 = 0.37 \times 5 + 10 = 11.85$

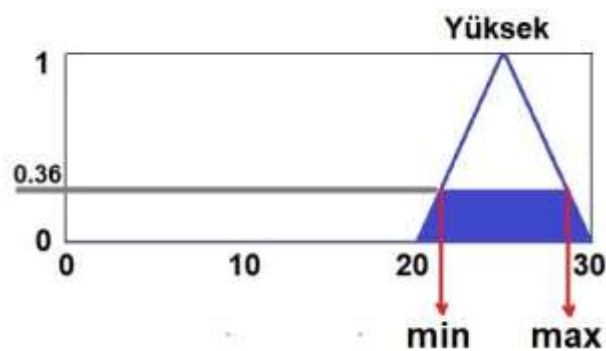


Orta (t) =  $(20 - t) / 5$  *Bu üyelik fonksiyonundan t'yi çekersek:*  
 $t = 20 - \text{Orta}(t) \times 5 = 20 - 0.37 \times 5 = 18.15$

Ortalama =  $(11.85 + 18.15) / 2 = 15$

Üçgen simetrik olduğundan bu hesaplamaları yapmadan doğrudan ortalama değer  $(10+20)/2=15$  yazılabilir.

### 5. ADIM : DEFUZZİFİCATION (DURULAŞTIRMA) (Weighted Average Method-WAM)



$$\text{Yüksek}(t) = (t - 20) / 5 \quad \text{Bu üyelik fonksiyonundan } t' \text{'yi çekersek:}$$
$$t = \text{Yüksek}(t) \times 5 + 20 = 0.36 \times 5 + 20 = 21.8$$

$$\text{Yüksek}(t) = (30 - t) / 5 \quad \text{Bu üyelik fonksiyonundan } t' \text{'yi çekersek:}$$
$$t = 30 - \text{Yüksek}(t) \times 5 = 30 - 0.36 \times 5 = 28.2$$

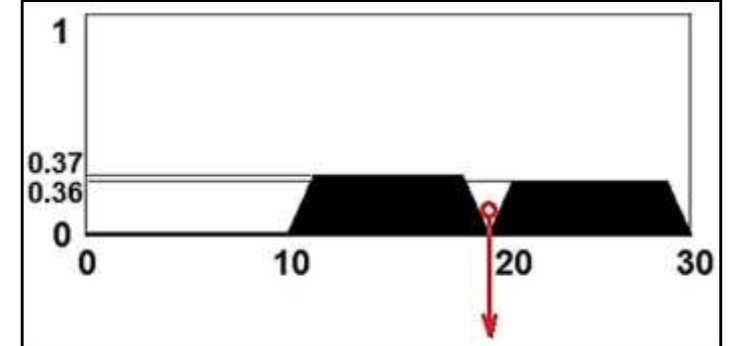
$$\text{Ortalama} = (21.8 + 28.2) / 2 = 25$$

Üçgen simetrik olduğundan bu hesaplamaları yapmadan doğrudan ortalama değer  $(20+30)/2=25$  yazılabilir.

## 5. ADIM : DEFUZZİFİCATION (**DURULAŞTIRMA**) (Weighted Average Method-WAM)

$$\text{Alan Merkezi} = \frac{\sum_{i=1}^n \mu(t_i) \times \bar{t}_i}{\sum_{i=1}^n \mu(t_i)}$$

$n$  : Kuralların sayısı ( $i$  : kural sıra numarası)  
 $\bar{t}$  : Üyelik derecesine karşılık gelen min ve max değerlerin ortalaması



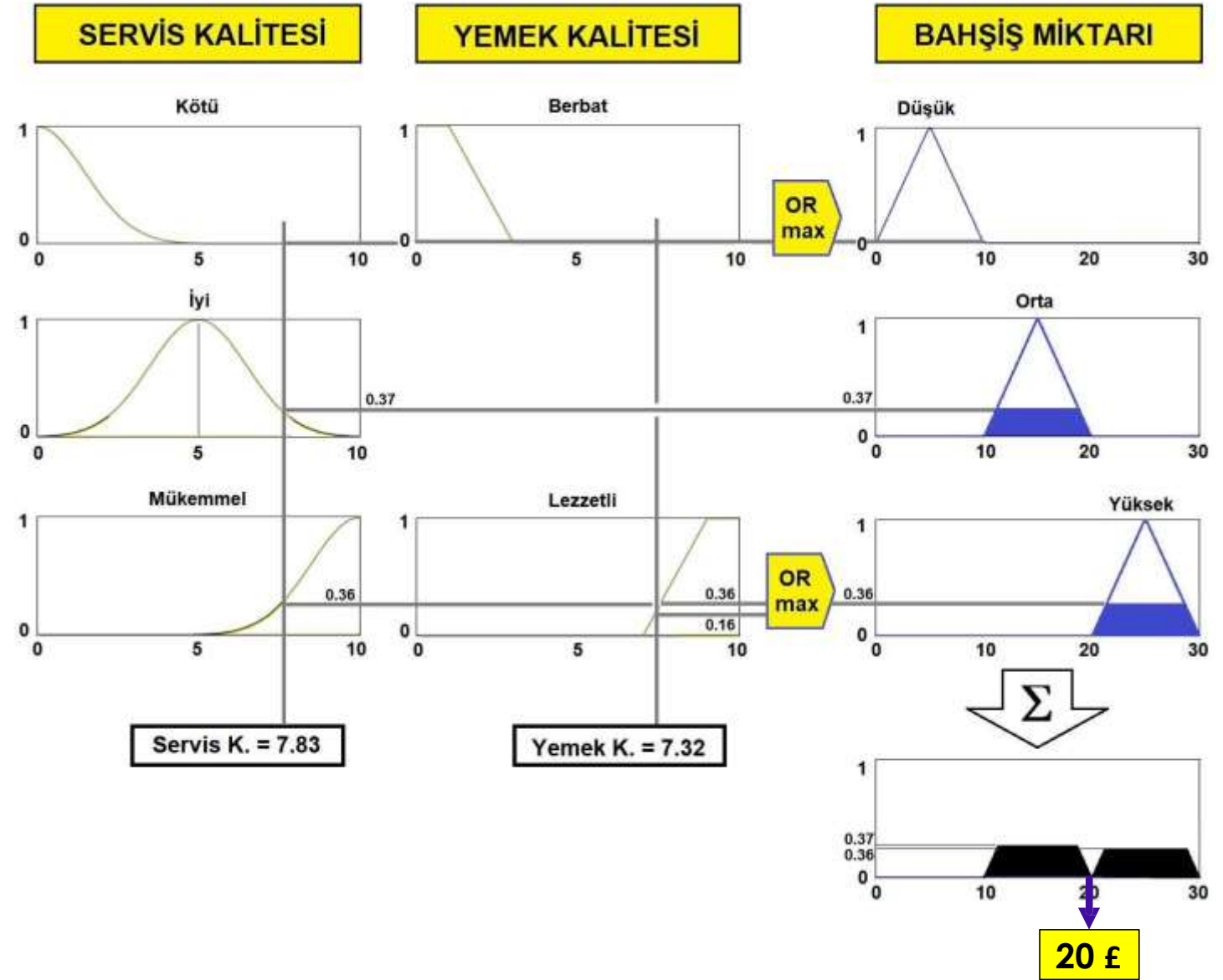
$$\text{Alan Merkezi} = \frac{\text{Düşük}_{Ortalama} \times \mu(t_1) + \text{Orta}_{Ortalama} \times \mu(t_2) + \text{Yüksek}_{Ortalama} \times \mu(t_3)}{\mu(t_1) + \mu(t_2) + \mu(t_3)}$$

$$\text{Alan Merkezi} = \frac{0 \times 0 + 15 \times 0.37 + 25 \times 0.36}{0.00 + 0.37 + 0.36} = 19.93 \approx 20 \text{ ₺ Bahşiş Miktarı}$$

7.83'lük Servis memnuniyet puanı ve 7.32'lik Yemek memnuniyet puanı için, tasarlanan bulanık sistemin önerdiği Bahşiş Miktarı yaklaşık 20 ₺'dir. Kullanılan durulaştırma yöntemine göre, farklı sonuçlar ortaya çıkabileceğini de unutmamak gerekir.

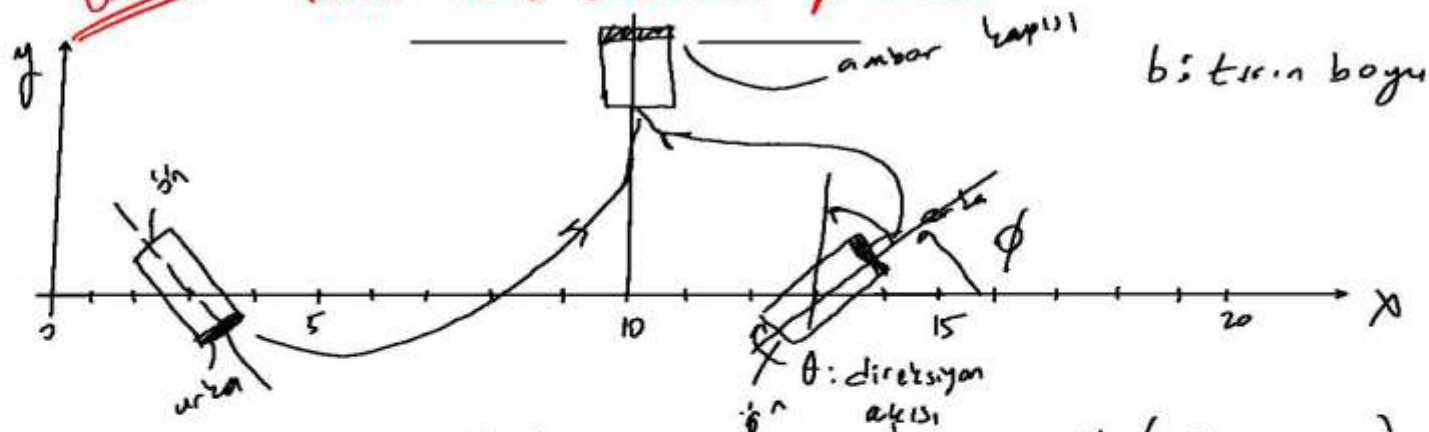


# Özet



Örnek:

### Yürün Park Edilmesi problemi



Tir sadece geri gidecek. Sabit hızla. Kapı yeteri kadar uzatılacak (y uyarı)

Matematiksel model:

$$\begin{aligned}x(k+1) &= x(k) + \cos(\phi(k) + \theta(k)) + \sin(\theta(k)) \cdot \sin(\phi(k)) \\y(k+1) &= y(k) + \sin[\phi(k) + \theta(k)] - \sin(\theta(k)) \cdot \cos(\phi(k)) \\ \phi(k+1) &= \phi(k) + \arcsin\left(\frac{2 \sin[\theta(k)]}{b}\right)\end{aligned}$$

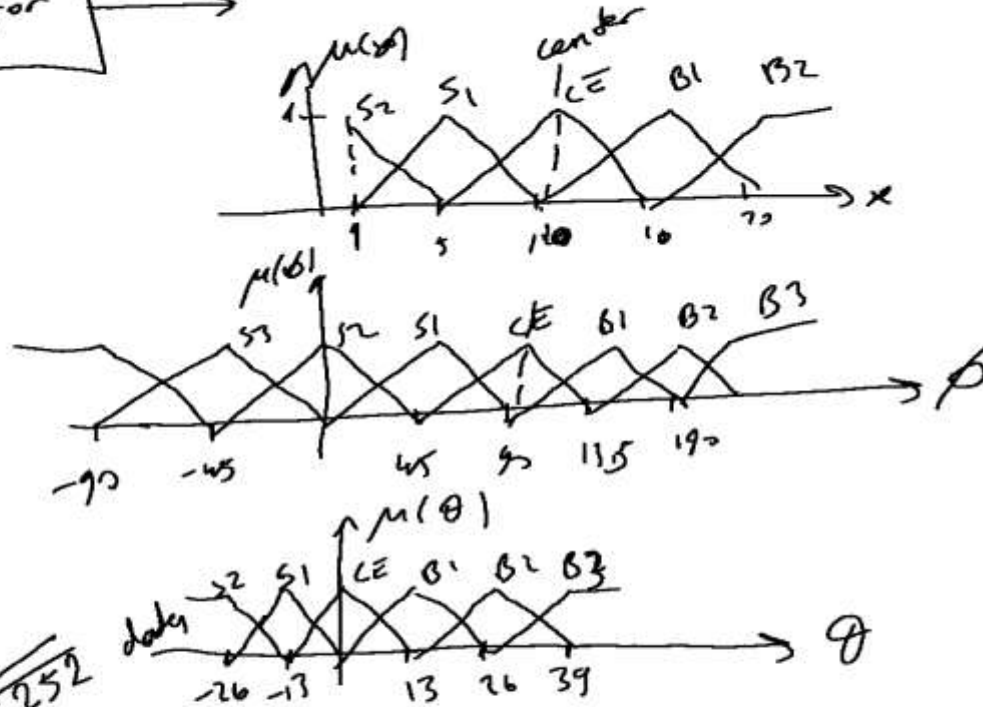


Hedef:  $(x_d, \phi_d) = (10, 90^\circ)$

k	$x_k$	$\phi_k$	$\theta_k$
0	1	0	-15
1	1.95	9.37	-12.95
3	2.88	18.23	-16.9
	...	...	...
17	19.91	89.44	0

18 ölçüm alınır.  
14 kere farklı başlangıç  
noktalarından 18'er ölçüm  
alınıyor..

$$K_1 \cdot 18 = 252$$

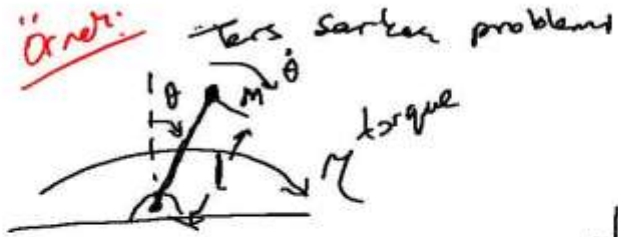


R <sub>k</sub>	X	Ø	g	D
1	S2	S2	S2	1
1	S2	S2	S2	0.92
2	...	...	...	...
	S2	S2	CE	0.12

→ der. ces.  
en büyük  
olanı

Ø \ X	S2	S1	CE	B1	B2
S3					
S2	S2				
S1					
CE			CE		
B1					
B2					
B3					

35 lar  
kural.

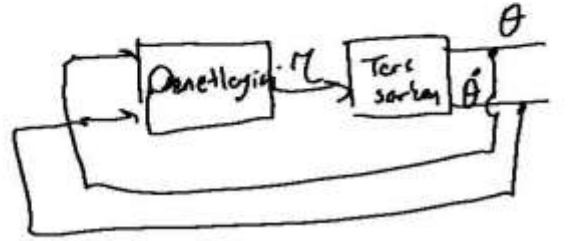
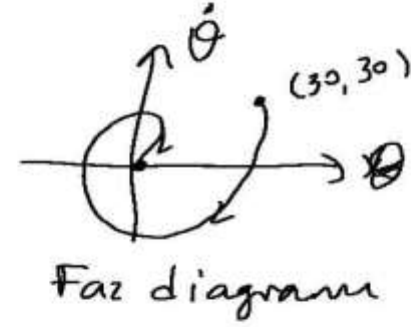
Örnek:

$$J\ddot{\theta} - mgl \sin\theta = \tau, \quad \theta(0) = 30^\circ, \quad \dot{\theta}(0) = 30^\circ/\text{sn}$$

$$\left. \begin{array}{l} J=1, \quad k_d=2, \quad k_p=1, \quad m=1 \\ g=10 \\ l=1 \end{array} \right\} T=0.1 \text{ sn örneklem}$$

Pr.1: Verilen analitik kontrolcü ile ters sarkacı simüle et. Ve veri tablosunu bul.

k	$\theta(k)$	$\dot{\theta}(k)$	$\tau(k)$
0	30	30	x
1	1		
2			
3	0	0	y



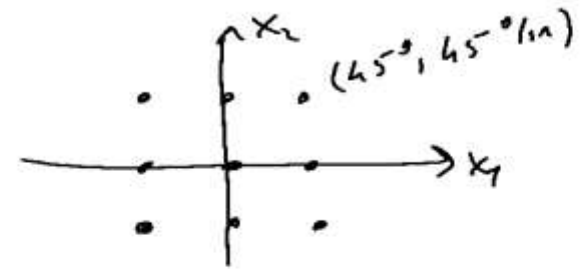
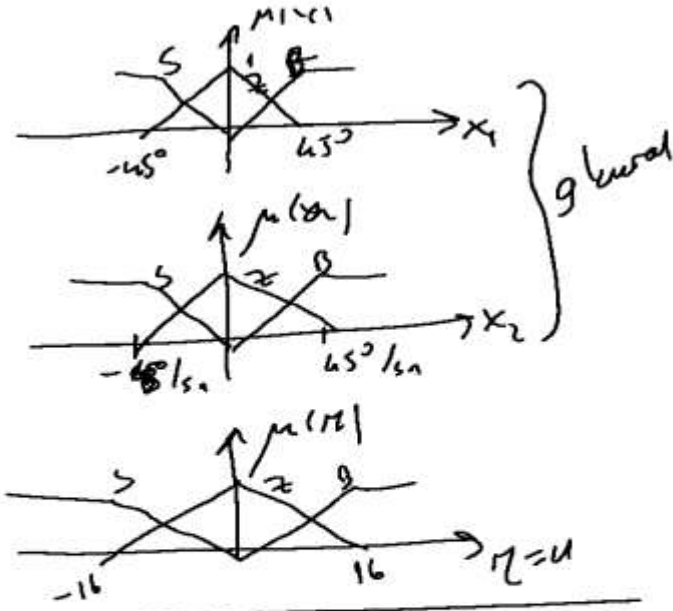
$$\tau = \underbrace{-k_d \dot{\theta} - k_p \theta}_{\text{analitik kontrolcü}} - \underbrace{mgl \sin\theta}_{\text{gravity kompanzasyonu}}$$

↑ PD kontrol

$$\begin{cases} \theta = x_1 \\ \dot{\theta} = x_2 \end{cases}$$

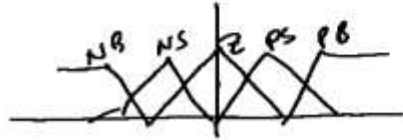
P.2

Bulanık sistem tasarımı



$x_1 \backslash x_2$	S	Z	B
S	B	Z	Z
Z	Z	Z	Z
B	Z	Z	S

Daha hassas kontrol için, çıkış değeri artırılabilir.



$x_1 \backslash x_2$	S	Z	B
S	PS	Z	PS
Z	Z	Z	NS
B	PS	NS	NB