



# BULANIK MANTIK ile KONTROL

Ders-1





- Geleneksel yaklaşıma göre, bilim bütün ortaya koyduğu açıklamalarda kesinlik için uğraşmalıydı ve bundan dolayı da belirsizlik bilimsel olmayan bir şey olarak kabul görüyordu.
- Alternatif bakış açısına göre ise, belirsizlik, sadece kaçınılması mümkün olmayan bir durum değil aynı zamanda büyük bir fayda alanı açan ve üzerinde çalışılması gereken önemli bir durum olarak tanımlar.



- İlk olarak 1965 yılında, California Üniversitesi öğretim üyelerinden, aslen Azerbaycan'lı Prof. A. Lotfi Zadeh tarafından kullanılan bulanık mantık, temelde çok değerli mantık (multivalued), olasılık kuramı, yapay zeka ve yapay sinir ağları alanları üzerine oturtulmuş olup, olayların oluşum olasılığından çok olabirliğiyle ilgilenen bir kavramı tanımlamaktadır.



Bulanık mantık 'ın kurucusu, Lutfü Zade, tam adıyla Lutfü Rahim oğlu Askerzade (Bakü 4 Şubat 1921) dir.

Lutfü Zadeh; Azerbaycan asıllı matematik ve bilgisayar biliminde çalışan bulanık mantık teorisinin temelini atan bilim adamıdır. Kaliforniya Üniversitesi, Berkeley'nin Elektrik Mühendisliği ve Bilgisayar Bilimleri fakültesinde profesör olarak görev yapmaktadır. Lutfü Zadeh; İlköğrenimini Tahran'da, liseyi Alburz Koleji'nde tamamladı. Liseyi bitirdikten sonra Tahran Üniversitesi giriş sınavına katılıp, ikinciliği elde ederek Elektrik Mühendisliği Bölümü'nde öğrenime başladı.

Üniversite öğrenimini bitirdikten daha sonra 1942 yılında Amerika Birleşik Devletleri'ne gidip orada Boston'daki Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde Elektrik Mühendisliği yüksek lisans eğitimini, ardından New York'ta Columbia Üniversitesinden 1949 yılında doktora eğitimini tamamladı.



Olasılık ve bulanıklık kavramları arasındaki en önemli fark, bulanıklığın bir deterministik belirsizlik olmasıdır. Bulanık küme teorisinin ortaya atılmasından sonra Zadeh, 1973’de yayınladığı notlarında bulanık küme teorisinin en iyi yaklaşıkla insan karar verme sistemini modelleyebilecek yapıda olduğu fikrini ileri sürmüştür. Geçen zaman içerisinde bulanık kontrolün dayandığı bulanık mantığın, insan düşünme yapısına ve dilsel (linguistic) değişkenlerine klasik mantıktan çok daha yakın olduğu kabul edilmiştir.



Literatürde bulanık mantık için iki şekilde açıklama yapılmaktadır:

- Gerçek dünya çok net ve açık tanımlamalar yapmak için fazlasıyla komplikedir. Bundan dolayı bir yaklaşıklık (bulanıklık) yapmak zorunluluğu vardır.
- Gerçek sistemler için önemli bilgiler iki kaynaktan elde edilir:
- **Birinci kaynak; insan tecrübesi,**
- **İkinci kaynak ise ise sensör ölçümleri ve fiziksel kanunlardan çıkarılan matematiksel modellerdir.** Hedef, bu iki bilgi kaynağını kullanarak sistem dizaynını yapmaktır.



- Bu kombinasyonu oluşturmak için insan tecrübesini ve bilgisini, matematiksel modele ve sensör ölçümlerine göre nasıl formüle edilebileceğini saptamak anahtar problemdir.
- Diğer bir deyişle sorun, insan bilgisinin ve tecrübesinin nasıl formüle edileceğidir.
- Bulanık mantık sistemleri, sayısal verileri ve dil bilgisini aynı anda idare edebiliyor.
- Karmaşık bir sistemin matematiksel tanımını bilmeden kontrol etmeyi kolaylaştıran bir tekniktir.





Bulanık Mantık teorisini ikiye ayırmak gerekir:

Birincisi; Bulanık Kümeler teorisidir. Burada üyelik fonksiyonu, sadece "0" ya da "1" değerini almak yerine "0" ile "1" arasındaki herhangi bir değeri alabilir. Bu ise, klasik iki değerli (crisp) setin çok değerli olmasına sebep oluyor.

Örneğin, uzunluk ölçüsü açısından bir insana 1.70 cm'nin altında ise "kısa boylu", 1.70 cm'nin üstünde ise uzun boylu dersiniz bu klasik mantık oluyor. Ama 1.65 cm de bir dereceye kadar uzun boyludur, 1.67 cm de bir dereceye kadar uzun boyludur, hatta 1.60 cm de bir dereceye kadar uzun boyludur.

Bu şekilde derecelendirirseniz Bulanık Mantığa girmiş olursunuz.



İkincisi ise; 24 saati gece ve gündüz diye ikiye ayırırsınız. Ama bu kat'i yani kesin değildir.

Çünkü akşam karanlığı tam karanlık değildir, sabah aydınlığı tam aydınlık değildir.

Bunlar ışık yoğunluğuna göre derecelendirilebilir. Bu da, bir Bulanık Mantığı tanımlar.



Mantık, bir şeyin "doğru" veya "yanlış" olup olmadığı ile ilgilenir. Tanımlamayla uğraşmaz. Küme teorisi tanımlama yapar.

Klasik teoride her şey ya "doğru"dur ya "yanlış"tır. Evet, hayır mantığıdır.

Bulanık Mantık teorisinde "doğruluğun" dereceleri vardır, "yanlışlığın" dereceleri vardır.

Bu nedenle de mantık, "iki değerli mantık", "**çok değerli mantık**" olarak ortaya çıkıyor.



- Mantık, verilen bir sözün "doğru" veya "yanlış" olduğunu belirtir.
- Mantık insanlar tarafından veya insanların kültürleri tarafından ortaya çıkartılır.
- Mantık kültürden kültüre değişir. Bu nedenle "mutlak doğru" veya "mutlak yanlış" olayları Bulanık mantık teorisi tarafından reddedilir.



Bulanık mantık olasılık yüzdeleri ile aynı şeyi ifade etmemektedir. Olasılıklar bir şeyin olup olamayacağını ölçer. Bulanık mantık ise bir olayın ne dereceye kadar olduğunu, bir koşulun ne dereceye kadar var olduğunu ölçer.

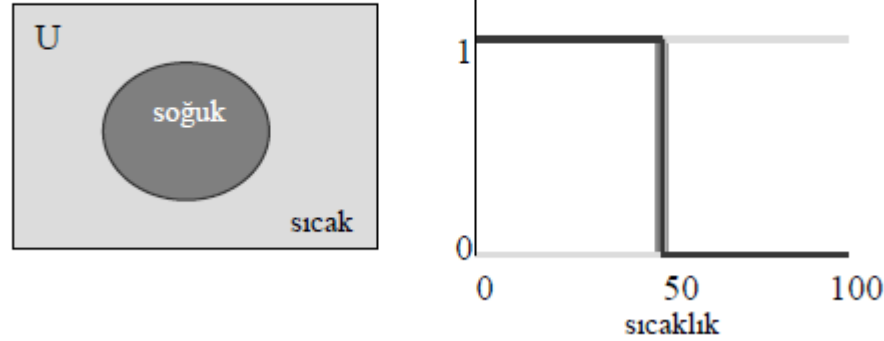
Yüzde 30 olasılıkla hava serin olacak önermesi serin hava olasılığını dile getirir. Fakat sabah hava yüzde 30 serin gibi geliyor önermesi hava bir dereceye kadar serin aynı zamanda da değişen derecelerde ılık ve sıcak demektir.

- Klasik küme kuramında bir nesne o kümenin ya elemanıdır ya da değildir. Hiçbir zaman kısmi üyelik olamaz.
- Nesnenin üyelik değeri 1 ise kümenin elemanı, 0 ise elemanı değildir.
- Başka bir ifade ile klasik kümelerde elemanların üyelikleri yalnızca 0 ve 1 değerlerini alır.

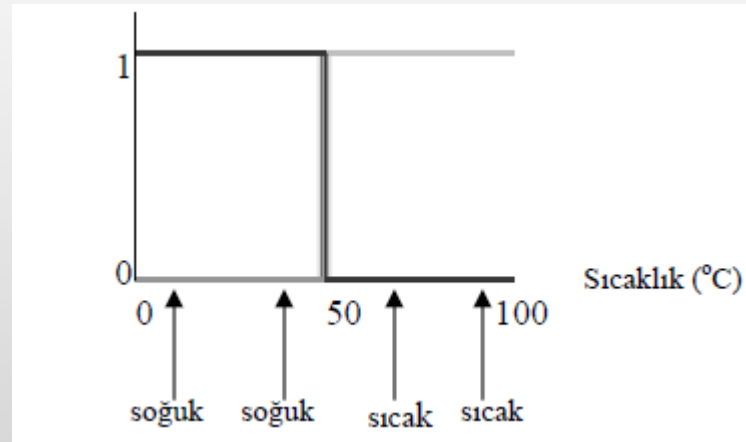


- Bulanık kümelerde ise bir nesne o kümenin belirli bir üyelik derecesinde elemanıdır.
- Örneğin üyelik derecesi 0 ise nesne kümenin elemanı değildir, 1 ise kümenin tam elemanıdır.
- Ara değerlerde ise nesne kümenin kısmen elemanıdır. Kısmi üyeliğin başlaması demekse, aynı zamanda kısmen üye olmama durumunun da başlaması anlamına gelir.

Bir odanın sıcaklığı klasik küme teorisi kullanılarak karakterize edilmiştir. Açıkça görüldüğü üzere klasik teoride 50 derecenin üstündeki sıcaklıklarda havanın sıcak, altında ise havanın soğuk olduğu sonucu çıkmaktadır. Üyelik değeri 1 ya da 0'dır.



Herhangi bir sıcaklık soğuk kümesinin ya üyesidir ya da değildir.

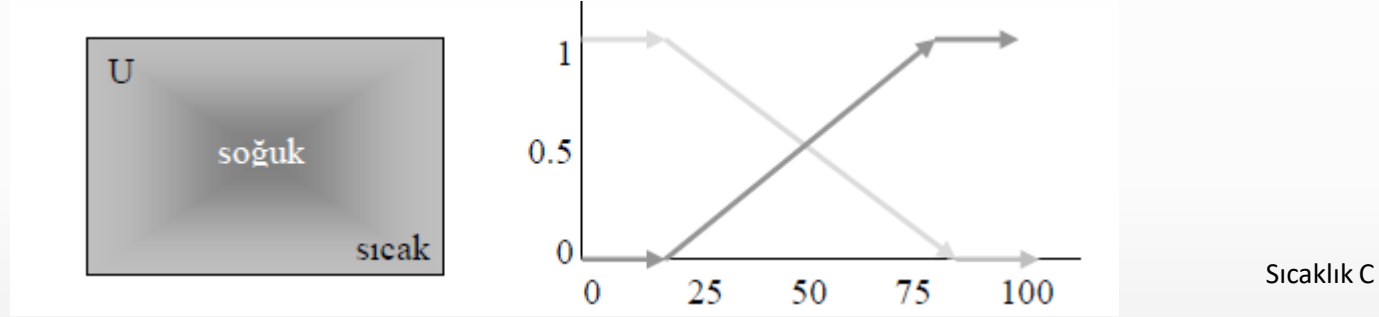




Günlük hayatta ise çok soğuk, soğuk, ılık, çok sıcak gibi kavramlar kullanılmaktadır.

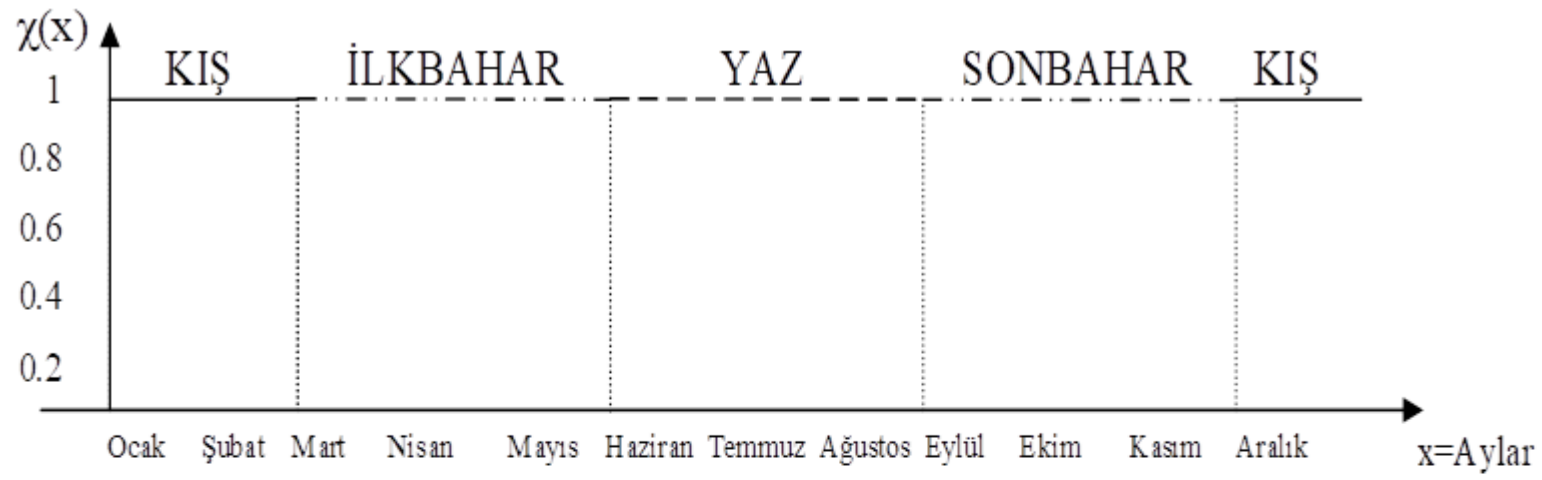
Bu kavramlar arasındaki geçiş klasik mantıktaki gibi bu kadar keskin değildir. Bu doğal olayları bulanık kümelerle daha doğru karakterize etmek mümkün olmaktadır.

Aşağıda aynı bilgi bulanık kümesi ile karakterize edilmiştir.

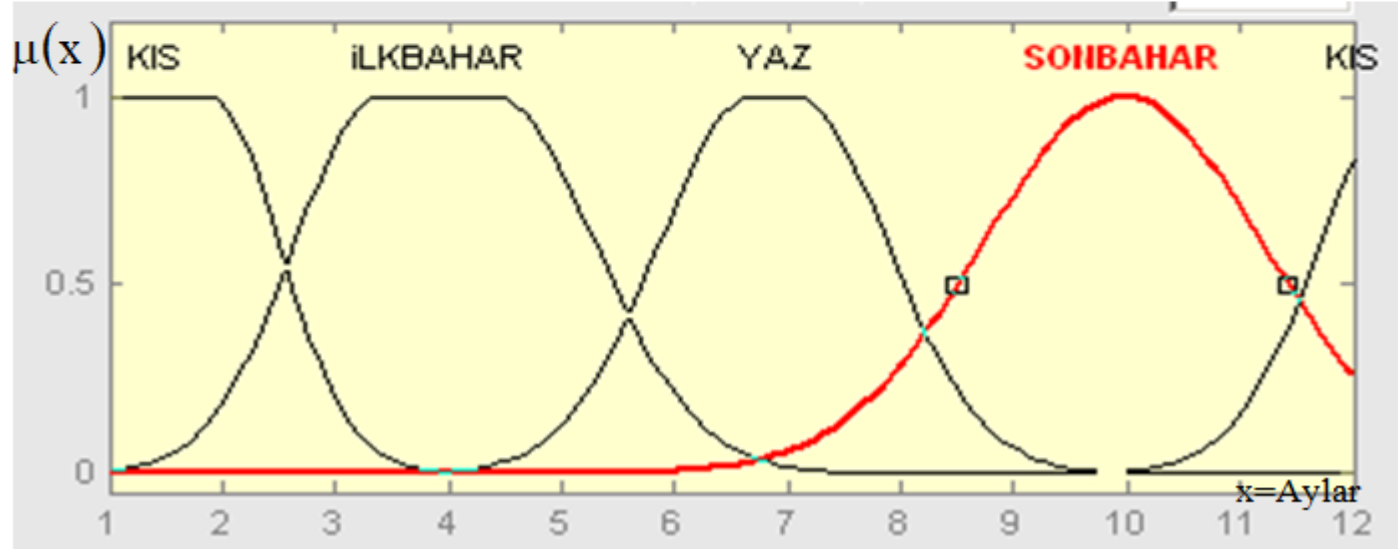


Herhangi bir sıcaklık değeri hem soğuk kümesine hem de sıcak kümesine ait olabilir. Üyelik değeri 1 ile 0 arasındadır.





Aylar ve ait oldukları mevsimlerin klasik küme ile gösterimi



Aylar ve ait oldukları mevsimlerin bulanık küme ile gösterimi

# KLASİK KÜME ve BULANIK KÜME KAVRAMLARI

## Klasik Kümeler ve İşlemleri

Bir F uzayımız olsun. Elemanları:

$$F = \{ X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10} \}$$

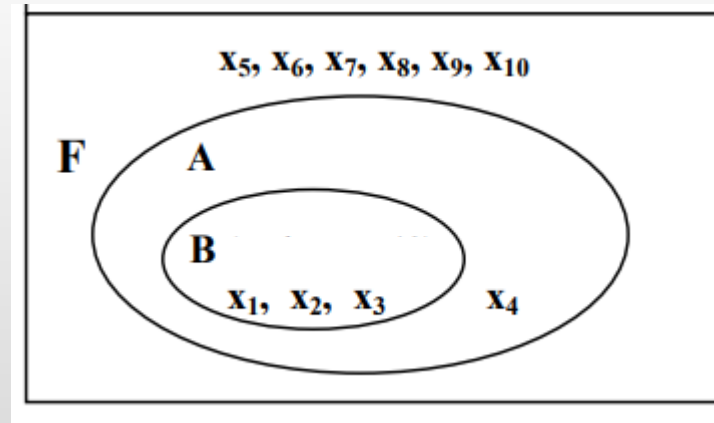
Bu uzayda iki küme oluşturalım.

$$A = \{ X_1, X_2, X_3, X_4 \} \text{ (IT departmanında çalışanlar)}$$

$$B = \{ X_1, X_2, X_3 \} \text{ (Yaşı 38'den küçük olanlar)}$$

Bu durumda A kümesi B kümesini kapsar. Yani B kümesi A kümesinin bir alt kümesidir diyebiliriz.

Bu kümeleri aşağıdaki şekilde gösterebiliriz.



# KLASİK KÜME ve BULANIK KÜME KAVRAMLARI

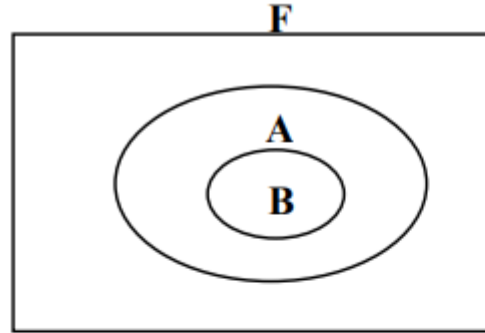
## Klasik Kümeler ve İşlemleri

Yeni bir kavram;

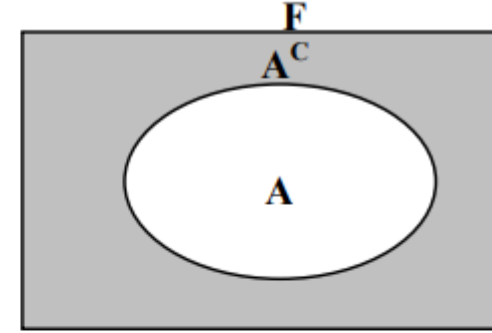
Üyelik Fonksiyonu

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & (x \in A) \\ 0, & (x \notin A) \end{cases}$$

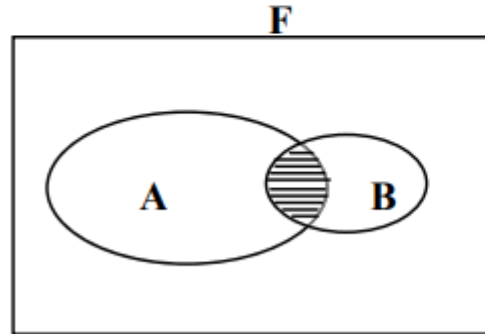
Üyelik değerleri kesindir. Ya 1 değerle üyedir, ya da 0 değerle üye değildir.



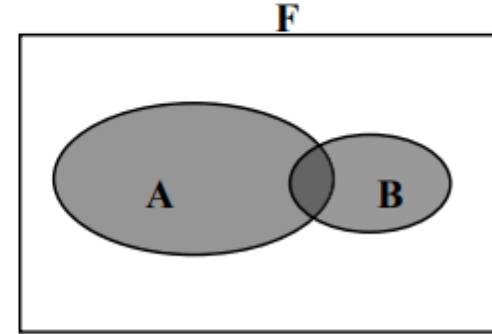
(a)  $B \supset A$



(b)  $A^c$



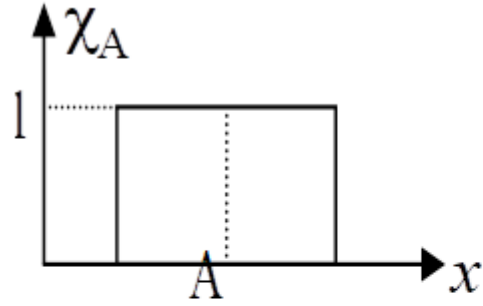
(c)  $A \cap B$



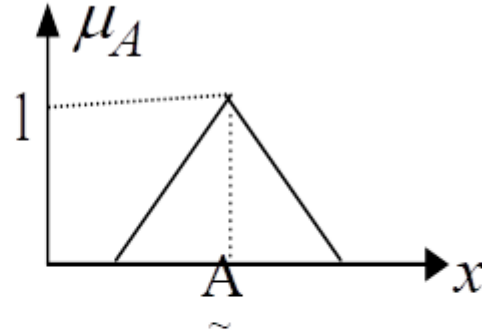
(d)  $A \cup B$

# KLASİK KÜME ve BULANIK KÜME KAVRAMLARI

## Bulanık Kümeler ve İşlemleri



(a)



(b)

Klasik küme (Kesin değerli küme) ve (b) bulanık küme



# KLASİK KÜME ve BULANIK KÜME KAVRAMLARI

## Bulanık Kümeler ve İşlemleri

$$\mu_A(\mathbf{x}) \in [0, 1] \quad (A = (\mathbf{x}, \mu_A(\mathbf{x}) \mid \mathbf{x} \in X))$$

$\mu_A(x)$ :  $x$ 'in  $A$  bulanık kümesine üyelik fonksiyonudur.

Eğer  $x$  ayrık ve sonlu bir değer ise  $A$  bulanık alt kümesi aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$A = \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \dots = \sum_i \frac{\mu_A(x_i)}{x_i}$$

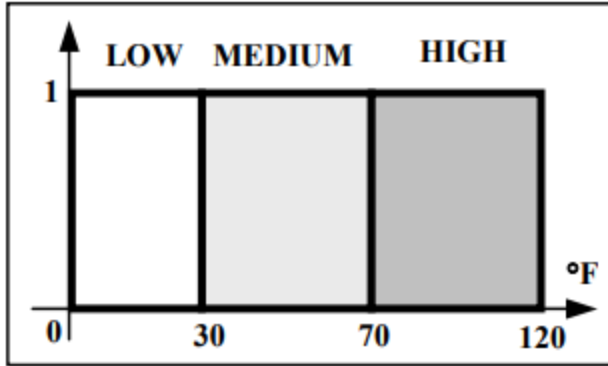
$X$  ayrık değil sürekli ise ifade aşağıdaki gibi olur.

$$A = \int \frac{\mu_A(x)}{x}$$

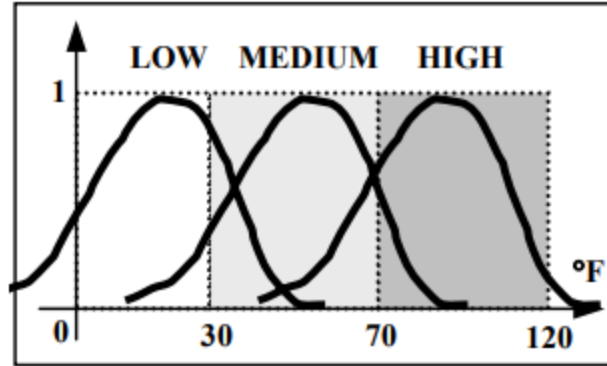
# KLASİK KÜME ve BULANIK KÜME KAVRAMLARI

## Bulanık Kümeler ve İşlemleri

Hava sıcaklıkları örneği üzerinden gidelim:



Klasik küme mantığı



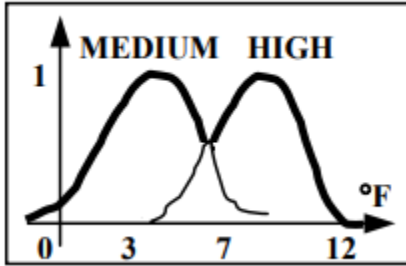
Bulanık küme mantığı

Klasik küme setlerinde kesin değerler vardır. Örneğin 29,999 F sıcaklık düşük iken 30,00001 F sıcaklık orta derecede bir sıcaklıktır.

Bulanık küme setlerinde kesin 1 ve 0 gibi kesin üyelik değerleri yoktur. 0 ile 1 arasında değişen üyelik değerleri vardır. Örneğin 29,999F sıcaklık %95 oranında düşük %25 oranında orta derecedir.

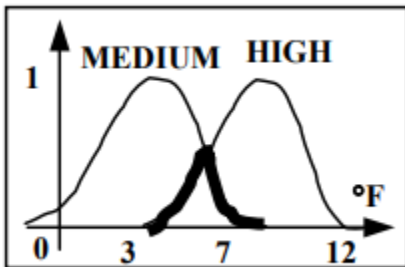
# KLASİK KÜME ve BULANIK KÜME KAVRAMLARI

## Bulanık Kümeler ve İşlemleri



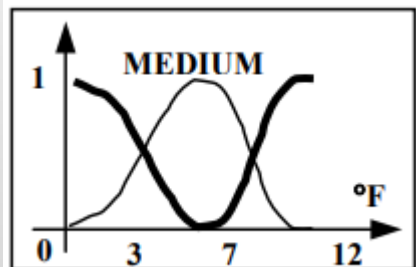
Birleşim Kümesi

$$A \cup B = \mu_A(x) \cup \mu_B(x) = \max ( \mu_A(x), \mu_B(x) )$$



Kesişim Kümesi

$$A \cap B = \mu_A(x) \cap \mu_B(x) = \min ( \mu_A(x), \mu_B(x) )$$



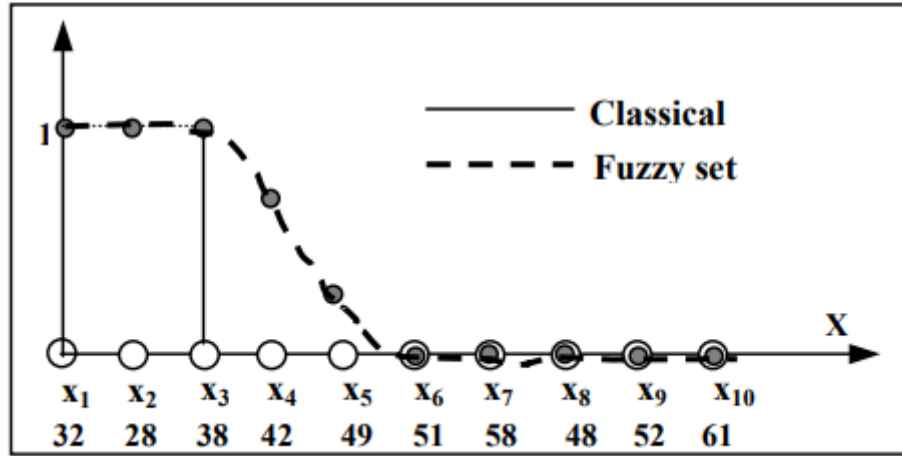
Tümleyeni

$$A^c = F \setminus A$$

# KLASİK KÜME ve BULANIK KÜME KAVRAMLARI

## Klasik Kümeler ve Bulanık Küme İşlemlerinin Karşılaştırılması

$$\mu_B(x) = \frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \frac{1}{x_3} + \frac{0.7}{x_4} + \frac{0.3}{x_5}$$







# BULANIK MANTIK KULLANMA ALANLARI

Bulanık Küme ve Mantıklar bir çok alana tatbik olunmuştur.

Japonlar, ilk başta 70'lerin sonunda ve 80'lerin başında birçok alana uygulamışlardır. Özellikle, bulaşık makinelerine, çamaşır makinelerine, elektrik süpürgelerine, video kameralarına uygulamışlardır.

Daha sonraları bulanık mantığı, helikopterleri kontrol etmek için kullanmışlardır. Profesör Muchiyo Sugeno uzaktan kumandayla pilotsuz bir helikopterin Bulanık Mantık ile nasıl kontrol edildiğinin modelini çıkarmıştır. ve bu pilotsuz helikopter Hiroşima depreminde kullanılmıştır. 1 mil mesafeye kadar uzaktan kontrol ile deprem bölgesine gitmiş ve bölgenin resimlerini çekip geri gelmiştir. Bu çalışmanın üzerine Yamaha şirketi bu çalışmanın lisansını almıştır.

Bunun yanında Bulanık Mantık çalışmalarında ünlü, İran asıllı Amerikalı bilim adamı Hamid Berenji'den, Land Rover'ların insansız olarak kullanılmasında uygulanmaya çalışılmıştır.



# BULANIK MANTIK KULLANMA ALANLARI

Canon firmasının çalışması sonucu elde edilen sonuca göre; Kameranın bulanık kontrol sistemi, CCD tarafından sağlanan netlik verilerini elde etmek için 6, lens hareketinin değişim oranını ölçmek için 6 olmak üzere 12 giriş kullanıyor.

Çıkış objektifin pozisyonudur. Bulanık kontrol sistemi 13 kural kullanır ve 1,1 kilobayt bellek gerektirir.

Bulaşık makinesinde bulanık mantık kontrolü neredeyse standart bir özellik haline geliyor bulanık kontrol cihazlarını yük ağırlığı, deterjan karışımı ve kir sensörlerine bağlar ve yıkama devresini otomatik olarak en iyi güç, su ve deterjan kullanımı için ayarlar.



# BULANIK MANTIK KULLANMA ALANLARI

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 (EĞER-THEN) türünden işlem kuralları, uzman sistemlerde kullanılan yöntemle benzer olarak, sembolik yoldan formüle edilebilir.

Bulanık mantık sistemi bir bakıma var olan bilgiden kurallara dayanarak, yeni bilgiler elde edebilme yoludur.



# Otomatik Kontrol Yöntemleri

- Herhangi bir kontrol sisteminin amacı, verilen bir dizi girdi seti için amaçlanan çıktıları üretmektir. Örnek:
- Bir araba motoru denetleyicisi, yakıt akışı ve ateşleme zamanlamasını düzenlemek için motor konumu, manifold basıncı ve silindir sıcaklığı gibi değişkenlere tepki verir.
- En basit haliyle, bir denetleyici, her girdi veya girdi kombinasyonu için hangi çıktı üretebileceğini gösteren bir arama tablosundan ipuçları alır



# Otomatik Kontrol Yöntemleri

Otomatik kontrol döngüsünde kontrol edici blok yerine yerleştirilecek herhangi bir kontrol cihazı set değeri etrafında çalışması gereken hassasiyette sistemi kontrol etmelidir. Prosesin gerektirdiği hassasiyetle çalışacak, hatayı gereken oranda minimuma indirecek çeşitli kontrol formları vardır.

Bunlar;

Açık-kapalı (on-off) kontrol

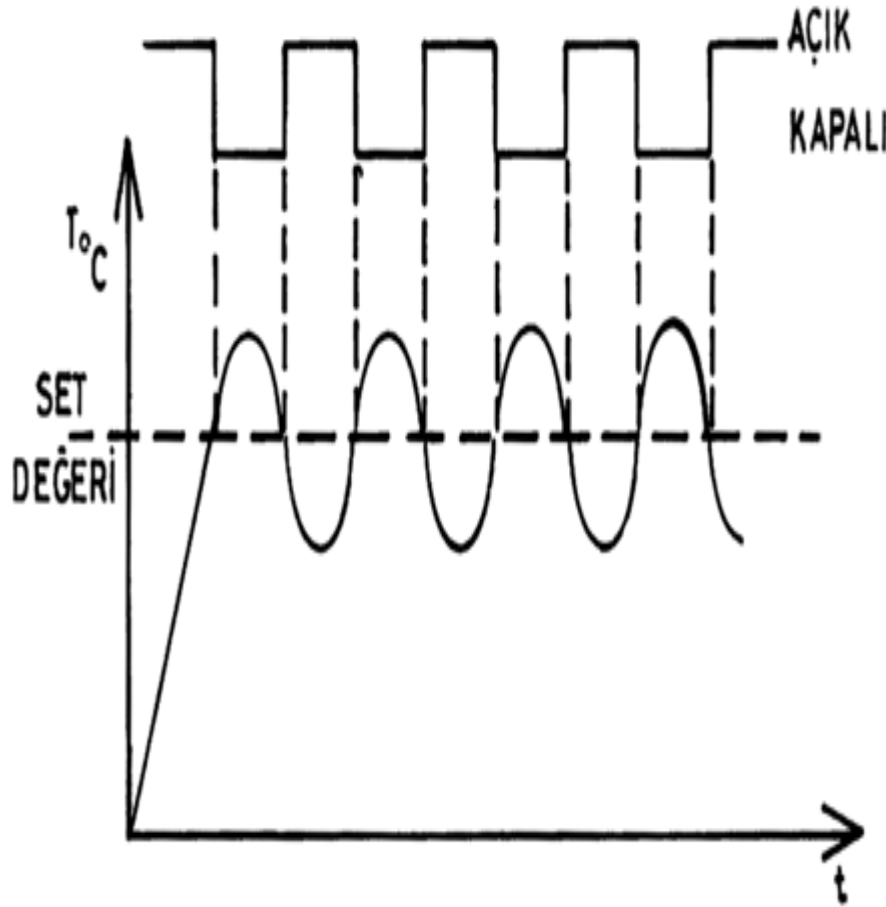
Oransal kontrol (P)

Oransal + Integral kontrol (P+I)

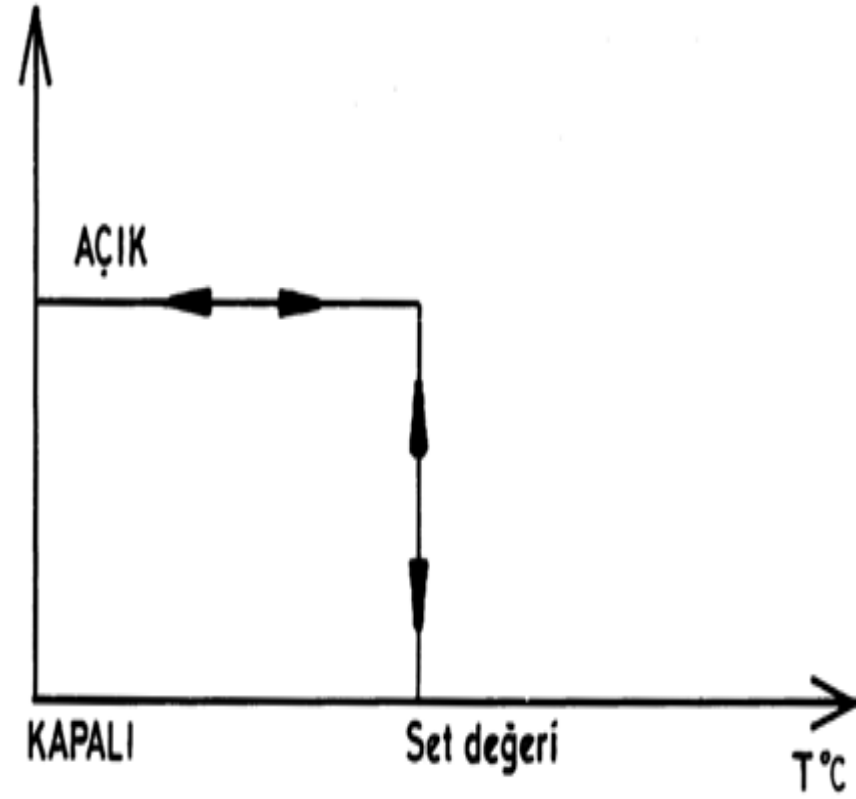
Oransal + Türevsel kontrol (P+D)

Oransal + Integral + Türevsel kontrol (P+I+D)

# Açık-kapalı (On-Off) Kontrol

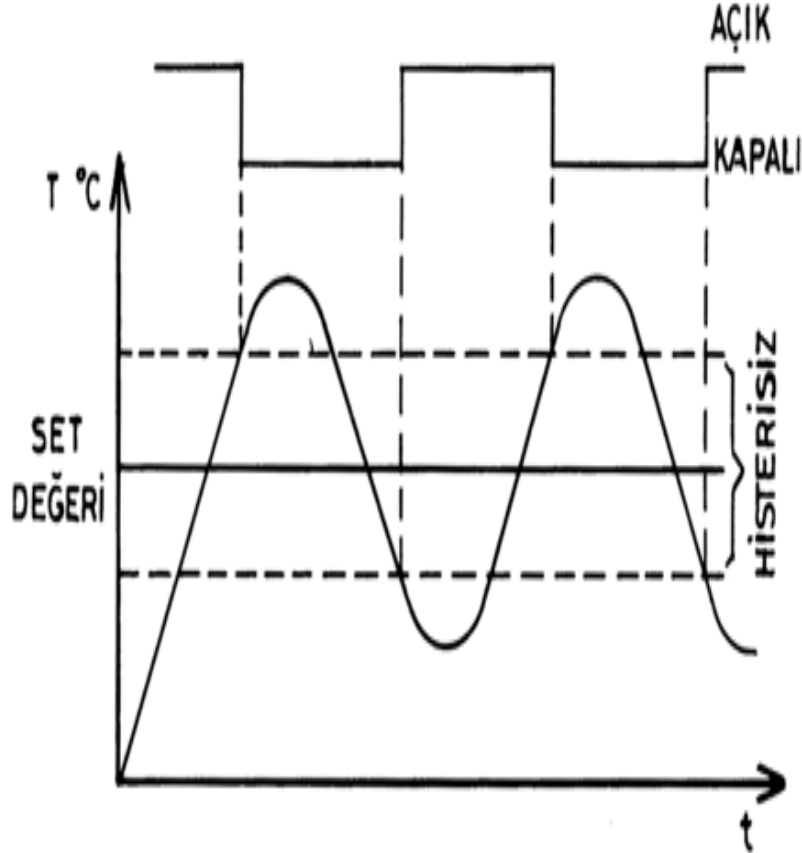


Açık-kapalı kontrol (ideal)

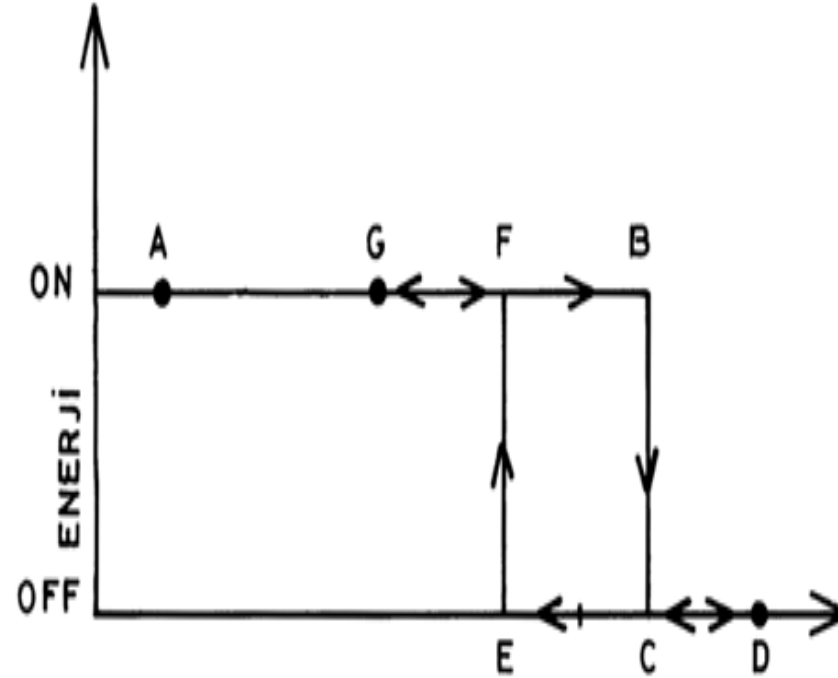


ideal açık-kapalı kontrol transfer eğrisi

# Açık-kapalı (On-Off) Kontrol (Histerisizli)

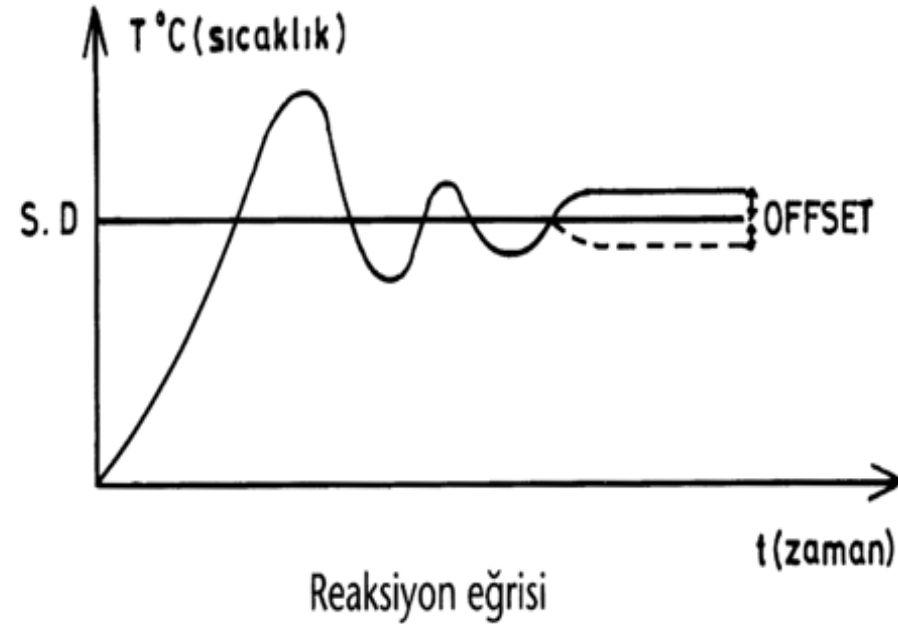
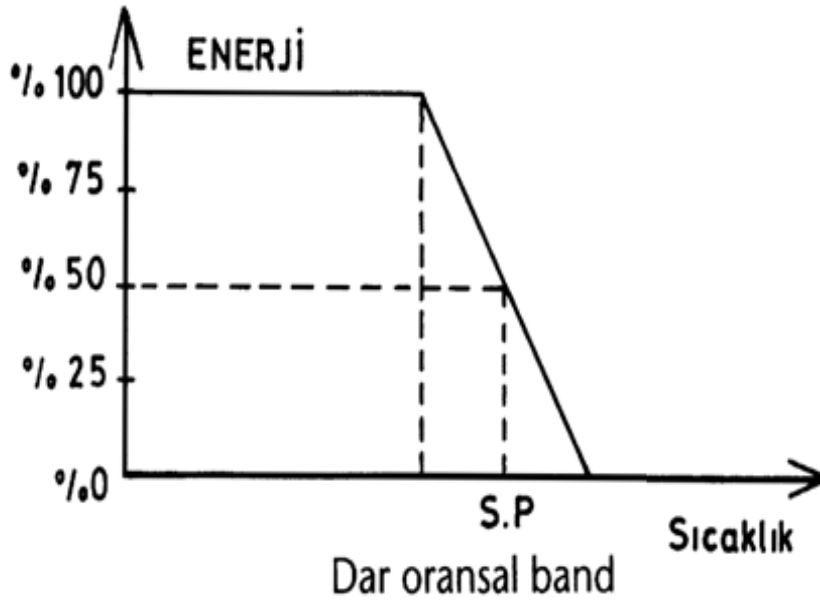
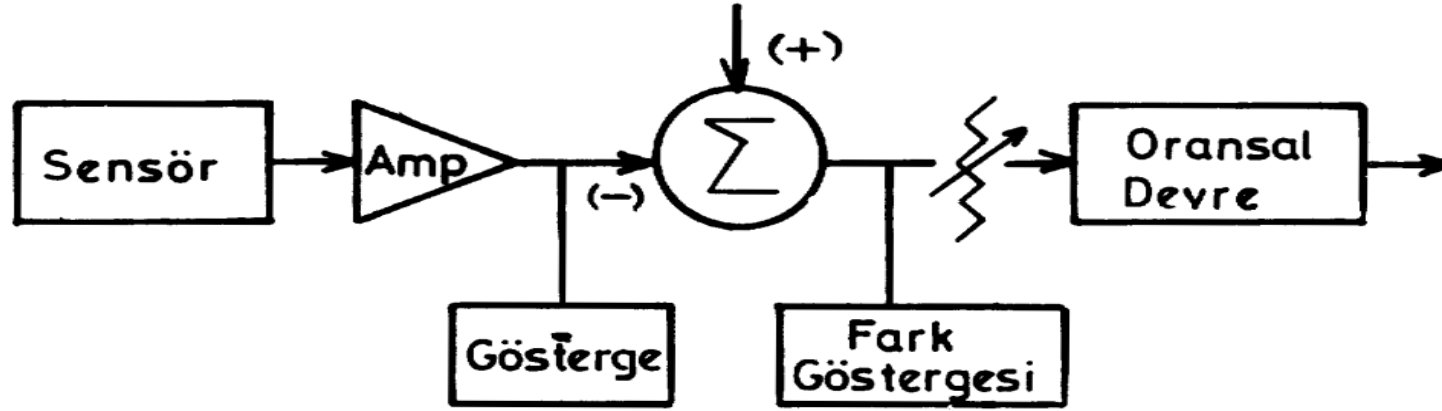


Histerisizli açık-kapalı kontrol eğrisi



Histerisizli açık-kapalı kontrol transfer eğrisi

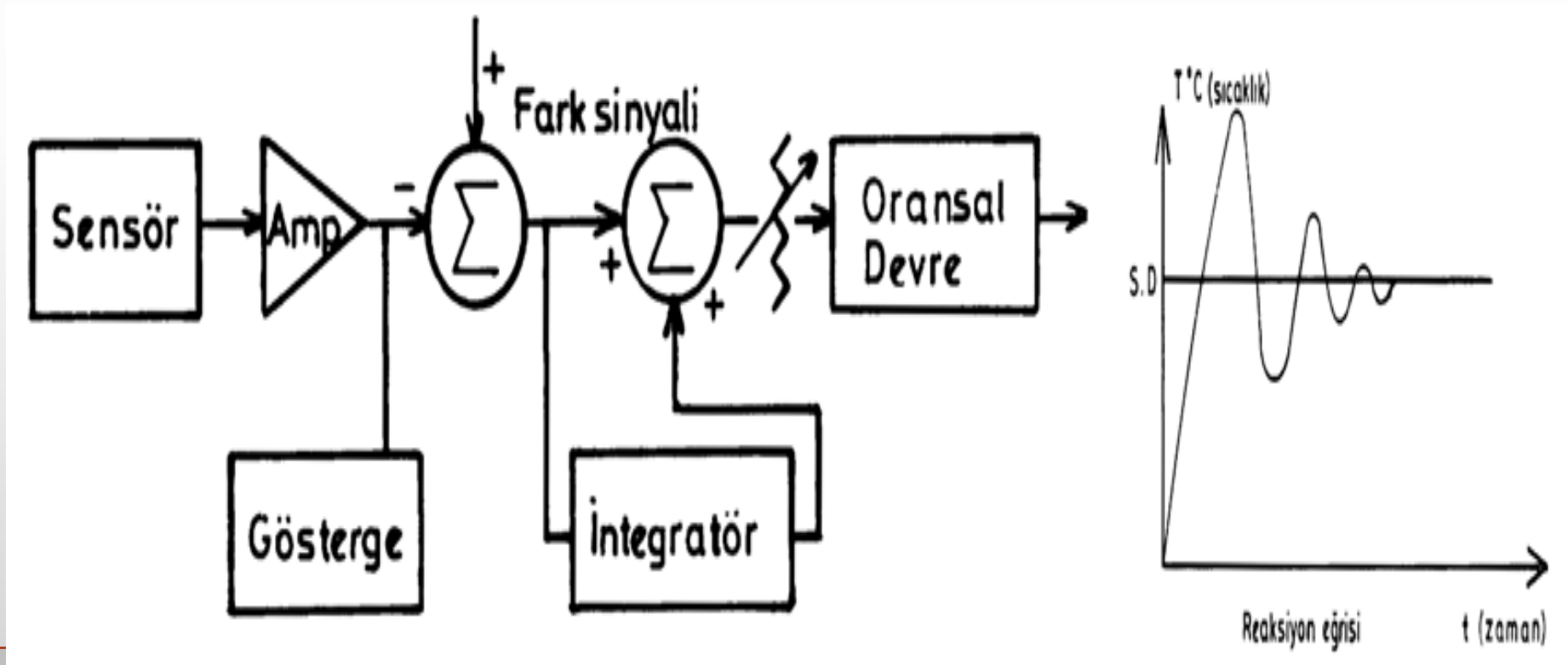
# Oransal kontrol (P)





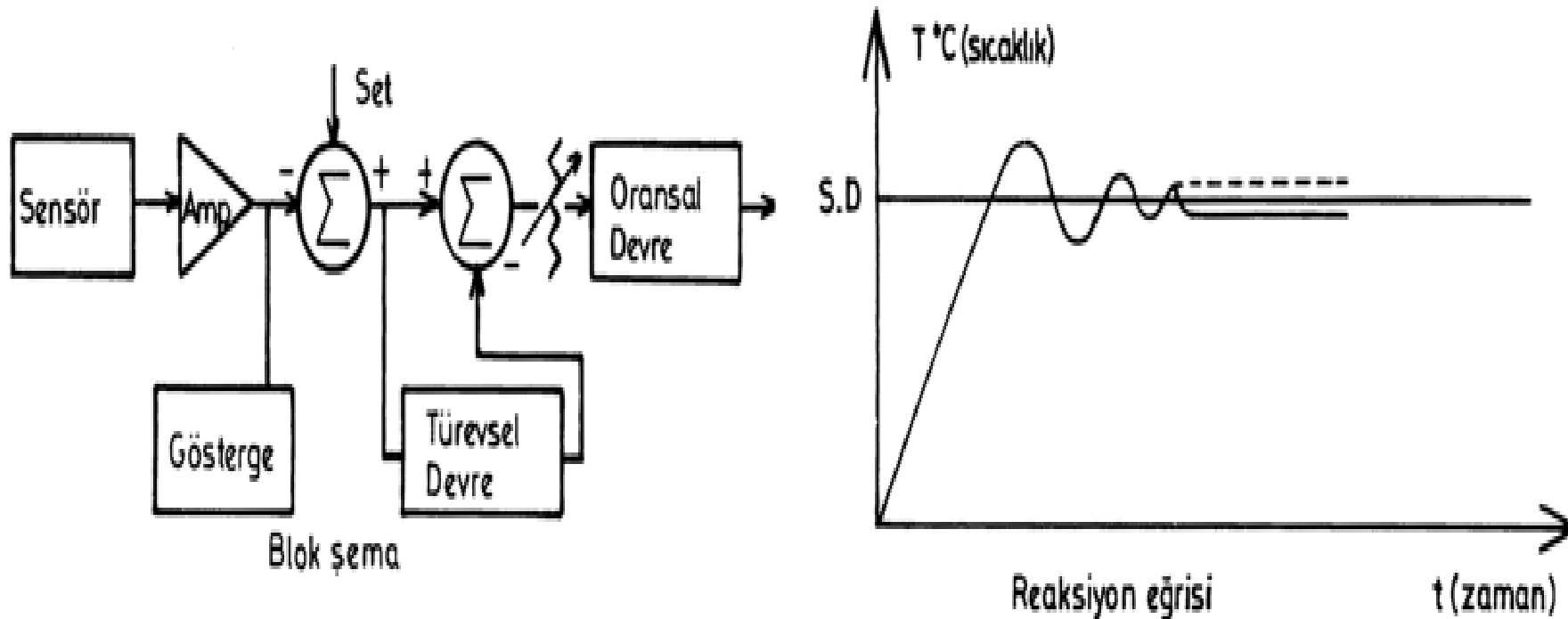
# Oransal + Integral kontrol (P+I)

Oransal+integral kontrolün en belirgin özelliği sistemin sıcaklığı ilk başlatmada set değerini geçer, önemli bir miktar yükselme yapar (overshoot). Set değeri etrafında bir-iki salınım yaptıktan sonra set değerine oturur.



# Oransal + Türevsel kontrol (P+D)

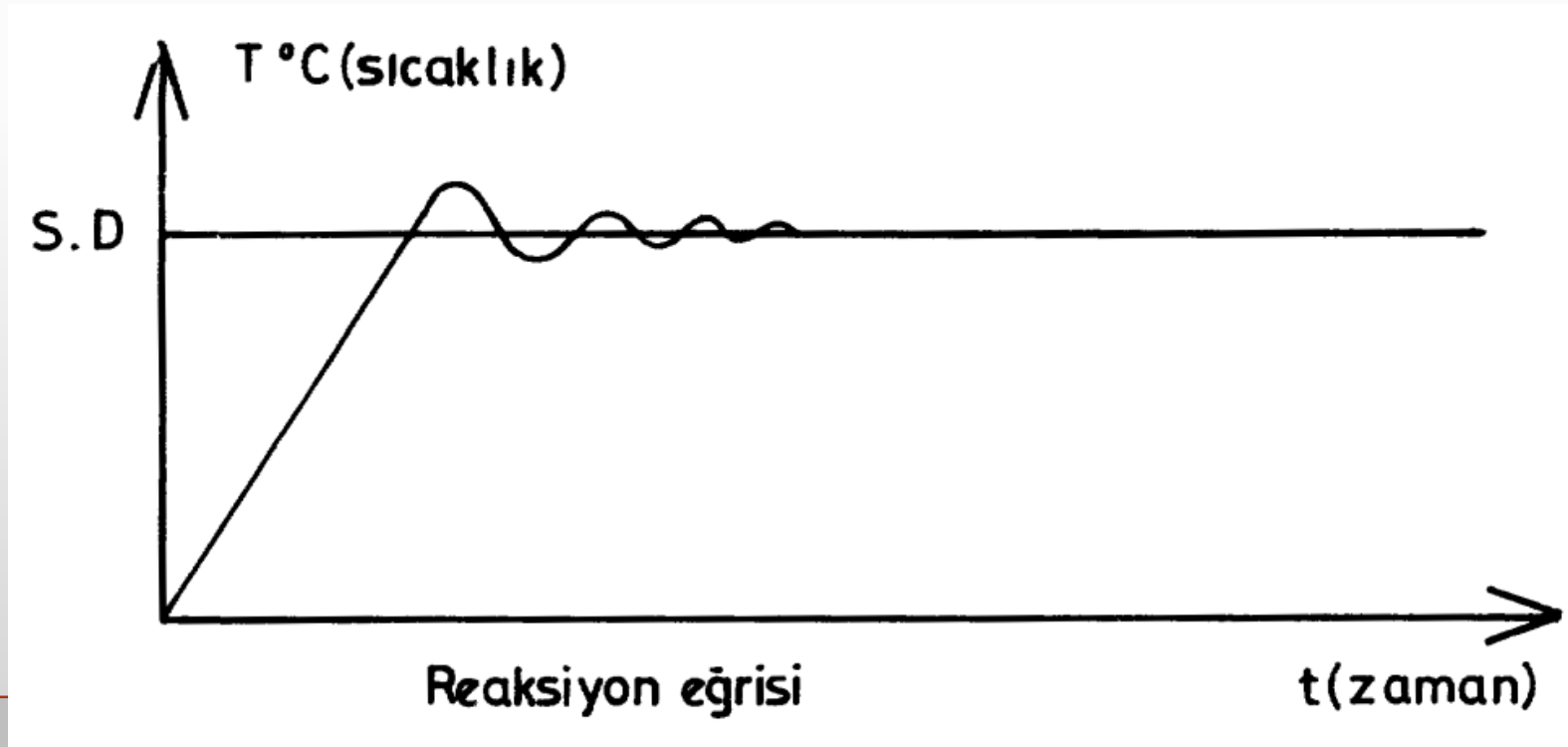
Oransal kontrolde oluşan off-set oransal + türevsel kontrol ile de kaldırılmaya çalışılabilir. Ancak türevsel etkinin asıl fonksiyonu overshoot-undershoot'ları azaltmaktır. Overshoot ve undershootlar azalırken bir miktar off-set kalabilir.



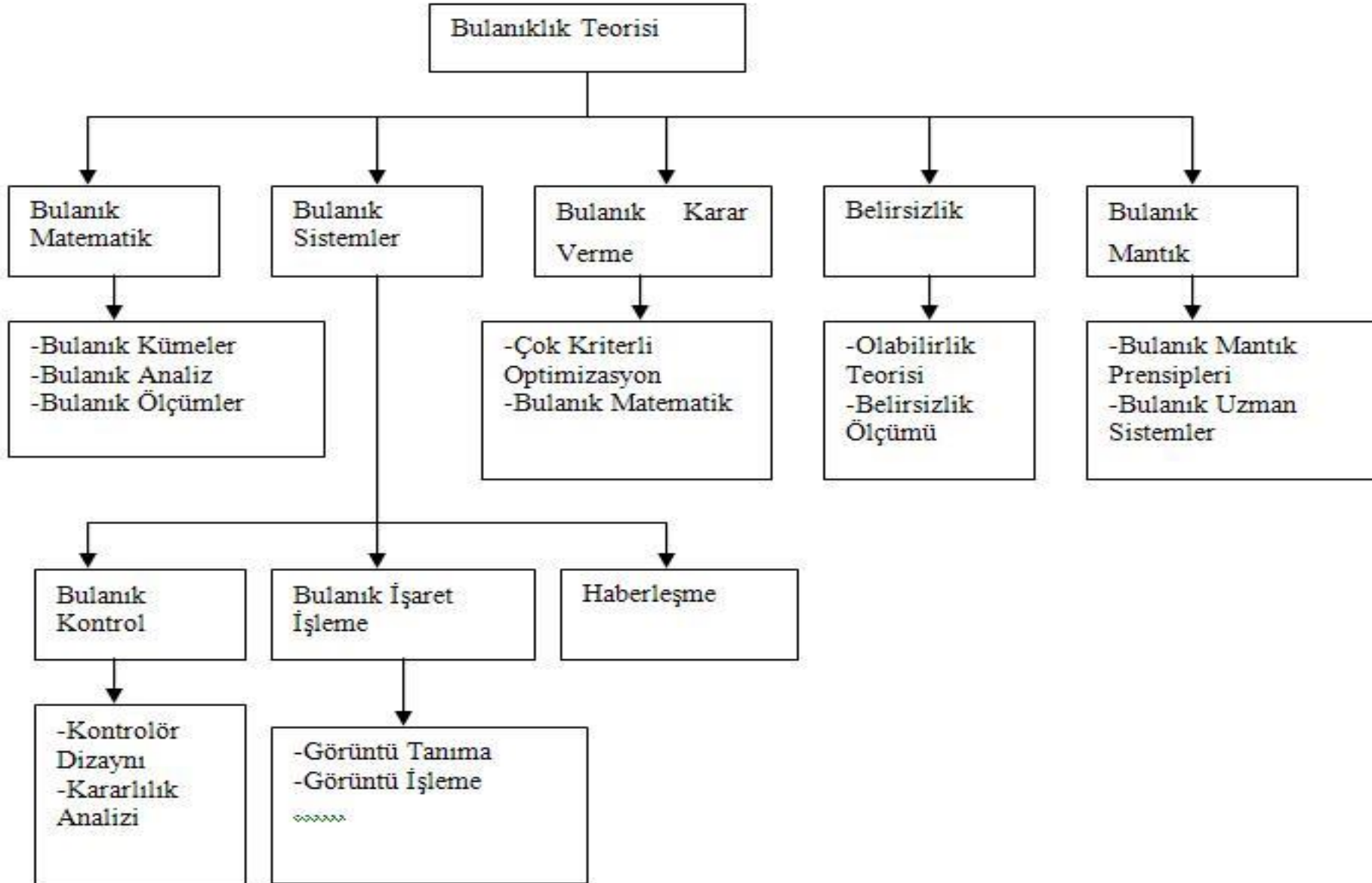


## Oransal + Integral + Türevsel kontrol (P+I+D)

Oransal kontrolde oluşan off-set oransal+integral kontrol ile giderilir. Ancak, meydana gelen overshoot'lar bu kontrole türevsel etkinin de eklenmesi ile minimum seviyeye indirilir veya tamamen kaldırılır.



# Bulanık Mantığın Uygulama Alanları





- Bulanık sistem teorisi, belirsiz düşünce ve karar süreçlerinin gelişen modellerine ait başlama noktası kabul edildiği için aşağıdaki gibi uygulama alanları geliştirilebilir:
- Yönetim ve sosyal problemler için kullanılan insan modellerinin yapılması,
- Otomasyon ve bilgi sistemlerinde kullanım için yüksek derecede insan yeteneklerinin taklidi,
- İnsan ve makineler arasındaki insan merkezli ara birimlerin oluşumu,
- Risk analizi, tahmin ve fonksiyonel cihazların gelişimi gibi diğer sosyal ve yapay zeka uygulamaları.



# Bulanık Mantığın Kullanıldığı Uygulamalar

- Hidroelektrik güç üniteleri için kullanılan Baraj kapılarının otomatik kontrolü (Tokio Electric Pow.)
- Stok kontrol değerlendirmesi için bir uzman sistem (Yamaichi, Hitachi)
- Otomobiller için “Cruise-control” (Nissan, Subaru)
- Depremlerin önceden bilinmesi için Tahmin Sistemi (Inst. of Seismology Bureau of Metrology, Japan)
- Cep bilgisayarlarında el yazısı algılama teknolojisi (Sony)
- Video Kameralarda hareketin algılanması (Canon, Minolta)
- El yazısı ve ses tanımlama (CSK, Hitachi, Hosai Univ., Ricoh)
- Helikopterler için uçuş desteği (Sugeno)
- Çelik sanayinde makina hızı ve ısısının kontrolü (Kawasaki Steel, New-Nippon Steel)
- Raylı metro sistemlerinde sürüş rahatlığı, duruş mesafesinin (hedefe 7 cm kala) kesinliğini ve ekonomikliğin geliştirilmesi (Hitachi)
- Otomobiller için gelişmiş yakıt tüketimi (NOK, Nippon Denki Tools)



# Bulanık Teorinin Avantajları - Dezavantajları

## • **Bulanık Teorinin Avantajları**

1. İnsan düşünme tarzına yakın olması,
2. Uygulanışının matematiksel modele ihtiyaç duymaması,
3. Yazılımın basit olması dolayısıyla ucuza mal olması.
4. Bulanık Mantık eksik tanımlı problemlerin çözümü için uygundur.
5. Uygulanması oldukça kolaydır.



## **Bulanık Teorinin Dezavantajları**

1. Uygulamada kullanılan kuralların oluşturulmasının uzmana bağılılığı,
2. Üyelik fonksiyonlarının deneme - yanılma yolu ile bulunmasından dolayı uzun zaman alabilmesi,
3. Kararlılık analizinin yapılmasının zorluğu (benzeşim yapılabilir).
4. Bulanık Mantık Sistemleri öğrenemez ya da öğretilemez.





# BULANIK MANTIK DENETLEYİCİ

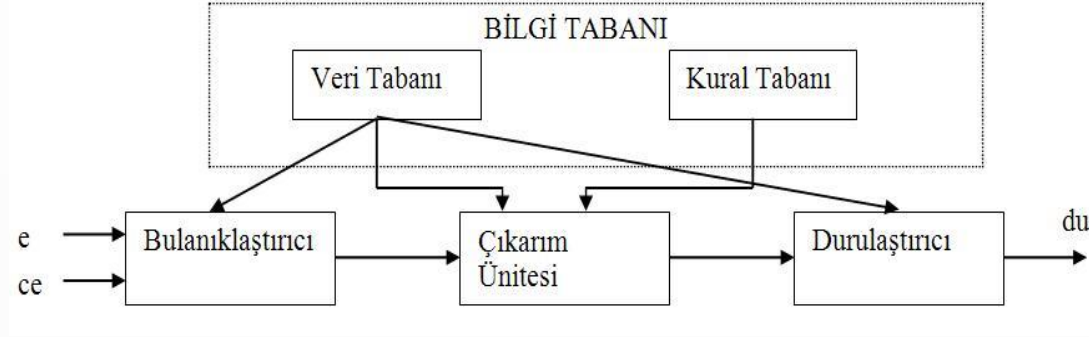
**Bir bulanık mantık denetleyicisinin tasarımında bilinmesi gereken temel faktörler şunlardır:**

- 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



# Bulanık Kontrolörün Genel Yapısı

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.