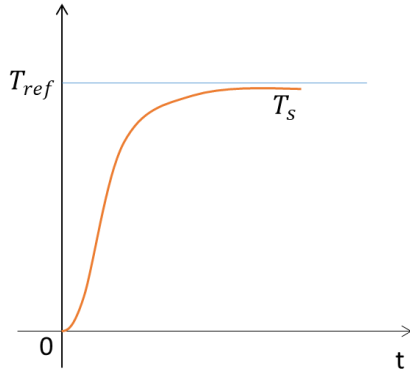




BULANIK MANTIK ile KONTROL DERS YARDIMCI NOTLARI -2024

BULANIK MANTIK DENETLEYİCİLER (BMD)

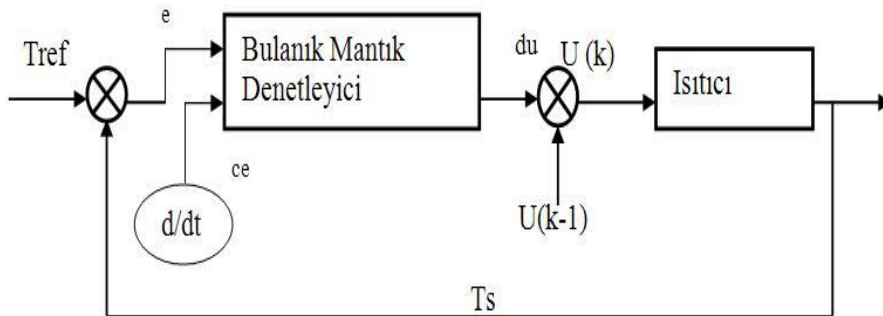
Bir sistemin denetlenmesi (kontrol edilmesi) demek, o sistemin çıkışının önceden referans olarak seçilen referans değere eşit olmasını ve her türlü dış etkiye rağmen sapmamasını sağlamak veya sapmayı en azda tutmak demektir.



Şekil-1: Basit bir kontrol mekanizması

Isıyı kontrol eden bir bulanık mantık denetleyici blok şemalar ile aşağıdaki gibi ifade edilebilir. Burada:

- Tref; Önceden belirlenmiş olan ortam sıcaklığı,
- Ts: Sıcaklık sensörü ile algılanan ortamın gerçek sıcaklığı.
- e: Hata= $T_{ref} - T_s$
- ce:Hatadaki değişim= $de/dt = e_t - e_{t-1} = e_{şimdiki} - e_{önceki}$
- du:Çıkış değişkeni= $U(k) - U(k - 1)$





Genel olarak iki tip denetleme mekanizmasından bahsedilebilir.

1. Açık döngü denetim: Bu denetim tipinde sistemin çıkışı ölçülmez. Mesela tost makinelerinde olduğu gibi sistem başta 150 C° 'ye ayarlanır ve tekrar kontrol edilmez.

2. Kapalı döngü denetim: Bu denetim tipinde sistemin çıkışı sensörler ile sürekli olarak ölçülür ve referans değer ile aynı seviyeye getirmeye çalışılır. Örneğin otomobillerdeki hız sabitleme, uçaklarda otomatik pilot vs.

BMD'ler kapalı döngü denetim yaparlar.

Burada dikkat edilirse sistemin sabit olarak iki girişi vardır. Bunlar hata (**e**) ve hatanın değişimi (**ce**) yani de/dt 'dir.

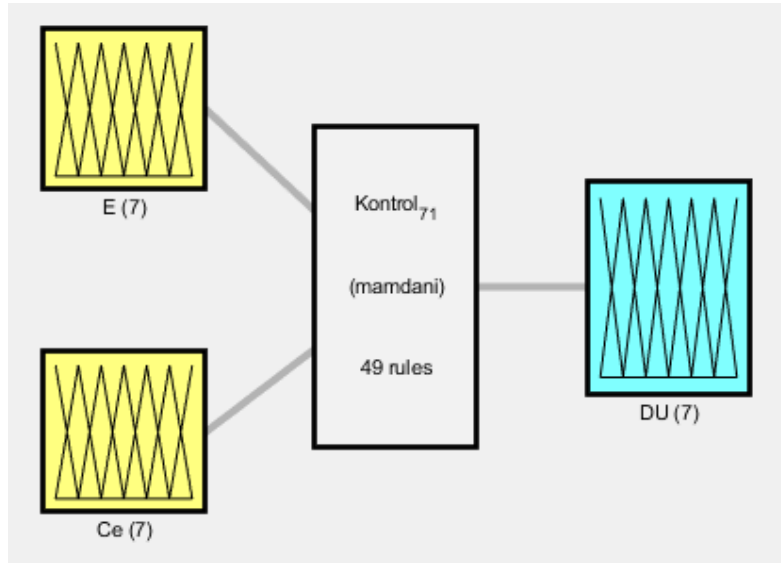
Çıkış ise **du** yani çıkıştaki değişimdir.

Bu parametrelerin evrensel kümelerini inceleyelim:

e	Evrensel kümesi	-1 .. +1
ce	Evrensel kümesi	-1 .. +1
du	Evrensel kümesi	-1 .. +1

Giriş ve çıkış değerlerini yukarıda belirtilen aralıklarda tutabilmek için **ölçekleme çarpanlarına** ihtiyaç duyulabilir.

Bir BMD'nin kurulması: (7 üyeli fonksiyonu ve 7x7 kural tabanı)

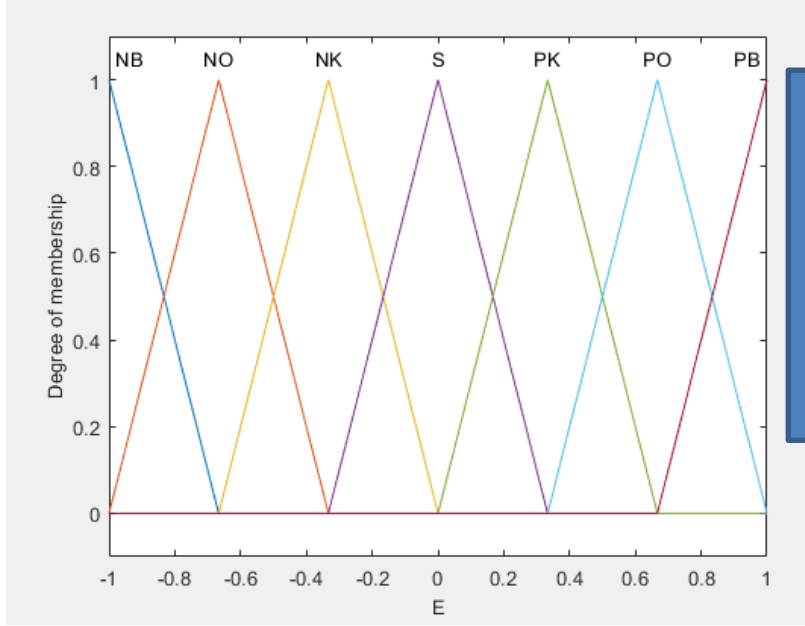


1)
Sistem 2 giriş ve 1 çıkıştan oluşmuştur.

Şekil-2: **Kontrol_7_1.fis** yapısı



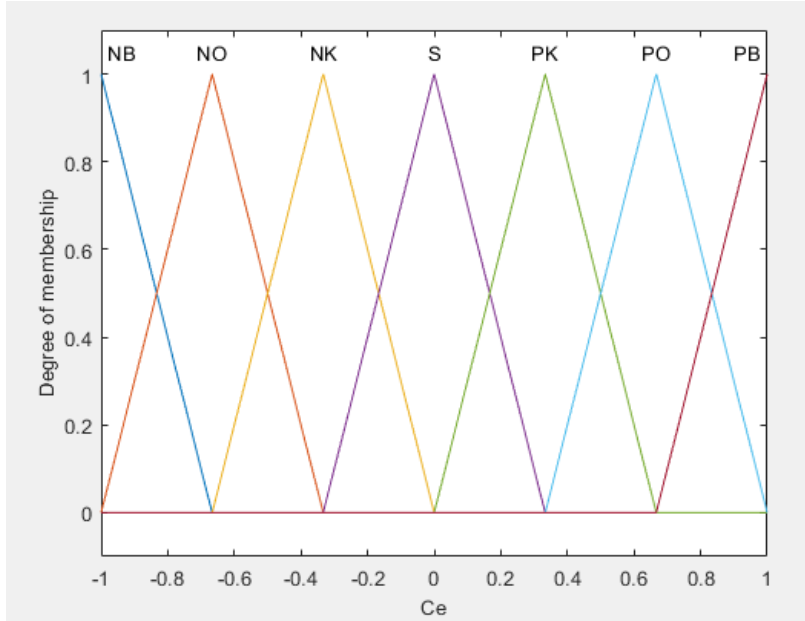
AKÜ TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ



2)

Giriş1: Hata (e) değeridir. 7 adet üyelik fonksiyonu bulunur.

Giriş üyelik fonksiyonu sayısı 3-5-7-9 ... gibi sayılarda olabilir.



3)

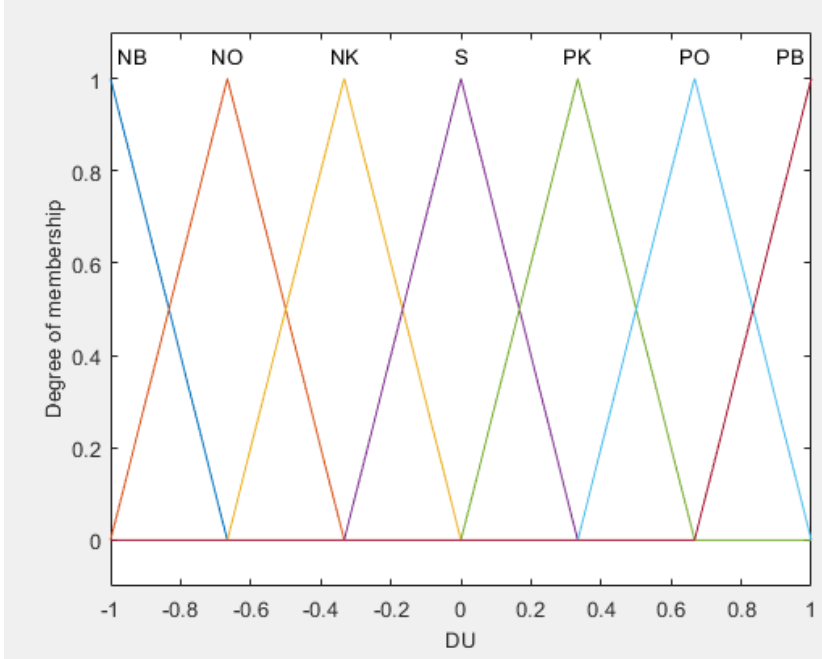
Giriş2: Hatanın değişimi (ce) değeridir. 7 adet üyelik fonksiyonu bulunur.

Giriş üyelik fonksiyonu sayısı 3-5-7-9 ... gibi sayılarda

NB: NEGATİF BÜYÜK, NO: NEGATİF ORTA, NK: NEGATİF KÜÇÜK,

S: SIFIR,

PK: POZİTİF KÜÇÜK, PO: POZİTİF ORTA, PB: POZİTİF BÜYÜK



4)
Çıkış: Çıkışın değışimi (du) değeridir. 7 adet üyelik fonksiyonu bulunur.
Çıkış üyelik fonksiyonu sayısı 3-5-7-9 ... gibi sayılarda olabilir

Şekil-3,4,5: BMD'nin Giriş ve Çıkış Yapıları

Kural Tablosu (7 Üyelik Foksiyonu için):

- '1. If (E is NB) and (Ce is NB) then (DU is NB) (1) '
- '2. If (E is NB) and (Ce is NO) then (DU is NB) (1) '
- '3. If (E is NB) and (Ce is NK) then (DU is NB) (1) '
- '4. If (E is NB) and (Ce is S) then (DU is NO) (1) '
- '5. If (E is NB) and (Ce is PK) then (DU is NO) (1) '
- '6. If (E is NB) and (Ce is PO) then (DU is NK) (1) '
- '7. If (E is NB) and (Ce is PB) then (DU is S) (1) '
- '8. If (E is NO) and (Ce is NB) then (DU is NB) (1) '
- '9. If (E is NO) and (Ce is NO) then (DU is NB) (1) '
- '10. If (E is NO) and (Ce is NK) then (DU is NO) (1) '
- '11. If (E is NO) and (Ce is S) then (DU is NO) (1) '
- '12. If (E is NO) and (Ce is PK) then (DU is NK) (1) '
- '13. If (E is NO) and (Ce is PO) then (DU is S) (1) '

e ce	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



AKÜ TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ



- '14. If (E is NO) and (Ce is PB) then (DU is PK) (1)'
- '15. If (E is NK) and (Ce is NB) then (DU is NO) (1)'
- '16. If (E is NK) and (Ce is NO) then (DU is NO) (1)'
- '17. If (E is NK) and (Ce is NK) then (DU is NK) (1)'
- '18. If (E is NK) and (Ce is S) then (DU is NK) (1) '
- '19. If (E is NK) and (Ce is PK) then (DU is S) (1) '
- '20. If (E is NK) and (Ce is PO) then (DU is PK) (1)'
- '21. If (E is NK) and (Ce is PB) then (DU is PK) (1)'
- '22. If (E is S) and (Ce is NB) then (DU is NO) (1) '
- '23. If (E is S) and (Ce is NO) then (DU is NK) (1) '
- '24. If (E is S) and (Ce is NK) then (DU is NK) (1) '
- '25. If (E is S) and (Ce is S) then (DU is S) (1) '
- '26. If (E is S) and (Ce is PK) then (DU is PK) (1) '
- '27. If (E is S) and (Ce is PO) then (DU is PK) (1) '
- '28. If (E is S) and (Ce is PB) then (DU is PO) (1) '
- '29. If (E is PK) and (Ce is NB) then (DU is NK) (1)'
- '30. If (E is PK) and (Ce is NO) then (DU is NK) (1)'
- '31. If (E is PK) and (Ce is NK) then (DU is S) (1) '
- '32. If (E is PK) and (Ce is S) then (DU is PK) (1) '
- '33. If (E is PK) and (Ce is PK) then (DU is PK) (1)'
- '34. If (E is PK) and (Ce is PO) then (DU is PO) (1)'
- '35. If (E is PK) and (Ce is PB) then (DU is PO) (1)'
- '36. If (E is PO) and (Ce is NB) then (DU is NK) (1)'
- '37. If (E is PO) and (Ce is NO) then (DU is S) (1) '
- '38. If (E is PO) and (Ce is NK) then (DU is PO) (1)'
- '39. If (E is PO) and (Ce is S) then (DU is PK) (1) '



AKÜ TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ



- '40. If (E is PO) and (Ce is PK) then (DU is PO) (1)'
- '41. If (E is PO) and (Ce is PO) then (DU is PO) (1)'
- '42. If (E is PO) and (Ce is PB) then (DU is PB) (1)'
- '43. If (E is PB) and (Ce is NB) then (DU is S) (1)'
- '44. If (E is PB) and (Ce is NO) then (DU is PK) (1)'
- '45. If (E is PB) and (Ce is NK) then (DU is PO) (1)'
- '46. If (E is PB) and (Ce is S) then (DU is PO) (1)'
- '47. If (E is PB) and (Ce is PK) then (DU is PO) (1)'
- '48. If (E is PB) and (Ce is PO) then (DU is PB) (1)'
- '49. If (E is PB) and (Ce is PB) then (DU is PB) (1)'

Tablo 1:7x7 'lik Kural Tablosu kısaca aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

e ce	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



Tablo 2: Aynı zamanda 5x5 olan (5 üyelik fonksiyonu için) kural tabloları da vardır. Bir örneği aşağıdaki gibidir.

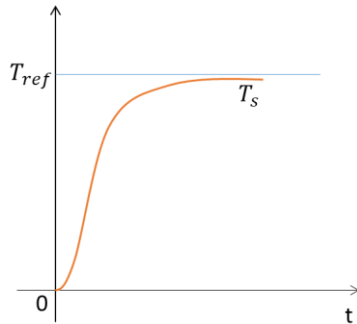
e ce	NB	NK	S	PK	PB
NB	NB	NB	NB	NK	S
NK	NB	NK	NK	S	PK
S	NB	NK	S	PK	PB
PK	PK	S	PK	PK	PB
PB	PB	PK	PB	PB	PB

Tablo 3: 3x3 olan (3 üyelik fonksiyonu için) kural tabloları da vardır. Bir örneği aşağıdaki gibidir.

e ce	NB	S	PB
NB	NB	NB	S
S	NB	S	PB
PB	S	PB	PB

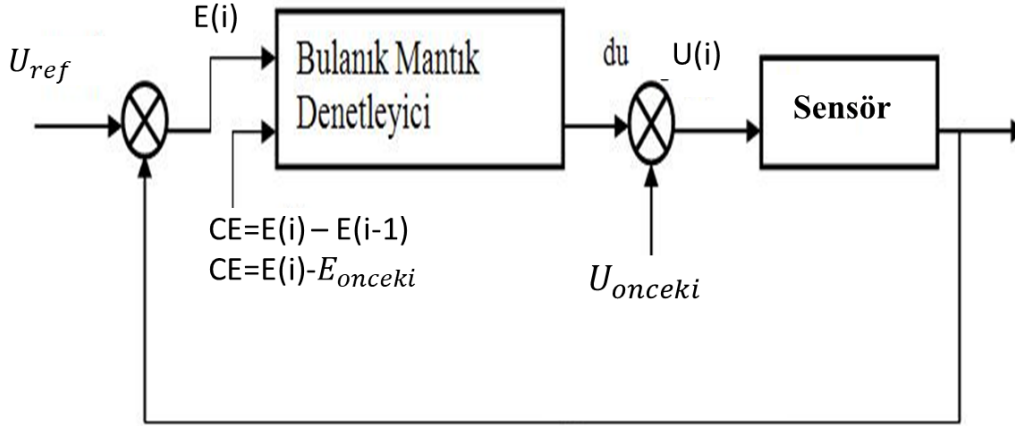
Bir BMD Sisteminin yazılım üzerinde uygulaması:

Matlab kullanarak tamamen ideal şartlarda bir uygulama yapılacaktır. Bu uygulamada bir referans değer seçeceğiz (T_{ref}). Bu referans değeri bir motorun devir/dak cinsinden hızı, bir güç kaynağının çıkış voltajı ya da bir su deposundaki suyun seviyesi olarak düşünebiliriz. Buna karşılık BMD sistemi, verilen referans değerinin etrafından hiç ayrılmayan, neredeyse tam örtüşen yeni bir sinyal üretmelidir (T_s). Şekil-1'de verilen sinyalleri tekrar hatırlayalım:





Uygulama tamamen yazılım ortamında gerçekleştirileceği için kayıplara sebep olacak herhangi bir devre elemanı (motor, sensör, led, kondansatör, direnç vs.) bulunmamaktadır. Bu durumda sonuçların da ideal çıkması gerekir.



Yukarıdaki sistemi yazılım ortamında oluşturmaya çalışalım:

```
clc;clear;close all;
f=readfis('Kontrol_3_1.fis');% 3 kurallı sistem kullanılıyor.
E_onceki=0;
U_onceki=0.5; % ilk değerler seçiliyor.
U_Ref=4;
for i=1:70
    E(i)=U_Ref-U_onceki;% E hata değerini temsil ediyor.
    Ce(i)=E(i)-E_onceki; % Ce hatanın değişimini temsil ediyor.

    if E(i)<-1
        E(i)=-1;
    elseif E(i)>1
        E(i)=1;
    end

    if Ce(i)<-1
        Ce(i)=-1;
    elseif Ce(i)>1
        Ce(i)=1;
    end

    du(i)=evalfis([E(i) Ce(i)],f);
end
```

E(i) ve Ce(i) değerleri evrensel küme haricinde gelirse programın hata vermemesi için tedbir alındı.

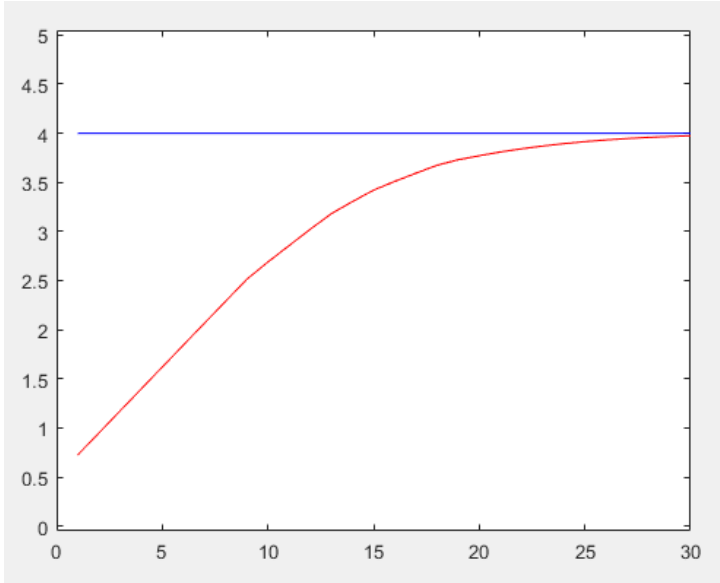


AKÜ TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ



```
U(i)=U_onceki+du(i)*0.75; %0.75 ölçekleme çarpanı
plot(U,'r');
hold on;
plot(U_Ref*ones(size(U)), 'b'); %Ref değerinin grafikte görünmesi
ylim([-0.05 5.05]);
drawnow;
fprintf('i=%d Ref=%.2f YeniDeger=%.2f E=%.2f
Ce=%.2f\n', i, U_Ref, U(i), E(i), Ce(i));
E_onceki=E(i);
U_onceki=U(i);
pause(0.2);
end
```

Bu program çalıştırıldığında aşağıdaki grafik oluşacaktır. Grafikte Mavi çizgi 4V olarak seçilen referans değer (Uref), kırmızı eğri ise referans değer ile örtüşmeye çalışacak olan kontrol sinyalidir (U). Görüldüğü üzere 30. Çevrimde referans sinyal yakalanmıştır.



30 çevrim boyunca oluşan Referans ve Kontrol sinyalleri ile Hata ve Hatanın değişimi değerleri aşağıda verilmiştir.

i=1 Ref=4.00 YeniDeger=0.72385 E=1.00000 Ce=1.00000

i=2 Ref=4.00 YeniDeger=0.94770 E=1.00000 Ce=1.00000

i=3 Ref=4.00 YeniDeger=1.17155 E=1.00000 Ce=1.00000

i=4 Ref=4.00 YeniDeger=1.39540 E=1.00000 Ce=1.00000

i=5 Ref=4.00 YeniDeger=1.61924 E=1.00000 Ce=1.00000

i=6 Ref=4.00 YeniDeger=1.84309 E=1.00000 Ce=1.00000



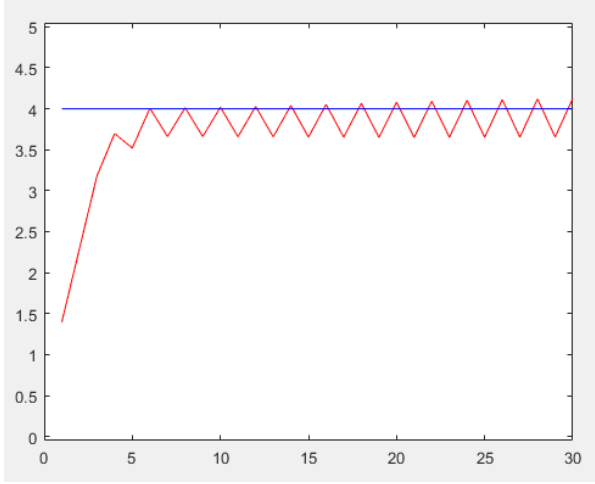
AKÜ TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ



i=7 Ref=4.00 YeniDeger=2.06694 E=1.00000 Ce=1.00000
i=8 Ref=4.00 YeniDeger=2.28963 E=1.00000 Ce=0.93306
i=9 Ref=4.00 YeniDeger=2.51288 E=1.00000 Ce=0.71037
i=10 Ref=4.00 YeniDeger=2.68911 E=1.00000 Ce=0.48712
i=11 Ref=4.00 YeniDeger=2.85574 E=1.00000 Ce=0.31089
i=12 Ref=4.00 YeniDeger=3.02235 E=1.00000 Ce=0.14426
i=13 Ref=4.00 YeniDeger=3.18131 E=0.97765 Ce=-0.02235
i=14 Ref=4.00 YeniDeger=3.30479 E=0.81869 Ce=-0.15895
i=15 Ref=4.00 YeniDeger=3.42104 E=0.69521 Ce=-0.12348
i=16 Ref=4.00 YeniDeger=3.51005 E=0.57896 Ce=-0.11625
i=17 Ref=4.00 YeniDeger=3.59330 E=0.48995 Ce=-0.08901
i=18 Ref=4.00 YeniDeger=3.67439 E=0.40670 Ce=-0.08325
i=19 Ref=4.00 YeniDeger=3.73057 E=0.32561 Ce=-0.08108
i=20 Ref=4.00 YeniDeger=3.77136 E=0.26943 Ce=-0.05619
i=21 Ref=4.00 YeniDeger=3.80984 E=0.22864 Ce=-0.04078
i=22 Ref=4.00 YeniDeger=3.84212 E=0.19016 Ce=-0.03849
i=23 Ref=4.00 YeniDeger=3.87046 E=0.15788 Ce=-0.03227
i=24 Ref=4.00 YeniDeger=3.89461 E=0.12954 Ce=-0.02835
i=25 Ref=4.00 YeniDeger=3.91519 E=0.10539 Ce=-0.02415
i=26 Ref=4.00 YeniDeger=3.93243 E=0.08481 Ce=-0.02058
i=27 Ref=4.00 YeniDeger=3.94672 E=0.06757 Ce=-0.01724
i=28 Ref=4.00 YeniDeger=3.95832 E=0.05328 Ce=-0.01429
i=29 Ref=4.00 YeniDeger=3.96767 E=0.04168 Ce=-0.01159
i=30 Ref=4.00 YeniDeger=3.97504 E=0.03233 Ce=-0.00935



Burada sonuçların alınmasında ölçekleme çarpanının önemi büyüktür. Ölçekleme çarpanı kullanılmadığı takdirde kontrol sinyalinin referans sinyal etrafında harmonikler oluşturması olasılığı doğmaktadır. Bu durum Şekil-7'de gösterilmiştir.



Şekil-7: Ölçekleme çarpanının kullanılmadığında oluşan harmonikler

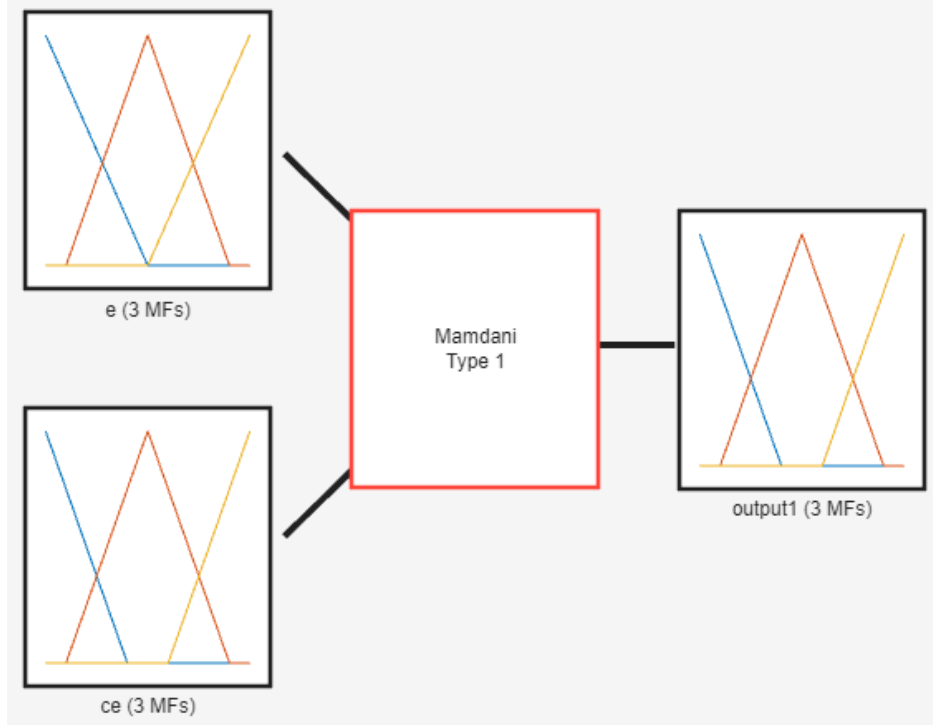
Bulanık Mantık Sistem tasarımının kontrol performansına etkisi:

Bulanık mantık sistemlerinde, üyelik fonksiyonları belirli bir girdi değerinin bir kümeye ait olma derecesini belirler. Bu fonksiyonlar, üçgen, yamuk, Gaussian gibi farklı tiplerde olabilir. Her bir üyelik fonksiyonu tipinin kontrol performansına farklı etkileri vardır. Hangi üyelik fonksiyonunun kullanılacağı, belirli bir kontrol problemine ve kullanıcı tercihlerine bağlıdır. Basit, düşük hesaplama maliyetli sistemler için üçgen üyelik fonksiyonları uygundur. Daha esnek ve doğal davranış gerektiren durumlarda yamuk üyelik fonksiyonları tercih edilebilir. Gaussian üyelik fonksiyonları ise daha pürüzsüz geçişler ve daha doğal bir davranış sağlamak için tercih edilebilir, ancak bu durumda artan hesaplama maliyeti göz önünde bulundurulmalıdır.

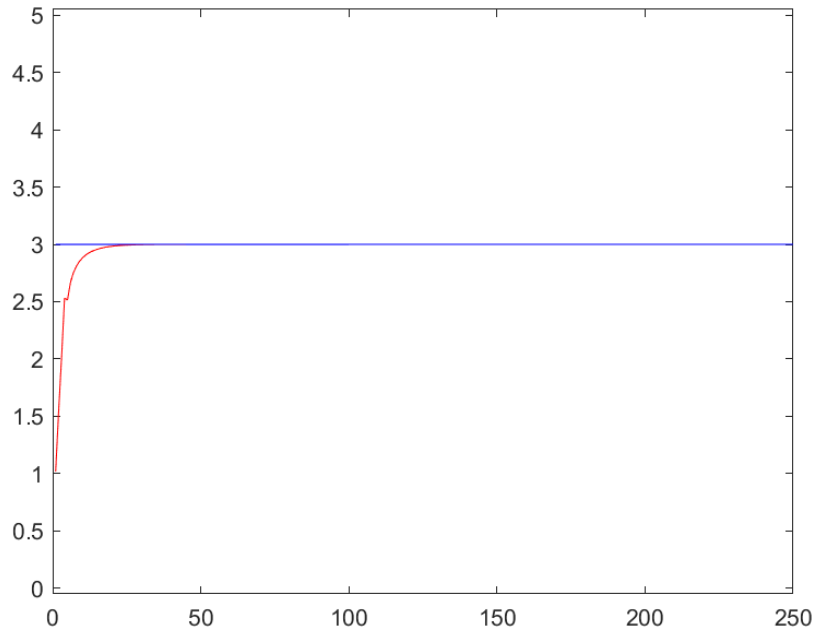
Tabii olarak, üyelik fonksiyonlarının evrensel küme üzerindeki dağılımları da önemlidir. Genel olarak düzgün dağılım seçilir ancak ihtiyaca göre dağılım dayanak noktaları değiştirilebilir.

Aşağıda üçgen üyelik fonksiyonlarının düzgün ve düzgün olmayan dağılımlarından örnekler verilmiştir.

- **Düzgün Dağılım:**

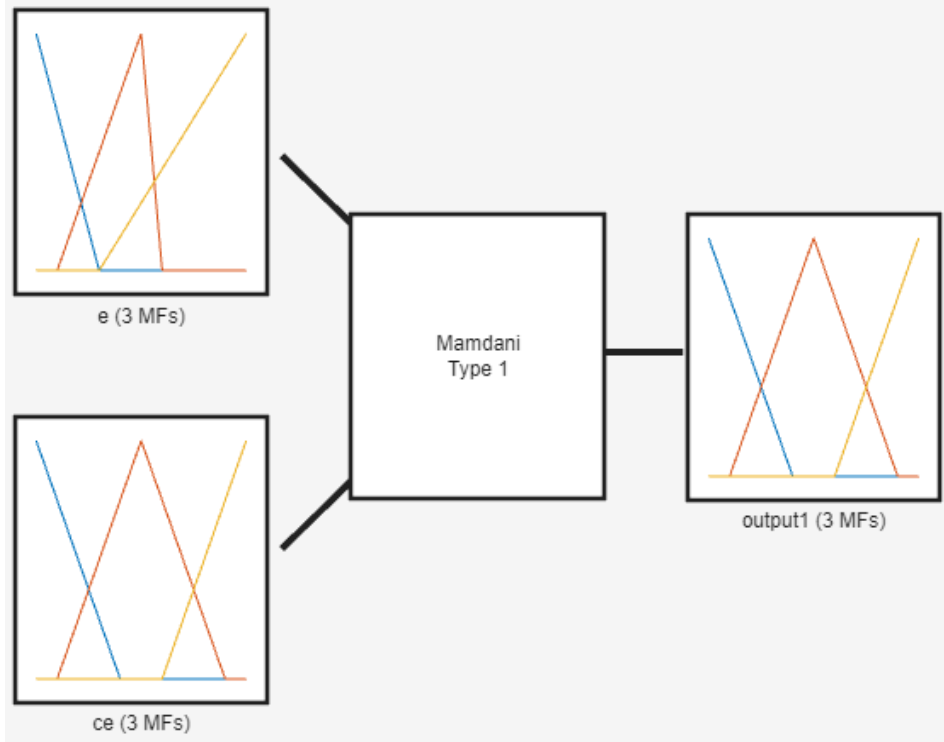


Şekil-8: Düzgün dağıtılmış üyelik fonksiyonları

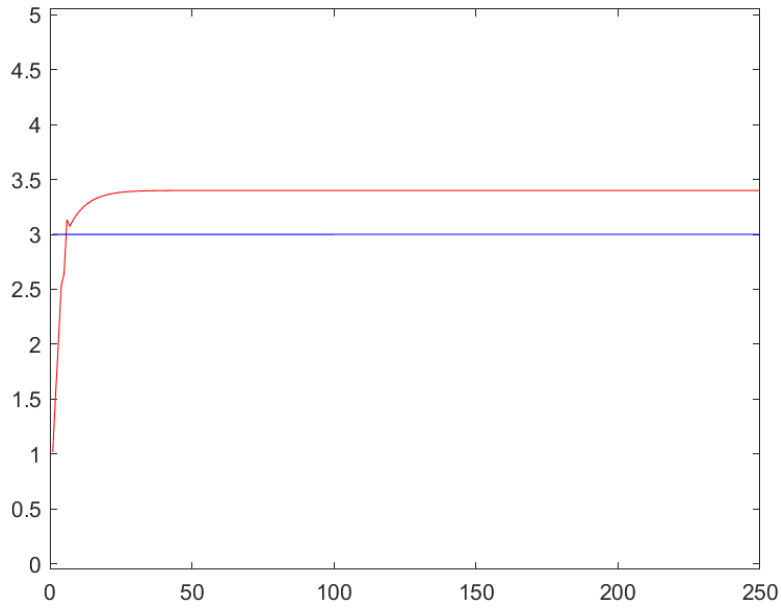


Şekil-9: Düzgün dağıtılmış üyelik fonksiyonları ile oluşan sonuç

- Düzgün olmayan dağılım



Şekil-10: Düzgün dağıılmamış üyelik fonksiyonları

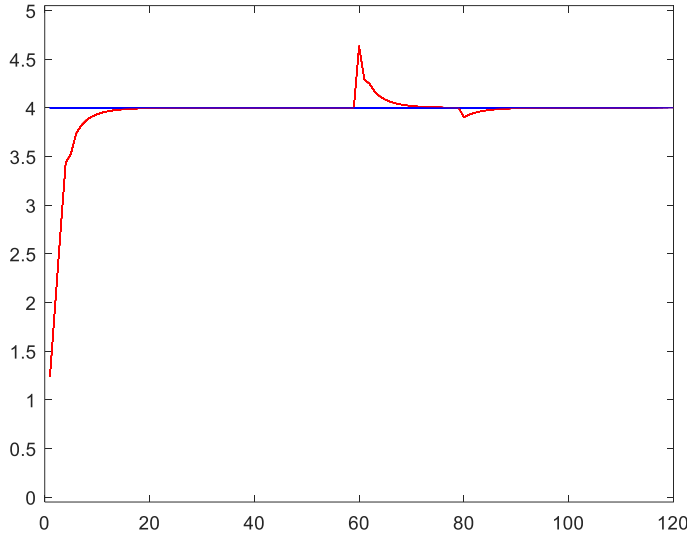


Şekil-11: Düzgün dağıılmamış üyelik fonksiyonları ile oluşan sonuç



Bozucu Etkiler (Disturbance):

Kontrol edilen bir sistemde özellikle dış çevre şartlarında mutlaka bozucu etkiler olacaktır. Örneğin bir döner kanatlı veya sabit kanatlı İHA'da rüzgar etkisi, bir AC veya DC motorda yüklerin değişimi, bir otomobildeki cruise kontrol işleminde yokuş tırmanırken veya inerken araca toplam ağırlığına fazladan kuvvetler vb. İyi bir kontrol sisteminin bu bozucu etkileri hızlıca bertaraf etmesi gerekir. Aşağıdaki kontrol sürecinde bu durum grafiksel olarak anlatılmıştır.



Yukarıdaki örnekte olduğu gibi ideal şartlarda kararlı ve hızlı çalışan sistem gerçek zamanlı sistemlere uygulandığında; kullanılan elektronik ve mekanik bileşenler nedeniyle bozulmalara uğrayabilir. Aşağıda böyle bir sistem modellenmeye çalışılmıştır.

Bozucu etki

```
clc;clear;close all;
f=readfis('Kontrol_3_1.fis');
E_onceki=0;U_onceki=0;
Ref=4;%seçilen referans değer
i_son=120;
%*****Bozulma Etkisi Oluşturuluyor*****
disturbance=zeros(1,i_son);
disturbance(1,i_son/2)=rand();
disturbance(1,round(2*i_son/3))=-rand();
%*****Bozulma Etkisi Oluşturuluyor*****
cikisEski=0.5;
olciklemeCarpani=1;
for i=1:i_son
    E(i)=Ref-cikisEski;% E hata değerini temsil ediyor.
    Ce(i)=E(i)-E_onceki;% Ce hatanın değişimini temsil ediyor.
```



AKÜ TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ



```
if E(i)<-1
    E(i)=-1;
elseif E(i)>1
    E(i)=1;
end

if Ce(i)<-1
    Ce(i)=-1;
elseif Ce(i)>1
    Ce(i)=1;
end

du(i)=evalfis(f,[E(i) Ce(i)]);
cikis(i)=cikisEski+du(i)*olceklemeCarpani+disturbance(i);
plot(cikis,'r');
hold on;
plot(Ref*ones(size(cikis)),'b');%Ref değerinin grafikte
görünmesi saęlandı
ylim([-0.05 5.05]);%grafik sınır değerleri verildi
drawnow;
```