

## Soru

Güneş ışınlam seviyesi  $75 \text{ mW/cm}^2$  ve sıcaklık  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  ise, bu bulanık kural tabanlı sistemin pu cinsinden güç çıkışını bulunuz.

a) Her aşamayı detaylı olarak açıklayınız.

b) a şıkında elde ettiğiniz sonucu MATLAB’de elde ettiğiniz sonuç ile karşılaştırınız.

Mamdani Bulanık Modellemesi Durulaştırma için alanların merkezi yöntemini kullanınız.

## Cevap

Soruyu cevaplamak için öncelikle adımlarımızı belirlemeliyiz. Mamdani Bulanık Modellemesi şu aşamalardan oluşmaktadır.

- Problemin giriş ve çıkışları belirlenir.
- Giriş ve çıkışlar için üyelik fonksiyonları belirlenir.
- Kural tablosu oluşturulur.

Bunların sonucunda sisteme bir giriş geldiğinde,

- Gelen girişe göre seçilen kurallar ile aktif kurallar belirlenir.
- Giriş bulanıklaştırma adımından geçer.
- Kurallar işlenir.
- Bulanık sonuçlandırma yapılır.
- Sonucu asıl makine sisteminin anlayacağı formata dönüştürmek için durulaştırma adımı uygulanır. Bu adımda soruda da belirtildiği üzere alanların merkezi yöntemi kullanılacaktır.

## A şıkkı için çözüm

O halde yukarıdaki adımları önce manuel olarak yapalım.

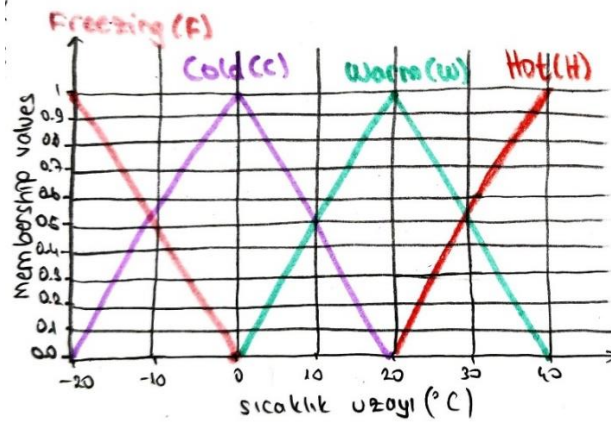
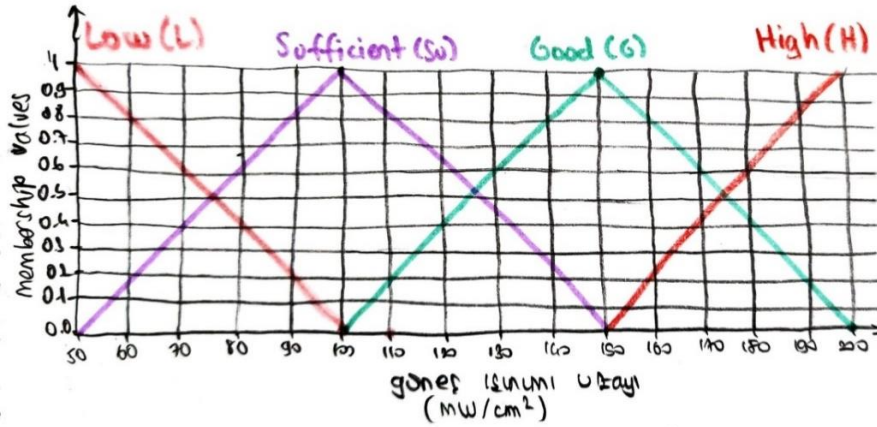
Bu kısım için önceki örneklerden yaralanalım. Daha öncesinde bu soru ile alakalı bir örnekte şunlar açıklanmıştı,

*Fotovoltaik (FV) paneller tarafından üretilen güç, güneş ışınlamı ve çalışma sıcaklığının fonksiyonu olarak değişir. Böylece üretilen güç, güneş ışınlamı seviyesi arttıkça artar, ancak çalışma sıcaklığı arttıkça azalır. Bu nedenle, güneş ışınlamı, sıcaklık, rüzgar ve dalgalar gibi meteorolojik veriler, yenilenebilir enerji projelerinde kullanılmak üzere günlük, aylık ve yıllık olarak ölçülür. Bu ölçümler  $50 \text{ mW/cm}^2$  'nin düşük olduğunu gösterirken  $200 \text{ mW/cm}^2$  'nin ortalamanın oldukça üzerinde olduğunu gösterir ve bu değerin iyi olduğu varsayılır. Benzer şekilde, ortam sıcaklığı  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$  ile  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  arasında değişmektedir. Bu yorumlara dayanarak, kesin bir güneş ışınlam seviyesi evreni(S),  $\{50,200\} \text{ mW/cm}^2$  aralığında tanımlanabilir ve keskin bir sıcaklık evreni (T)  $\{-20,40\} \text{ }^\circ\text{C}$  aralığında tanımlanabilir.*

*(a) S evrenini, eşit olarak dağıtılmış üçgen tipi üyelik fonksiyonlarıyla temsil edilen düşük (L), yeterli (Su), iyi (G) ve yüksek (Hi) alt kümelerine ayırın.*

*(b) T evrenini, eşit olarak dağıtılmış üçgen tip üyelik fonksiyonlarıyla temsil edilen dondurucu soğuk (F), soğuk (C), ılık (W) ve sıcak (Ho) bulanık alt kümelerine ayırın.*

Çözüm olarak şu üçgen üyelik fonksiyonuna sahip kümeler oluşturulmuştur:

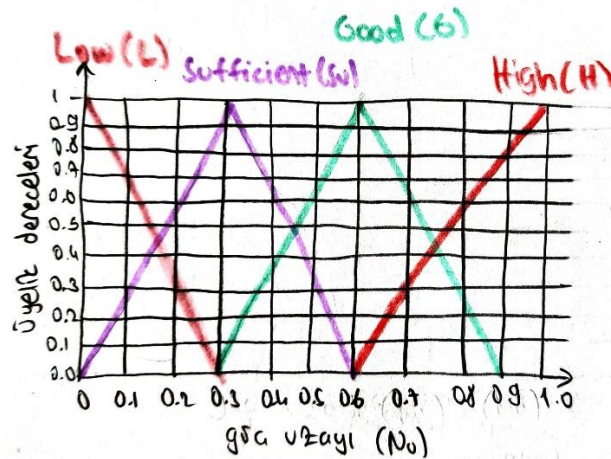


Oluşturulan bu kümeler problem için **giriş kümesi** olmaktadır.

Çıkış kümesi için başka bir örnekte belirtilen şu açıklamaya göre bir güç ilişkisi oluşturarak bir **çıkış uzayı** ve bunları bölümleyerek **çıkış kümeleri** oluşturulabilir.

*Fotovoltaik (FV) paneller tarafından üretilen güç, güneş ışıınımı ve çalışma sıcaklığının fonksiyonu olarak değişir. Böylece üretilen güç, güneş ışıınımı seviyesi arttıkça artar, ancak çalışma sıcaklığı arttıkça azalır.*

Güç güneş ışıınım seviyesi ile doğru orantılı olduğundan güneş ışıınım seviyesindeki değerleri kullanarak bir uzay ve kümeler oluşturmaya çalışıldı.



Mamdani'nin ilk aşamaları olan problemin giriş ve çıkış kümeleri, üyelik fonksiyonları belirlendi. Bu aşamalardan sonra kural tablosu oluşturulur.

Yine çıkış kümeleri için yaralandığımız örneğe bakarak **kural tablosunu** şu şekilde kurabiliriz.

K	LI	SuI	GI	HI
FT	LP	SuP	GP	HP
CT	LP	SuP	HP	HP
WT	LP	SuP	HP	HP
HT	LP	SuP	HP	HP

Radyasyon Kümeleri

Sıcaklık Kümeleri

Güç Kümeleri

LI = low irradiation

FT = freezing temperature

LP = low power

SuI = sufficient irradiation

CT = cold temperature

SuP = sufficient power

GI = good irradiation

WT = warm temperature

GP = good power

HI = high irradiation

HT = hot temperature

HP = high power

Sorunun ana kısmı için sistemimize gelen girişlere göre **aktif kurallar** belirlenir:

Sistem girdileri = Güneş ışıınım seviyesi 75 mW/cm<sup>2</sup> ve sıcaklık 25 °C

Güneş ışıınımı için 75 mW/cm<sup>2</sup> değeri ışıınım uzayında Low ve Sufficient kümelerine denk geliyor. Sıcaklık için 25 °C değeri ise sıcaklık uzayında Warm ve Hot kümelerine denk geliyor. O halde tabloda **aktif kurallar**,

K	LI	SuI	GI	HI
FT	LP	SuP	GP	HP
CT	LP	SuP	HP	HP
WT	LP	SuP	HP	HP
HT	LP	SuP	HP	HP

- *If temperature is WARM and irradiation is LOW then power is LOW*
- *If temperature is WARM and irradiation is SUFFICIENT then power is SUFFICIENT*
- *If temperature is HOT and irradiation is LOW then power is LOW*
- *If temperature is HOT and irradiation is SUFFICIENT then power is SUFFICIENT*

Bir sonraki adım olarak **girişleri bulanıklaştırılır**:

Güneş ışıınım seviyesi girdisi 75 mW/cm<sup>2</sup> değeri için üçgen üyelik fonksiyonu ile ya da üçgen benzerliğinden bulanık değer (üyelik değeri) Low kümesi ve Sufficient kümesi için 0.5 olarak bulunur.

Sıcaklık girdisi olan 25 °C değeri içinse aynı yollardan bulanık değerini Hot kümesi için 0.25 ve Warm kümesi için 0.75 olarak bulunur.

### Aktif kurallar işlenir:

WT	And	LI	Then	LP
WT	And	SuI	Then	SuP
HT	And	LI	Then	LP
HT	And	SuI	Then	SuP

### Bulanık sonuçlandırma yapılır:

Kuralların arasında and (ve) olduğundan girişlerin minimum'u alınarak sonucun değeri yazılmıştır.

WT(0.75)	And	LI(0.5)	Then	LP(0.5)
WT(0.75)	And	SuI(0.5)	Then	SuP(0.5)
HT(0.25)	And	LI(0.5)	Then	LP(0.25)
HT(0.25)	And	SuI(0.5)	Then	SuP(0.25)

Gerçek sonuç için **durulaştırma** adımı uygulanır:

LP(0.5)	0.5	.	0	=	0
SuP(0.5)	0.5	.	0.3	=	0.15
LP(0.25)	0.25	.	0	=	0
SuP(0.25)	0.25	.	0.3	=	0.075
SUM	1.5				0.225

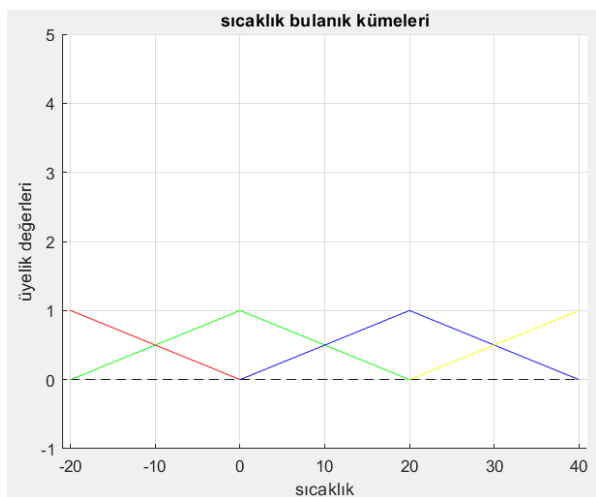
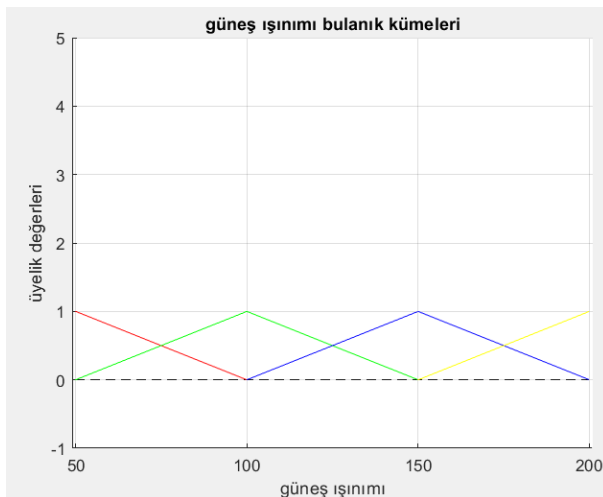
Alanların merkezi yöntemi ile durulaştırma sonucu  $\frac{0.225}{1.5} = 0.15$  pu

Yapılan adımlar sonucu güneş ışıınım seviyesi 75 mW/cm2 ve sıcaklık 25 oC iken güç çıkışı 0.15pu olarak bulunmuştur.

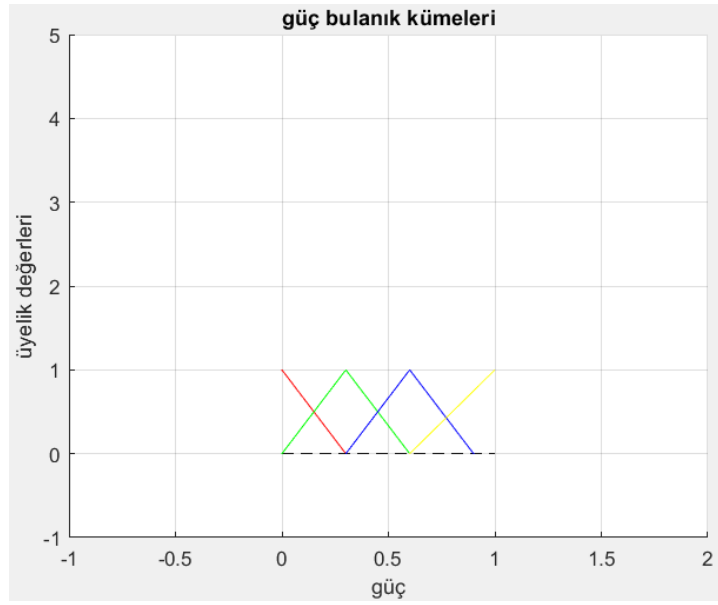
### B şıkkı için çözüm

Bu kısımda ise yukarıda manuel olarak yaptıklarımızı MATLAB üzerinden kodlayarak göstereyim.

Giriş kümeleri,



Çıkış kümesi



Üyelik fonksiyonu tanımlanması adımı, (Burada calculateMembership fonksiyonu içerisinde üçgen üyelik fonksiyonunun formülü kodlanmıştır.)

```
function membership = calculateMembership(X, trianle)
    x1 = trianle(1);
    xT = trianle(2);
    x2 = trianle(3);

    a=(X-x1)/(xT-x1);
    b=(x2-X)/(x2-xT);
    c=0;
    membership =max(min(a,b),c);
    disp(membership);
    return
end
```

Kural tablosu,

```
% rules
%      LI   SuI   GI   HI
% FT   [  0   0.3  0.6  1
% CT    0   0.3  0.6  1
% WT    0   0.3  0.6  1
% HT    0   0.3  0.6  1 ]
rules = [
    0 0.3 0.6 1
    0 0.3 0.6 1
    0 0.3 0.6 1
    0 0.3 0.6 1
];
```

Girişlerin bulanıklaştırılması sonucu çıktılar,

```
% Sıcaklık
temperature = 25;
FT = [-20,-20,0];
CT = [-20,0,20];
WT = [0,20,40];
HT = [20,40,40];

% Güneş Işınımı
irradiation = 75;
LI = [50,50,100];
SuI = [50,100,150];
GI = [100,150,200];
HI = [150,200,200];

disp("Sıcaklık kümeleri üyelik derecesi");
calculateMembership(temperature,FT);
calculateMembership(temperature,CT);
calculateMembership(temperature,WT);
calculateMembership(temperature,HT);
disp("Işınım kümeleri üyelik derecesi");
calculateMembership(irradiation,LI);
calculateMembership(irradiation,SuI);
calculateMembership(irradiation,GI);
calculateMembership(irradiation,HI);
```

Command Window	
>> rules_and_fuzzier	
Sıcaklık kümeleri üyelik derecesi	
0	
0	
0.7500	
0.2500	
Işınım kümeleri üyelik derecesi	
0.5000	
0.5000	
0	
0	

Kuralların işlenmesi,

```
% kural işleme,
%      MuLI MuSuI MuGI MuHI
% MuFT  [
% MuCT   min()
% MuWT
% MuHT   ]
MU = [ min(MuFT, MuLI) min(MuFT, MuSuI) min(MuGI, MuGI) min(MuFT, MuHI)
      min(MuCT, MuLI) min(MuCT, MuSuI) min(MuCT, MuGI) min(MuCT, MuHI)
      min(MuWT, MuLI) min(MuWT, MuSuI) min(MuWT, MuGI) min(MuWT, MuHI)
      min(MuHT, MuLI) min(MuHT, MuSuI) min(MuHT, MuGI) min(MuHT, MuHI) ]

% önerme sonuçları
MUK = [ MU(1,1)*K(1,1) MU(1,2)*K(1,2) MU(1,3)*K(1,3) MU(1,4)*K(1,4)
        MU(2,1)*K(2,1) MU(2,2)*K(2,2) MU(2,3)*K(2,3) MU(2,4)*K(2,4)
        MU(3,1)*K(3,1) MU(3,2)*K(3,2) MU(3,3)*K(3,3) MU(3,4)*K(3,4)
        MU(4,1)*K(4,1) MU(4,2)*K(4,2) MU(4,3)*K(4,3) MU(4,4)*K(4,4) ]
```

MU =

0	0	0	0
0	0	0	0
0.5000	0.5000	0	0
0.2500	0.2500	0	0

MUK =

0	0	0	0
0	0	0	0
0	0.1500	0	0
0	0.0750	0	0

Durulaştırma adımı,

```
% Durulaştırma, alanların toplamı yöntemi
TOP1 = 0;
TOP2 = 0;
for n=1:3
    for m=1:3
        TOP1 = TOP1 + MUK(n,m);
        TOP2 = TOP2 + MU(n,m);
    end
end
z = TOP1/TOP2
```

Sonuç:

z =

0.1500

Görüldüğü üzere manuel olarak da MATLAB üzerinde de Mamdani Bulanık Modellemesi ile aynı sonuçları bulmuş olduk.

Güneş ışınlam seviyesi 75 mW/cm<sup>2</sup> ve sıcaklık 25 oC iken güç çıkışı 0.15 pu olarak gözlenecektir.

**Giriş ve çıkış kümelerini grafiksel olarak gösteren MATLAB kodları,**

```
% güneş ışınlamı uzay ve kümesi
% X = [50,60,70,80,90,100,110,120,130,140,150,160,170,180,190,200];
% A = [50,50,100];
% B = [50,100,150];
% C = [100,150,200];
% D = [150,200,200];

% sıcaklık uzay ve kümeleri
% X = [-20,-10,0,10,20,30,40];
% A = [-20,-20,0];
% B = [-20,0,20];
% C = [0,20,40];
% D = [20,40,40];

% güç uzay ve kümeleri
X = [0,0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1];
A = [0,0,0.3];
B = [0,0.3,0.6];
C = [0.3,0.6,0.9];
D = [0.6,1,1];

draw_triangles(X, A, B, C,D);

function draw_triangles(X, A, B, C, D)
    % X: Evren
    % U : kümelerin listesi
    U = [A;B;C;D];

    figure;
    hold on;
    plot(X, zeros(size(X)), 'k--'); % X eksenini
    colors = {'r', 'g', 'b', 'y'};
```

```

for i = 1:length(U)
    x = zeros(1,3);
    y = zeros(1,3); % Y vektörünü sıfırla
    for j = 1:3
        x(j) = U(i,j);
    end
    if i == 1 % sağ sınır üçgeni
        y = [1,1,0];
    elseif i == length(U)
        y = [0,1,1]; % sol sınır üçgeni
    else
        y = [0,1,0]; % ara üçgenler,
    end

    plot(x, y, colors{i}); % üçgen i
end
% xlabel('güneş ışıınımı');
% xlabel('sıcaklık');
xlabel('güç');
ylabel('üyelik değerleri');
% title('güneş ışıınımı bulanık kümeleri');
% title('sıcaklık bulanık kümeleri');
title('güç bulanık kümeleri');

axis([min(X)-1 max(X)+1 -1 5]);
grid on;
hold off;
end

```

**Mamdani Bulanık Modellemesinin tüm adımlarının MATLAB kodları,**

```

% Sıcaklık
temperature = 25;
FT = [-20,-20,0];
CT = [-20,0,20];
WT = [0,20,40];
HT = [20,40,40];

% Güneş Işıınımı
irradiation = 75;
LI = [50,50,100];
SuI = [50,100,150];
GI = [100,150,200];
HI = [150,200,200];

disp("Sıcaklık kümeleri üyelik derecesi");
MuFT = calculateMembership(temperature,FT);
MuCT = calculateMembership(temperature,CT);
MuWT = calculateMembership(temperature,WT);
MuHT = calculateMembership(temperature,HT);
disp("Işıınım kümeleri üyelik derecesi");
MuLI = calculateMembership(irradiation,LI);
MuSuI = calculateMembership(irradiation,SuI);
MuGI = calculateMembership(irradiation,GI);
MuHI = calculateMembership(irradiation,HI);

% kurallar
%      LI    SuI    GI    HI

```



```

% FT    [  0    0.3    0.6    1
% CT      0    0.3    0.6    1
% WT      0    0.3    0.6    1
% HT      0    0.3    0.6    1 ]
K = [
    0 0.3 0.6 1
    0 0.3 0.6 1
    0 0.3 0.6 1
    0 0.3 0.6 1
];

% kural işleme,
%           MuLI MuSuI MuGI MuHI
% MuFT    [
% MuCT      min()
% MuWT
% MuHT      ]
MU = [ min(MuFT, MuLI) min(MuFT, MuSuI) min(MuGI, MuGI) min(MuFT, MuHI)
      min(MuCT, MuLI) min(MuCT, MuSuI) min(MuCT, MuGI) min(MuCT, MuHI)
      min(MuWT, MuLI) min(MuWT, MuSuI) min(MuWT, MuGI) min(MuWT, MuHI)
      min(MuHT, MuLI) min(MuHT, MuSuI) min(MuHT, MuGI) min(MuHT, MuHI) ]

% önerme sonuçları
MUK = [MU(1,1)*K(1,1) MU(1,2)*K(1,2) MU(1,3)*K(1,3) MU(1,4)*K(1,4)
      MU(2,1)*K(2,1) MU(2,2)*K(2,2) MU(2,3)*K(2,3) MU(2,4)*K(2,4)
      MU(3,1)*K(3,1) MU(3,2)*K(3,2) MU(3,3)*K(3,3) MU(3,4)*K(3,4)
      MU(4,1)*K(4,1) MU(4,2)*K(4,2) MU(4,3)*K(4,3) MU(4,4)*K(4,4) ]

% Durulaştırma, alanların toplamı yöntemi
TOP1 = 0;
TOP2 = 0;
for n=1:3
    for m=1:3
        TOP1 = TOP1 + MUK(n,m);
        TOP2 = TOP2 + MU(n,m);
    end
end
disp("Sonuç: ")
z = TOP1/TOP2

function membership = calculateMembership(X, trianle)
    x1 = trianle(1);
    xT = trianle(2);
    x2 = trianle(3);

    a=(X-x1)/(xT-x1);
    b=(x2-X)/(x2-xT);
    c=0;
    membership =max(min(a,b),c);
    disp(membership);
    return
end

```