Bulanık Mantık

(MÜH 425 – Bilgisayar Müh. Böl.)

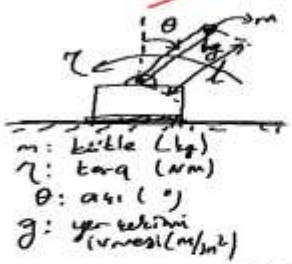
Prof.Dr. Yaşar BECERİKLİ

Hafta-8
Bulanık Çıkartım

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 : Ters Sarkaç (Inverted pendulum) Problemi



Bir çubuk, bir mafsal ile bağlanmış. Çubuk dik konumda dengede tutulmak isteniyor. Bunun için, mafsala bağlı olan motor τ torqu üreterek dengeye getirmeye çalışıyor. θ açısı algılayıcı vasıtasıyla algılanıp "kontrolcüye" geliyor ve motoru uyarıyor. Bu prosesi gerçekleştiren "kontrolcüyü" bulanık (fuzzy) sistem ile nasıl gerçekleriz?

kontrol $u(t) = \tau(t) = -ml^2\ddot{\theta} + mlg\sin\theta$ $\Longrightarrow$ Amaç θ'yı ve $\dot{\theta}$'yı sıfır yapma kuralı.

$\theta = \theta(t)$, $\dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt}$, $\ddot{\theta} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$

$\theta(t) \ll$ çok küçük açı, $\sin\theta \cong \theta$, $\cos\theta \cong 1$

$u(t) = -ml^2\ddot{\theta} + mlg\cdot\theta$ $\Longrightarrow$ Linear dif. denklem

$x_1(t) = \theta(t) \Rightarrow \dot{x}_1(t) = x_2(t)$

$x_2(t) = \dot{\theta}(t) \Rightarrow \dot{x}_2(t) = \ddot{\theta} = \left(\frac{g}{l}\right) x_1(t) - \left(\frac{1}{ml^2}\right) u(t)$

açısal hız ($^\circ/sn$)

$x_1(t)$ ve $x_2(t)$ bulanık değişkenler olarak kullanılacak. (Δt simülasyon aralığı)

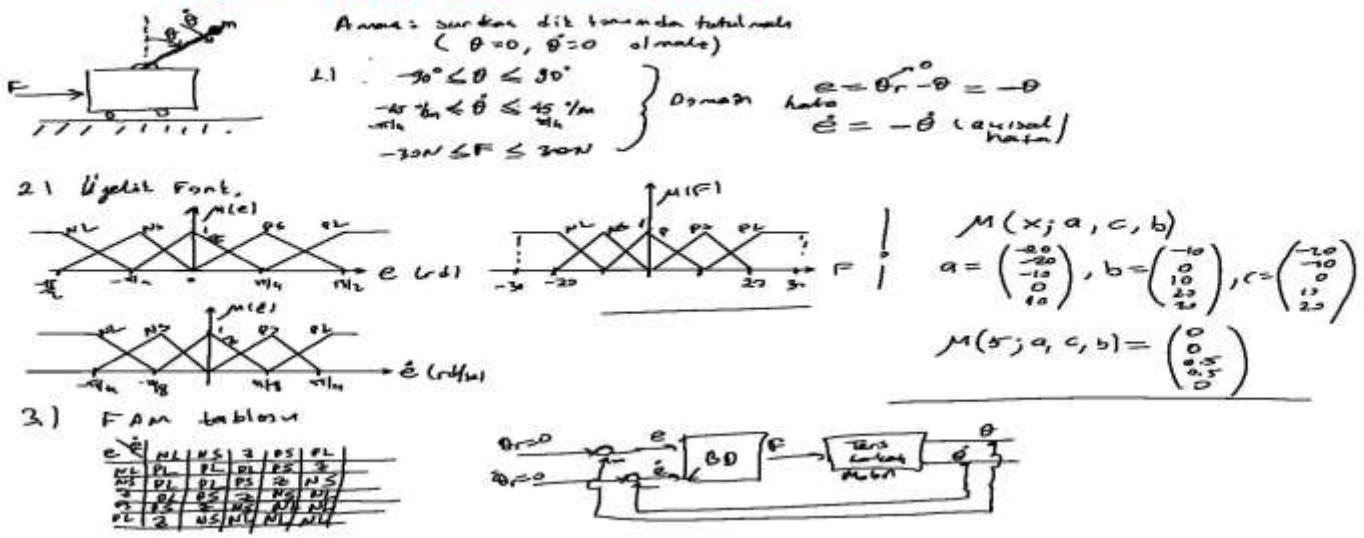
$\dot{x}_1 = \frac{dx_1}{dt} \cong \frac{x_1(k+1) - x_1(k)}{\Delta t} = x_2(k)$; $\dot{x}_2 = \frac{dx_2}{dt} = \frac{x_2(k+1) - x_2(k)}{\Delta t} = x_1(k) - u(k)$ alındı.

$\Delta t = 1$ alınarak : $\left.\begin{array}{l} x_1(k+1) = x_1(k) + x_2(k) \\ x_2(k+1) = x_1(k) + x_2(k) - u(k) \end{array}\right\}$ Değişkenler , $\left.\begin{array}{l} x_1(0) = x_{10} \\ x_2(0) = x_{20} \end{array}\right\}$ ilk koşullar

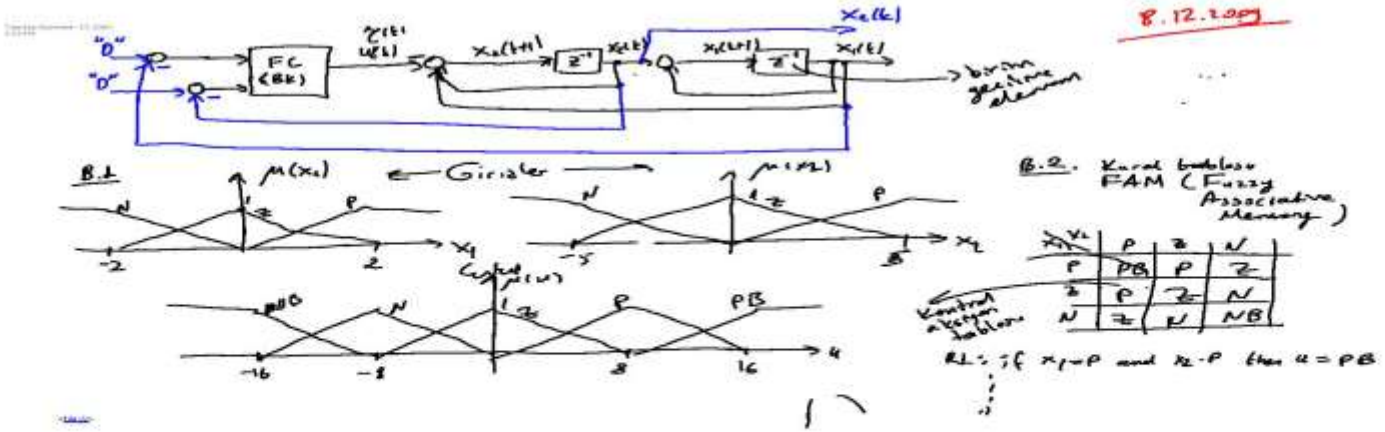
Verilenler:

$-2^\circ \le x_1 (\theta) \le 2^\circ$; $-5\,dps \le x_2 (\dot{\theta}) \le 5\,dps$; $-1\,kg \le u (\tau) \le 1\,kg$

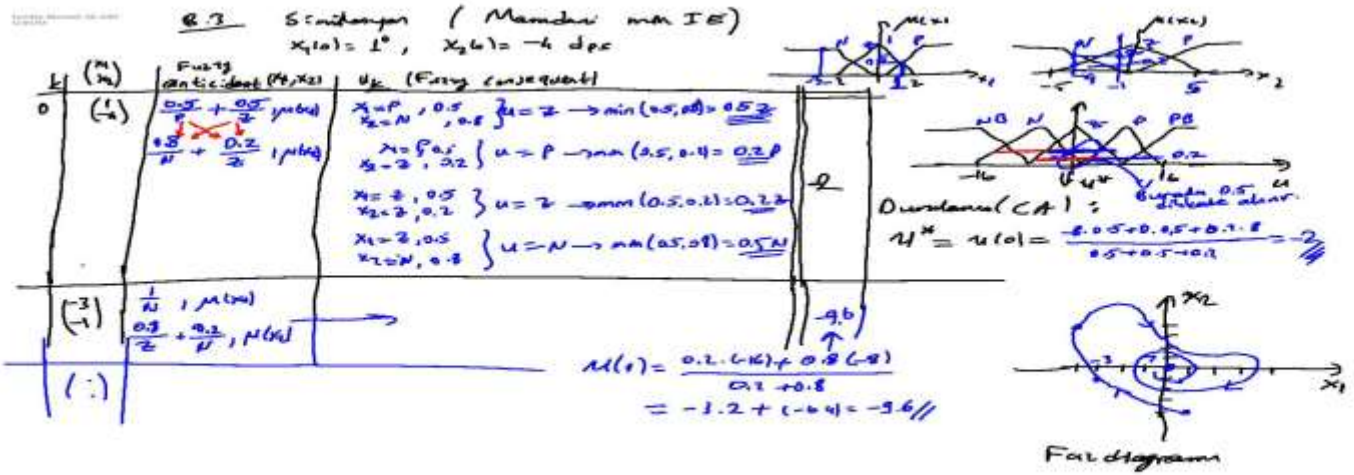
bmg Sayfa 35


Örnek: Mobil Ters Sarkaç Problemi
Amaç: sarkacı dik konumda tutulmalı
(θ=0, θ̇=0 olmalı)
1.) -90° ≤ θ ≤ 90°
-45 °/sn ≤ θ̇ ≤ 45 °/sn
-30N ≤ F ≤ 30N
Durum
e = θr - θ = -θ
ė = -θ̇ (açısal hata)
2) Üyelik Fonk.
μ(e)
e (rd)
ė (rd/sn)
μ(F)
F
M(x; a, c, b)
a = (-30 -20 -10 0 10), b = (-10 0 10 20 30), c = (-20 -10 0 10 20)
M(5; a, c, b) = (0 0 0.5 0.5 0)
3) FAM tablosu
BD
Ters Sarkaç

bmg Sayfa 36


"0"
"0"
FC
(Bk)
birim gecikme elemanı
B.1
Girişler
B.2. Kural tabanlı FAM (Fuzzy Associative Memory)
Kontrol değişken tabloları
RL: if x1=P and x2=P then u=PB

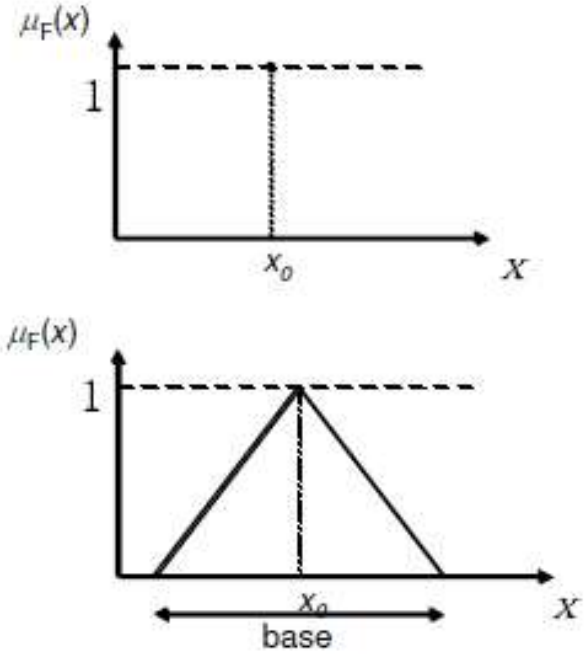
bmg Sayfa 37



bing Sayfa 38

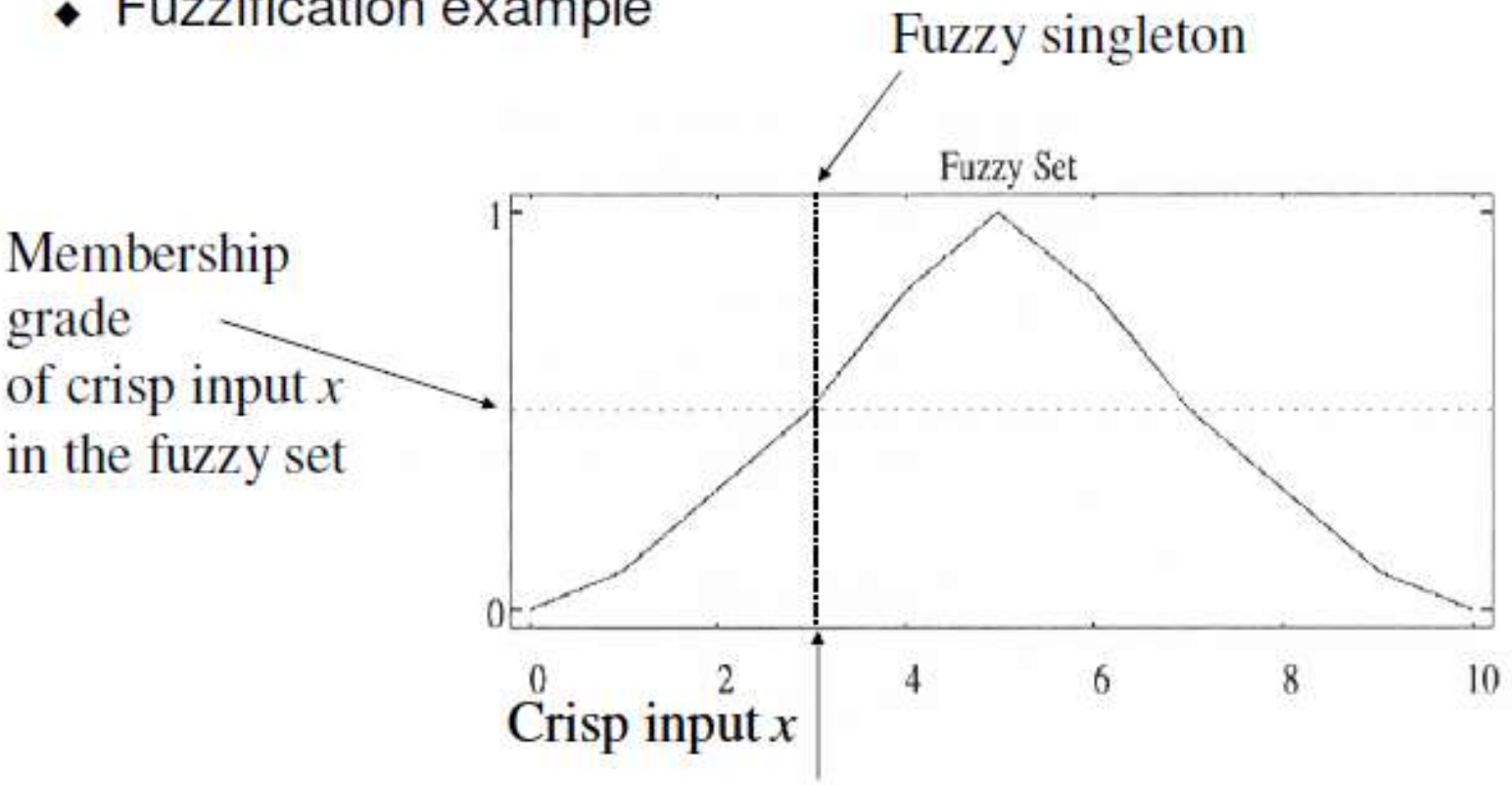
Fuzzification

- Process of making a crisp quantity fuzzy
- If it is assumed that input data do not contain noise of vagueness, a fuzzy singleton can be used
- If the data are vague or perturbed by noise, they should be converted into a fuzzy number

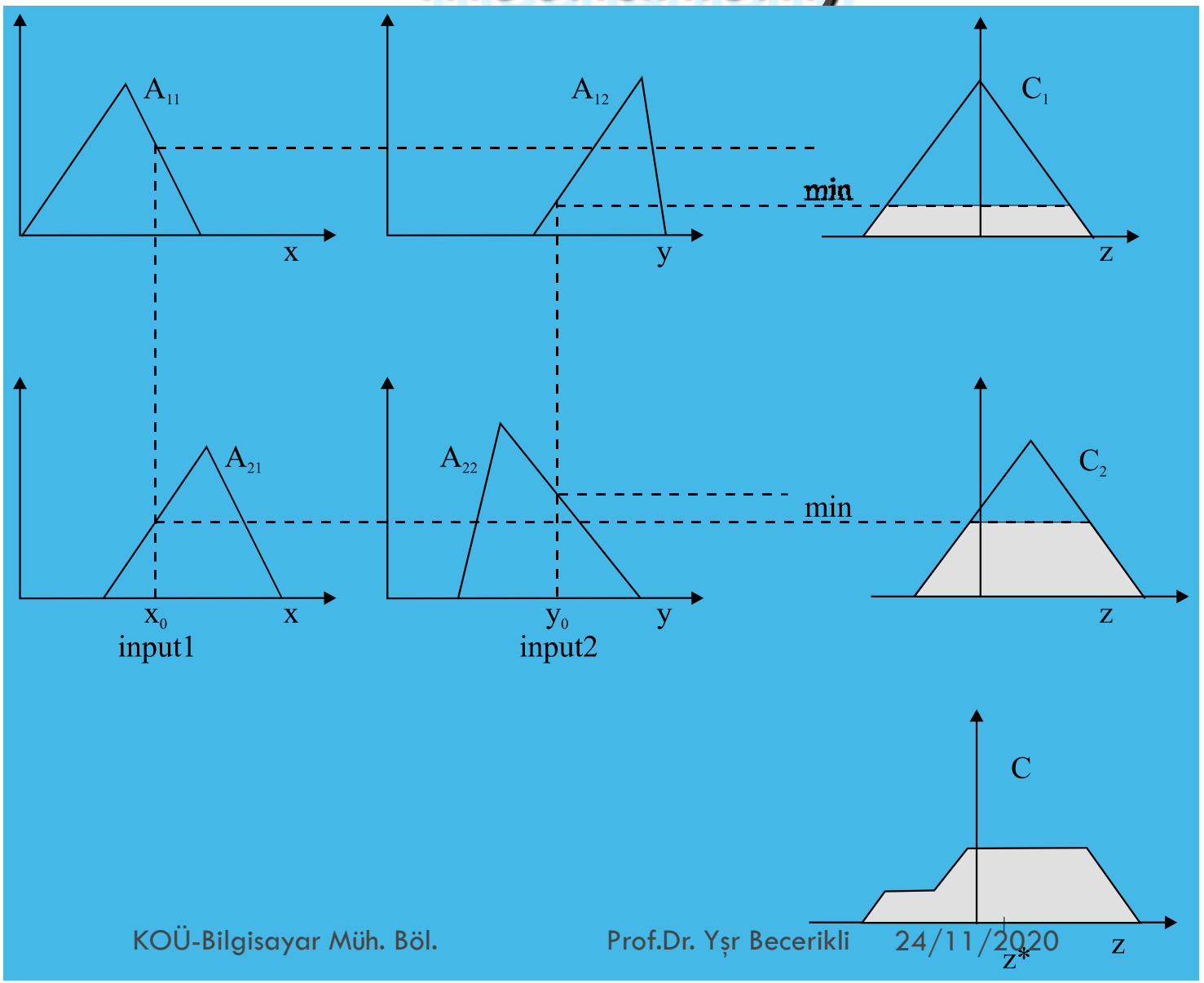


Fuzzification

- Fuzzification example



Mamdani Çıkartım (min. inference mechanism)



Sugeno Bulanık Çıkartım

- **Michio Sugeno** suggested to use a single spike, a *singleton*, as the membership function of the rule consequent. A **singleton**, or more precisely a **fuzzy singleton**, is a fuzzy set with a membership function that is unity at a single particular point on the universe of discourse and zero everywhere else.

Devam

Sugeno-style fuzzy inference is very similar to the Mamdani method. Sugeno changed only a rule consequent. Instead of a fuzzy set, he used a mathematical function of the input variable. The format of the **Sugeno-style fuzzy rule** is

IF (eğer) *x* is *A and y is B* *THEN z is f(x,y)* (ise)

Burada, *x*, *y* ve *z* dilsel (linguistic) değişkenler; *A* ve *B* tanım aralığında (domain-universe of discourses) bulanık kümelerdir. Ve *f* (*x*, *y*) deterministik/net (crisp) matematiksel fonksiyondur.

Devam

- If f(.,.) is a first order polynomial, then the resulting fuzzy inference is called a (Birinci derece Sugeno) **first order Sugeno fuzzy model**

- If f(.,.) is a constant then it is a (Sıfırıncı derece Sugeno) **zero-order Sugeno fuzzy model** (special case of Mamdani model)

- Case of two rules with a first-order Sugeno fuzzy model
  - Her kural bir kesin (Crisp) çıkışa sahiptir
  - Toplam çıkış ağırlıklı ortalama (**weighted average) üzerinden hesaplanır**
  - Ayrıca durulamaya gerek yok

Devam

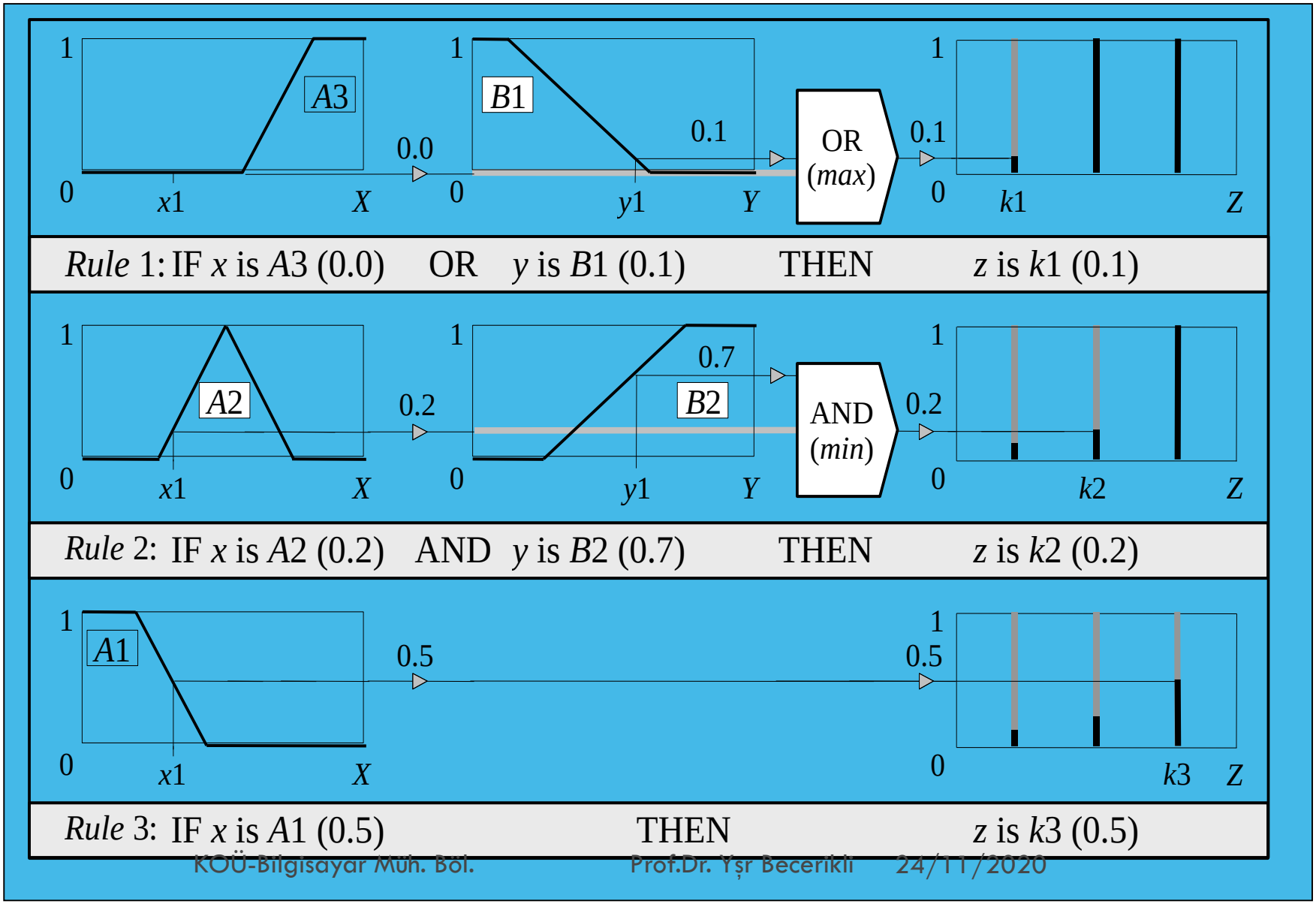
The most commonly used **zero-order Sugeno fuzzy model** applies fuzzy rules in the following form:

IF *x* **is** *A* **AND** *y* **is** *B* **THEN** *z* **is** *k*

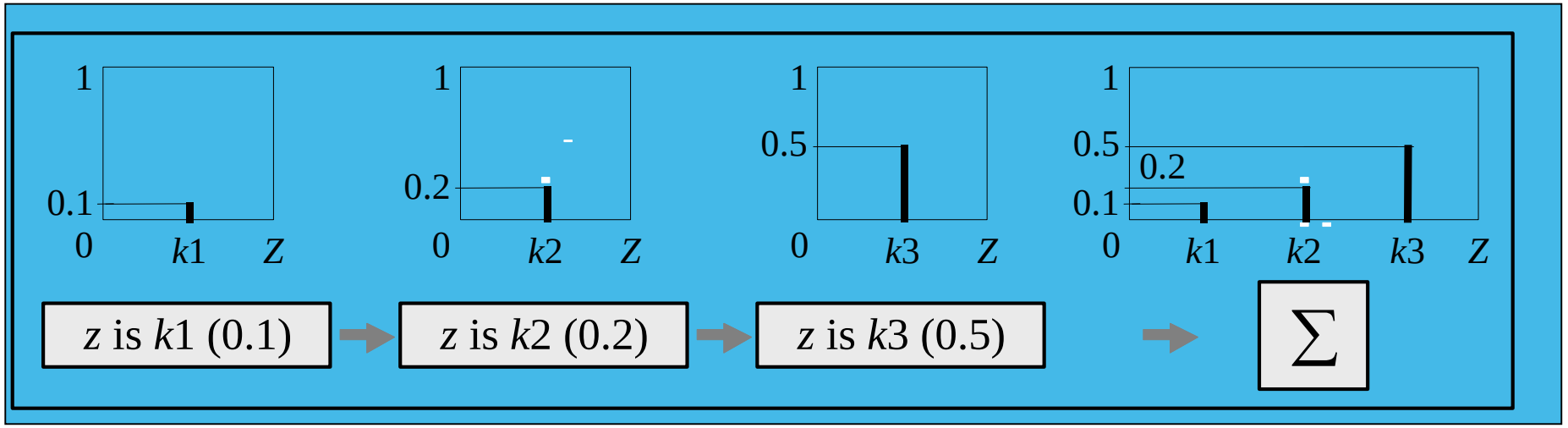
where *k* is a constant.

In this case, the output of each fuzzy rule is constant. All consequent membership functions are represented by **singleton spikes**.

Sugeno-Türü Kural Gerçekleme (Sıfırıncı Derece)



Sugeno-Türü Kural Çıkışlarının Toplanması (aggregation)



Ağırlıklı Ortalama (Weighted average (WA))

$$WA = \frac{\mu(k1)\times k1 + \mu(k2)\times k2 + \mu(k3)\times k3}{\mu(k1)+\mu(k2)+\mu(k3)} = \frac{0.1\times 20 + 0.2\times 50 + 0.5\times 80}{0.1+0.2+0.5} = 65$$

Sugeno-Türü DURULAMA