BULANIK MANTIK ile KONTROL

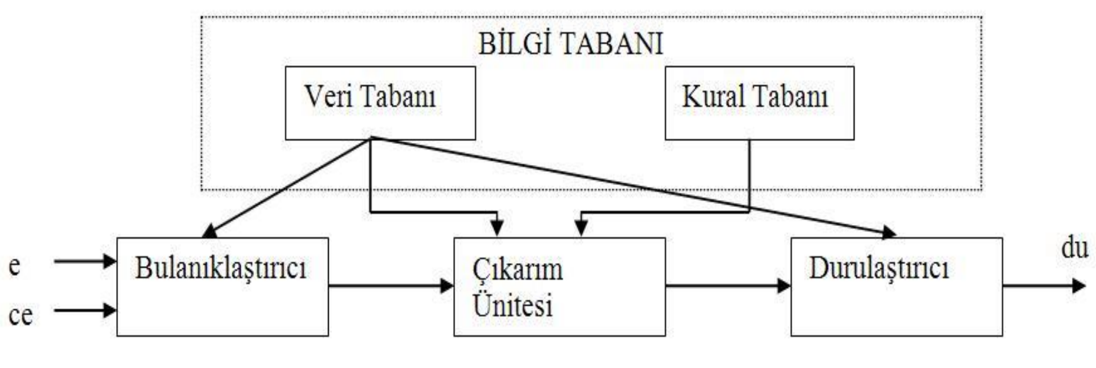
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

Bulanık mantığın temel prensipleri:

- Bulanık küme sözel değişkenleri göstermek için kullanılır.
- Az sıcak, biraz soğuk gibi bulanık mantık üyelik fonksiyonları söz konusu bir fiziksel değişkenin (örneğin bir ortam sıcaklık seviyesinin) 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesini tanımlamak için kullanılır.
- Bulanık işlemciler, bulanık ifadeler arasında mantıksal ilişkilere hız verir. Bunlarla, EĞER-İSE (IF-THEN) türünden işlem kuralları, uzman sistemlerde kullanılan yönteme benzer olarak, sembolik yoldan formüle edilebilir.
- Bulanık mantık sistemi bir bakıma var olan bilgiden kurallara dayanarak, yeni bilgiler elde edebilme yoludur.

Bir bulanık mantık denetleyicisinin tasarımında bilinmesi gereken temel faktörler şunlardır:

- Gerçek giriş ve çıkışlar ve bunların evrensel kümeleri, yani her bir değişkenin alması muhtemel değerler aralığı.
- Giriş ve çıkış değişkenlerinin ölçekleme faktörleri.
- Her bir giriş ve çıkış değişkenleri için bulanık değerlerin kurulmasında kullanılacak bulanık üyelik fonksiyonları
- Bulanık kontrol kuralları tabanı



Bir bulanık mantık denetleyicisi dört ayrı kısımdan oluşmaktadır:

Bulanıklaştırıcı

- Bu bölüm giriş değişkenlerini (gerçek değerleri) ölçer, onlar üzerinde bir ölçek değişikliği yapar ve bulanık kümelere dönüştürür. Yani onlara birer etiket vererek dilsel bir nitelik kazandırır.

Bilgi Tabanı

- Bulanık çıkarımda kullanılan dilsel EĞER-İSE kural tabanından oluşur.

Bulanık Mantık Çıkarım Ünitesi

- Bulanık çıkarımda kurallar üzerinde bulanık mantık yürütülür ve bulanık kural tabanını kullanarak giriş ve çıkış uzayı arasında bir bağlantı kurar.

Durulaştırıcı

- Çıkarım motorunun bulanık küme çıkışı üzerinde gerekli ölçek değişikliklerini yapar ve bunları gerçek sayılara dönüştürür.

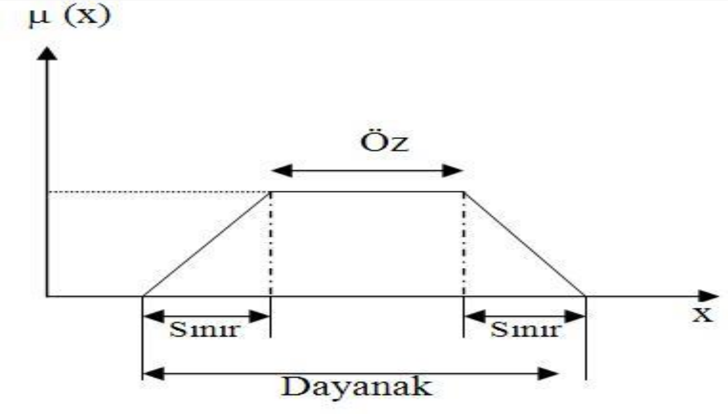
Üyelik Fonksiyonları

Bulanık kümeler üyelik fonksiyonları ile ifade edilir. Bu üyelik fonksiyonları her objenin bir kümedeki ağırlık derecesini vermektedir. Bu ağırlık derecesi 1’den 0’a kadar olabilmekte, yani tam üyelikten üye olmamaya kadar değişmektedir. Üyelik fonksiyonu dilsel terimlerle ifade edilir.

Bulanık mantık uygulamalarının çoğunda standart üyelik fonksiyon tipleri kullanılmaktadır. Doğrusal olmayan sistemlerde en çok kullanılan üyelik fonksiyonu tipleri üçgen (triangular), yamuk (trapezoidal) ve Gauss çan eğrisi (Gauss bell-shaped)’ dır.

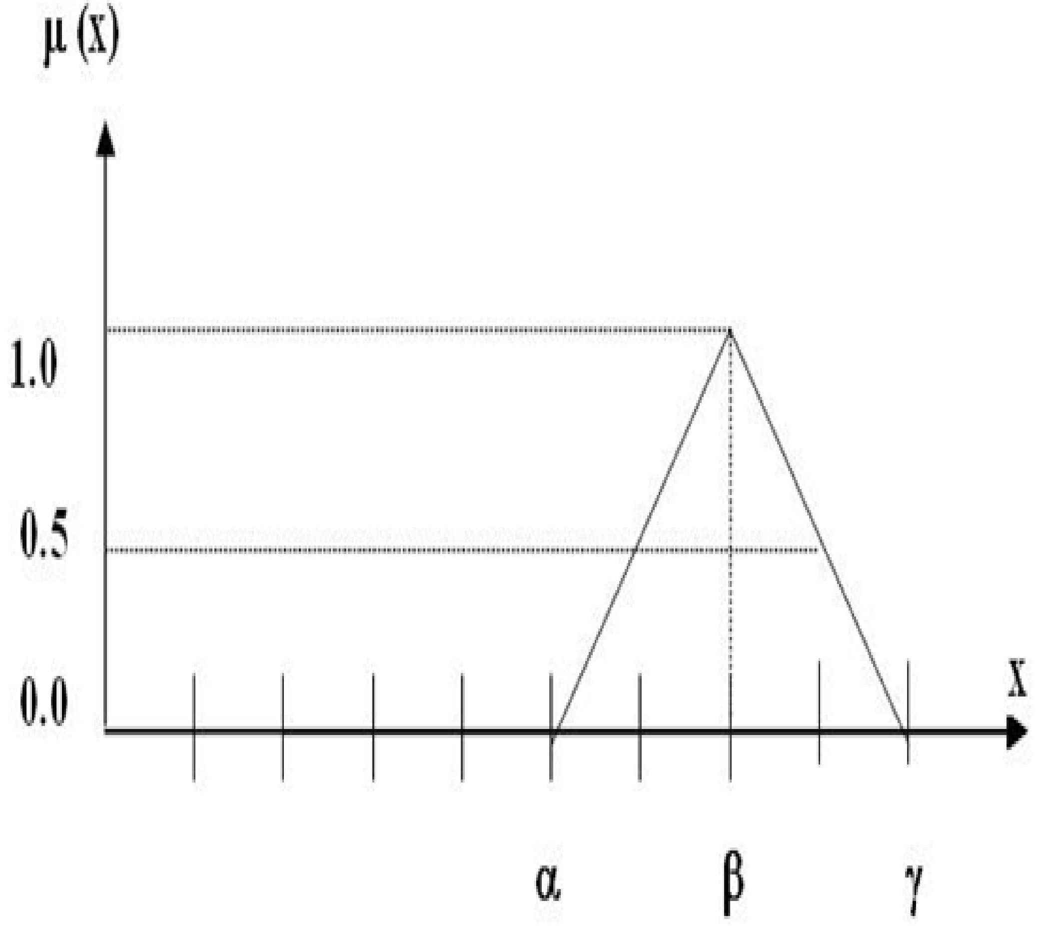
Üyelik Fonksiyonları

- Üyelik dereceleri 1’ e eşit olan öğelerin toplandığı alt küme kısmına, o alt kümenin özü (core) denir. Burada μ (x)=1’dir.
- Bunun aksine bir kümenin tüm öğelerini içeren aralığa o kümenin dayanağı (support) adı verilir. Dayanakta bulunan her öğenin az veya çok değerde (0 ile 1 arasında) üyelik dereceleri vardır.
- Bunun matematiksel ifadesi $0<\mu(x) <1$ şeklindedir.
- Üyelik dereceleri 1’ e veya 0’ a eşit olmayan öğelerin oluşturduğu kısımlara üyelik fonksiyonunun sınırları (boundary) bölgeleri denir. Genel olarak, tüm üyelik fonksiyonlarında biri sağda diğer de solda olmak üzere iki tane geçiş bölgesi vardır.



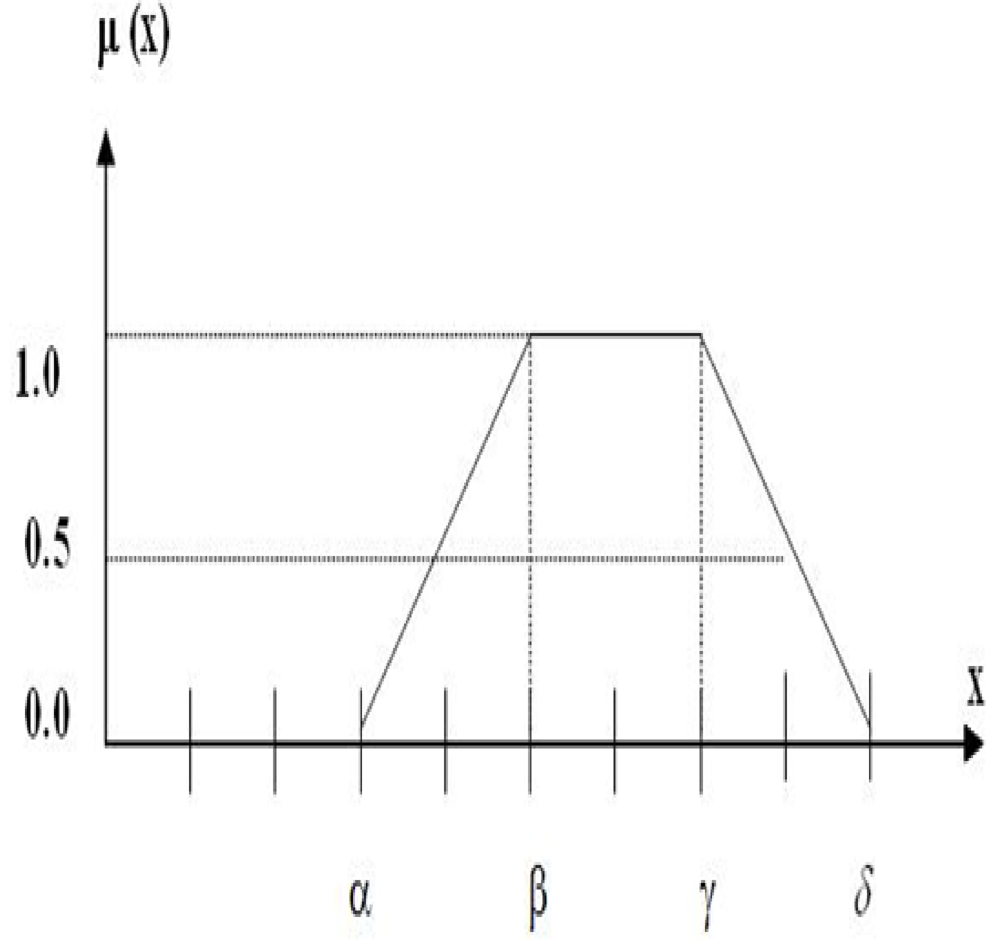
Üçgen Tipi Üyelik Fonksiyonu

$$\Lambda(x;\alpha,\beta,\gamma)=\begin{cases} 0, x<\alpha \\ \dfrac{(x-\alpha)}{(\beta-\alpha)}, \alpha\le x\le\beta \\ \dfrac{(\gamma-x)}{(\gamma-\beta)}, \beta\le x\le\gamma \\ 0, x>\gamma \end{cases}$$



Yamuk (Trapezoidal) Üyelik Fonksiyonu

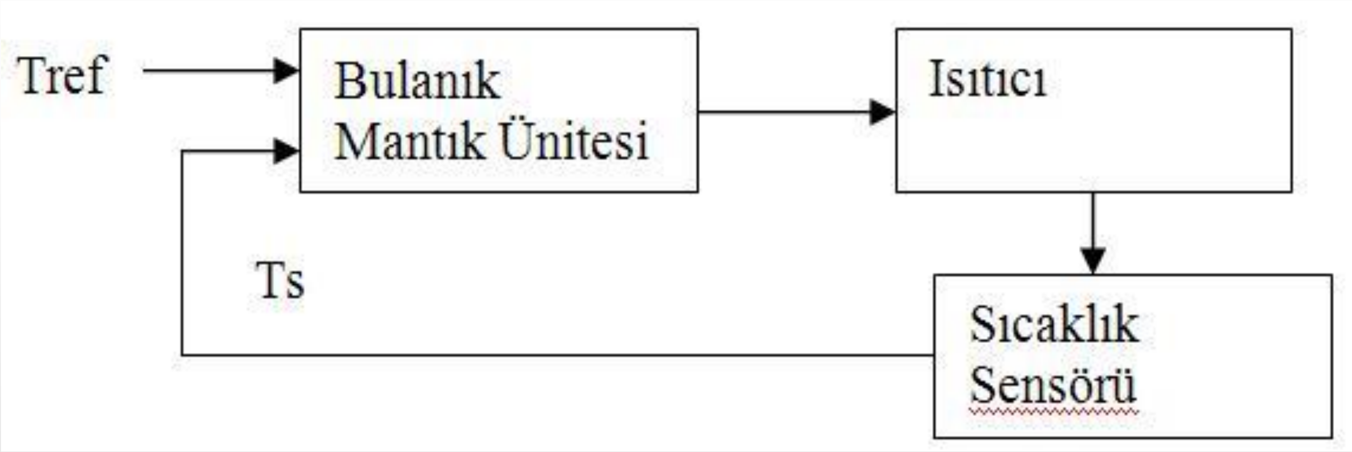
$$\pi(x;\alpha,\beta,\gamma,\delta)=\begin{cases} 0, x<\alpha \\ \dfrac{(x-\alpha)}{(\beta-\alpha)}, \alpha\le x\le\beta, \\ 1, \beta\le x\le\gamma \\ \dfrac{(\delta-x)}{(\delta-\gamma)}, \gamma\le x\le\delta \\ 0, x>\delta \end{cases}$$



Uygulama Örneği
SICAKLIĞIN BULANIK MANTIK İLE KONTROLÜ

Problemin Tanımı

Bir süreç olarak ortam sıcaklığı bulanık mantık denetleyicisi ile kontrol edilecektir. Şekilde basit bir sıcaklık kontrolörünün blok diyagramı görülmektedir.



- Tref; Önceden belirlenmiş olan ortam sıcaklığı,
- Ts: Sıcaklık sensörü ile algılanan ortamın gerçek sıcaklığı.

Bulanık mantık denetleyici için tasarım aşaması

1. Bulanık Mantık Denetleyicisinin giriş ve çıkış değişkenleri belirlenir.
2. Her bir değişkenin evrensel kümesi belirlenir.
3. Değişkenlerin evrensel kümeleri normalize edilir.(İsteğe bağlı)
4. Normalizasyon: Yazılıma esneklik kazandırmak için değişkenler için belirlenen kümede ölçeklendirme yapmaktır.
5. Her değişken için üyelik fonksiyonu belirlenir.
6. Kural tabanı belirlenir.
7. Bulanık çıkarım için bulanık muhakeme metodu belirlenir. (MAX – MIN, MAX – DOT vb.)
8. Bulanık çıkarım sisteminden elde edilen bulanık değer sayısal değere çevrilir. (Durulaştırma: FUZZY OR, CoA vb.)

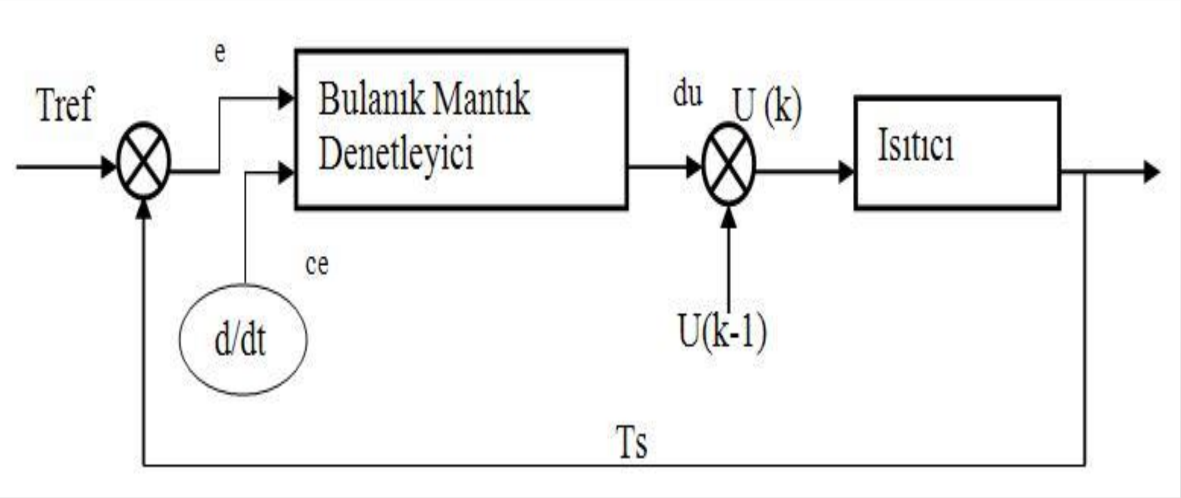
Bulanık mantık denetleyici için tasarım aşaması

Sistemin gerçek ‘ bulanık analizi’ ne geçmeden önce, Hata; (e=$T_{ref} - T_s$) ve

Hatadaki değişim; $de = de(t)/dt \quad = e_t - e_{t-1}$ = $e_{şimdiki}$- $e_{önceki}$

hesaplanarak ön işleme tabi tutulur.

Çıkış değişkeni; $du = U(k) - U(k-1)$ dir.



AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

Bulanık mantık denetleyici için tasarım aşaması

1) Girişler: $e = Tref - Ts$

$ce = ey - e$

Çıkışlar: $du = U(k) - U(k-1)$

2) Hata Evrensel Kümesi : -1.....+1

Hatadaki Değişim Evrensel Kümesi : -1.....+1

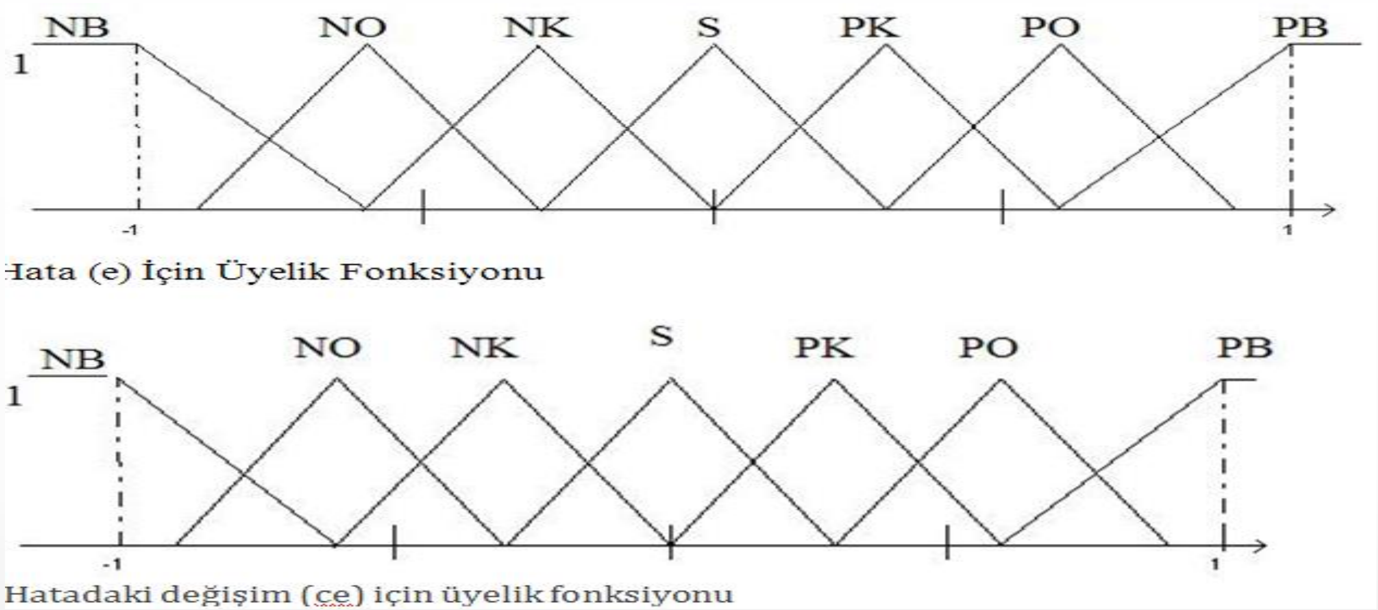
Çıkış Evrensel Kümesi : -1.....+1

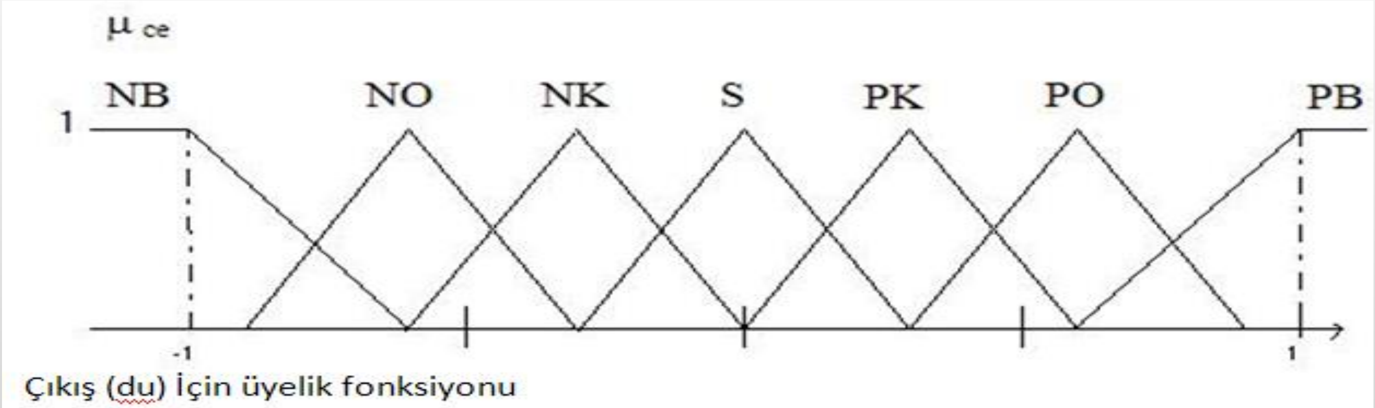
3) e =E / GE GE : Hata için ölçekleme faktörü

ce = CE / GCE GCE : Hatadaki değişim için ölçekleme faktörü

du = DU / GDU GDU :Çıkış için ölçeklendirme faktörü

Hata (e) İçin Bulanıklaştırma İşlemi





Kural Tabanının Oluşturulması

ce \ e	**NB**	**NO**	**NK**	**S**	**PK**	**PO**	**PB**
NB	NB	NB	NO	NO	NK	NK	S
NO	NB	NB	NO	NK	NK	S	PK
NK	NB	NO	NK	NK	S	PO	PO
S	NO	NO	NK	S	PK	PK	PO
PK	NO	NK	S	PK	PK	PO	PO
PO	NK	S	PK	PK	PO	PO	PB
PB	S	PK	PK	PO	PO	PB	PB

Örnek:

Otomotiv Hız Denetleyicisi

3 giriş: **hız** (5 seviye), **hızlanma** (3 seviye), **hedefe olan uzaklık** (3 seviye)
1 çıktı: **güç** (motora yakıt akışı)

Giriş değerlerine dayalı çıktı belirleme kuralları


1.0
Çok
yavaş
Yavaş
Ortalama
Hızlı
Çok
hızlı
Hız
1.0
Yavaşlama
Sabit hız
Hızlanma
İvme
1.0
Çok
yakın
Yakın
Uzak
Mesafe

KURALLARDAN BAZILARI

EĞER hız **ÇOK YAVAŞ** ve ivme yavaşlıyor **İSE** gücü **ÇOK ARTTIR**

EĞER hız **YAVAŞ** ve ivme **YAVAŞLIYOR İSE** gücü **AZ ARTTIR**

EĞER mesafe **YAKIN İSE** gücü **AZ AZALT**

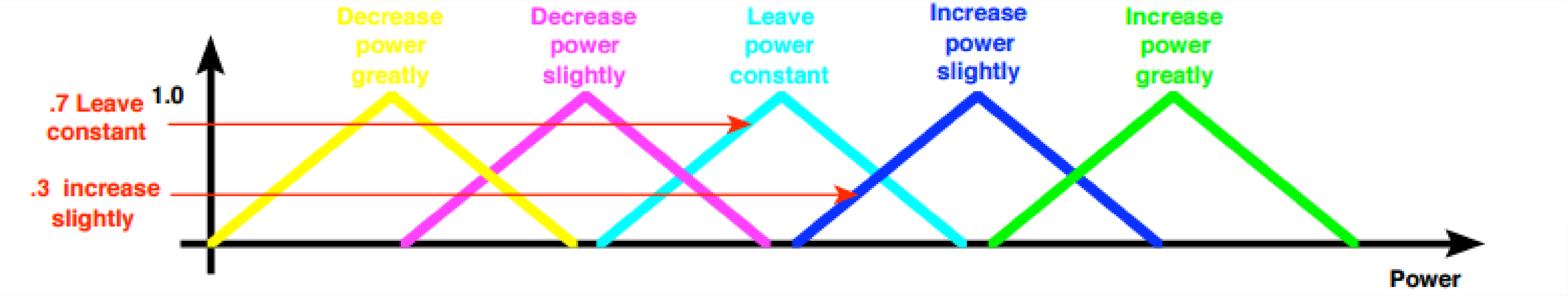
…

…

Bir kerede 1, 2 veya 3'lük girişlerin tüm kombinasyonları için toplam 95 farklı kural olabilir.
(5x3x3 + 5x3 + 5x3 + 3x3 + 5 + 3 + 3)

Uygulamada, bir sistem bütün kuralları gerektirmez.

Sistem, kurallar ekleyerek veya değiştirerek ve ayar sınırlarını değiştirerek düzenlenebilir.



Çıktıların Belirlenmesi.

Bir çıktı bulanık kümesindeki üyelik derecesi artık her bulanık eylemi temsil etmektedir.

Bulanık işlemler, bir sistem çıktısı oluşturmak için birleştirilir

Adımlar:

Bulanıklaştırma: Bir girdinin karşılık geldiği kümelerdeki üyeliğini belirler.

Kurallar: Çıktıları girdilere ve kurallara göre belirler.

Kombinasyon / Durulaştırma: Tüm bulanık eylemleri tek bir bulanık eylemle birleştirin ve tek bulanık eylemi net, yürütülebilir bir sistem çıktısına dönüştürün. Ağırlıklı kümelerin ağırlık merkezi kullanılabilir.

Bulanık Çıkarım Yöntemleri

Bulanık çıkarım için aşağıda belirtilen iki metotdan biri kullanılır.

- **Mamdani çıkarsaması**
- **Sugeno çıkarsaması**

Mamdani çıkarsaması (örnek problem)

Kullanılan bulanık değişkenler

- x,y ve z (proje bütçesi, çalışan sayısı ve risk)
- Proje bütçesi bulanık kümesi X için 3 adet açıklayıcı değişken tanımlanıyor:
  A1, A2 ve A3: (yetersiz, sıkışık ve yeterli)
- Çalışan sayısı bulanık kümesi Y için 2 adet açıklayıcı değişken tanımlanıyor:
  B1 ve B2: (az ve fazla)
- Risk bulanık kümesi Z için 3 adet açıklayıcı değişken tanımlanıyor:
  C1, C2 ve C3: (düşük, normal ve yüksek)

Mamdani çıkarsaması (örnek problem)

- Kural 1:
  - IF x = A3 OR y = B1 THEN z = C1
    IF proje bütçesi yeterli OR çalışan sayısı az ise
    THEN risk düşük
- Kural 2:
  - IF x = A2 AND y = B2 THEN z = C2
    IF proje bütçesi sıkışık AND çalışan sayısı fazla ise
    THEN risk normal
- Kural 3:
  - IF x = A1 THEN z = C3
    IF proje bütçesi yetersiz ise THEN risk yüksek

Mamdani çıkarsaması (örnek problem)

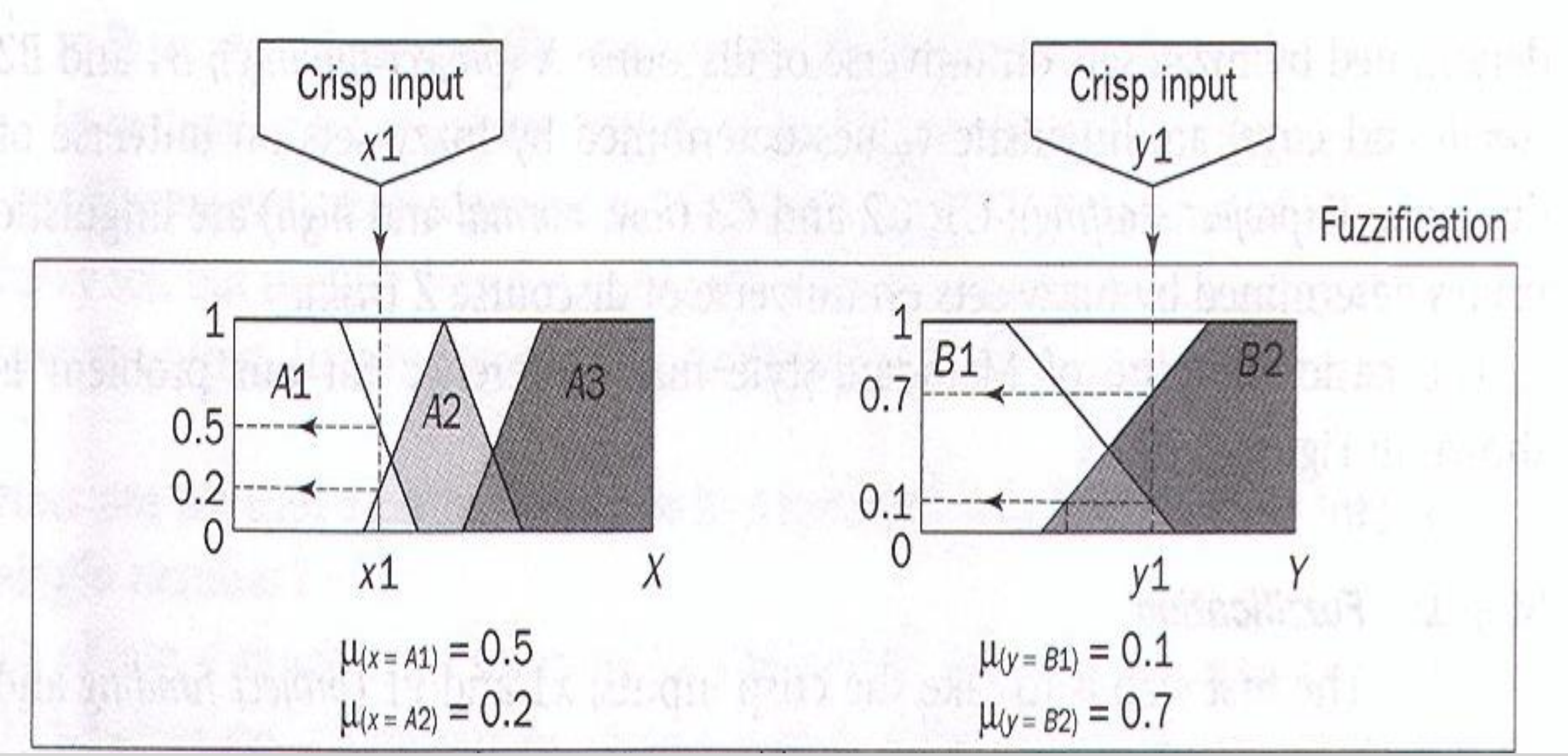
- X, Y ve Z bulanık kümelerinde üyelik fonksiyonlarının tanımlanması gerekir.
- Bu iş için genelde konunun uzmanlarından bilgi alınır ve bir model oluşturulur.
- Üçgen, gaussian, vs. üyelik fonksiyonları ve bunların aralıkları, büyüklükleri bu aşamada tespit edilmelidir.

Mamdani çıkarsaması (örnek problem)

- Girdi değerlerinin bulanıklaştırılması
- X ve Y kümelerinde yer alan katı (crisp) bir x1 ve y1 değeri girilir.
- Problemde uzmanların tavsiyesine göre 0 ile 100 arası değerler kullanılıyor. Bazı durumlarda değerler ölçülebilir olabilir.
- Kullanılan örnekte x1=35 (proje bütçesi %35 seviyesinde) ve y1=60 (çalışan sayısı %60 seviyesinde) seçilmiştir.

Mamdani çıkarsaması (örnek problem)

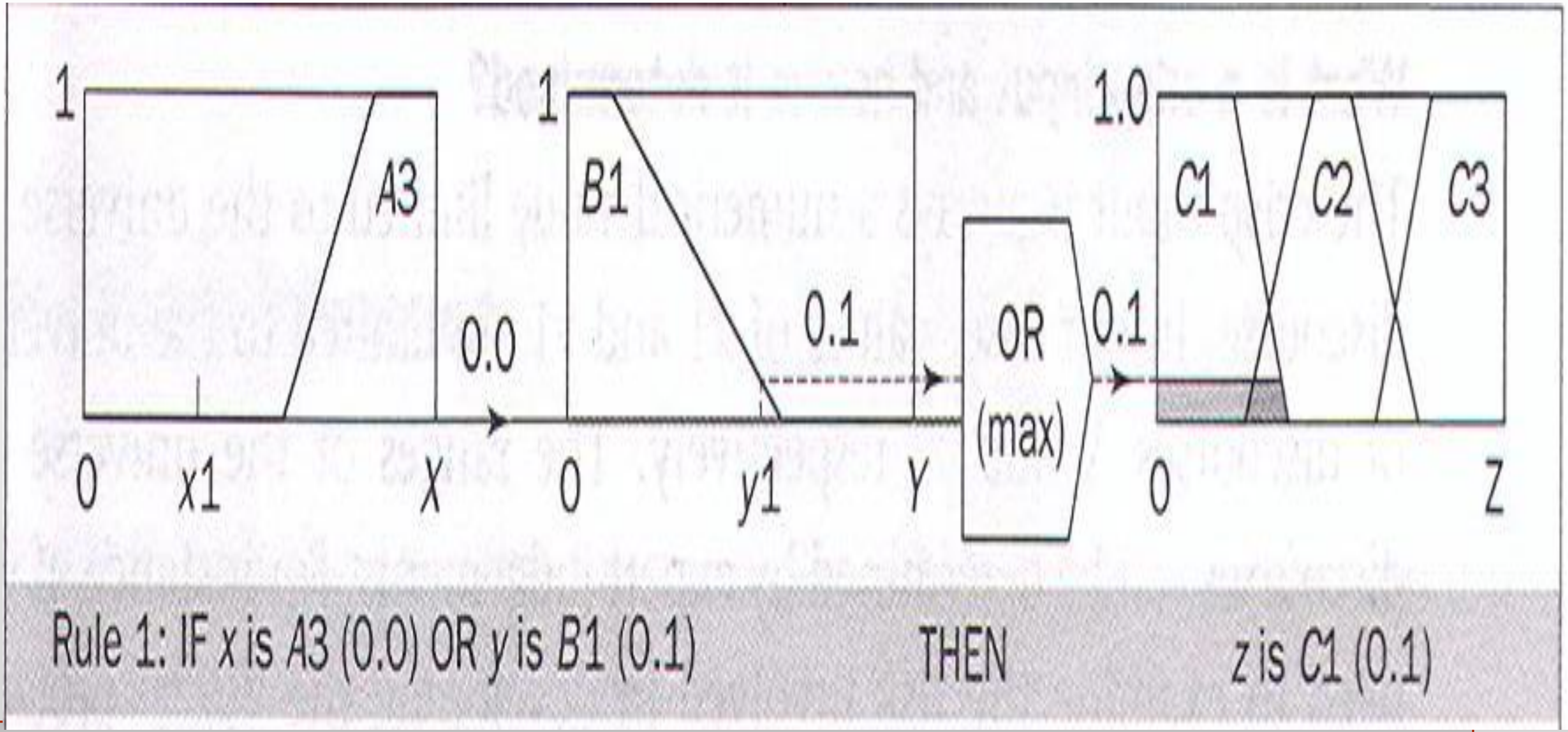
- Girdi değerlerinin bulanıklaştırılması
  - Bu girilen katı x1(35%) ve y1(60%) değerlerini aşağıdaki şekilde bulanıklaştırabiliriz.



Mamdani çıkarsaması (örnek problem)

Kural incelemesi :

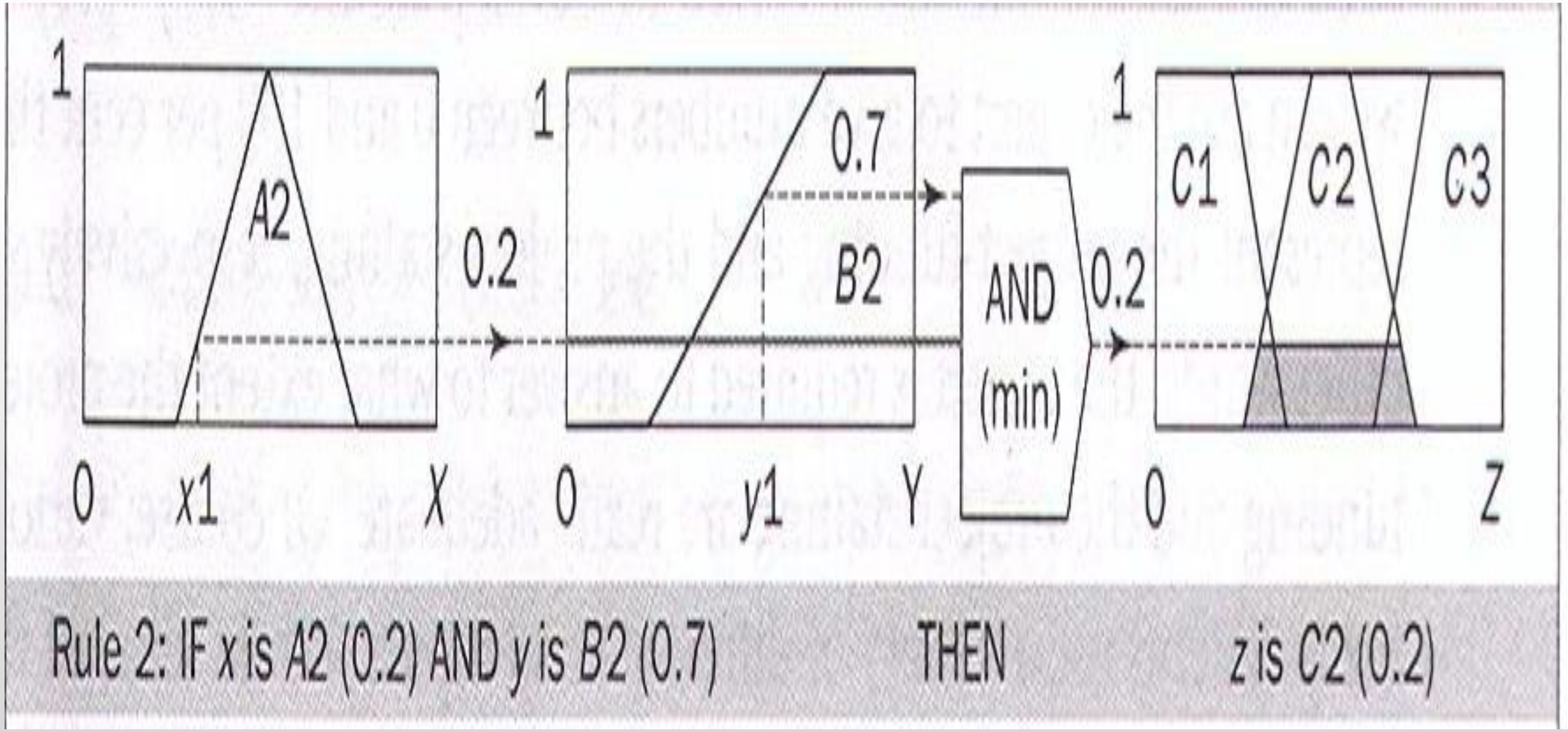
- Kural 1 uygulandığında ortaya çıkan z değeri aşağıdaki şekildedir.



Mamdani çıkarsaması (örnek problem)

Kural incelemesi :

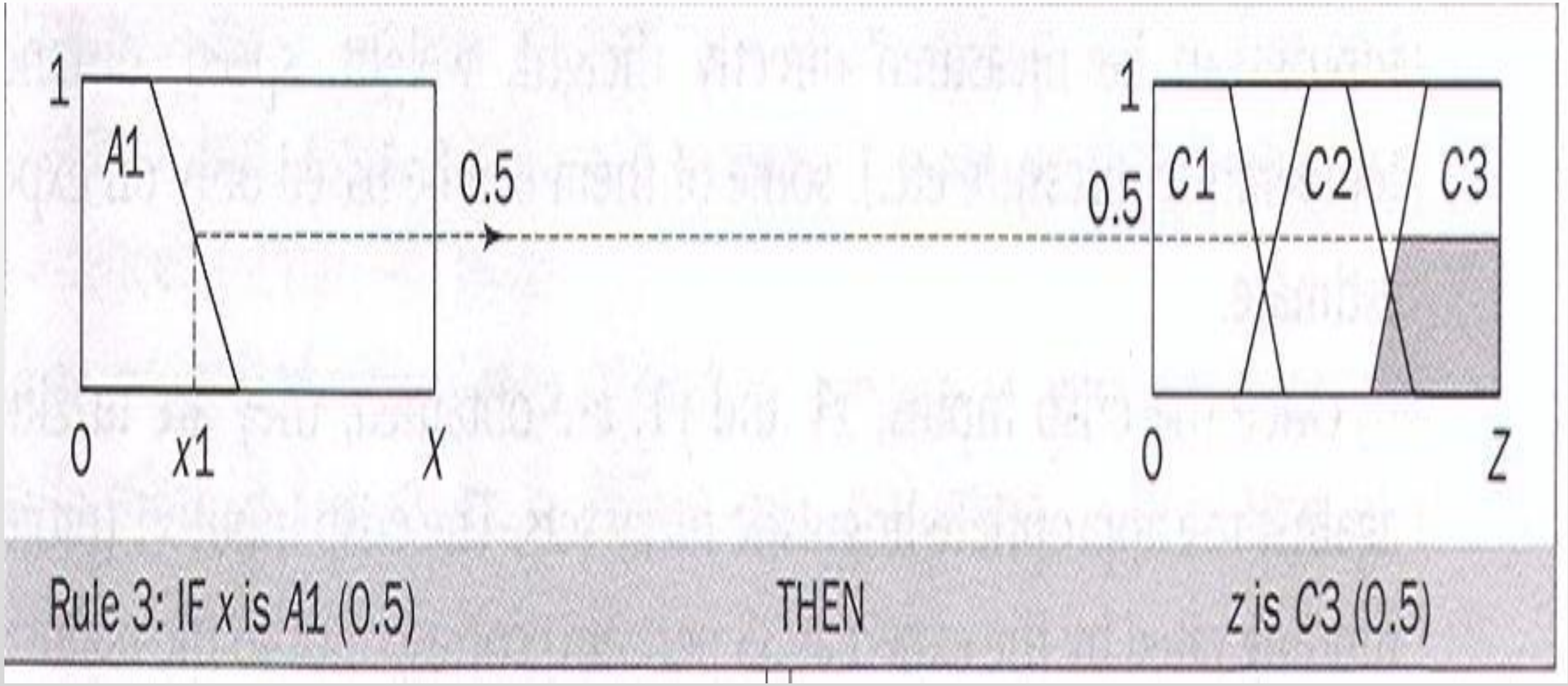
- Kural 2 uygulandığında ortaya çıkan z değeri aşağıdaki şekildedir.



Mamdani çıkarsaması (örnek problem)

Kural incelemesi :

- Kural 3 uygulandığında ortaya çıkan z değeri aşağıdaki şekildedir.



Mamdani çıkarsaması (örnek problem)

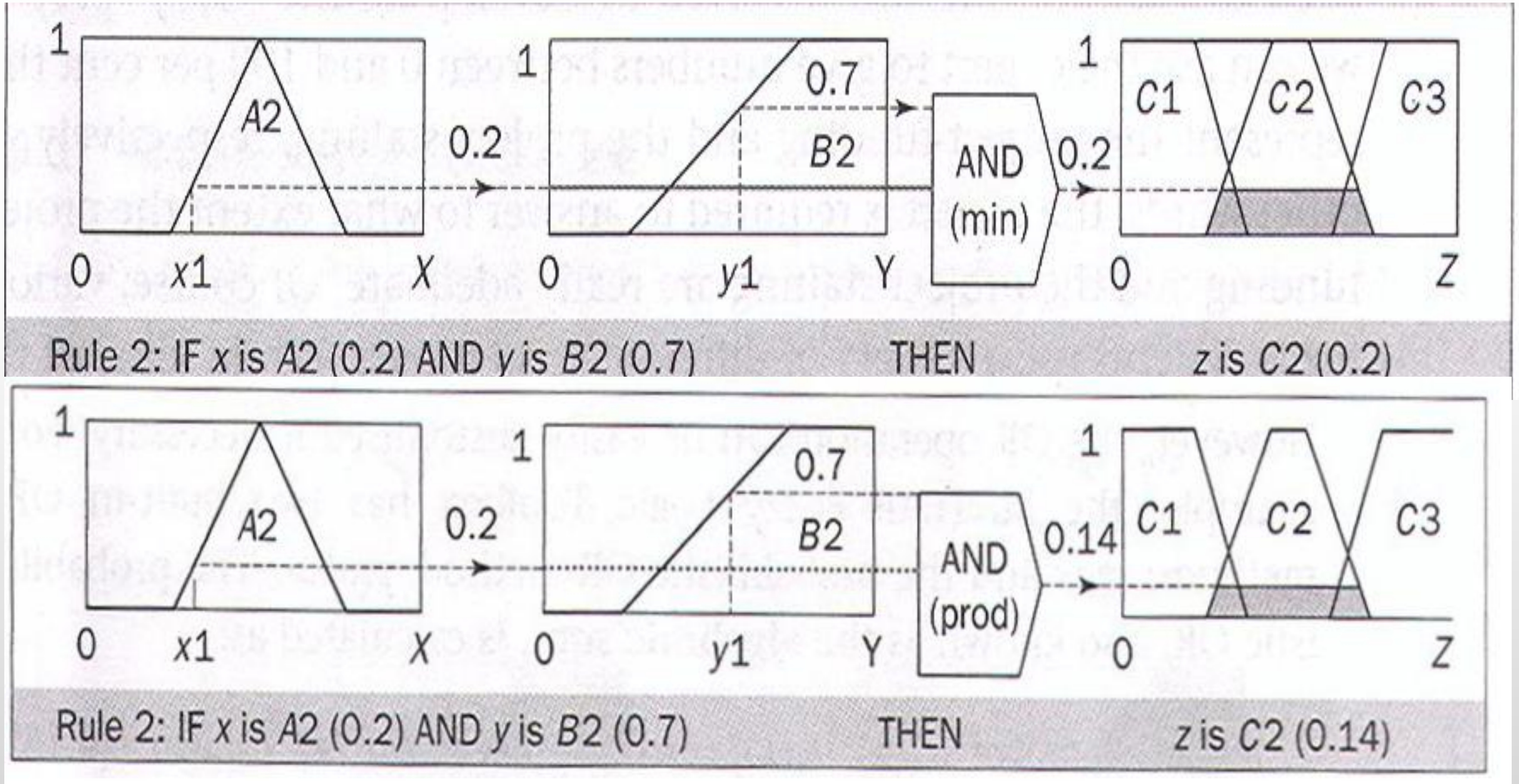
- AND ve OR bulanık kuralları için min ve max'den başka işleçler de kullanılabilir. min yerine prod, max yerine x olasılıksal OR (probOR) gibi

- $\mu_{A \cup B}(x) = \text{probor}[\mu_A(x), \mu_B(x)]$
  $= [\mu_A(x) + \mu_B(x)] - [\mu_A(x) \times \mu_B(x)]$

- $\mu_{A \cap B}(x) = \text{prod}[\mu_A(x), \mu_B(x)]$
  $= \mu_A(x) \times \mu_B(x)$

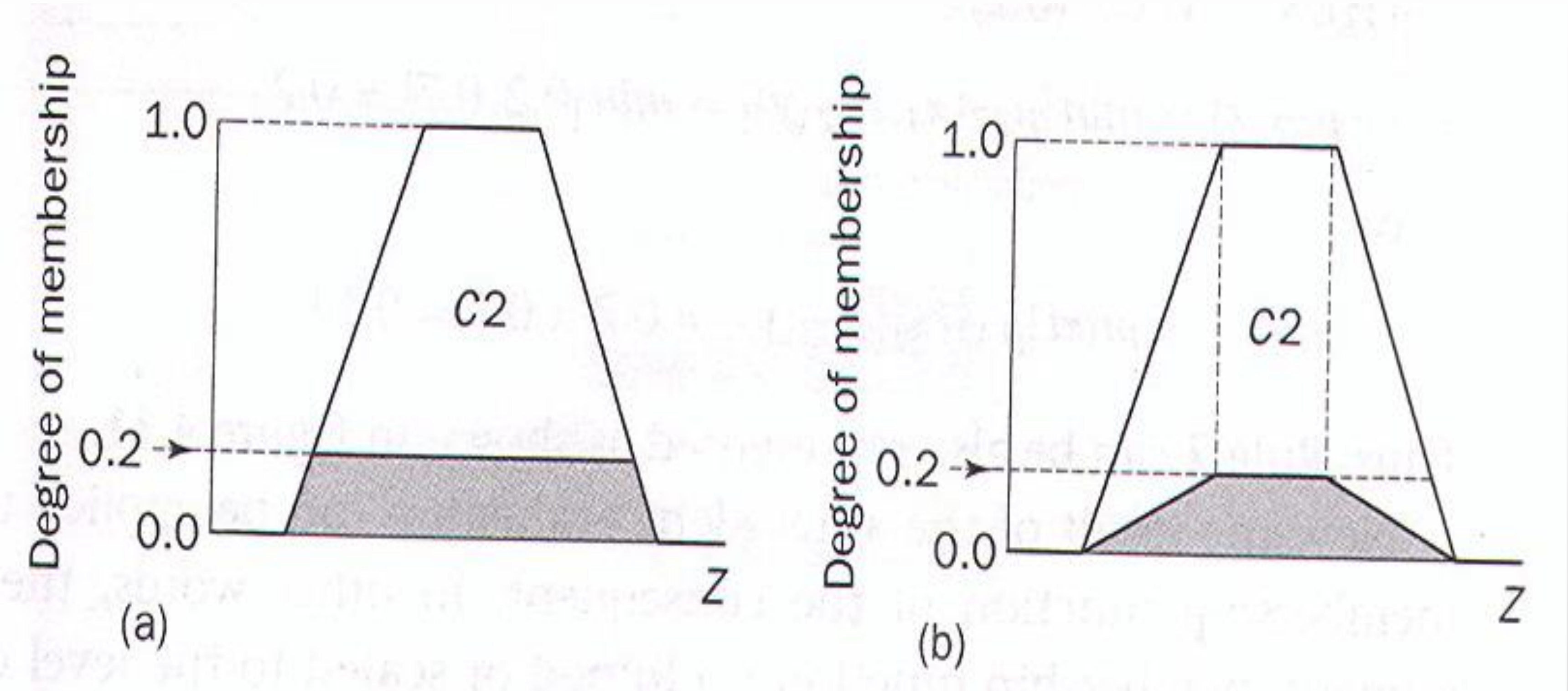
Mamdani çıkarsaması (örnek problem)

Değişik işleçler kullanıldığında sonuçlarda farklılıklar oluşabilir.



Mamdani çıkarsaması (örnek problem)

- Çıkan sonuçlar, sonuç kümesinin kesilmiş (clipped) veya ölçeklenmiş (scaled) hali olarak görünürler.



Kesilmiş Ölçeklenmiş

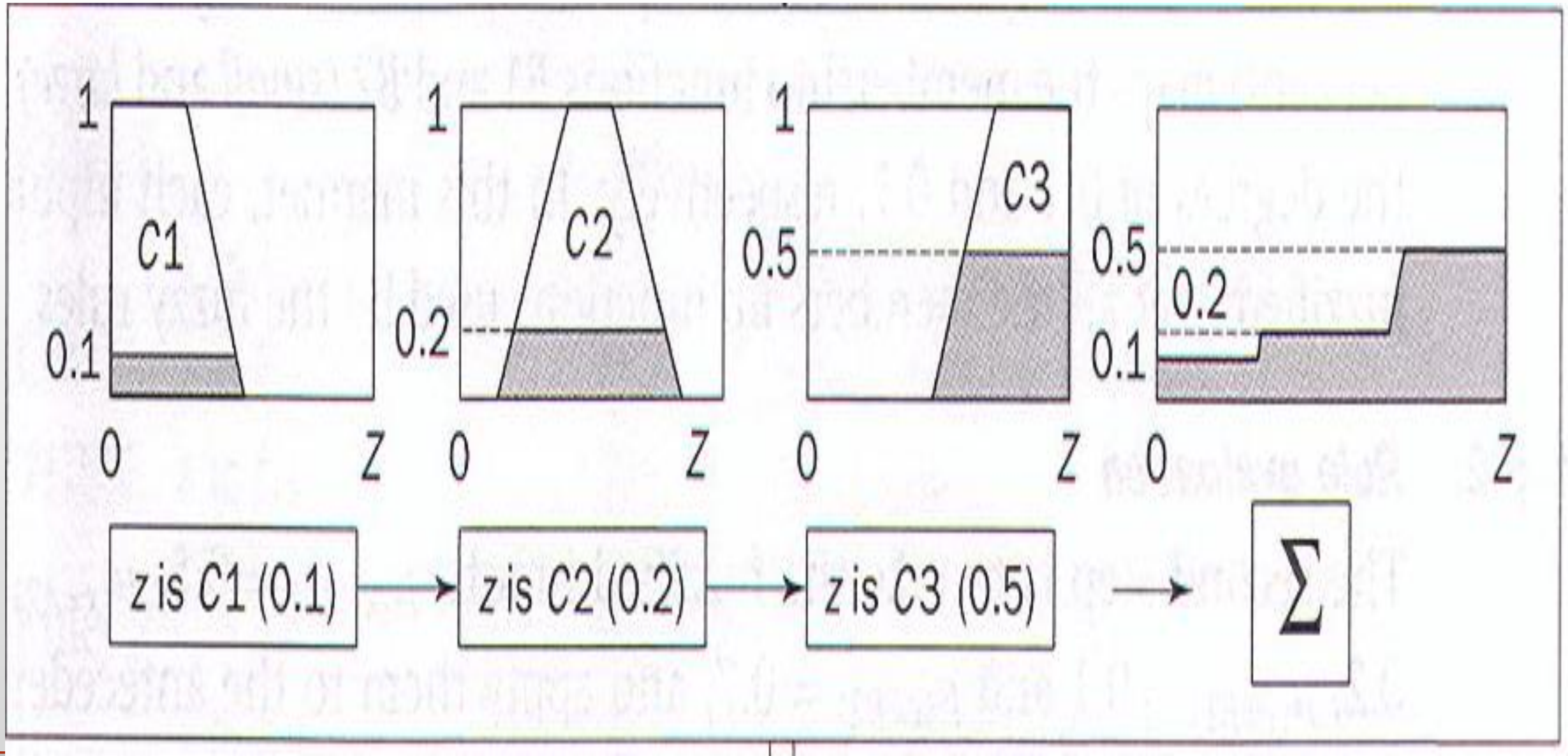
Mamdani çıkarsaması (örnek problem)

- Kesilmiş hali (clipped) orijinal üyelik fonksiyonunu değiştiren bir yapıya sahiptir, bu şekilde uygulandığında bilgi kaybına sebep olur.

- Ölçeklenmiş hali (scaled) çıkan sonucun orijinal üyelik fonksiyonuna uyarlanmış halidir. Buradaki bilgi kaybı daha azdır ve bulanık mantıkta yaygınca kullanılır.

Mamdani çıkarsaması (örnek problem)

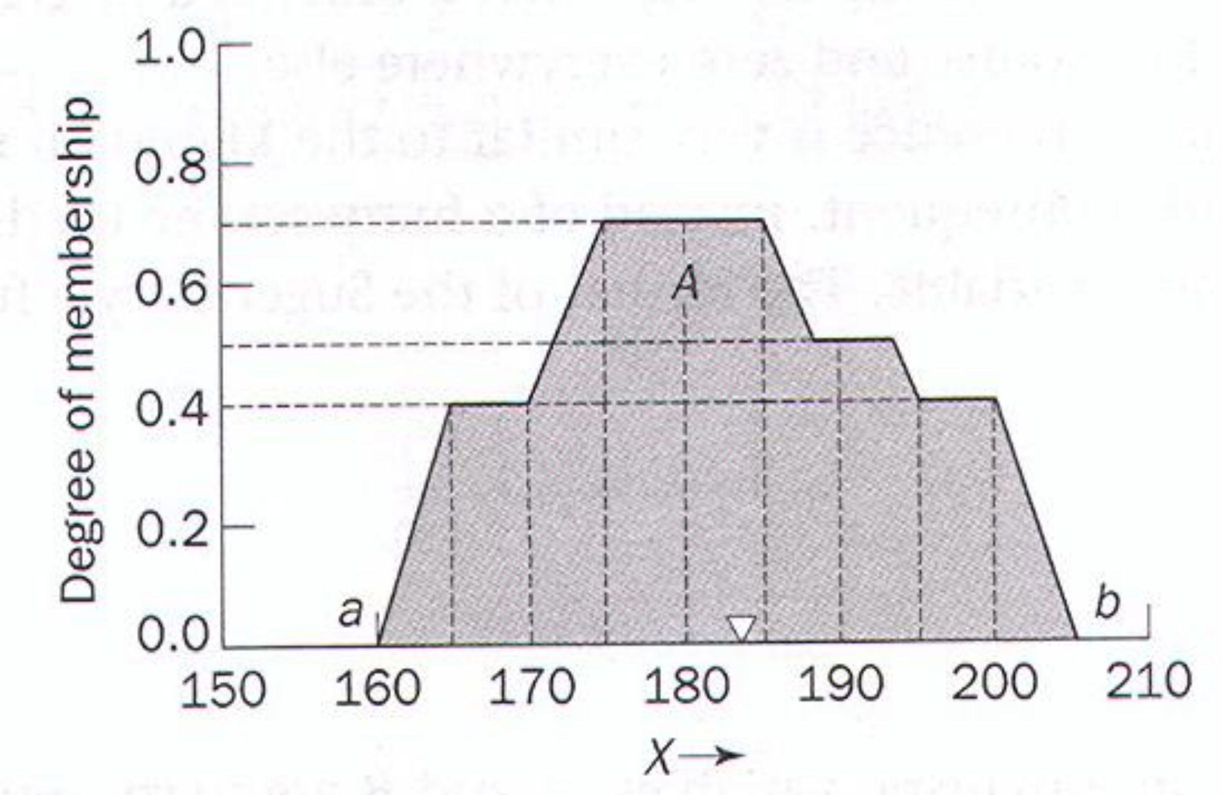
- Kuralların uygulanıp bulanık sonuç elde edilmesi: Bütün kuralların yarattığı sonuçlar birleştirildiğinde ortaya yeni bir üyelik çıkar.



Mamdani çıkarsaması (örnek problem)

Bulanık sonucun sayısal sonuca dönüştürülmesi (defuzzification)

- COG (center of gravity) yaklaşımı kullanılır.

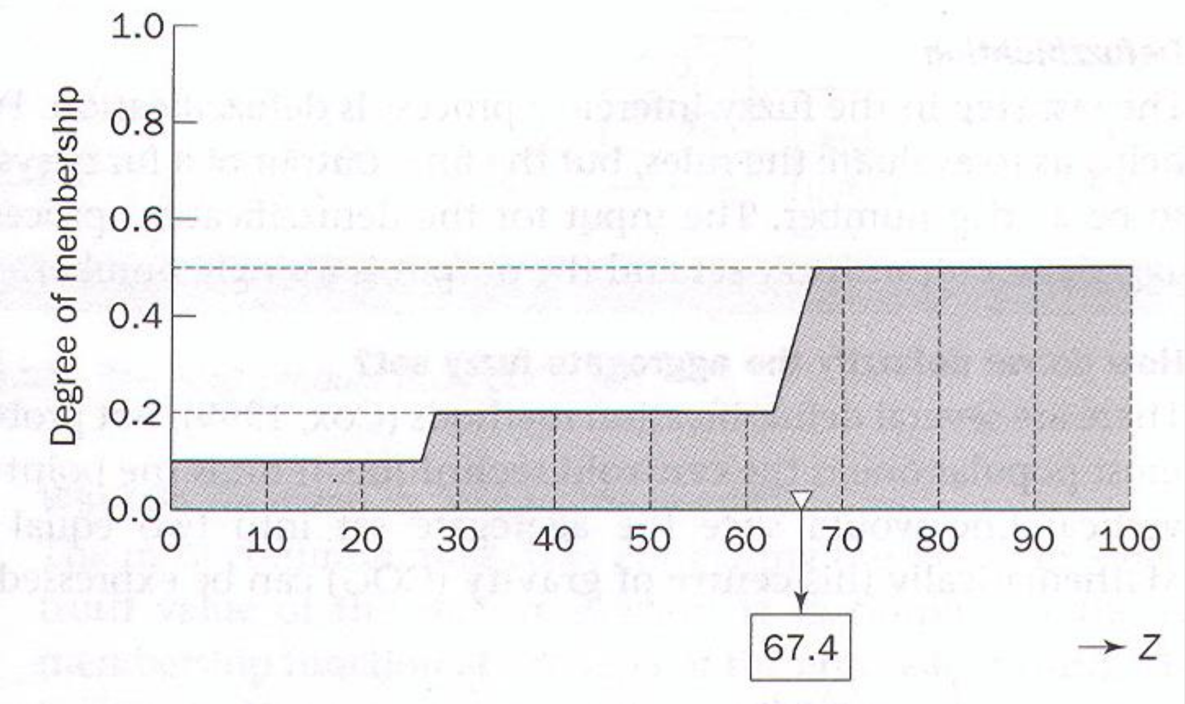


$$COG = \frac{\int_a^b \mu_A(x)x \cdot dx}{\int_a^b \mu_A(x) \cdot dx}$$

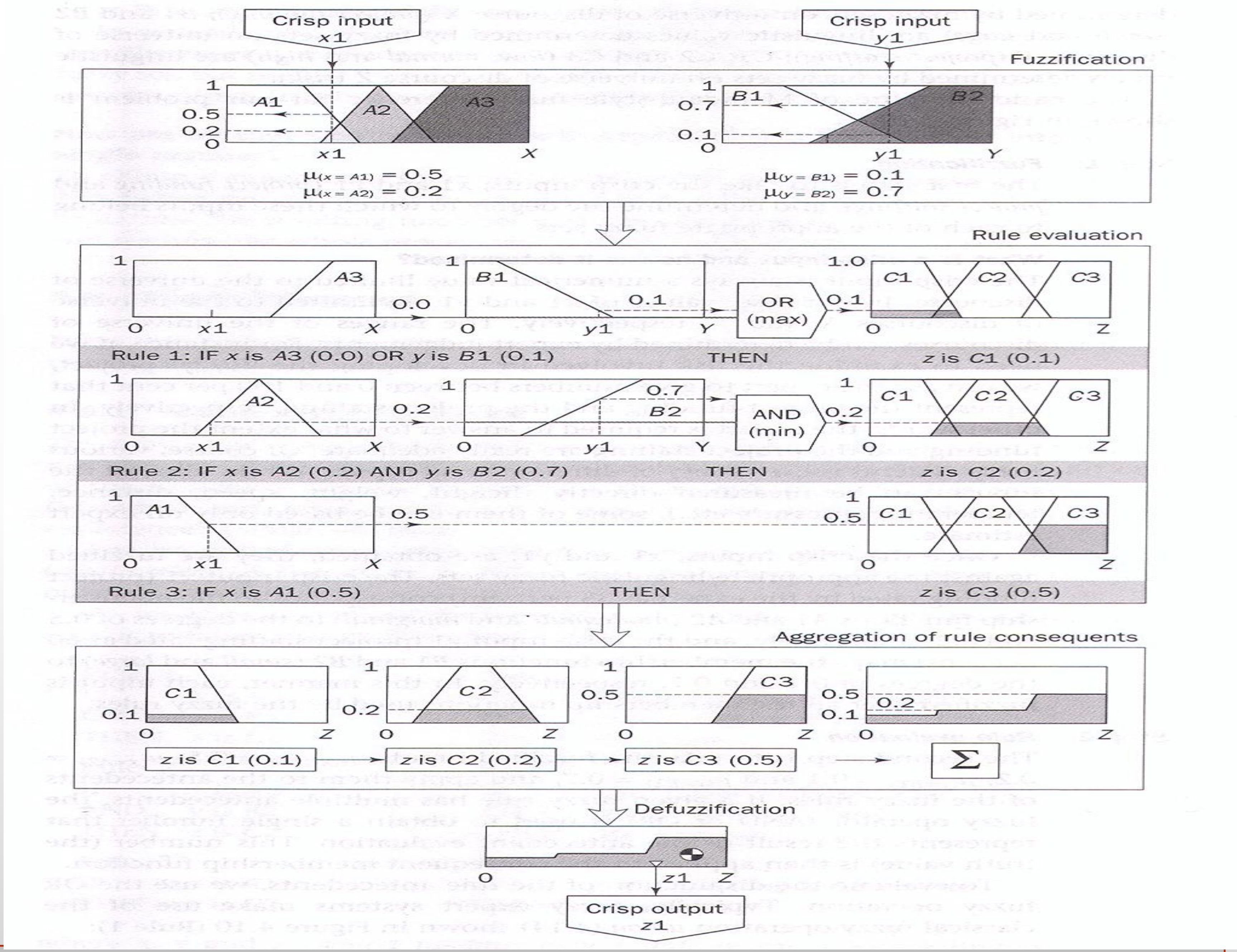
Mamdani çıkarsaması (örnek problem)

- Pratikte integral almak yerine belirli sayıda örnek nokta seçilerek, bu noktaların yarattığı çıktıların toplamı alınabilir.

$$COG = \frac{(0+10+20)\times 0.1 + (30+40+50+60)\times 0.2 + (70+80+90+100)\times 0.5}{0.1+0.1+0.1+0.2+0.2+0.2+0.2+0.5+0.5+0.5+0.5}$$



$= 67.4$



AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

Sugeno çıkarsaması

- Mamdani yaklaşımı ile aynı fakat kuralların sonucunun hesaplanmasında tek bir değer buluyor.
- Her kuralın sonucunu tek bir çizgide gösteriyor.
- Son değeri de bu sonuçların ağırlıklı ortalamasını hesaplayarak buluyor.

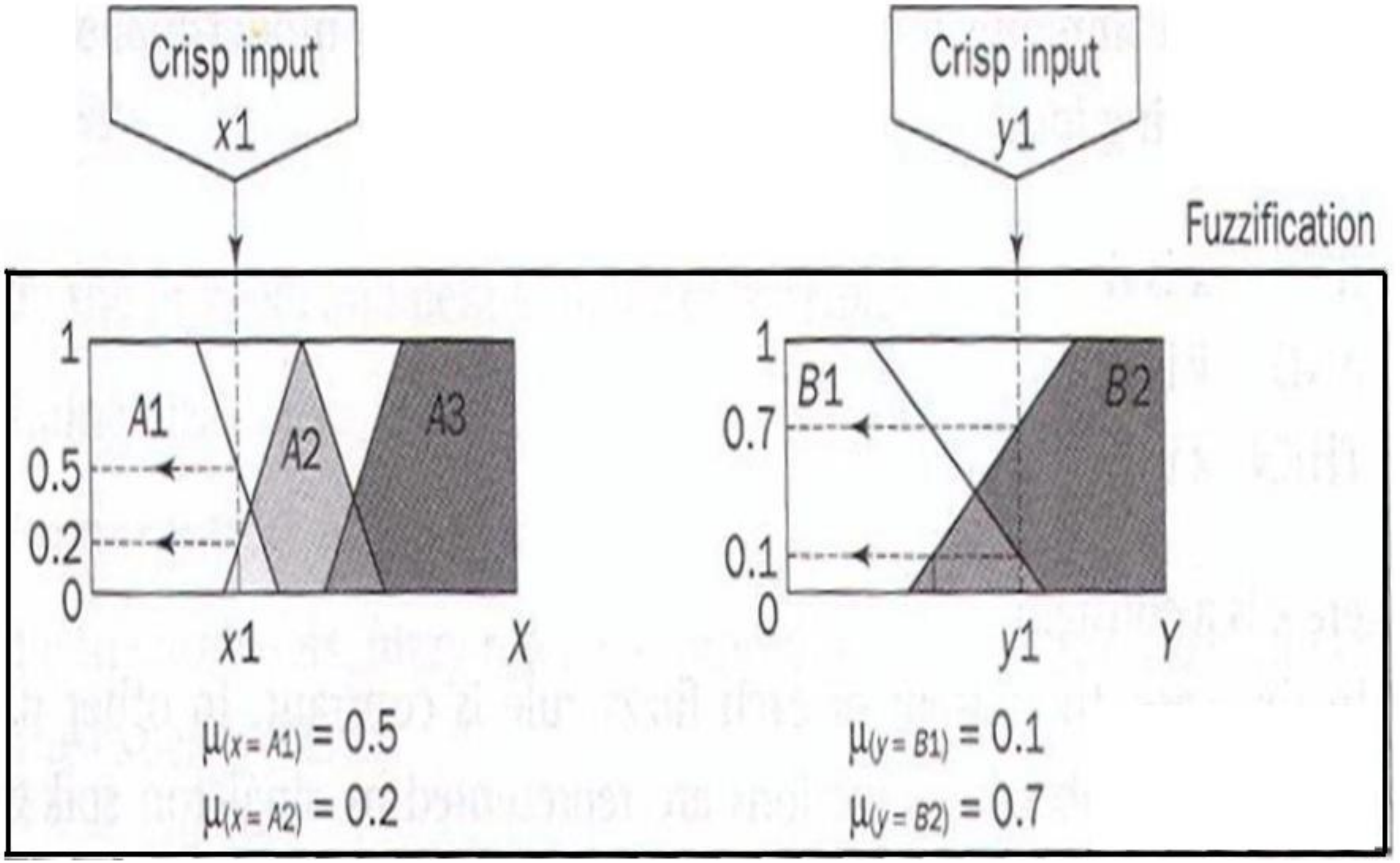
Sugeno çıkarsaması

- Kuralların sonucunda bir üyelik fonksiyonu yerine tek bir değer (singleton) hesaplanır.
- Kural yapısı

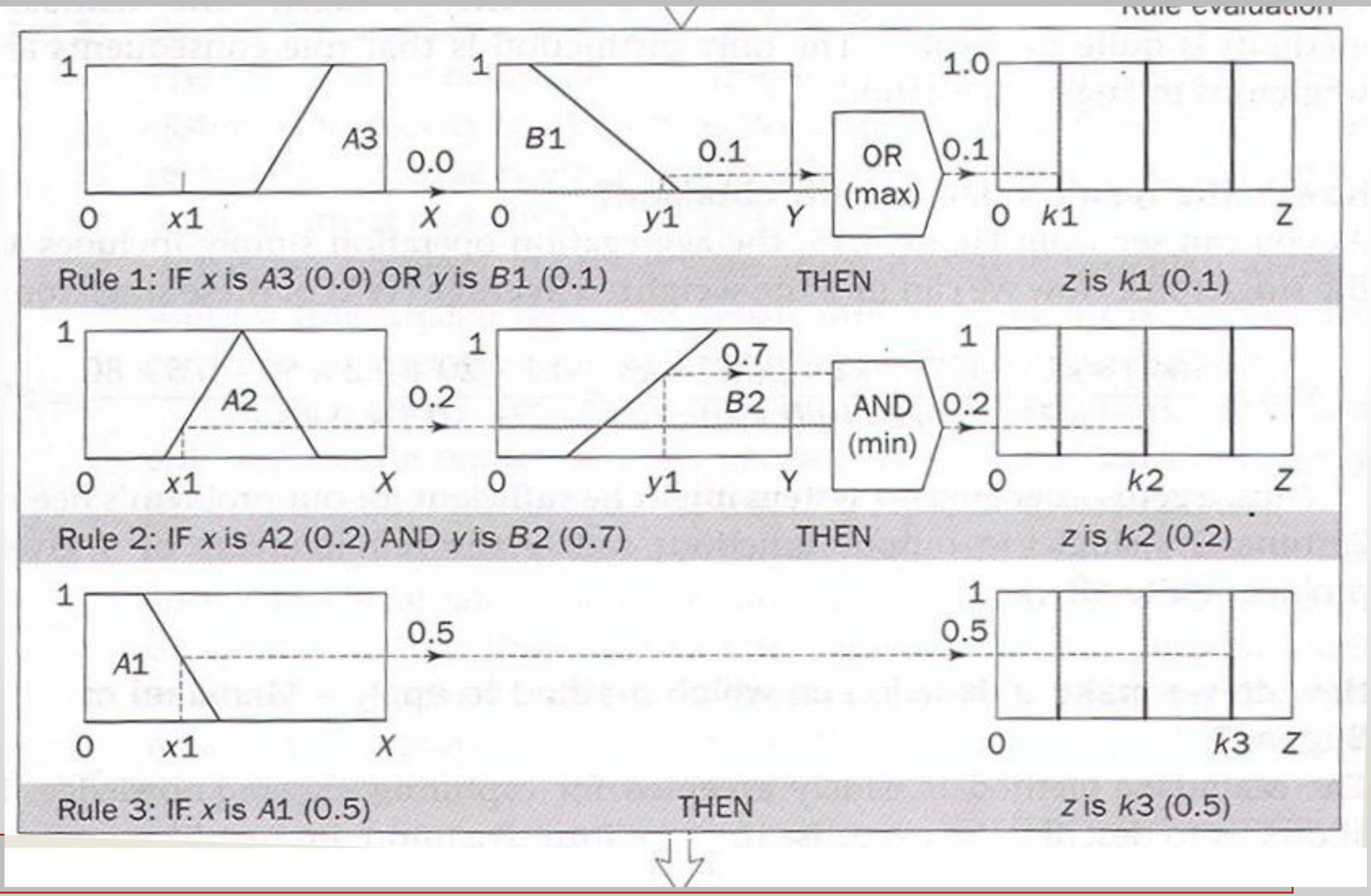
IF	x is A
AND	y is B
THEN	z is f(x,y)

şeklinde oluşturulur.

Sugeno çıkarsaması



Sugeno çıkarsaması



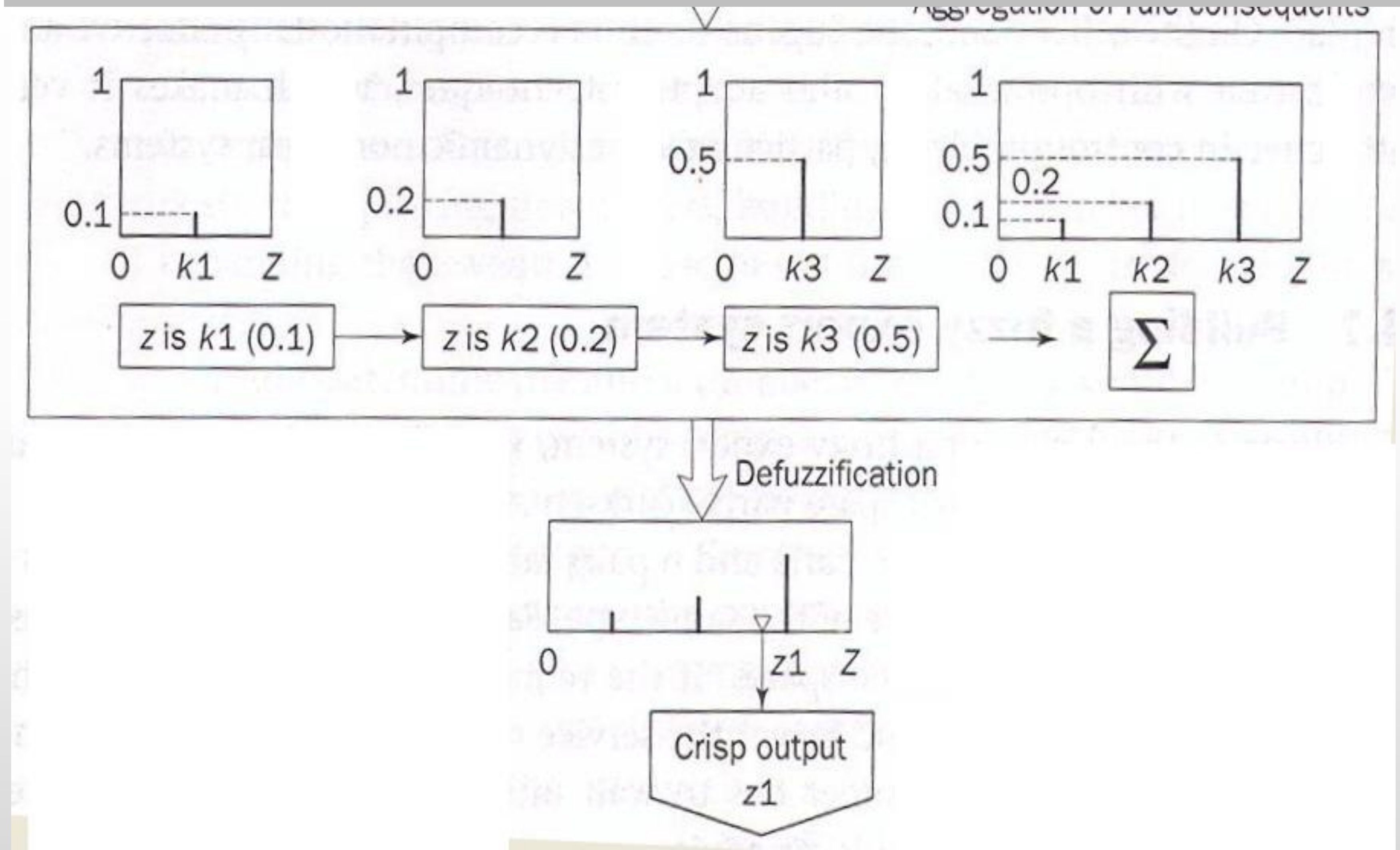
Sugeno çıkarsaması

Burada bileşke sonuç bütün tekil değerlerin ağırlıklı ortalaması (WA) olarak ortaya çıkar.

$$WA = \frac{\mu(k1)\times k1 + \mu(k2)\times k2 + \mu(k3)\times k3}{\mu(k1) + \mu(k2) + \mu(k3)}$$

$$WA = \frac{0.1\times 20 + 0.2\times 50 + 0.5\times 80}{0.1 + 0.2 + 0.5} = 65$$

Sugeno çıkarsaması



AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

Mamdani – Sugeno Karşılaştırması

Mamdani metodu

- Bilgiyi ve kuralları daha iyi yansıtır.
- İnsanın karar verme mekanizmasına benzer.
- Hesaplama zamanı olarak daha karmaşıktır.

Sugeno metodu

- Kolay uygulanır, fakat problemin uygunluğu ve sonuçların doğruluğuna dikkat etmeli
- Hesaplama süresi çok daha az.
- Dinamik kontrol problemleri için çok uygun