

BULANIK MANTIK DENETLEYİCİLERİ

Bölüm 5:

Bulanık Mantık Denetim Sistemlerinin Temelleri

Bulanık Mantık Denetim Sistemleri

Bölüm 5 : Hedefleri

- Bulanık Mantık Denetimine neden ihtiyaç duyulduğunu anlamak.
- Bulanık Mantık Denetleyicinin temel elemanlarını anlamak.
- Bulanıklaştırmanın ne olduğunu anlamak.
- Bulanık Mantık Denetleyicide çıkarımın nasıl yapıldığını anlamak.
- Bulanık Mantık Denetleyicide kuralların nasıl geliştirildiğini anlamak.

Bulanık Mantık Denetim Sistemleri

Bölüm 5 : Hedefleri

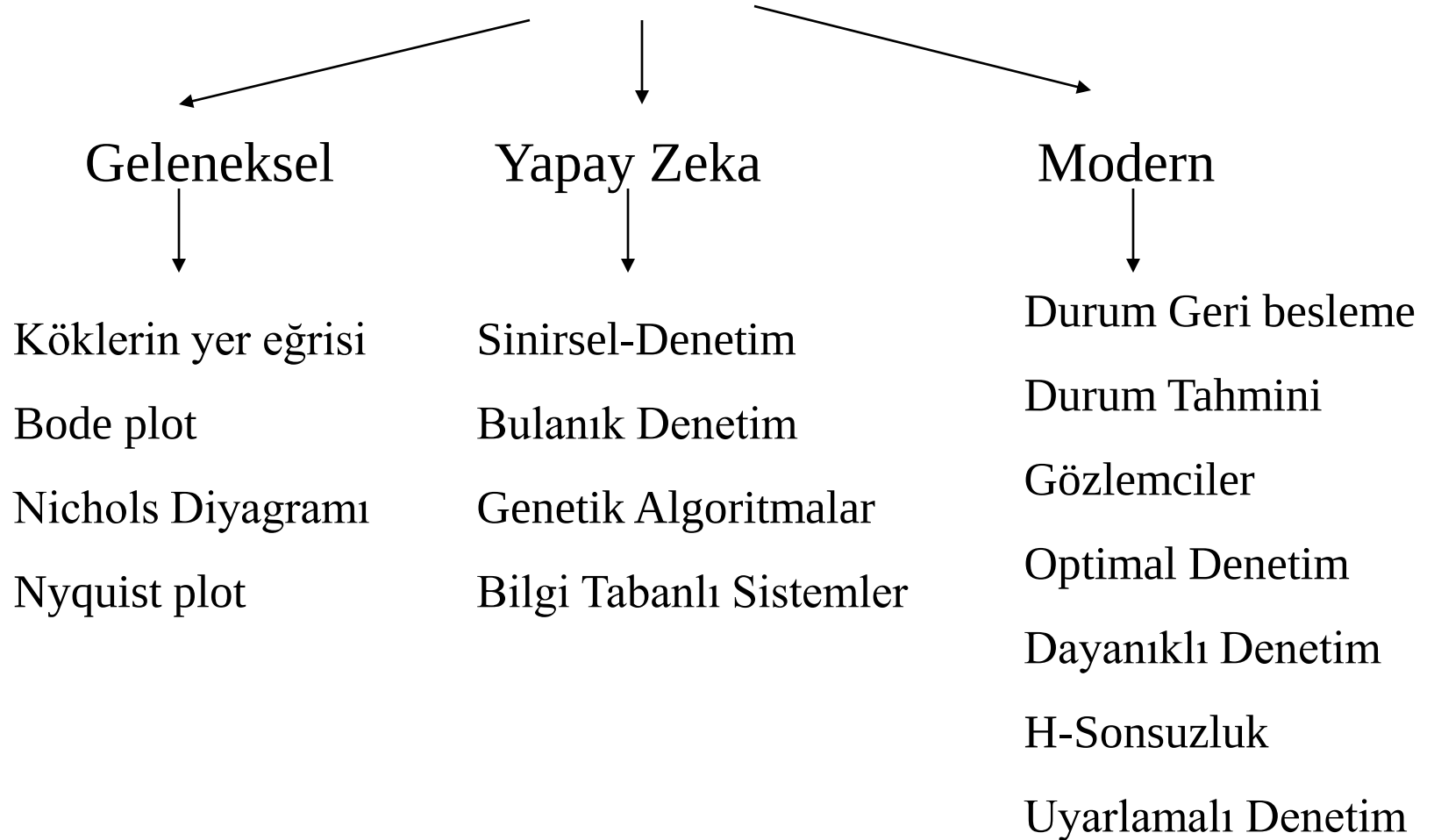
- Çeşitli tipteki durulaştırma tekniklerini anlamak.
- Bir Bulanık Mantık Denetleyicinin tasarım yordamları üzerinde çalışmak.
- Bu bölümün sonunda, öğrencilerden Bulanık Mantık Denetleyicinin temel elemanlarını ve bunların nasıl görev yaptıklarını anlamış olmaları beklenmektedir.

Bulanık Mantık Denetim Sistemleri

Bölüm 5 : Ana başlıkları

- Bulanık Mantık Denetim Sistemlerine Giriş
 - Bulanık Mantık Denetimine Neden İhtiyaç Duyulur
 - Bulanık Mantık Denetim Sistemi Konfigürasyonu
- Bulanık Mantık Denetleyici Elemanları
 - Bulanık Denetim İşlemleri
 - Bulanıklaştırma
 - Bilgi Tabanı
 - Çıkarım Mekanizması
 - Durulaştırma
- Bulanık Mantık Denetleyicinin Tasarım Yordamları

Denetim Tasarım Teknikleri ve Denetim Paradigmaları



Denetim Sistemlerine Uygulanabilecek Denetleyici Örnekleri

Geleneksel Denetleyiciler

- Aç-kapa
- Oransal
- PI Denetleyici
- PD Denetleyici
- PID Denetleyici

Uyarlamalı Denetleyiciler

- Kendinden Ayarlamalı Denetleyiciler
- Kendinden Ayarlamalı PID Denetleyiciler
- Otomatik Ayarlamalı PID Denetleyiciler
- Kutup Yerleştirme

Kestirimci Denetleyiciler

- Smith Tahminci
- Genel Kestirimci Denetleyiciler

Zeki Denetleyiciler

- Bilgi Tabanlı
- Bulanık Mantık Denetleyiciler
- Sinirsel Denetleyiciler
- Uyarlamalı Bulanık Denetleyiciler

Bulanık Mantık Denetimi

Niçin Bulanık Mantık Denetimi ?

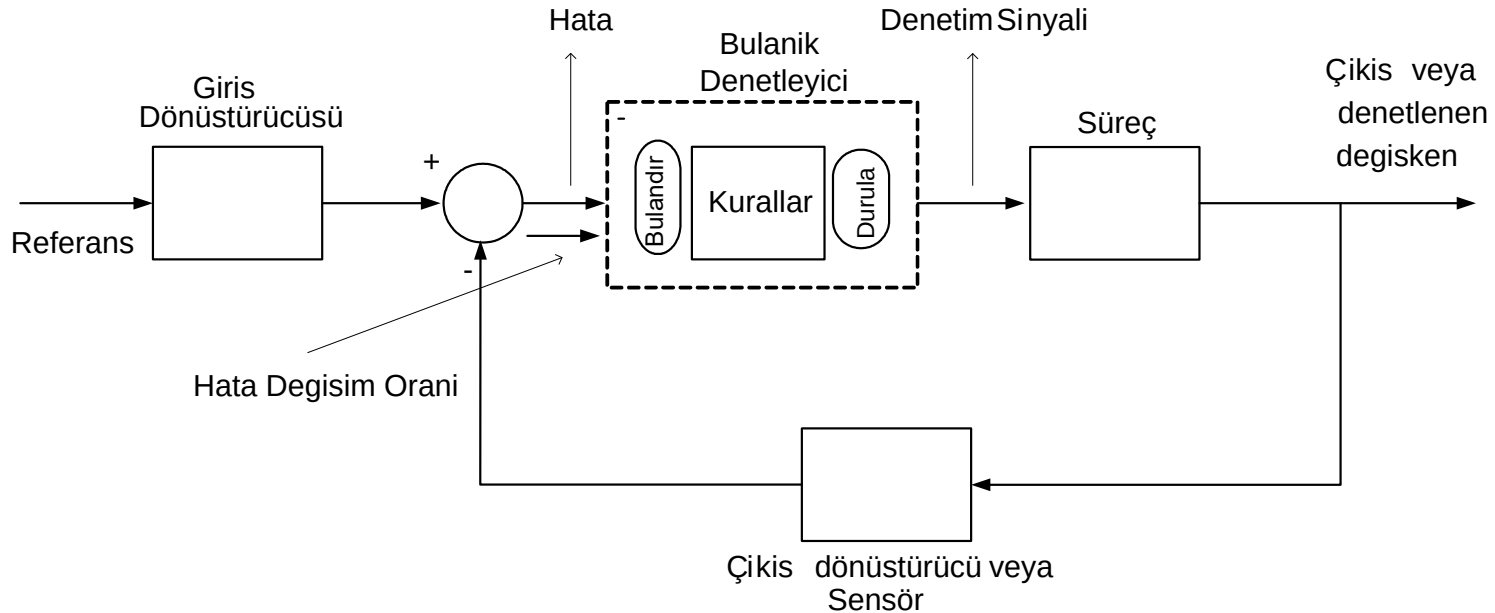
- Bulanık mantık denetimi, geçtiğimiz son yirmi yıl süresince, bulanık küme teorisi, bulanık mantık ve bulanık muhakeme uygulamalarında en aktif ve verimli araştırma alanlarından biri olarak ortaya çıkmıştır.
- Fikir ilk defa 1972 yılında Mamdani ve Assilian tarafından önerilmiştir.
- Özellikle Japonya'da bulanık mantık teknolojilerini kullanan bir çok endüstriyel ve tüketici ürünü üretilmiştir.
- Geleneksel denetim tekniklerinin tersine, bulanık mantık denetimi, özellikle karmaşık ve iyi tanımlanmamış süreçlerde en iyi şekilde kullanılmaktadır.

Bulanık Mantık Denetimi

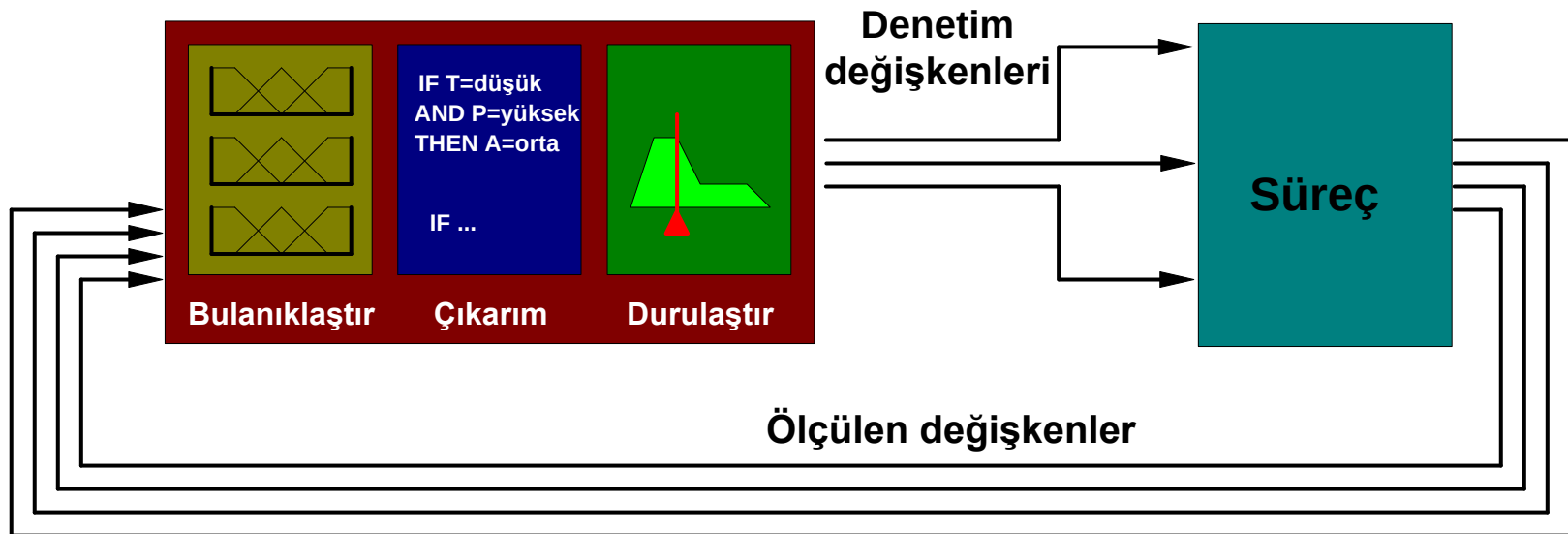
- Bulanık mantık denetiminin arkasındaki ana fikir, operatörlerin ‘uzmanlık tecrübelerinin’ bir denetleyicinin tasarımına katılmasıdır. Burada denetlenen sürecin giriş-çıkış ilişkileri sözel değişkenlerin de kullanıldığı bulanık denetim kuralları (IF-THEN kuralları) ile ifade edilir.
- Sözel değişkenler, bulanık denetim kuralları ve bulanık muhakeme, bir denetleyicinin tasarımına uzman kişinin tecrübelerinin aktarımını mümkün kılmaktadır.

Bulanık Mantık Denetim Sisteminin Konfigürasyonu

- Tipik bir bulanık mantık denetim sisteminin yapısı aşağıda görülmektedir.
- Temel olarak, bulanık mantık denetleyicisi, herhangi tipik bir denetleyiciye benzer şekilde denetim sistemi konfigürasyonunda yer alır.
- Sistemdeki hatayı hesaplayarak, konum, sıcaklık, hız gibi denetlenecek değişkenleri ayarlamak için kullanılır.

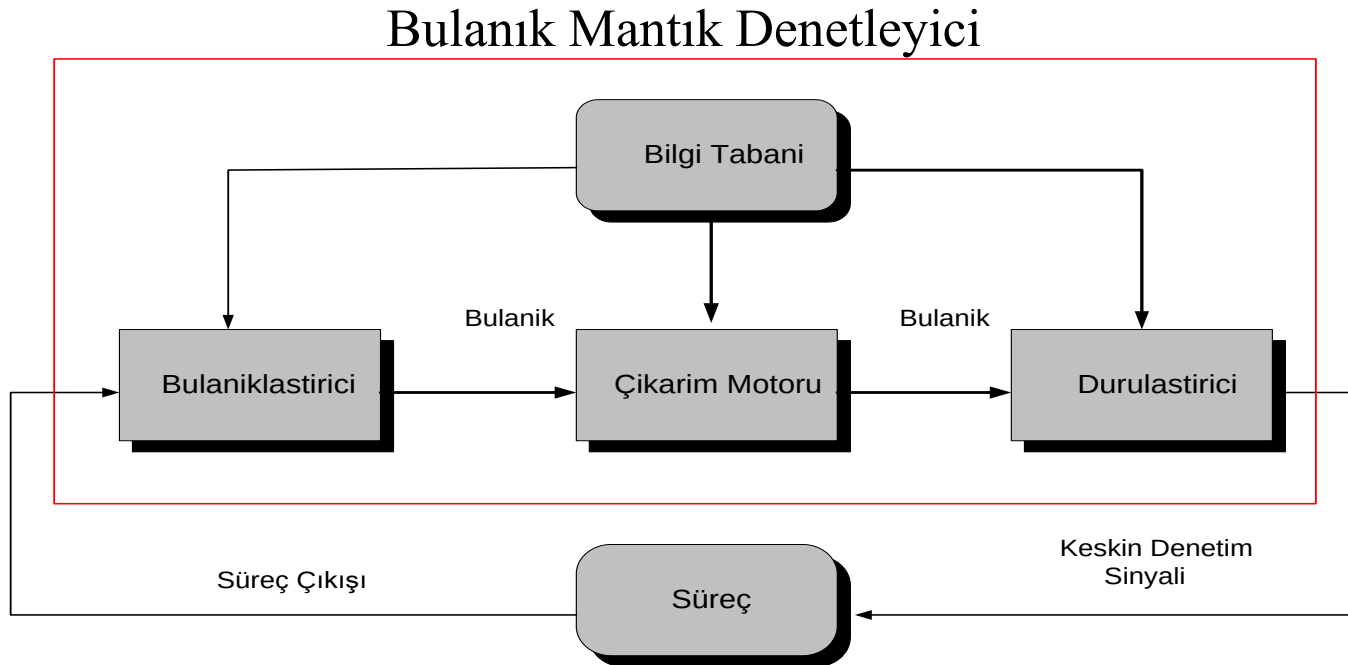


Bulanık Mantık Denetim Sisteminin Konfigürasyonu



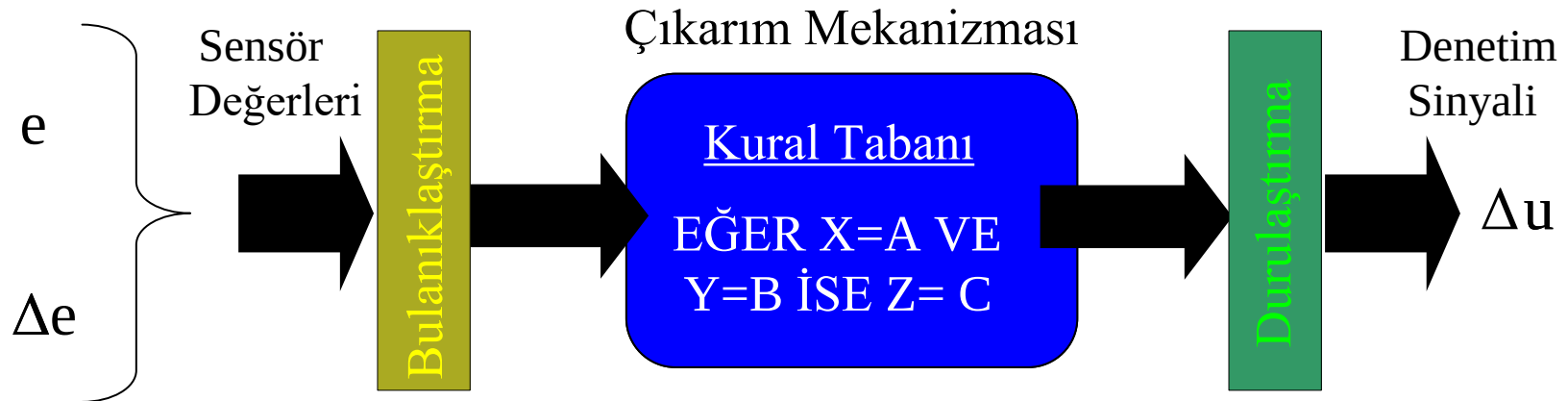
Bulanık Mantık Denetleyicinin Elemanları

- Normal olarak dört ana elemandan oluşur : **bulanıklaştırıcı**, **bilgi tabanı**, **çıkarım motoru**, **durulaştırıcı**
- Durulaştırıcıdan çıkan sonuçlar bir süreç için denetim eylemi değil ise, sistem bir bulanık mantık karar sistemidir.
- Normal olarak, bulanık mantık denetleyici, iki girişli ve tek çıkışlı bir elemandır.

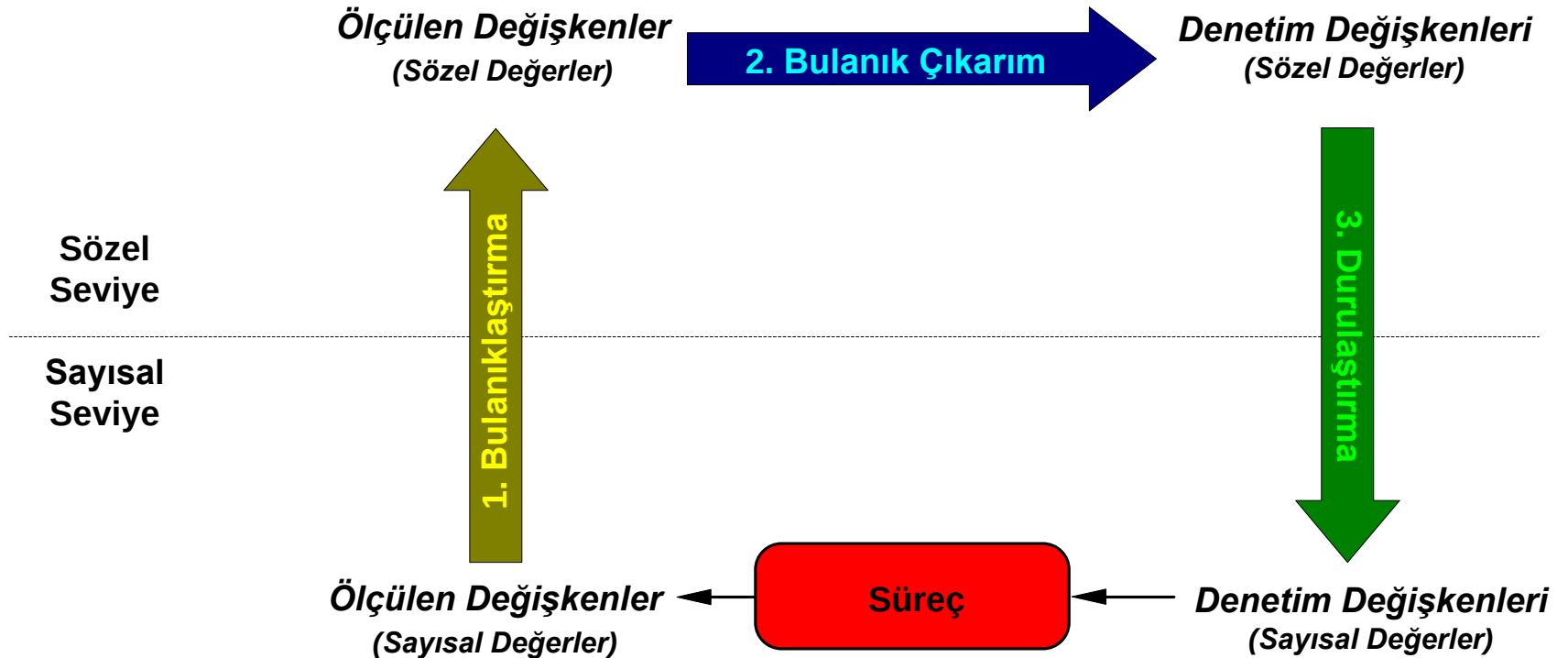


Bulanık Mantık Denetleyicinin Çalışması

- Genellikle, bulanık mantık denetleyicinin iki girişi ve bir çıkışı vardır.
- İki giriş, çıkışın arzu edilen duruma erişmesi için gerekli olan doğru denetim sinyallerinin sağlanmasında kullanılır.
- Bulanık mantık denetleyicisi genel olarak, hatayı, hatadaki değişim oranlarını veya hatanın türevini giriş olarak, denetim sinyalindeki değişikliği çıkış olarak alacaktır.



Bulanık Mantık Denetleyicinin Çalışması



Bulanık Mantık Denetleyicinin Çalışması

- Bulanıklaştırıcı e ve Δe 'nin keskin değerlerini, bunların karşılığı olan bulanık değerlere dönüştürür. (genellikle e ve Δe 'nin bir çok bulanık değerleri vardır.)
- Çıkarım algoritması, e ve Δe 'nin bulanık değerlerine göre kural tabanından hangi kuralların kullanılacağını belirler.
- Daha sonra Δu 'nun birçok bulanık değeri elde edilecektir, ve bir durulaştırma mekanizması ile bu değerler keskin tek bir değere dönüştürülür.
- Gerçek denetim sinyali, cihaza gönderilen en son u değerine Δu 'nun eklenmesi ile elde edilir.

Bulanıklaştırma

- Bulanıklaştırma sayısal değerlerin bulanık değerlere dönüştürülmesi işlemini yapmaktadır. Bu değerler bulanık denetleyicide bulanık kümeler tarafından tanımlanmaktadırlar.
- Diğer bir ifadeyle bulanıklaştırma giriş değişkenlerinin ve çıkış değişkenlerinin ilgili evrensel kümelerinde bulanık kümelere yerleştirme işlemidir.

Bulanıklaştırma

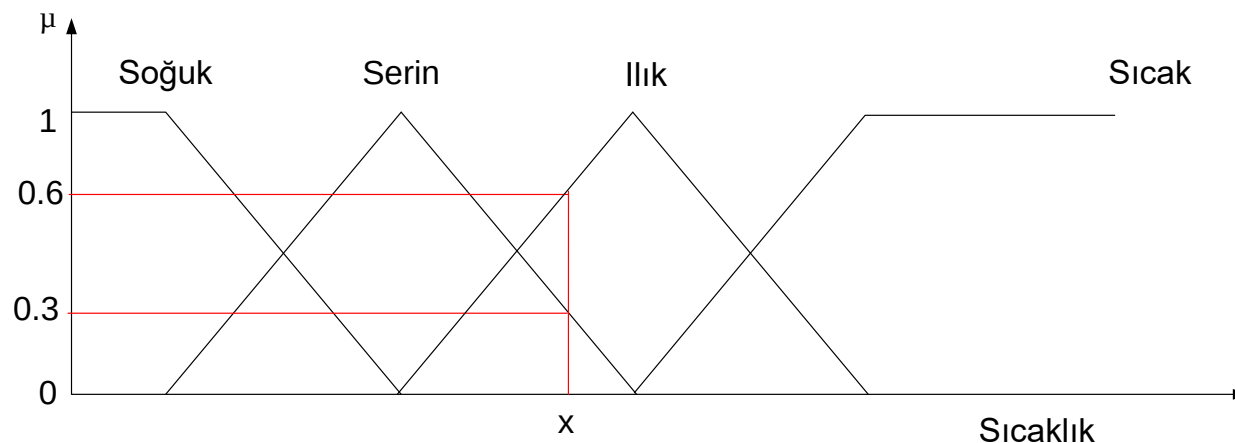
- Bulanık mantık denetimindeki veri işleme bulanık kümeler üzerine kurulu olduğundan, giriş değişkenlerinin seviyelendirilmesini de içeren bulanıklaştırma başlangıç safhasında zorunludur.
- Aşağıdaki şekil bulanık sözel değişken olan sıcaklık için üyelik fonksiyonlarını göstermektedir.
- Örneğin, sensör okumalarından elde edilen giriş değişkeninin keskin değeri x ise, bu keskin değer “serin” bulanık kümesinde 0.3 üyelik değeri ile ve “ılık” bulanık kümesinde 0.6 üyelik değeri ile çakışmaktadır.

- Böylece, bulanıklaştırma ile, keskin giriş değeri x , aşağıdaki üyelikleri ile iki bulanık kümeye dönüştürülmüştür.

$$\mu_{serin}(x) = 0.3$$

$$\mu_{ılık}(x) = 0.6$$

- Bu değerler, daha sonra bulanık denetleyicinin çıkarım safhasında kullanılacaktır.



Niceleme (Seviyelendirme)

- Niceleme, bulanık giriş-çıkış değişkenlerinin birkaç bulanık alt kümeye ayrıştırılmasını içerir.
- Giriş değişkenlerinin bulanıklaştırılması, evrensel kümenin bir çok bulanık kümeyle nicelenmesi işlemini kapsar.
- Çıkış değişkenleri de benzer şekilde nicelenmelidir.
- Nicelendirme seviyelerinin sayısı; yeterli temsili sağlayacak kadar büyük, hafızadan tasarruf edecek kadar küçük olmalıdır.

- Değişik tipteki denetim değişkenlerinin nicelendirilmesine örnekler :
 - Sıcaklık denetimi
 - Çok Sıcak, Sıcak, Az Sıcak, Normal, Serin, Soğuk
 - Hız denetimi
 - Çok Hızlı, Hızlı, Orta, Yavaş, Çok Yavaş
 - Seviye denetimi
 - Çok Yüksek, Yüksek, Orta, Düşük, Çok Düşük

- Genellikle daha standart tanımlamalar kullanabiliriz.

Negatif Orta	NO
Negatif Küçük	NK
Sıfır	SF
Pozitif Küçük	PK
Pozitif Orta	PO

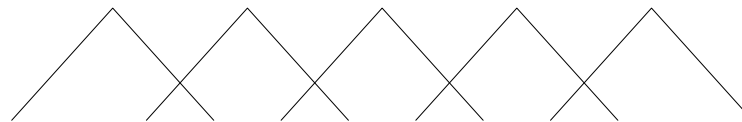
- Kısa ifade için, NO, PK, SF gibi kısaltılmış etiketler kullanabiliriz.
- Her bir bulanık alt küme için, bir üyelik fonksiyonu atanmalıdır.
- Herhangi bir şekil veya büyüklükte üyelik fonksiyonları seçebilirsiniz.
- Hesaplama basitliği için, üçgen veya yamuk şeklindeki fonksiyonlar kullanılmaktadır.
- Genel olarak %25-%75 arası birbirleri üzerine bindirilmelidir.

- Eğer bulanık kümelerde üst üste bindirme yapılmamış ise denetim işlemi iki değerli bir denetim işlemine benzeyecektir.
- Diğer taraftan, bulanık kümelerde çok fazla üst üste bindirme varsa daha fazla bulanıklık olacaktır ve bu denetim işlemlerinde belirginleştirmeyi zorlaştıracaktır.

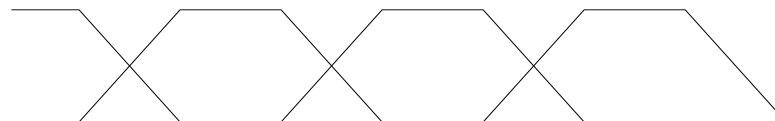
Üyelik
fonksiyonlarının
üç değişik şekli



(a) Gaussian

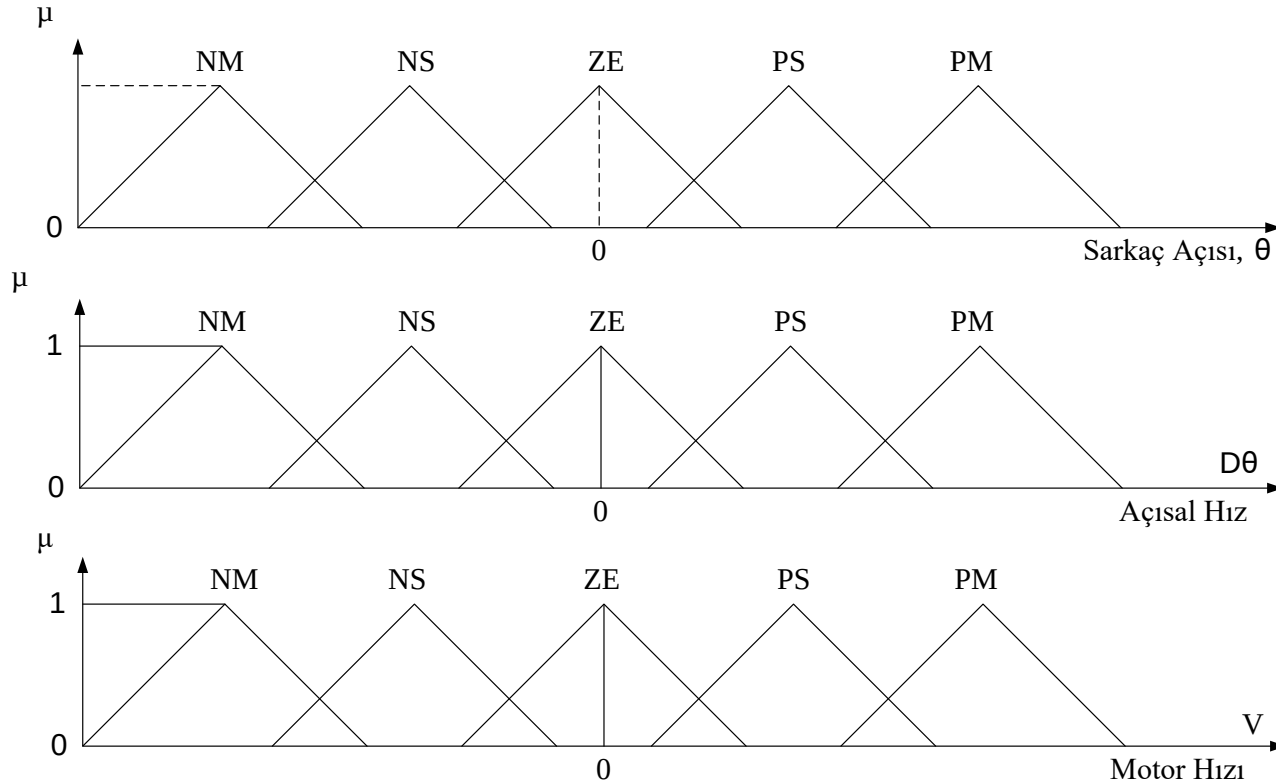


(b) Üçgen



(c) Yamuk

- Basit olması için, tüm bulanık değişkenlerin tüm bulanık alt kümeleri için aynı üyelik fonksiyonlarını seçebiliriz.
- Aşağıda ters çevrilmiş bir sarkacın denetimi için seçilmiş iki bulanık giriş değişkeni ve bir bulanık çıkış değişkeni için seçilen üyelik fonksiyonları gösterilmiştir.



Normalizasyon

- Bir evrenin normalizasyonu, evrensel kümenin sonlu sayıda bölümlere ayrıştırılmasını gerektirir.
- Süreç sistemlerinde bulanık mantık denetleyicisi uygulamaları için, evrensel küme genellikle $[-1, +1]$ kapalı aralığında normal forma dönüştürülür.

Bilgi Tabanı

- Bulanık Mantık Denetleyicisinin bilgi tabanı, veri tabanı ve kural tabanından oluşur.
- **Veri tabanının** temel görevi, bulanıklaştırma, kural tabanı ve durulaştırma modüllerinin doğru çalışması için gerekli bilgileri sağlamaktır.
- Bu bilgiler şunlardır;
 - Giriş-çıkış değişkenlerinin üyelik fonksiyonlarının sözel değerlerinin anlamları
 - Ölçeklendirme, normalizasyon ve denormalizasyon faktörleri ile birlikte fiziksel alanlar ve bunların normalize edilmiş karşılıkları
 - Bir bulanık kümenin üyelik fonksiyonlarının tiplerini
 - Ayırıştırma politikalarını tanımlayan nicelenmiş refeans (look-up) tabloları

Kural Tabanı

- Kural tabanı ise kontrol amacını gerçekleştirmek üzere tasarlanmış bulanık kontrol kurallarını içermektedir.
- Kural Tabanı'nın temel kullanım amacı uzman bilgilerini sebep-sonuç ilişkisi içerisinde gösterebilmektir.
- Bulanık denetim kurallarını çıkarmak için genel olarak dört yöntem kullanılmaktadır.
- Kural tabanını oluşturmak için kullanılan yöntemler:
 - (i) Uzman tecrübesi ve Denetim Mühendisliği Bilgisi
 - (ii) Operatörün kontrol hareketlerinin modellenmesi
 - (iii) Sürecin bulanık modeli
 - (iv) Öğrenme

(i) Uzman tecrübesi ve denetim mühendisliği bilgisi

- Bu metod diğerleri arasında en az yapısal olanı ancak günümüzde en yaygın olarak kullanılanlardan biridir.
- Süreç uzmanının ve/veya Denetim Mühendisinin tecrübe temelli bilgisine dayanılarak ortaya çıkarılır.

(ii) Operatörün kontrol hareketlerinin modellenmesi

- Bu yöntem kullanıcının tecrübesiyle yaptığı hareketler veya davranışlarının giriş-çıkış ilişkili olarak modellemesini yapmaya çalışır.
- Bu tekniğin altında yatan temel fikir, modelin giriş bilgilerini kullanıcıya sorarak tespit etmek daha kolay olduğundan bir kullanıcının hareketlerini modellemenin bir süreci modellemekten daha kolay olduğudur.

(iii) Sürecin bulanık modeli

- Sözel yaklaşımda, denetlenen sürecin dinamik özelliklerinin sözel tanımını sürecin bulanık modeli olarak görülebilir.
- Bulanık modele göre, dinamik bir sistemin optimum performansına ulaşmak için bir grup bulanık denetim kuralları oluşturabiliriz.
- Bulanık denetim kurallarından oluşan grup, bulanık mantık denetiminin Kural Tabanını oluşturur.
- Her ne kadar bu yaklaşım daha karmaşık olsa da; daha iyi performans, daha güvenilir sonuç ve teorik olarak Bulanık Mantık Denetimiyle daha uyumlu bir yapı ortaya koyar.

(iv) Öğrenme

- Birçok bulanık mantık denetimi, insanın karar verme davranışını taklit etmesi için oluşturulmuştur.
- Şu anda, insanın öğrenmesini, özellikle bulanık denetim kuralları oluşturma ve onları tecrübeyle güncelleme yetisini taklit etmeye odaklanmış birçok araştırma mevcuttur.
- Öğrenme kapasitesi olan; yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar kullanarak kurallar oluşturan birçok bulanık denetim örneği bulunmaktadır.

Bulanık Denetim Kurallarına Örnek

Trafiğin denetimi için kullanılan kurallara örnek

EĞER şehrin kuzeyinden gelen trafik yoğun ise

VE batıdan gelen trafik az ise

Kuzeyden gelen trafik akışına daha uzun süre izin ver

Sıcaklık denetimi için kullanılan kurallara örnek

EĞER sıcaklıktaki hata pozitif büyük ise

VE hatanın değişim oranı sıfıra yakınsa

Isıtıcı pozitif büyüktür.

Bu kural kısaca şöyle ifade edilebilir.

Eğer $e = PB$ ve $de = SF$ İse $du = PB$

Örnek

- Basitleştirme için, kuralların gösteriminde matris kullanılabilir ve buna bulanık kurallar matrisi denir.
- Bir çok denetim kuralı aşağıdaki şekilde yazılabilir.

IF X AND/OR Y (Öncül) THEN Z (Ardıl)

- Bir sıcaklık denetiminde kullanılan bulanık mantık matris örneği aşağıda gösterilmiştir.

Öncül değerler : e ve Δe

X

Y

	NB	SF	PB
NB	NB	NK	SF
SF	NK	SF	PK
PB	SF	PB	PB

Ardıl Değerler : Δu

Z

Kalıcı durum kuralı

Gözlemlere dayalı olarak bulanık kuralların türetilmesi

- Bulanık kurallar sürecin gözlemlenmesi ile formüle edilebilir olmasına rağmen bu konuda yeterli tecrübe yoksa kolayca türetilemezler.
- Bulanık denetim kurallarının formüle edilmesinde C.C.Lee tarafından verilen daha sistematik bir yaklaşım uygulanabilir.
- Bulanık kurallar hata durumu (E) ve hatadaki değişim (ΔE) oranına bağlı olarak formüle edilebilir ve çıkış denetim sinyalindeki (Δu) değişimdir.

- Matematiksel olarak,

k. örnekleme anındaki hata ;

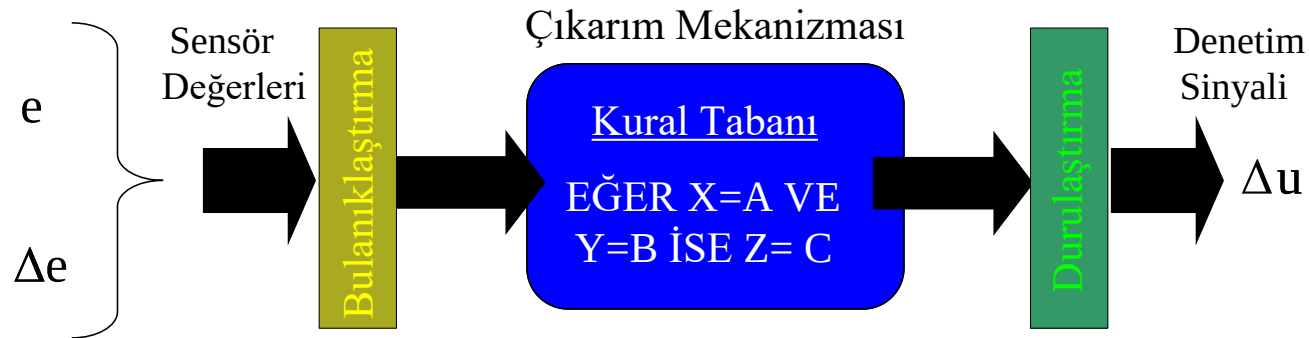
$$e(k) = r(k) - y(k)$$

- Sürekli zamanda hatanın türevi; $\frac{de(t)}{dt}$

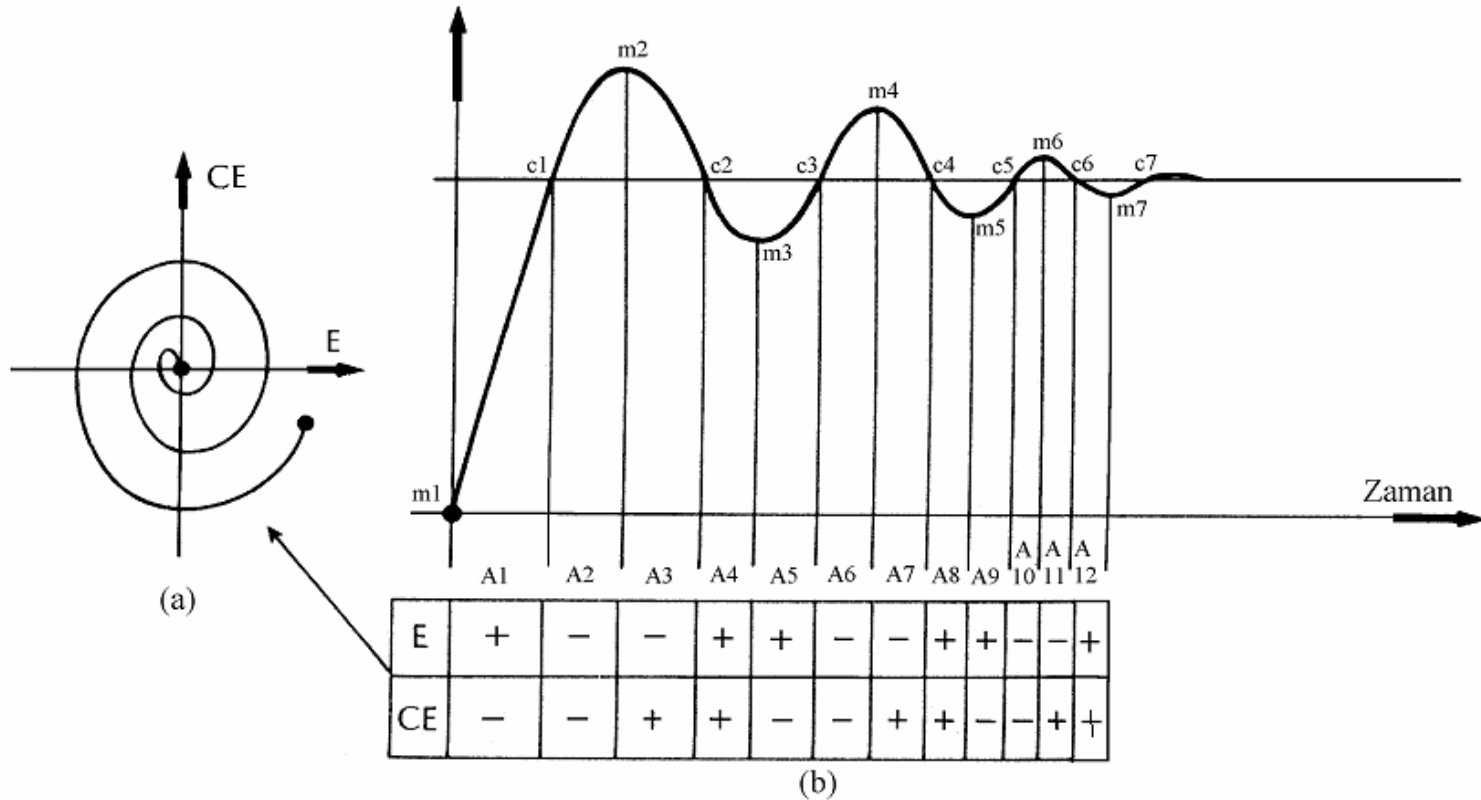
- k. örnekleme anındaki hatadaki değişim;

$$\Delta e(k) = e(k) - e(k-1)$$

olarak yazabiliriz.



Bulanık Denetim Kurallarının Türetilmesi için Sistem Cevabının İzlenmesi



$c1, c2, \dots, c6$: referans geçiş noktalarını,
 $m1, m2, \dots, m6$: referans uç noktalarını ve
 $A1, A2, \dots, A12$: referans aralıklarını ifade
 etmektedir.

•Geçiş ve uç noktaları için şu özellikleri çıkarmak mümkündür.

- c1: $E \approx 0$ ve $CE \lll 0$,
- c2: $E \approx 0$ ve $CE \ggg 0$,
- c3: $E \approx 0$ ve $CE \ll 0$,
- c4: $E \approx 0$ ve $CE \gg 0$,
- c5: $E \approx 0$ ve $CE < 0$,
- c6: $E \approx 0$ ve $CE > 0$,
- m1: $CE \approx 0$ ve $E \ggg 0$,
- m2: $CE \approx 0$ ve $E \lll 0$,
- m3: $CE \approx 0$ ve $E \gg 0$,
- m4: $CE \approx 0$ ve $E \ll 0$,
- m5: $CE \approx 0$ ve $E > 0$,
- m6: $CE \approx 0$ ve $E < 0$,

- Geçiş noktalarının, uç noktalarının ve referans aralıklarının birleştirilmiş durumu aşağıdaki Tablo 'da görülmektedir

ce \ e	NB	NO	NK	S	PK	PO	PB
NB	A2 A6 A10			c1	A1 A5 A9		
NO				c3			
NK				c5			
S	m2	m4	m6	S	m5	m3	m1
PK	A3 A7 A11			c6	A4 A8 A12		
PO				c4			
PB				c2			

- Yükselme zamanını ve salınımları azaltmak için bir dizi bulanık denetim kuralını şu şekilde tasarlamak mümkündür.
- 1. tip kuralın görevi sistemin yükselme zamanını kısaltmaktır:
EĞER E=Pozitif ve CE=Negatif ise O HALDE DU=Pozitif
- 2. tip kuralın görevi sistemin aşımını (overshoot) azaltmaktır:
EĞER E=Negatif ve CE=Negatif ise O HALDE DU=Negatif
- Süreç denetiminde bir Bulanık Mantık Denetleyicisi için bulanık denetim kurallarının oluşturmanın prensiplerini şu şekilde genelleştirmek mümkündür:
- 1. Eğer çıkış istenilen değerde ve hatadaki değişim sıfırsa, Bulanık Mantık Denetleyicisi'nin çıkışını sabit tutmak gerekmektedir.
- Eğer çıkış istenilen değerden sapmışsa, denetim eylemi hata ile hatadaki değişimin işaretine ve değerine bağlı olmaktadır. Eğer hata mevcut denetim eylemi ile hızlı bir şekilde düzeltilebiliyorsa, o zaman denetim eylemi sabit tutulmalıdır.

Bu kurallar dinamik sinyal analizindeki geçiş noktaları ve uç noktalarına göre çıkarılmıştır

Kural No:	Referans Noktaları	<i>E</i>	<i>CE</i>	DU	Fonksiyonu
1	c1	S	NB	NB	Aşımı azalt
2	c3	S	NO	NO	“
3	c5	S	NK	NK	“
4	m2	NB	S	NB	“
5	m4	NO	S	NO	“
6	m6	NK	S	NK	“
7	c2	S	PB	PB	Osilosyonu azalt
8	c4	S	PO	PO	“
9	c6	S	PK	PK	“
10	m1	PB	S	PB	Yükselme zamanını kısalt
11	m3	PO	S	PO	“
12	m5	PK	S	PK	“
13	Kur.Nok.	S	S	S	Frenleme sistemi

Kontrol kurallarının belirlenmesinde kullanılan bazı yorumlar :

- 1. A4, A8, A12 aralıklarında : $E = "+"$ ve $CE = "+"$, hata pozitif ve artmaktadır dolayısıyla hatayı azaltmak için pozitif denetim girişi (DU) verilmelidir.
- 2. A1, A5, A9 aralıklarında : $E = "+"$ ve $CE = "-"$, hata hala pozitiftir ancak yavaş yavaş düşmektedir. Bu durumda denetim girişi (DU) küçük olacak şekilde kurulmalıdır.
- 3. A2, A6, A10 aralıklarında : $E = "-"$ ve $CE = "-"$, hata negatif ve artmaktadır dolayısıyla hatayı azaltmak için negatif denetim girişi (DU) verilmelidir
- 4. A3, A7, A11 aralıklarında : $E = "-"$ ve $CE = "+"$, hata negatif ve azalmaktadır. Bu durumda denetim girişi (DU) küçük olacak şekilde kurulmalıdır.

- Yapılan çıkarımlara göre referans aralıklarında elde edilen sözel kuralların listesi :

CE \ E	NB	NO	NK	S	PK	PO	PB
NB	NB	NB	NB	NB	S	S	S
NO	NB	NB	NO	NO	S	S	S
NK	NB	NB	NK	NK	PK	PK	PO
S	NB	NO	NK	S	PK	PO	PB
PK	NO	NK	NK	PK	PK	PB	PB
PO	S	S	S	PO	PO	PB	PB
PB	S	S	S	PB	PB	PB	PB

Çıkarım Mekanizması

- Çıkarım Mekanizması girişlerin değerine göre kural tabanından uygun kuralları belirleyen bir mekanizma sağlar.
- Bulanık mantık denetiminde en çok kullanılan iki yöntem maksimum-minimum bileşimi (composition) ve maksimum-çarpım bileşimidir.
- Çıkarım tüm kural kümesine karşılık gelen bulanık ilişki ile bulanıklaştırılmış keskin giriş arasındaki bileşim işlemi ile gerçekleştirilir
- Bileşimin sonucu olarak, toplam denetim çıktısının bulanık değerini tanımlayan bulanık küme elde edilir.

Örnek

- Her kuralın iki öncül ve bir ardıldan oluştuğu basit bir sistem düşünün.

İki etkileşimsiz girişi (x_1, x_2) ve tek çıkışı (y) olan bir bulanık sistem n tane sözel ‘eğer-ise’ önermesiyle tanımlansın:

- IF x_1 is $A_1(k)$ and x_2 is $A_2(k)$ THEN $y(k)$ is $B(k)$, $k = 1, 2, \dots, n$.

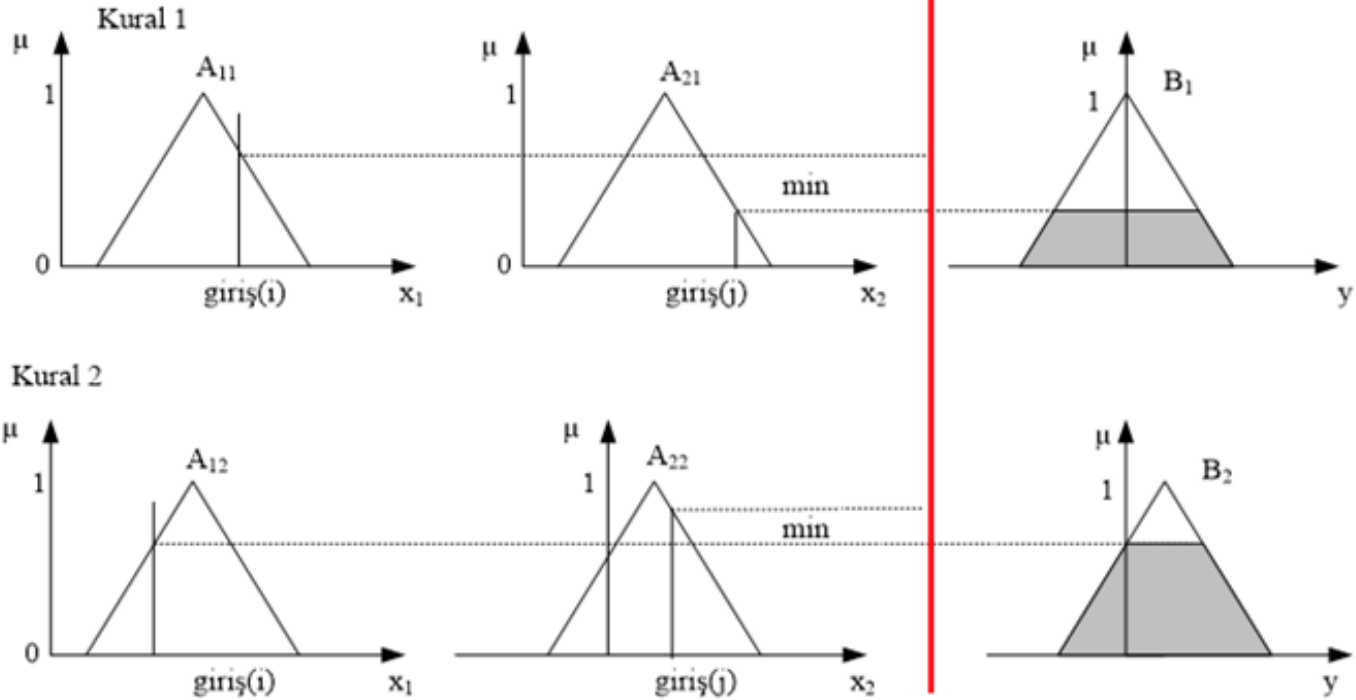
burada $A_1(k)$ ve $A_2(k)$ k 'nci öncül çifti temsil eden bulanık küme, $B(k)$ da k 'nci ardılı temsil eden bulanık kümedir.

- Mamdani'nin çıkarım metoduna göre;

$$\mu_B(k)(y) = \text{Max Min}[\mu_{A_1}(k)(\text{giriş}(i)), \mu_{A_2}(k)(\text{giriş}(j))]$$

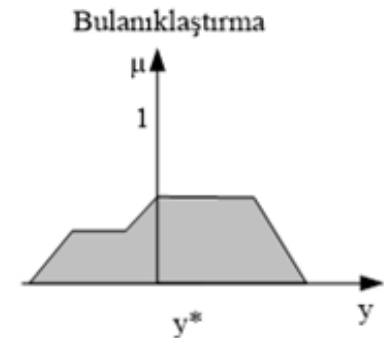
- Yukarıdaki denklemin grafiksel açıklaması aşağıda gösterilmektedir.

Mamdani'nin max-min bileşim operatörünü kullanan bulanık çıkarım



Kural 1: IF x_1 is A_{11} AND x_2 is A_{21}
THEN y is B_1

Kural 2: IF x_1 is A_{12} AND x_2 is A_{22}
THEN y is B_2



- Bu grafiksel çıkarım her bir kural için uygulanır.
- Sonra, her kural için elde edilmiş üyelik fonksiyonları kümelenir.
- Kümelenme işlemi olan *max*, her kuraldan ayrı ayrı oluşturulmuş üyelik fonksiyonlarının dış çeperinden oluşan bir kümelenmiş üyelik fonksiyonuyla sonuçlanır.
- Kümelenirilmiş y^* çıktısı için keskin değer, durulaştırma tekniğiyle elde edilebilir.

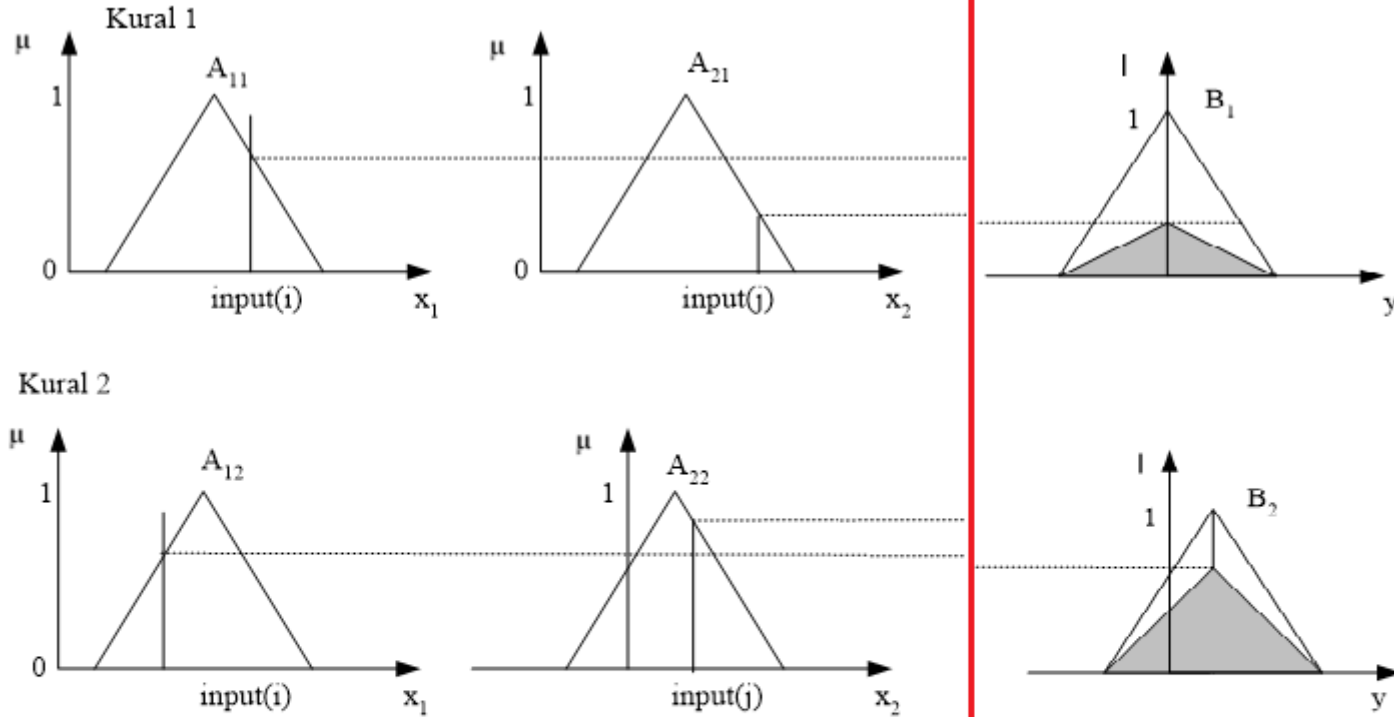
Örnek

- Bu örnekte, Larsen'in Max-çarpım çıkarım tekniğine göre bileşim işlemi sonuçlarının nasıl olduğu gösterilmektedir.
- Max-çarpım anlamlandırma tekniğine göre bir dizi kural için n. kuralın toplam çıktı değeri şöyledir.

$$\mu_B^{(k)}(y) = \text{Max} [\mu_{A1}^{(k)}(\text{giriş}(i)) \cdot \mu_{A2}^{(k)}(\text{giriş}(j))]$$

- Bunun sonucunda oluşan şekil bir sonraki yansıda gösterilmiştir.

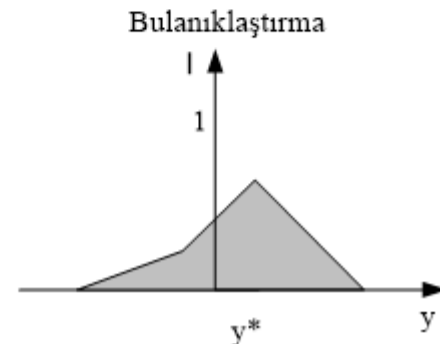
Larsen'in Max-çarpım bileşim operatörünü kullanan bulanık çıkarım



Kural 1: IF x_1 is A_{11} AND x_2 is A_{21}
THEN y is B_1

Kural 2: IF x_1 is A_{12} AND x_2 is A_{22}
THEN y is B_2

5121330, Ö.F.BAY



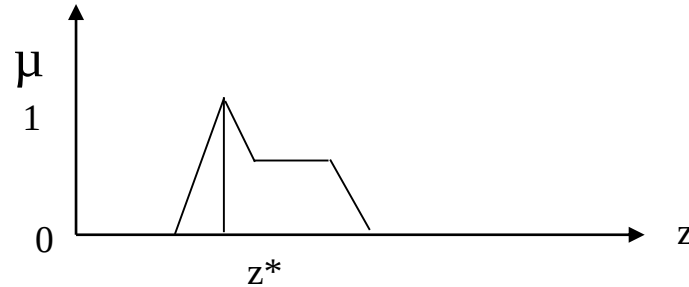
Durulaştırma

- Bulanık çıkarım sonucu elde edilen bulanık denetim eyleminin bulanık olmayan (keskin) denetim eylemine çevrilmesi işleme durulaştırma denmektedir .
- Çoğu pratik uygulamada tesisin işleyebilmesi için keskin denetim eylemleri gerektiğinden bu işleme ihtiyaç duyulur.
- Bulanıklaştırma modülünde normalizasyon gerçekleştirildiyse durulaştırma işleminde çıkışın denormalizasyonu da yapılır.
- Son yıllarda pek çok durulaştırma yöntemi öne sürülmüştür.
- Ne yazık ki, bir durulaştırma stratejisi seçmek için sistematik bir yol yoktur.
- **En çok kullanılan durulaştırma yöntemlerinden dördü şunlardır:**
- Maksimum Üyelik Yöntemi (Max membership method)
- Ağırlık Merkezi Yöntemi (Center of gravity method)
- Ağırlıklı Ortalama Yöntemi (Weight average method)
- Maksimumların Ortalaması Üyelik Yöntemi (Mean-max membership method)

(i) Maximum Üyelik Yöntemi

- Bu şema tepe çıktı fonksiyonları ile sınırlandırılmıştır.
- Yöntem aşağıdaki cebirsel fonksiyon ile verilmiştir.

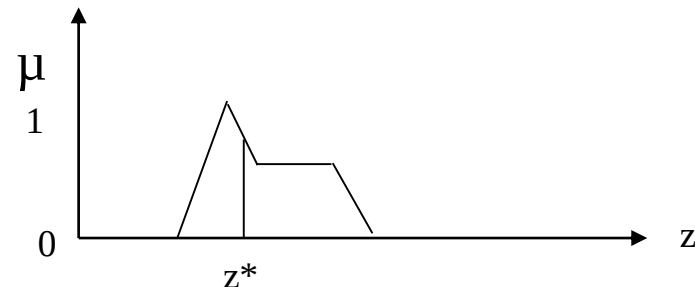
$$\mu_C(z^*) \geq \mu_C(z), \quad z \in Z$$



(ii) Ağırlık Merkezi Yöntemi

- Bu yöntem en yaygın olan ve durulaştırma yöntemlerinin en çekici olanıdır.
- Yöntem aşağıdaki cebirsel fonksiyon ile verilmiştir.

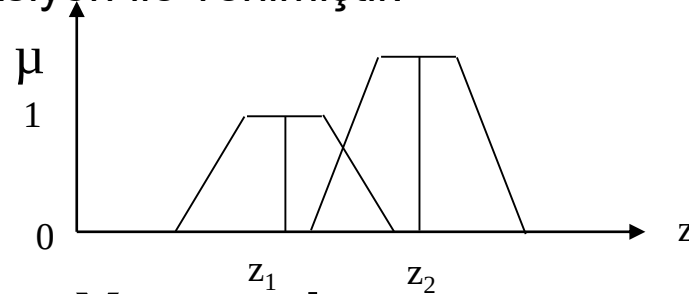
$$z^* = \frac{\sum \mu_C(z) \cdot z}{\sum \mu_C(z)}$$



(iii) Ağırlıklı Ortalama Yöntemi

- Bu yöntem sadece simetrik çıktısı olan üyelik fonksiyonları için geçerlidir.
- Ağırlıklı ortalama yöntemi, herbir üyelik fonksiyonunun çıktısı ile buna karşılık gelen maximum üyelik değeri (z) ile oluşturulur.
- Yöntem aşağıdaki cebirsel fonksiyon ile verilmiştir.

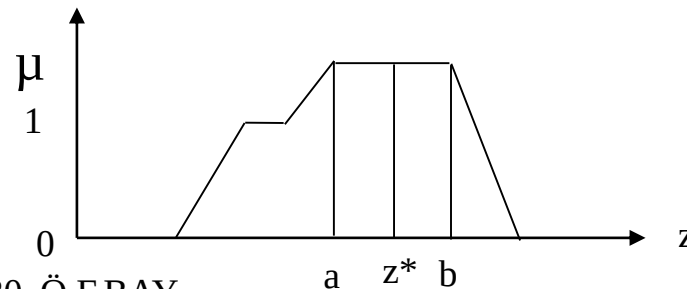
$$z^* = \frac{\sum \mu_C(\bar{z}) \bar{z}}{\sum \mu_C(\bar{z})}$$



(ii) Maksimumların Ortalaması Yöntemi

- Bu yöntem birinci yöntem maximum üyeliğin tek olmaması hariç birinci yöntem ile yakından ilişkilidir.
- Yöntem aşağıdaki cebirsel fonksiyon ile verilmiştir.

$$z^* = \frac{a+b}{2}$$



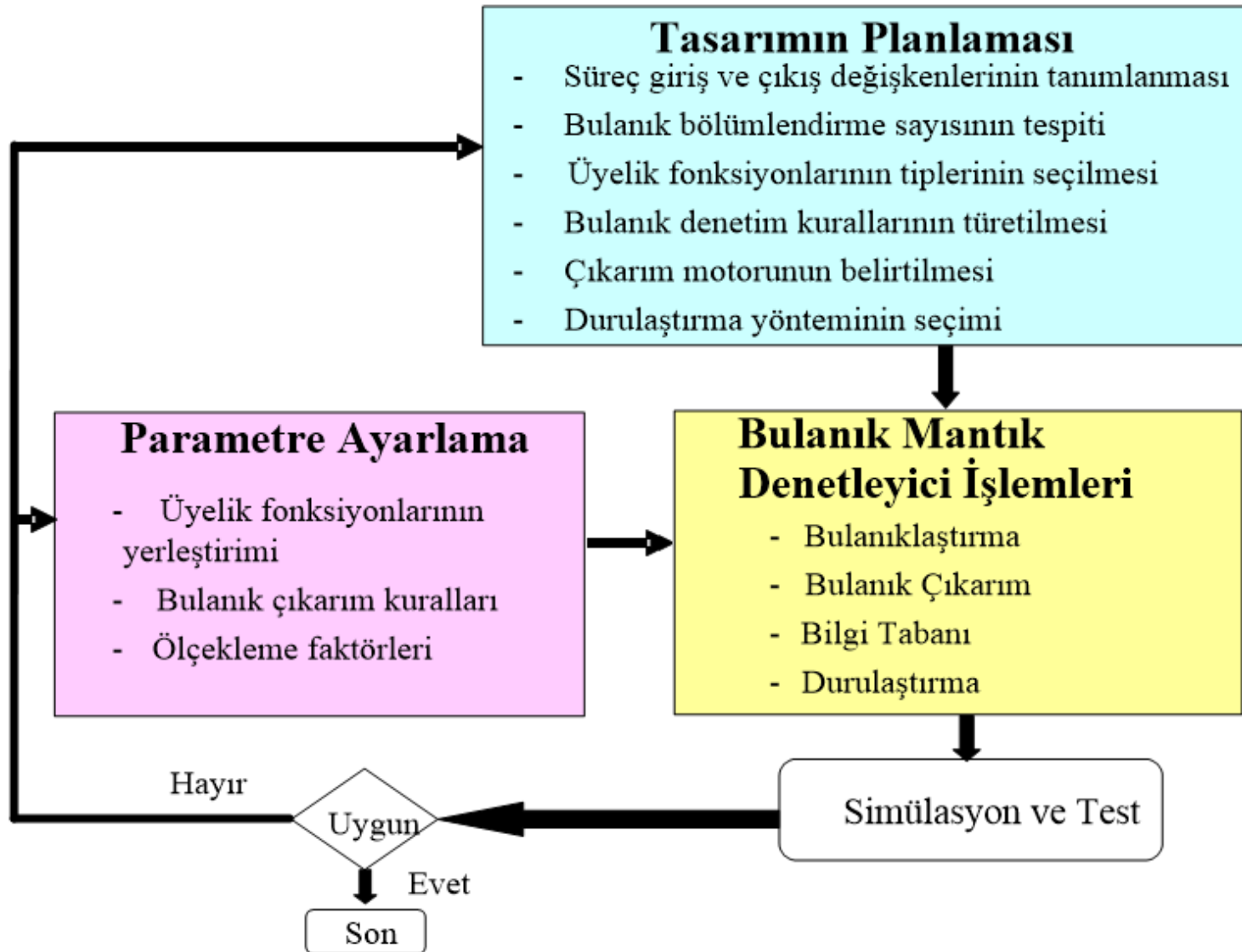
Bulanık Mantık Denetleyicisinin Tasarım İşlemi

- İlk olarak tasarımcı, dikkate alınması gereken süreç giriş ve çıkış değişkenlerini tanımlamalıdır. Bunun için tasarımcı denetlenecek sistemi iyi tanımalıdır.
- Daha sonra tasarımcı giriş ve çıkış sözel değişkenleri için bulanık bölümlemenin (ya da bulanık altkümelerin) sayısına karar vermelidir.
- Giriş-çıkış uzayı için tanımlanan bulanık kümelerin sayısı; yeterli bir tanımlama sağlayacak kadar büyük fakat belleği gereksiz harcamayacak kadar küçük olmalıdır.
- Bu sayının ne kadar iyi bir denetim sağlandığı üzerinde etkisi vardır.

- Üçüncü adımda tasarımcı bulanık giriş-çıkış değişkenleri için üyelik fonksiyonlarını seçmelidir.
- Üyelik fonksiyonları daha önce belirtiliği gibi farklı tiplerde olabilir. Ancak bunların içinde en çok kullanılanlar; üçgen ve yamuk fonksiyonlardır.
- Kullanılacak fonksiyonlar seçildikten sonra, tasarımcı bulanık denetim kurallarını daha önceden belirtilen dört yoldan birini kullanarak türetmelidir.
- Birçok pratik uygulamada ‘uzman tecrübesi ve denetim mühendisliği bilgisinden türetme’ kullanılmaktadır.
- Daha sonra çıkarım motoru tanımlanmalıdır, fakat bunun için sistematik bir yöntem bulunmamaktadır. Çoğu uygulayıcı deneysel çalışmaları ve bunların sonuçlarını tercihlerini belirlemek için kullanmaktadır.

- Son olarak tasarımcı kendi uygulaması için doğru durulaştırma yöntemini seçmelidir.
- Bulanık denetim sistemi oluşturulduktan sonra, sistem benzetimi yapılabilir.
- Sistem performansı analiz edilebilir. Eğer sonuçlar istenildiği gibi değil ise, bulanık küme sayılarında ya da üyelik fonksiyonu eşlemelerinde değişiklikler yapıp sistem tekrar test edilir.
- Bu sınama yanılma yaklaşımı istenilen sonuçlar elde edilinceye kadar sürdürülür.
- Bu yöntem zaman alıcı ve zor olmasına rağmen birçok başarılı endüstriyel uygulamada çokça kullanılmaktadır.

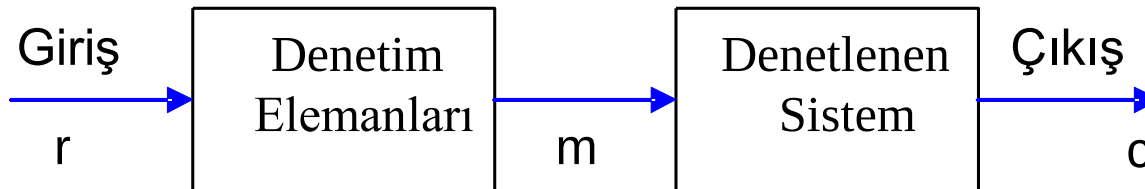
Bulanık Mantık Denetim Sisteminin Tasarım Usulü



DENETİM SİSTEMLERİ

Açık Çevrim Denetim Sistemleri

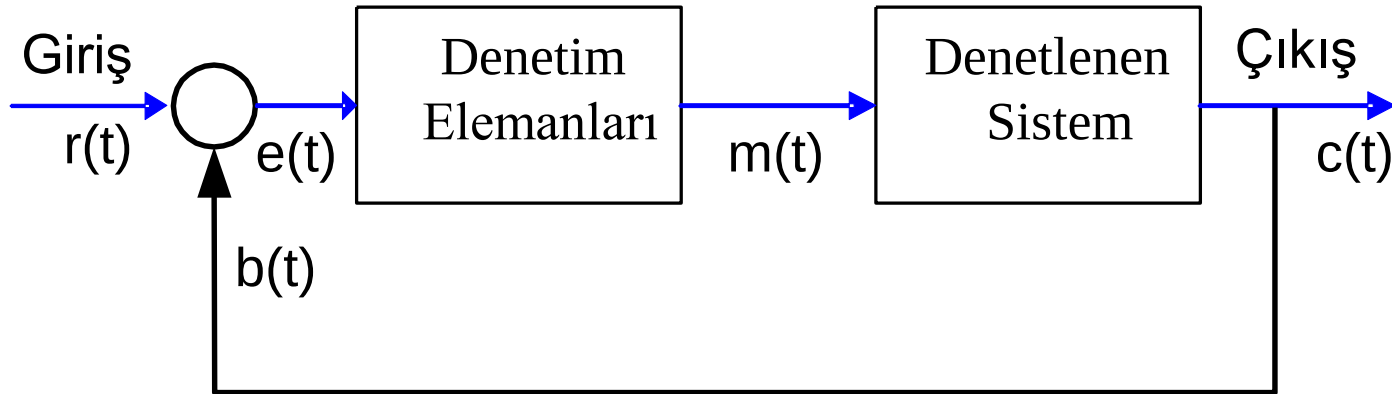
Çıkışın denetim etkisi üzerinde bir fonksiyonu yoktur, yani çıkış ölçülmez ve girişi etkilemez.



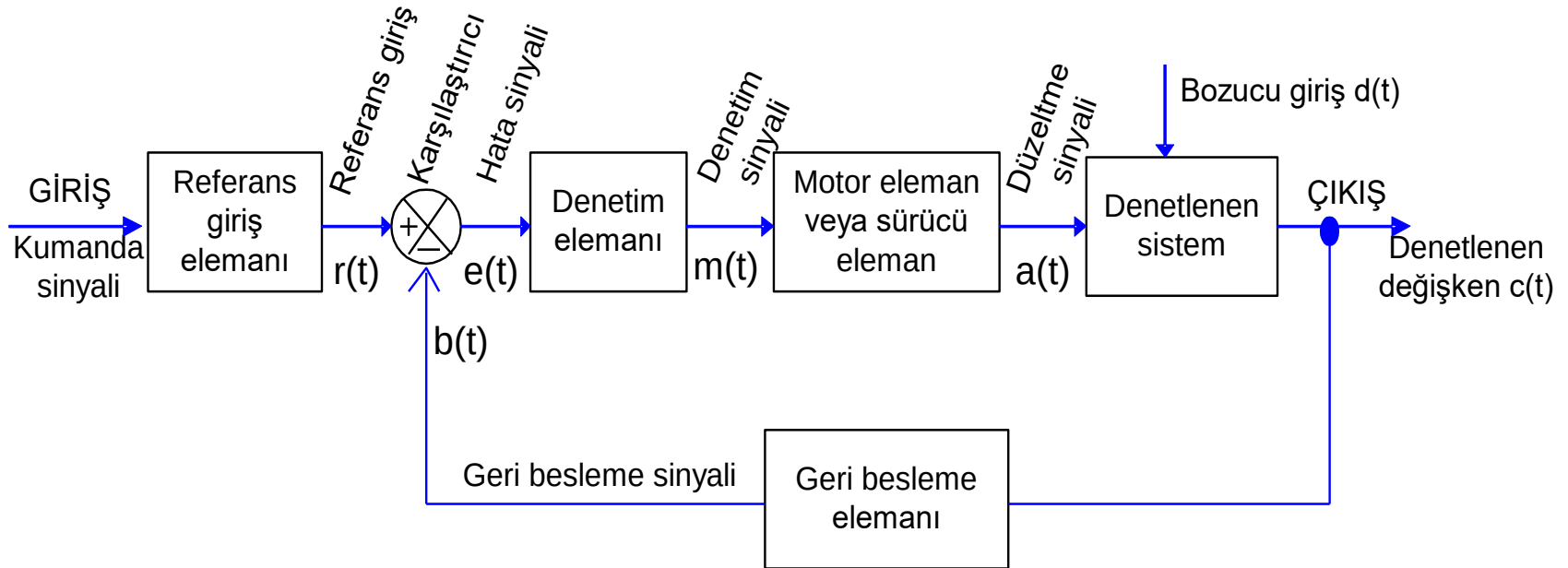
DENETİM SİSTEMLERİ

Kapalı Çevrim Denetim Sistemleri

Denetim etkisi sistemin çıkışına da bağlıdır. Sistemin çıkışı referans bir girişle (arzu edilen çıkış değeri) karşılaştırılarak elde edilen hata sinyali bir denetleyiciye verilir ve bu denetleyici yardımıyla uygun bir denetim sinyali üretilerek çıkışın arzu edilen seviyeye gelmesi dolayısıyla hata sinyalinin azalması sağlanır



GERİ BESLEMELİ DENETİM SİSTEMİ



Temel Kavramları Gösteren Bir Denetim Sisteminin Blok Gösterimi

SİSTEMLERİN MODELLENMESİ

Durum-Uzay Yaklaşımı

Doğrusal veya doğrusal olmayan, zamanla değişen veya zamanla değişmeyen, çok girişli- çok çıkışlı sistemlere de uygulanabilmektedir.

Durum: Bir dinamik sistemin durumu en küçük değişkenler takımıdır

Durum değişkenleri: Dinamik sistemin durumunu belirleyen en küçük değişkenler takımını veren değişkenlerdir

$$u_{(t)} \Rightarrow [sistem] \Rightarrow y_{(t)}$$

$$x_{(t)} \rightarrow \text{Durum degiskenle ri}$$

$$u_{(t)} \rightarrow \text{Sistem girisleri}$$

$$y_{(t)} \rightarrow \text{Sistem Cikislari}$$

Durum-Uzay Yaklaşımı

Bir sistemin durum denklemleri

$$\dot{x}_{(t)} = f(x, u, t)$$

$$y_{(t)} = g(x, u, t)$$



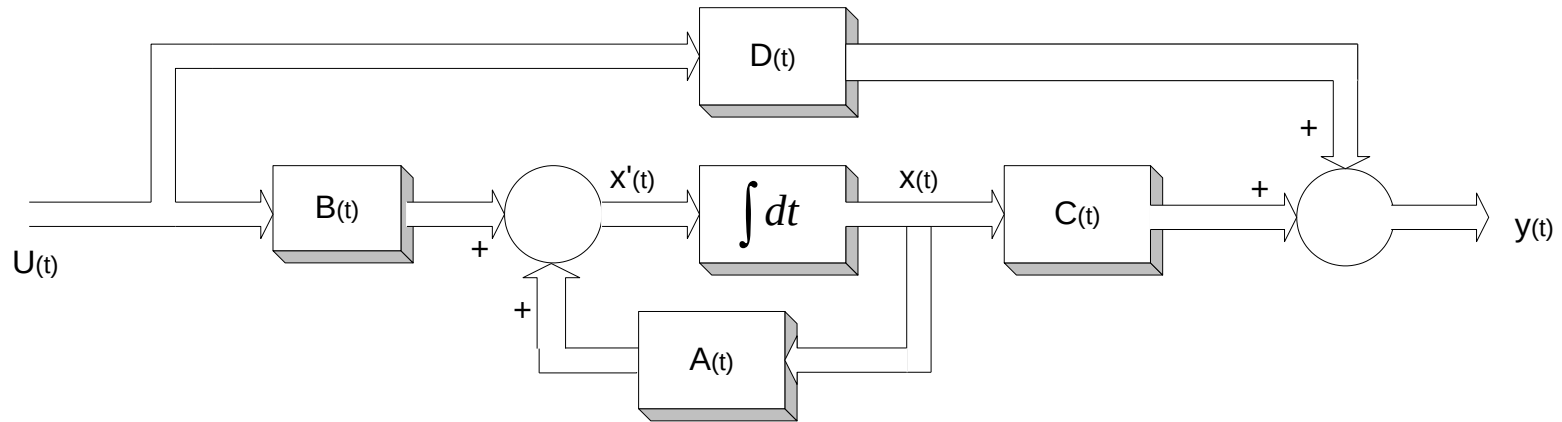
Eğer sistem doğrusal ise;

$$\dot{x}_{(t)} = A_{(t)} \cdot x_{(t)} + B_{(t)} \cdot u_{(t)}$$

$$y_{(t)} = C_{(t)} \cdot x_{(t)} + D_{(t)} \cdot u_{(t)}$$

Burada $A_{(t)}, B_{(t)}, C_{(t)}, D_{(t)}$ katsayı matrislerini ifade eder

Durum-Uzay Yaklaşımı



$$\dot{x}_{(t)} = A_{(t)} \cdot x_{(t)} + B_{(t)} \cdot u_{(t)}$$

$$y_{(t)} = C_{(t)} \cdot x_{(t)} + D_{(t)} \cdot u_{(t)}$$

Durum-uzay yaklaşımı

Örnek:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & 5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot u_{(t)}$$

$$y_{(t)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + u_{(t)}$$

Bu durumda

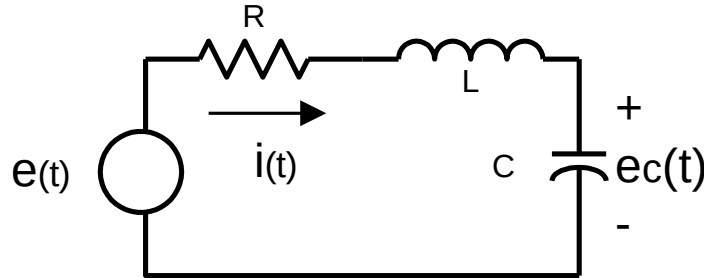
$$\dot{x}_1 = x_2$$

$$\dot{x}_2 = -2 \cdot x_1 + 5 \cdot x_2 + u(t)$$

$$y(t) = x_1(t) + u(t)$$

Durum-uzay yaklaşımı

Örnek:



$i_{(t)}, ec_{(t)}$ durum değişkeni olarak seçilir

$$e_{(t)} = R \cdot i_{(t)} + L \cdot \frac{di_{(t)}}{dt} + ec_{(t)}$$

$$\frac{di_{(t)}}{dt} = -\frac{R \cdot i_{(t)}}{L} - \frac{ec_{(t)}}{L} + \frac{e_{(t)}}{L}$$

$$L \cdot \frac{di_{(t)}}{dt} = -R \cdot i_{(t)} + e_{(t)} - ec_{(t)}$$

$$i_{(t)} = c \frac{dec_{(t)}}{dt} \Rightarrow \frac{dec_{(t)}}{dt} = \frac{1}{c} \cdot i_{(t)}$$

Durum-uzay yaklaşımı

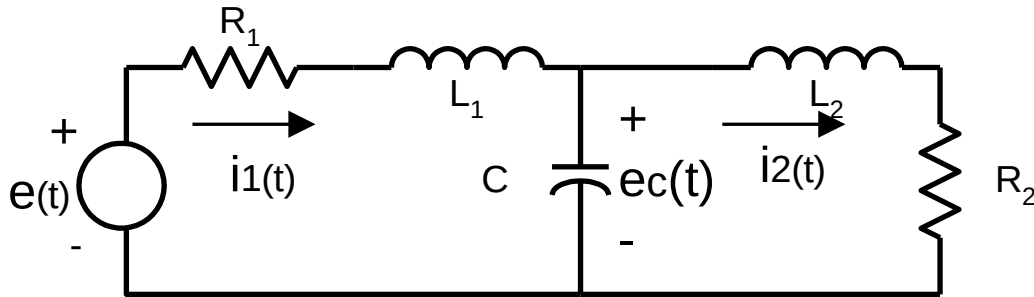
Örnek: (devam)

$$\begin{bmatrix} \frac{di_{(t)}}{dt} \\ \frac{dec_{(t)}}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R}{L} & -\frac{1}{L} \\ \frac{1}{c} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_{(t)} \\ ec_{(t)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} \cdot e_{(t)}$$

$$y = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_{(t)} \\ ec_{(t)} \end{bmatrix}$$

Durum-uzay yaklaşımı

Örnek:



$i_{1(t)}$, $i_{2(t)}$, $e_{c(t)}$ durum değişkeni olarak seçilir

$$e_{(t)} = R_1 \cdot i_{1(t)} + L_1 \cdot \frac{di_{1(t)}}{dt} + e_{c(t)} \Rightarrow \frac{di_{1(t)}}{dt} = \frac{-R_1}{L_1} \cdot i_{1(t)} - \frac{1}{L_1} \cdot e_{c(t)} + \frac{1}{L_1} \cdot e_{(t)}$$

$$0 = L_2 \cdot \frac{di_{2(t)}}{dt} + R_2 \cdot i_{2(t)} - e_{c(t)} \Rightarrow \frac{di_{2(t)}}{dt} = \frac{-R_2}{L_2} \cdot i_{2(t)} + \frac{1}{L_2} \cdot e_{c(t)}$$

$$i_{1(t)} - i_{2(t)} = C \cdot \frac{de_{c(t)}}{dt} \Rightarrow \frac{de_{c(t)}}{dt} = \frac{1}{C} \cdot i_{1(t)} - \frac{1}{C} \cdot i_{2(t)}$$

Durum-uzay yaklaşımı

Örnek: (devam)

$$\begin{bmatrix} \frac{di_{1(t)}}{dt} \\ \frac{di_{2(t)}}{dt} \\ \frac{dec_{(t)}}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R_1}{L_1} & 0 & -\frac{1}{L_1} \\ 0 & -\frac{R_2}{L_2} & \frac{1}{L_2} \\ \frac{1}{C} & -\frac{1}{C} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_{1(t)} \\ i_{2(t)} \\ ec_{(t)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L_1} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot e_{(t)}$$

$$y(t) = i_2(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_{1(t)} \\ i_{2(t)} \\ ec_{(t)} \end{bmatrix}$$

DA-DA KONVERTÖRLER

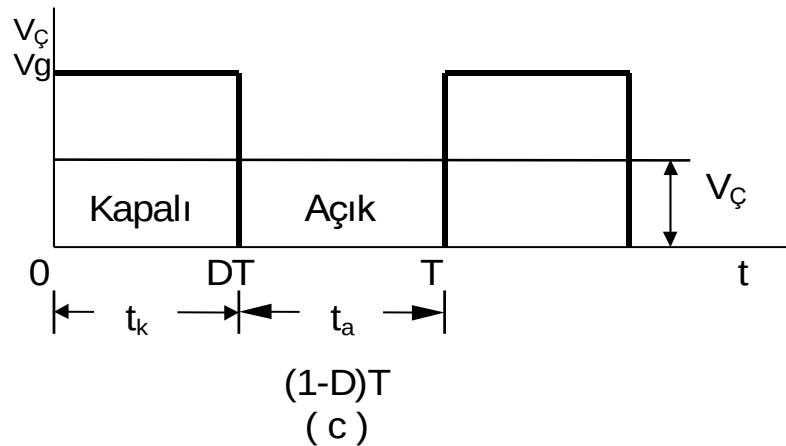
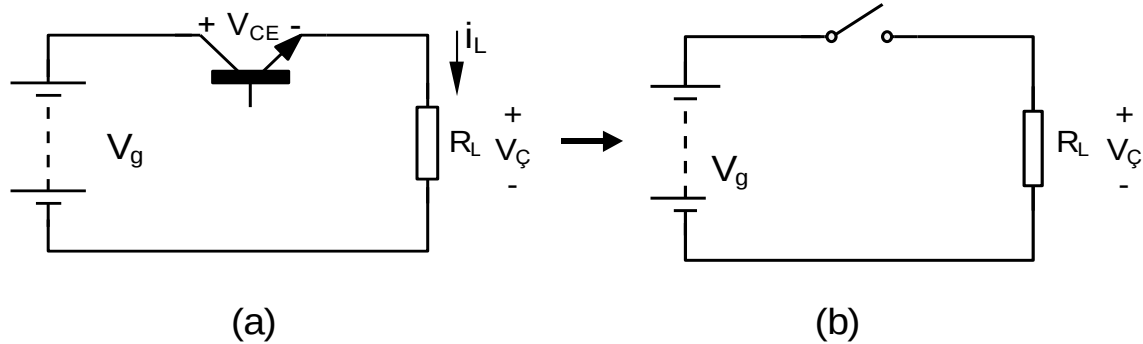
DA-DA konvertörleri bir gerilimi farklı bir gerilim seviyesine dönüştüren, çoğunlukla ayarlı çıkış üreten güç elektroniği devreleridir.

Anahtarlamalı Tip DA-DA Konvertörler

Çok değişik devre yapılarında oluşturulabilen bu konvertörlerin en temel olanları aşağıda sıralanmıştır:

- Gerilim azaltan (step-down veya buck) konvertör,
- Gerilim artıran (step-up veya boost) konvertör,
- Gerilim azaltan-artıran (step-down/up veya buck-boost) konvertör

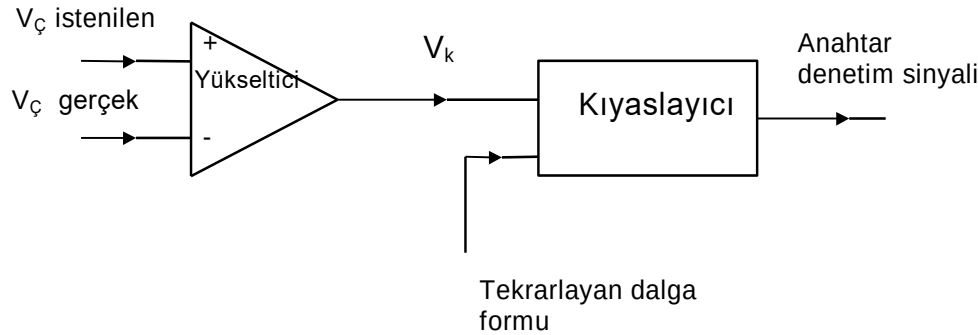
Temel anahtarlamaalı konvertör



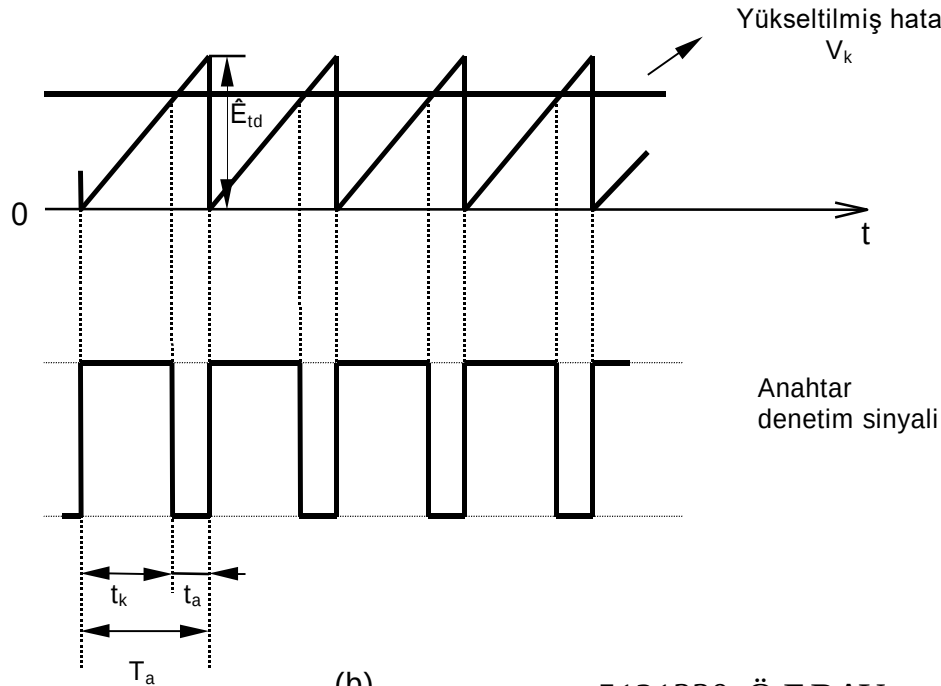
$$V_{\zeta} = \frac{1}{T_a} \int_0^{T_a} V_g(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^{DT_a} V_g dt = V_g D$$

$$D \equiv \frac{t_k}{t_k + t_a} = \frac{t_k}{T_a} = t_k f_a$$

DA-DA konvertörlerin denetimi



(a)

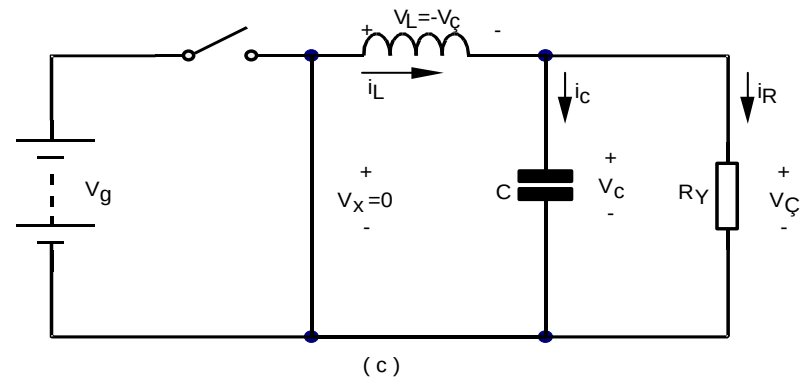
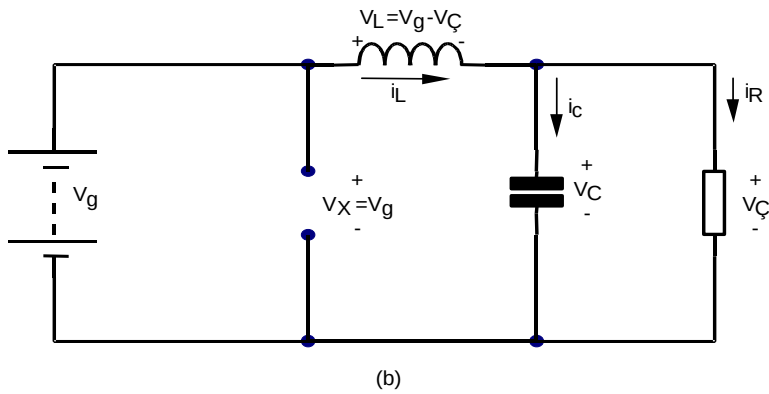
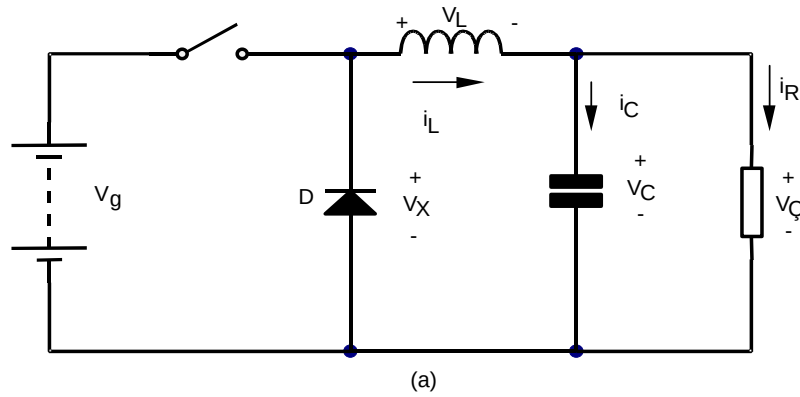


(b)

$V_k > E_{td}$ ise anahtar iletimde,
 $V_k < E_{td}$ ise anahtar kesimde

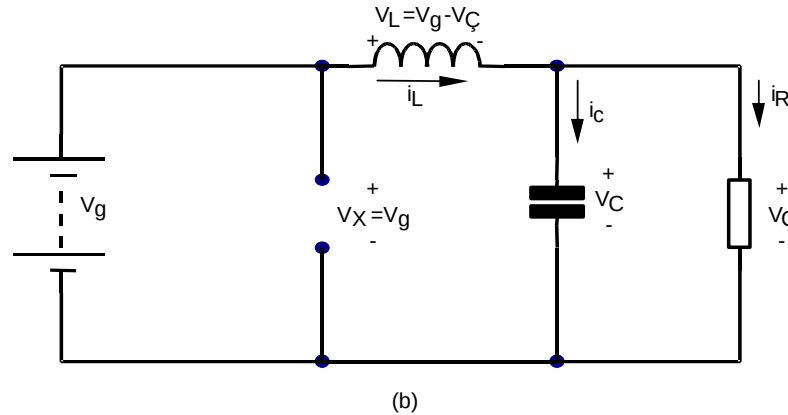
$$f_a = \frac{1}{T_a} \quad D = \frac{t_k}{T_a} = \frac{V_K}{\hat{E}_{td}}$$

Gerilim Azaltan Konvertör



Durum Denklemlerinin Oluşturulması

Anahtar kapalı iken:



$$V_g = L \frac{di_L}{dt} + v_c$$

$$i_c = C \frac{dv_c}{dt}$$

$$\frac{dv_c}{dt} = \frac{i_L}{C} - \frac{i_R}{C}$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_g}{L} - \frac{v_c}{L}$$

$$i_c = i_L - i_R$$

$$i_R = \frac{v_c}{R} = \frac{v_\xi}{R}$$

$$\frac{di_L}{dt} = -\frac{v_c}{L} + \frac{V_g}{L}$$

$$\frac{dv_c}{dt} = \frac{i_L}{C} - \frac{v_c}{RC}$$

Durum Denklemlerinin Oluşturulması

Anahtar kapalı iken devrenin durum denklemleri

$$\frac{di_L}{dt} = -\frac{v_c}{L} + \frac{V_g}{L}$$

$$\dot{x} = A_1 x + B_1 u$$

$$V_{\zeta} = v_c = C_1 x$$

$$\frac{dv_c}{dt} = \frac{i_L}{C} - \frac{v_c}{RC}$$

$$x = \begin{bmatrix} i_L \\ v_c \end{bmatrix}$$

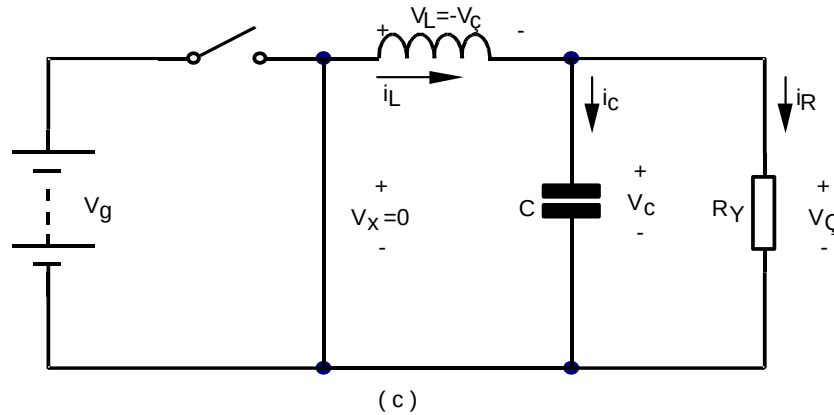
$$A_1 = \begin{bmatrix} 0 & -1/L \\ 1/C & -1/RC \end{bmatrix}$$

$$B_1 = \begin{bmatrix} 1/L \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$C_1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Durum Denklemlerinin Oluşturulması

Anahtar açık iken:



$$0 = L \frac{di_L}{dt} + v_c$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{-v_c}{L}$$

$$i_c = C \frac{dv_c}{dt}$$

$$i_c = i_L - i_R$$

$$\frac{dv_c}{dt} = \frac{i_L}{C} - \frac{i_R}{C}$$

$$i_R = \frac{v_c}{R} = \frac{v_c}{R}$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{-v_c}{L}$$

$$\frac{dv_c}{dt} = \frac{i_L}{C} - \frac{v_c}{RC}$$

Durum Denklemlerinin Oluşturulması

Anahtar açık iken devrenin durum denklemleri

$$\frac{di_L}{dt} = -\frac{v_c}{L}$$

$$\dot{x} = A_2 x + B_2 u$$

$$V_{\zeta} = v_c = C_2 x$$

$$\frac{dv_c}{dt} = \frac{i_L}{C} - \frac{v_c}{RC}$$

$A_1=A_2$, $B_2=0$ ve $C_1=C_2$

$$x = \begin{bmatrix} i_L \\ v_c \end{bmatrix}$$

$$A_1 = A_2 = \begin{bmatrix} 0 & -1/L \\ 1/C & -1/RC \end{bmatrix}$$

$$C_1 = C_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$$