دانشگاه صنعتی شیراز

دانشکده مهندسی برق و الکترونیک

گزارش کار پروژه درس کنترل فازی

طراحی سیستم فازی با روش های دقت تقریب مرتبه اول و دقت تقریب مرتبه دوم

دانشجو:

نیما جهان بازفرد (400113020)

استاد درس:

جناب آقای دکتر مختار شاصادقی

اردیبهشت 1404

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست مطالب

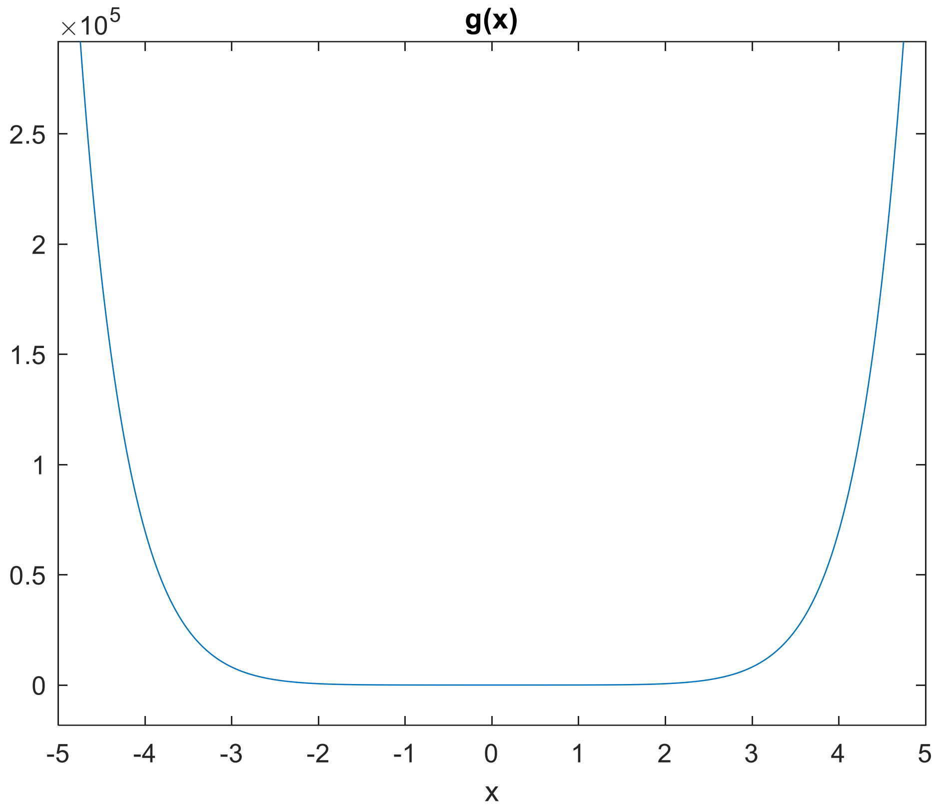
عنوان **صفحه**

بخش 1

تعربف تابع اصلی و بازه مورد نظر جهت مدل سازی فازی

1-1 عربف تابع اصلی و بازه مورد نظر جهت مدل سازی فازی

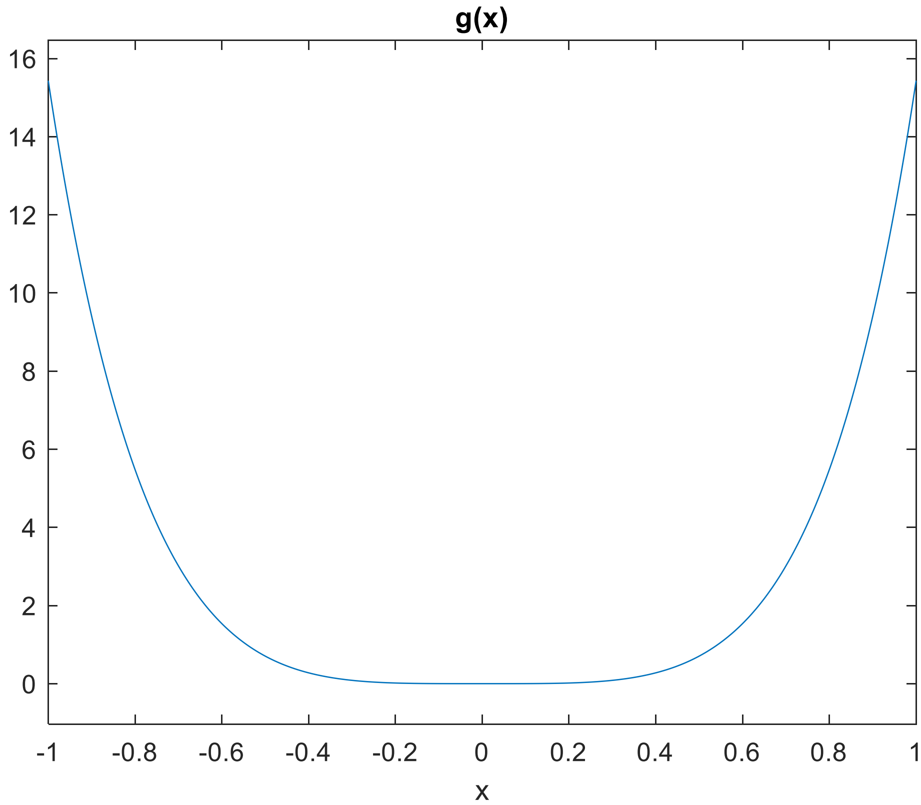
در این پروژه هدف مدلسازی فازی تابع $10x^4\frac{e^x-e^{-x}}{2}$ در بازه [5 5-] می باشد. اما با رسم این تابع در بازه گفته شده در متلب داریم:



شکل 1 : تابع $10x^4\frac{e^x-e^{-x}}{2}$ در بازه [5 5-]

کامل طبق شکل 1 قابل مشاهده می باشد که تابع $10x^4\frac{e^x-e^{-x}}{2}$ در دو حد 5- و 5 به سمت بی نهایت میل می کند و این باع می شود که مدل سازی فازی با دو روش خواسته شده در این پروژه تقریبا غیرممکن و نیازمند سیستم بسیار قوی برای تحلیل داده ها که حدود چند صد میلیون داده میشود می باشد.

پس با تغییر بازه به [1 1-] داریم:



شکل 2: تابع $10x^4\dfrac{e^x-e^{-x}}{2}$ در بازه [-1 1]

در ادامه بخش ها به طراحی سیستم فازی f(x) برای تابع $g(x)=10x^4\dfrac{e^x-e^{-x}}{2}$ در بازه [-1 1] می پردازیم.

بخش 2

طراحی سیستم فازی با روش دقت تقریب مرتبه اول

1-2 روند طراحی

در این بخش باید با انتخاب دقت مناسب و در ادامه بر اساس دقت تعیین گام حرکت و در نتیجه تعیین تعداد توابع عضویت مثلثی بپردازیم:

با انتخاب دقت:

$$\varepsilon = 0.1$$

بر اساس رابطه ی زیر گام حرکت (h) را تعیین میکنیم:

$$\varepsilon \geq h.\sup_{\max} \frac{dg}{dx}$$

سپس بر اساس رابطه ی زیر تعداد توابع عضویت را مشخص می کنیم:

$$\frac{1-(-1)}{h}+1$$

در نتیجه طبق کد زیر داریم:

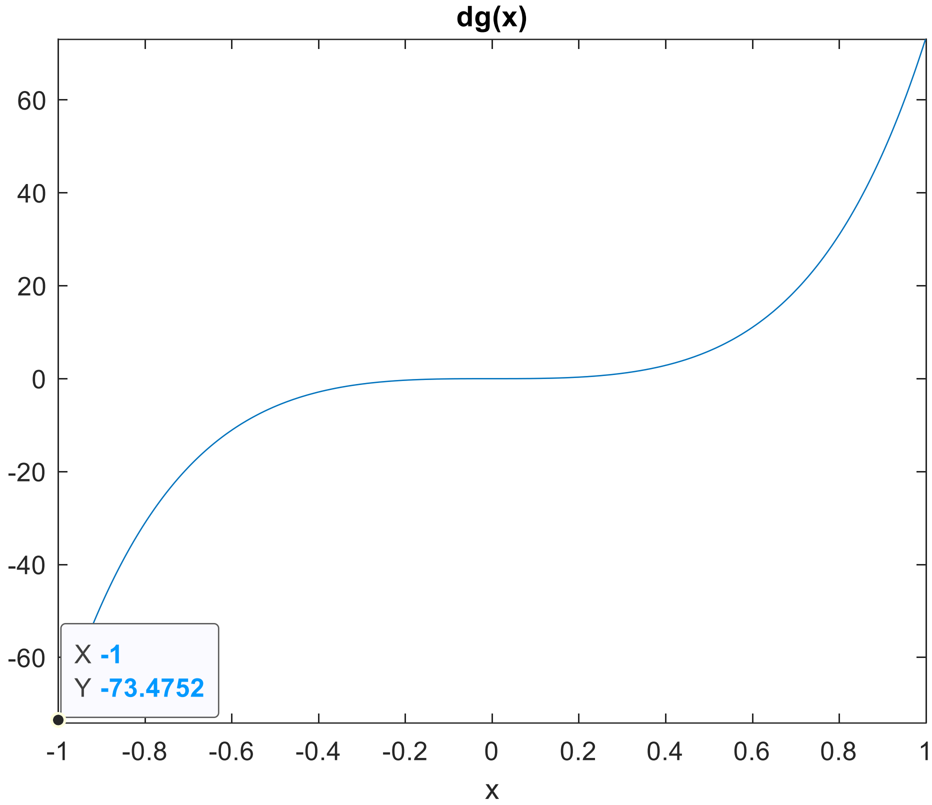
```
clear all
close all
syms x

%get bounds of function and desirable precision
x_min=input("inter down bound:");
x_max=input("inter up bound:");
e=input("inter desirable precision:");

% define a g(x) function and calculating norm-inf of dg(x) in [x_min x_max]
g =  (10*(x^4)*((exp(x)+exp(-1*x))/2));
dg = diff(g,x);
dg_func= matlabFunction(dg);
x_vals=linspace(x_min,x_max,1000) ;
dg_vals=abs(dg_func(x_vals));
norm_inf=max(dg_vals);

%plot of g(x) and gd(x)
ezplot(g,[x_min x_max])
title('g(x)')
figure;
ezplot(dg,[x_min x_max])
title('dg(x)')
```

```
figure;

%calculating h then number of fuzzy sets(n) with precision=e
h=e/norm_inf;
n=((x_max-x_min)/h)+1;


%make data between x_min and x_max with step h
xdata=linspace(x_min,x_max,n);
step=h;
x=x_min:step:x_max;
for i=1:n
 data(i)=(10*(xdata(i)^4)*((exp(xdata(i))+exp(-1*xdata(i)))/2));
end


% make membership function with h
a=x_min-h;
b=x_min;
c=x_min+h;
for i=1:n
 matrix(i,:)=trimf(x,[a b c]);
 plot(x,matrix(i,:))
xlim([-0.01 0.01])
 hold on
 a=a+h;
 b=b+h;
 c=c+h;
end

%make f(x) function(fuzzy system)
num=0;
den=0;
for i=1:n
 num=num+data(i)*matrix(i,:);
 den=den+matrix(i,:);
end
fx=num./den;

% compare
g=(10.*(x.^4).*((exp(x)+exp(-1.*x))./2));
figure,plot(x,g,'b-',x,fx,'r.')
title('g(x) and f(x)')
legend('g(x)','f(x)')
figure,plot(x,fx,'g.')
title('f(x)')
figure,plot(x,abs(g-fx))
title('error')
```

در کد گفته شده طبق روند طراحی گفته شده ابتدا با وارد کردن بازه [-1 1] و سپس با انتخاب دقت 0.1 ادامه روند طراحی که تعیین $\sup_{max}\frac{dg}{dx}=73.4752$ و سپس تعیین گام حرکت h=0.001361 و سپس تعداد توابع عضویت که برابر با 1471 می باشد. در زیر بخش دوم به نحوه تعیین خروجی ها می پردازیم.

1-2 خروجی ها

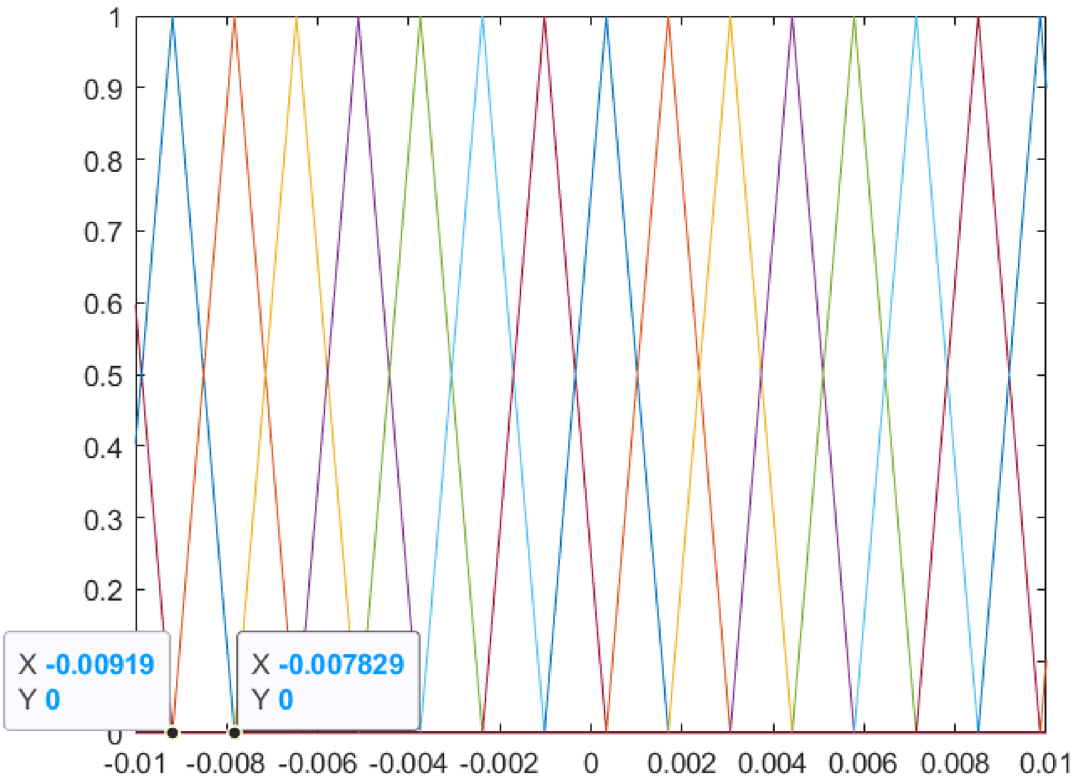
در ابتدای بخش برای تعیین $\sup_{max}\frac{dg}{dx}$ باید نمودار خروجی $\frac{dg}{dx}$ رسم شود :



شکل 3: تابع $\frac{dg}{dx}$ در بازه [-1 1]

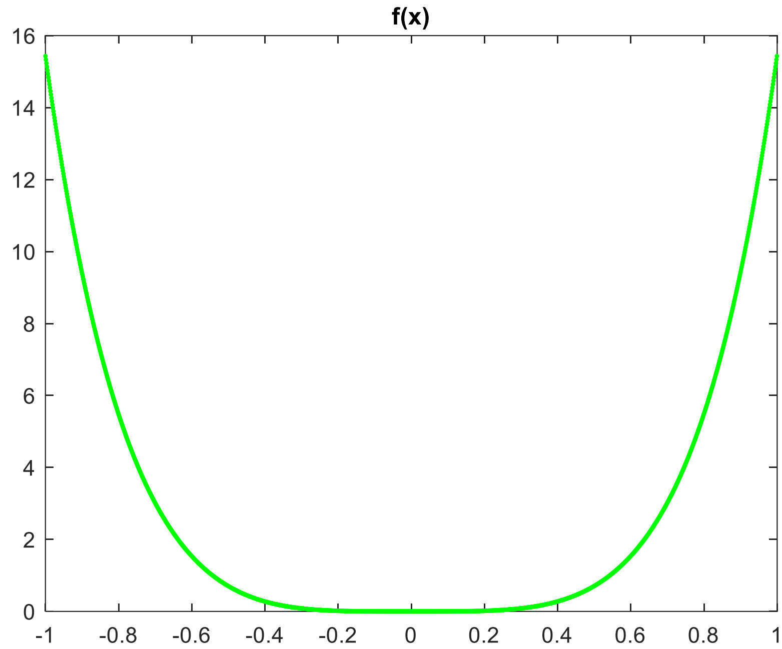
طبق شکل 3 مقدار $\sup_{max}\frac{dg}{dx}$ کاملا قابل مشاهده است که برابر با 73.4752 می باشد.

در ادامه روند کد مقدار h و در نهایت تعدائ توابع عضویت(n) تعیین می شود که برای بخشی از توابع عضویت با گام حرکت h=0.001361 داریم:(صرفا جهت نمایش بازه ای از این توابع نمایش داده می شود که فقط گام حرکت نمایش داده شود , بازه [-0.01 0.01])

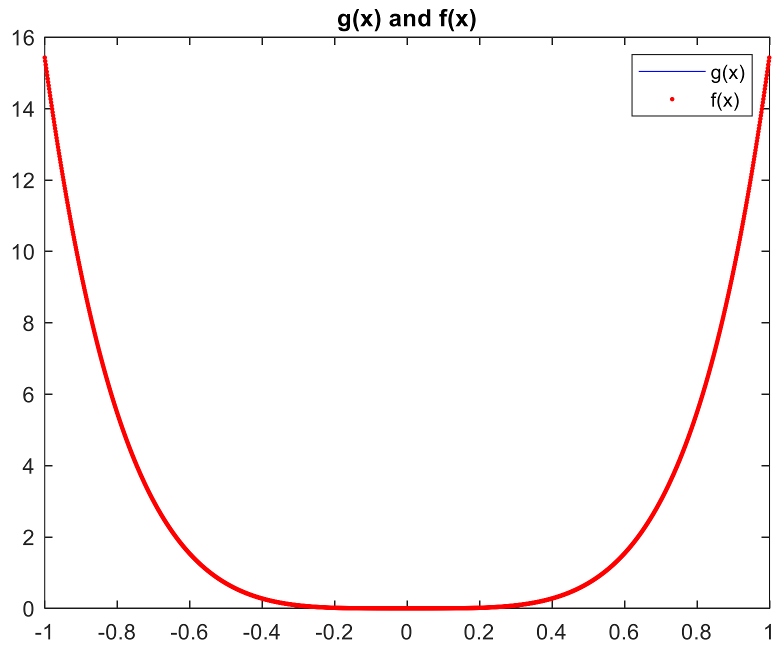


شکل 4: membership functions

سپس طبق کد با تعیین خروجی های تابع g(x) در بازه [-1 1] اقدام به طراحی سیستم فازی کرده که داریم:

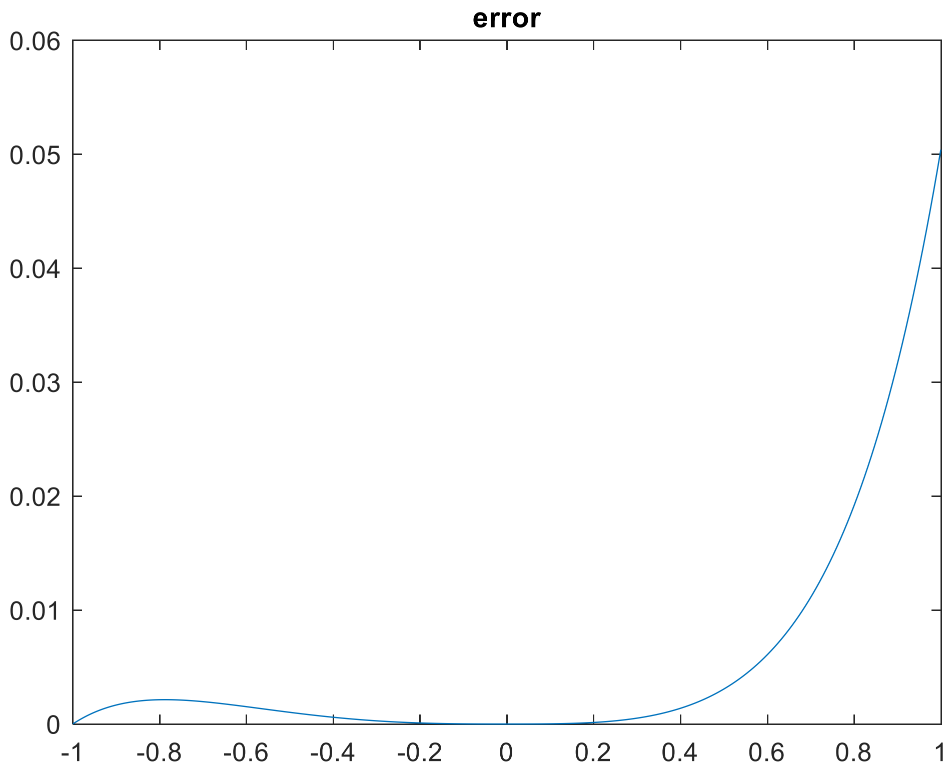


شکل 5 : سیستم فازی طراحی شده



شکل 6: رسم سیستم اصلی و سیستم طراحی فازی در یک مختصات

شکل 6 نشان می دهد که سیستم فازی طراحی شده به صورت کامل روی تابع اصلی منطبق شده است که این نشان دهنده عملکرد خوب سیستم فازی و تعیین پارامتر های کارآمد در این طراحی می باشد.



شکل 7: خطای بدست آمده در بازه [-1 1] بین سیستم اصلی و سیستم طراحی شده فازی

در ابتدای روند طراحی با تعیین دقت مورد نیاز طبق رابطه ی زیر تلاش به تعیین گام حرکت کرده که $\sup_{\max} g(x) - f(x)$ کوچکتر یا مساوی 0.1 باشد :

$$\varepsilon \geq h.\sup_{\max} \frac{dg}{dx}$$

بر اساس شکل 7 کاملا مشهود می باشد $\sup_{\max} g(x) - f(x)$ برابر با 0.05 می باشد که نشان دهنده عملکرد خوب سیستم فازی در تقریب تابع g(x) می باشد.

بخش 3

طراحی سیستم فازی با روش دقت تقریب مرتبه دوم

1-3 روند طراحی

در این بخش باید با انتخاب دقت مناسب و در ادامه بر اساس دقت تعیین گام حرکت و در نتیجه تعیین تعداد توابع عضویت مثلثی بپردازیم:

با انتخاب دقت:

$$\varepsilon = 0.1$$

بر اساس رابطه ی زیر گام حرکت (h) را تعیین میکنیم:

$$\varepsilon \geq \frac{1}{8}.h^2.\sup_{\max} \frac{d^2 g(x)}{dx^2}$$

سپس بر اساس رابطه ی زیر تعداد توابع عضویت را مشخص می کنیم:

$$\frac{1-(-1)}{h}+1$$

در نتیجه طبق کد زیر داریم:

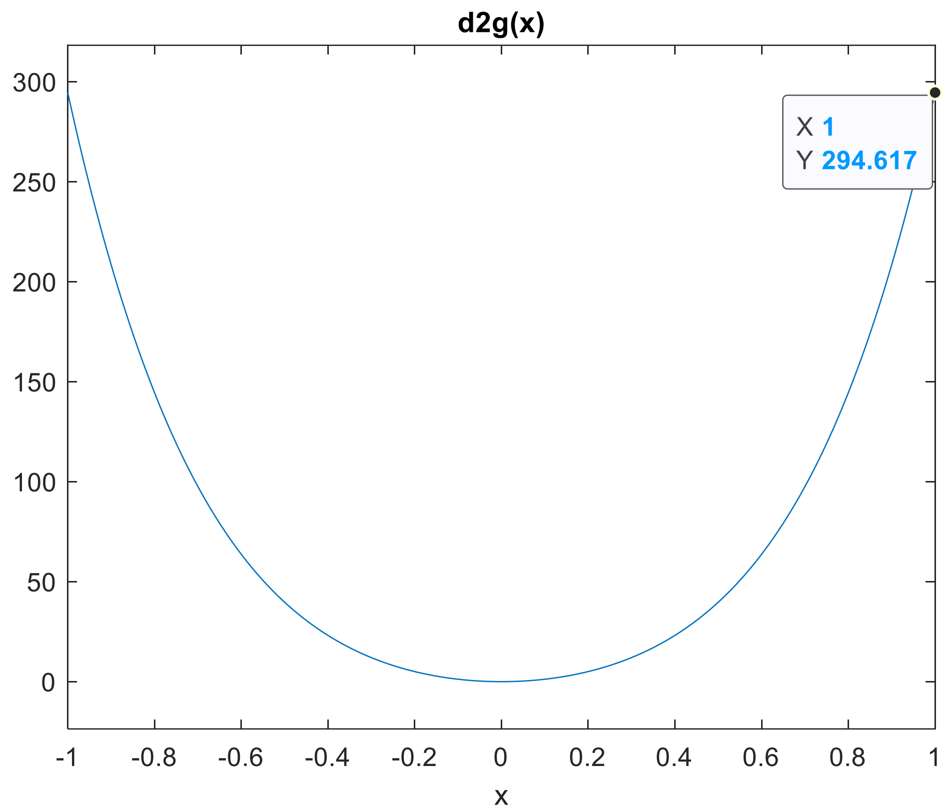
```
clc
clear all
close all
syms x

%get bounds of function and desirable precision
x_min=input("inter down bound:");
x_max=input("inter up bound:");
e=input("inter desirable precision:");

% define a g(x) function and calculating norm-inf of d2g(x) in [x_min x_max]
g =  (10*(x^4)*((exp(x)+exp(-1*x))/2));
d2g = diff(g,x,2);
d2g_func= matlabFunction(d2g);
x_vals=linspace(x_min,x_max,1000) ;
d2g_vals=abs(d2g_func(x_vals));
norm_inf=max(d2g_vals);

%plot of g(x) and g2d(x)
ezplot(g,[x_min x_max])
title('g(x)')
figure;
ezplot(d2g,[x_min x_max])
```

```
title('d2g(x)')
figure;
%calculating h then number of fuzzy sets(n) with precision e
h=sqrt((e*8)/norm_inf);
n=((x_max-x_min)/h)+1;

%make data between x_min and x_max with step h
xdata=linspace(x_min,x_max,n);
step=h;
x=x_min:step:x_max;
for i=1:n
 data(i)=(10*(xdata(i)^4)*((exp(xdata(i))+exp(-1*xdata(i)))/2));
end


% make membership function with h
a=x_min-h;
b=x_min;
c=x_min+h;
for i=1:n
 matrix(i,:)=trimf(x,[a b c]);
 plot(x,matrix(i,:))
 xlim([-0.4 0.4])
 hold on
 a=a+h;
 b=b+h;
 c=c+h;
end

%make f(x) function(fuzzy system)
num=0;
den=0;
for i=1:n
 num=num+data(i)*matrix(i,:);
 den=den+matrix(i,:);
end
fx=num./den;

% compare
g=(10.*(x.^4).*((exp(x)+exp(-1.*x))./2));
figure,plot(x,g,'b-',x,fx,'r.')
title('g(x) and f(x)')
legend('g(x)','f(x)')
figure,plot(x,fx,'g.')
title('f(x)')
figure,plot(x,abs(g-fx))
title('error')
```

در کد گفته شده طبق روند طراحی گفته شده ابتدا با وارد کردن بازه [-1 1] و سپس با انتخاب دقت 0.1 ادامه روند طراحی که تعیین $\sup_{max} \frac{d^2 g(x)}{dx^2}$=294.6166 و سپس تعیین گام حرکت h=0.0521094 و سپس تعداد توابع عضویت که برابر با 39 می باشد. در زیر بخش دوم به نحوه تعیین خروجی ها می پردازیم.

2-3 خروجی ها

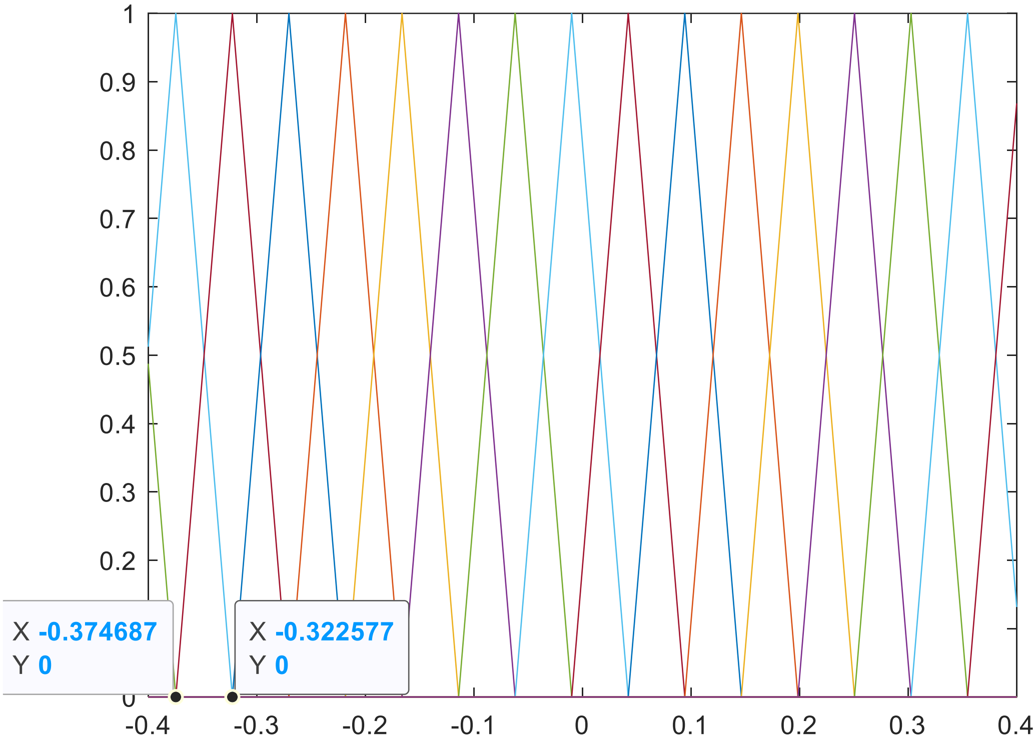
در ابتدای بخش برای تعیین $\sup_{max} \frac{d^2 g(x)}{dx^2}$ باید نمودار خروجی $\frac{d^2 g(x)}{dx^2}$ رسم شود :



شکل 3: تابع $\frac{d^2 g(x)}{dx^2}$ در بازه [-1 1]

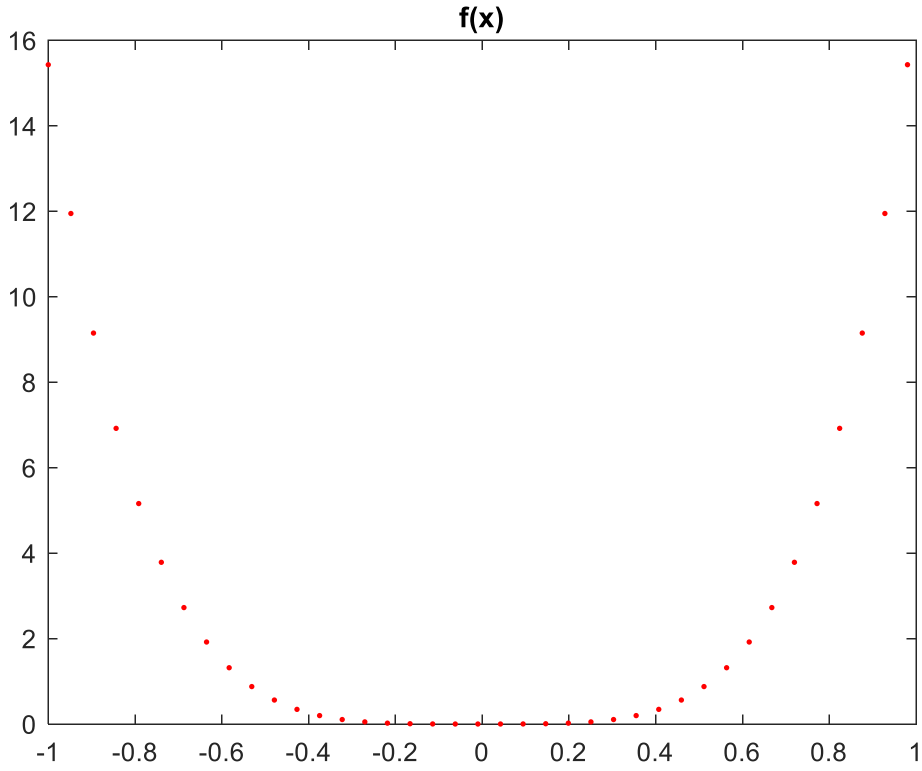
طبق شکل 3 مقدار $\sup_{max} \frac{d^2 g(x)}{dx^2}$ کاملا قابل مشاهده است که برابر با 294.6166 می باشد.

در ادامه روند کد مقدار h و در نهایت تعدادئ توابع عضویت(n) تعیین می شود که برای بخشی از توابع عضویت با گام حرکت h=0.0521094 داریم:(صرفا جهت نمایش بازه ای از این توابع نمایش داده می شود که فقط گام حرکت نمایش داده شود , بازه [-0.4 0.4])

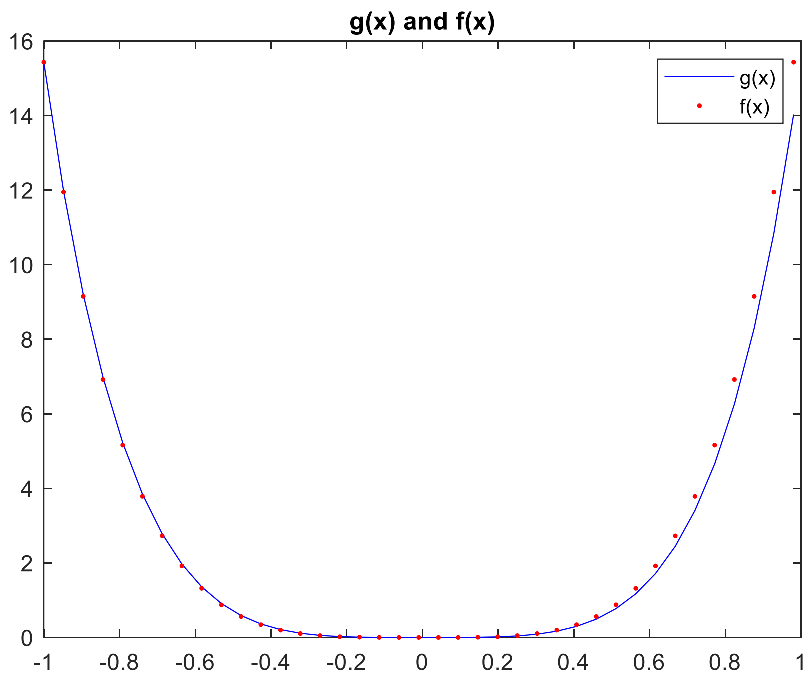


شکل 4: membership functions

سپس طبق کد با تعیین خروجی های تابع g(x) در بازه [-1 1] اقدام به طراحی سیستم فازی کرده که داریم:

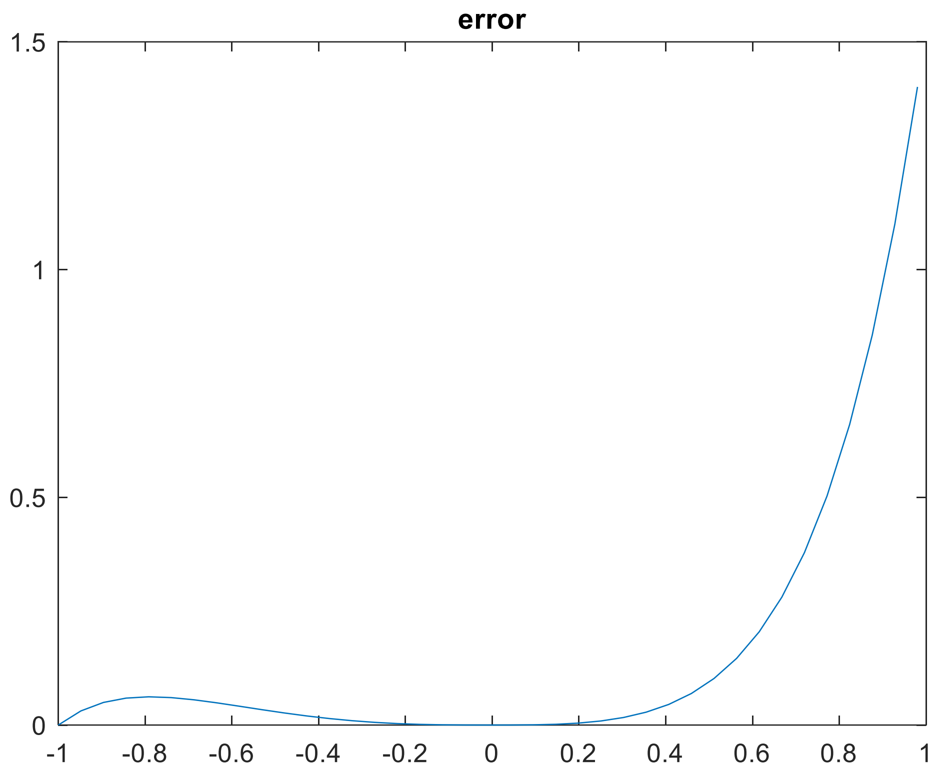


شکل 5 : سیستم فازی طراحی شده



شکل 6: رسم سیستم اصلی و سیستم طراحی فازی در یک مختصات

شکل 6 نشان می دهد که سیستم فازی طراحی شده توانسته تا حدودی ولی نه خیلی دقیق تابع g(x) را تقریب بزند اما خطای آن کاملا رو دو نمودار مشهود می باشد.که این نشان دهنده عملکرد نسبتا خوب سیستم فازی و تعیین پارامتر های کارآمد در این طراحی می باشد.



شکل 7: خطای بدست آمده در بازه [-1 1] بین سیستم اصلی و سیستم طراحی شده فازی

در ابتدای روند طراحی با تعیین دقت مورد نیاز طبق رابطه ی زیر تلاش به تعیین گام حرکت کرده که $\sup_{\max} g(x)-f(x)$ کوچکتر یا مساوی 0.1 باشد :

$$\varepsilon \geq \frac{1}{8}.h^2.\sup_{\max} \frac{d^2 g(x)}{dx^2}$$

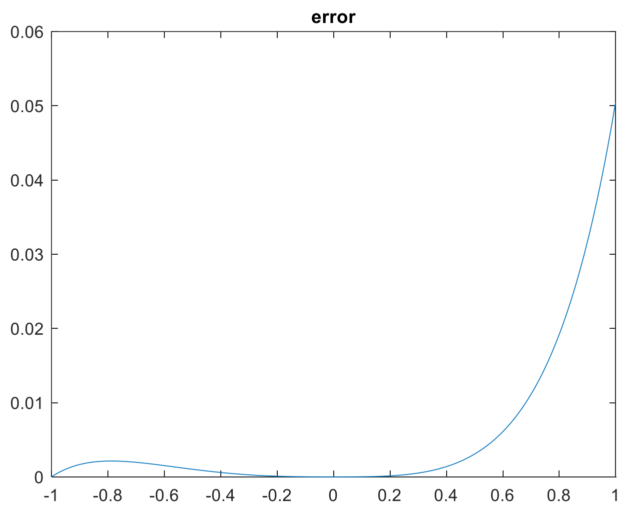
بر اساس شکل 7 کاملا مشهود می باشد $\sup_{\max} g(x)-f(x)$ برابر با 1.4 می باشد که نشان دهنده عملکرد نچندان خوب سیستم فازی در تقریب تابع g(x) می باشد. زیرا این سیستم نتوانسته خطای کمتر یا مساوی 0.1 را ارضا کند. دلیل این مورد را در بخش مقایسه دنبال میکنیم.

بخش 4

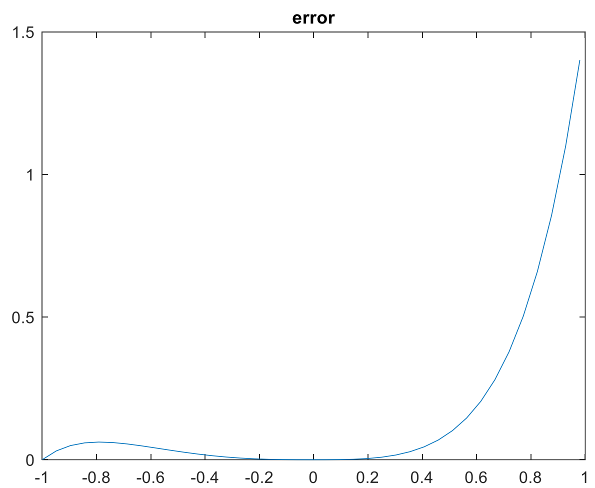
مقایسه

در این بخش به مقایسه ویژگی های دو روش می پردازیم:

همانگونه که در روند طراحی دو سیستم مشاهده کردیم در روش تقریب مرتبه اول ئقت تقریب به شدت بهتر از دقت تقریب در روش تقریب مرتبه دوم بود که با مشاهده نمودار خطای این دو روش نیز می توان به این موضوع پی برد.



خطای تقریب به روش تقریب مرتبه اول



خطای تقریب به روش تقریب مرتبه دوم

طبق روند طراحی می توان به این موضوع پی برد که در روش تقریب مرتبه دوم تلاش بر این می باشد که سرعت تقریب بالا رود. یعنی در حین تقریب نسبتا قابل قبول سرعت تقریب بسیار افزایش یابد. سرعت در روش تقریب مرتبه دوم به این صورت افزایش می یابد که با مقایسه گام حرک و در نتیجه تعداد توابع عضویت در دو روش به وضوح قابل مشاهده است که گام حرکت در روش تقریب مرتبه دوم چندین برابر بزرگتر از گام حرکت در روش تقریب مرتبه اول می شود و در نتیجه باعث کاهش شدید تعداد توابع عضویت در روش تقریب مرتبه دوم می شود که این عوامل باعث کاهش به شدت زیاد محاسبات در روش تقریب مرتبه دوم میشود یا می توان گفت سرعت تقریب به شدت زیاد تر می شود ولی در مقابل دقت نیز کاهش می یابد.