گزارش شبیه سازی مقاله، الگوریتم ها و شکل های ارائه شده

کنترل لغزشی - تطبیقی سیستم فوق آشوب لورنز با در نظر گرفتن عدم قطعیت،اغتشاش، ورودیهای کنترلی غیرخطی و ناشناخته بودن پارامترهای سیستم

خلاصه مقاله

معرفی معادلات دینامیکی سیستم فوق آشوب لورنز

در سال 2007 ، جیا2 ، سیستم فوق آشوبی را با 4 متغیر حالت بر اساس سیستم آشوبناک لورنز ارائه داد .[6] این سیستم با اضافه کردن معادله دیفرانسیل چهارم به سیستم آشوبناک لورنز ساخته شده است که رابطه(1) ، معادلات توصیف کننده این سیستم را نشان میدهد.

در شکل زیر نتایج شبیه سازی سیستم آشوبی لورنز مشاهده می شود.

برای رسم این شکل بایستی معادلات دیفرانسیل مربوط به سیستم و متغیر های حالت آن حل نمود.

```
x1=[1 1 1 1];
```

مقداردهی اولیه برای شروع

```
[T,X] = ode45(@fun1,[-20 20],x1);
```

حل معادله دیفرانسیل مربوط به سیستم

معادلات حالت داده شده در فرمول (۱) در تابع fun1 لحاظ شده اند.

```
function xdot=fun1(t,x)
Beta=28; n=1.3;
xdot = zeros(4,1);
xdot(1)=10*(x(2)-x(1))+x(4);
xdot(2)=-x(1)*x(3)+Beta*x(1)-x(2);
xdot(3)=x(1)*x(2)-8/3*x(3);
xdot(4)=-x(1)*x(3)+n*x(4);
end
```

رسم شکل و تنظیمات مربوط به محدوده نمایش

```
figure
subplot(221)
plot(X(:,1),X(:,2))
xlim([-25 25]);
subplot(222)
plot(X(:,1),X(:,3))
xlim([-25 25]);
subplot(223)
plot(X(:,2),X(:,4))
xlim([-25 25]);
subplot(224)
plot3(X(:,1),X(:,2),X(:,3))
axis([-25 25 -25 25 -25 40]);
grid
```

در ادامه، فرض می‌کنیم که سیستم فوق آشوب رابطه (۱)، تحت چهار عامل ناخواسته ۱- عدم قطعیت کراندار با کران نامعلوم ۲- اغتشاش کراندار با کران نامعلوم ۳- ورودی‌های کنترلی غیرخطی و ۴- نامعلوم بودن دو پارامتر ثابت β,η ، قرار دارد. کنترل‌کننده‌های لغزشی- تطبیقی را به گونه‌ای طراحی می‌کنیم که سیستم فوق آشوب لورنز با وجود این عوامل ناخواسته، پایدار شده و به سمت نقطه تعادل خود همگرا شود.

۳- توصیف سیستم فوق آشوب لورنز همراه با ورودی‌های کنترلی غیرخطی، اغتشاش، عدم قطعیت و پارامترهای نامعلوم

رابطه (۲)، سیستم فوق آشوب لورنز را همراه با در نظر گرفتن ورودی‌های کنترلی غیرخطی، اغتشاش، عدم قطعیت و پارامترهای نامعلوم β,η نشان می‌دهد.

۴-۱- تعریف سطوح لغزشی-تطبیقی و اثبات پایداری دینامیک مد لغزشی سیستم فوق آشوب لورنز

بردار سطوح لغزشی- تطبیقی را به صورت $S(t)=[s_1(t)\ s_2(t)]^T$، در نظر می‌گیریم که دو سطح لغزشی تطبیقی $s_1(t),s_2(t)$ به صورت رابطه (۵) تعریف می‌شوند.

$$\begin{aligned} s_1(t) &= x_2(t)+n_1(t) \\ s_2(t) &= x_4(t)+n_2(t) \end{aligned} \qquad (۵)$$

در رابطه (۵)، $n_1(t),n_2(t)$ دو تابع پیوسته از متغیرهای حالت سیستم فوق آشوب لورنز می‌باشند که رابطه (۶) نحوه‌ی ارتباط این دو تابع را با متغیرهای حالت سیستم فوق‌آشوب نشان می‌دهد.

$$\begin{aligned} \dot{n}_1(t) &= 10x_1+x_1x_3+\mu_1x_2 \\ \dot{n}_2(t) &= x_1+\mu_2x_4 \end{aligned} \qquad (۶)$$

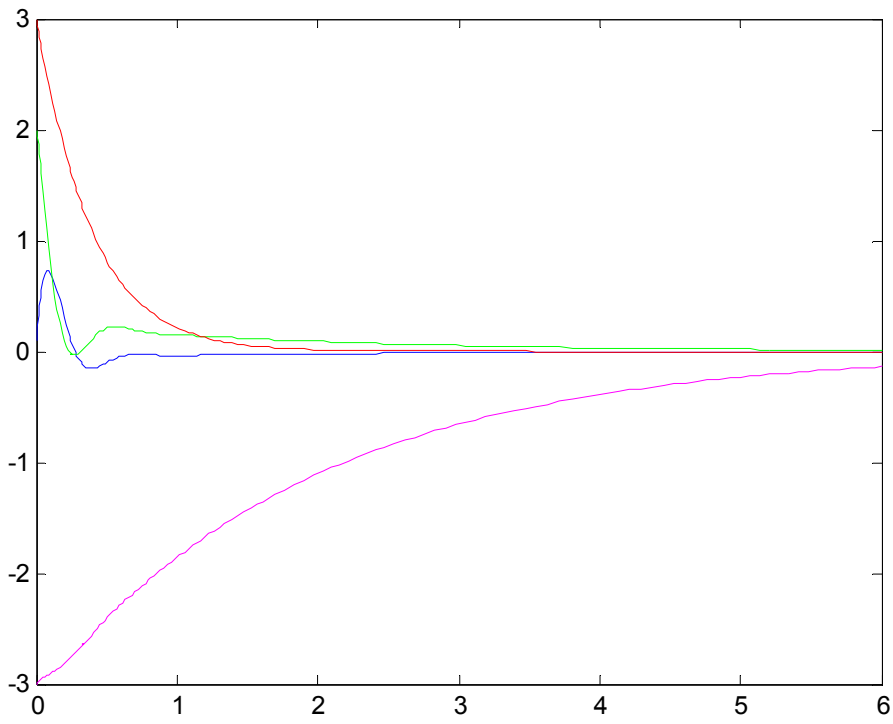
در رابطه (۶)، μ_1,μ_2 دو ثابت حقیقی مثبت هستند که در اختیار طراح قرار دارند. چنانچه متغیرهای حالت سیستم بر روی سطوح

فرمول ۵

```
S(1)=x(2)+N(1);
S(2)=x(4)+N(2);
```

فرمول ۶

```
function ndot=funn(t,x)
global mu1 mu2
ndot = zeros(4,1);    % a column vector
ndot(1)=10*x(1)+x(1)*x(3)+mu1*x(2);
ndot(2)=x(1)+mu2*x(4);
end
```


3
2
1
0
-1
-2
-3
0
1
2
3
4
5
6

۵- نتایج شبیه سازی

در این بخش، شبیه‌سازی‌ها با استفاده از نرم افزار MATLAB انجام شده است. عدم قطعیت و اغتشاش‌ها به صورت رابطه‌های (۳۷) و (۳۸) انتخاب شده‌اند.

$$\begin{cases} \Delta f_1 = 0.3\prod_{i=1}^{4}\sin(i\pi x_i) \Rightarrow |\Delta f_1| \le 0.3 = \delta_1 \\ \Delta f_2 = 0.2\prod_{i=1}^{4}\sin(i\pi x_i) \Rightarrow |\Delta f_2| \le 0.2 = \delta_2 \end{cases} \quad (۳۷)$$

$$\begin{cases} d_1(t) = 0.15\sin(5t) \Rightarrow |d_1(t)| \le 0.15 = \zeta_1 \\ d_2(t) = 0.1\sin(7t) \Rightarrow |d_2(t)| \le 0.1 = \zeta_2 \end{cases} \quad (۳۸)$$

طبق فرمولهای ۳۷ و ۳۸

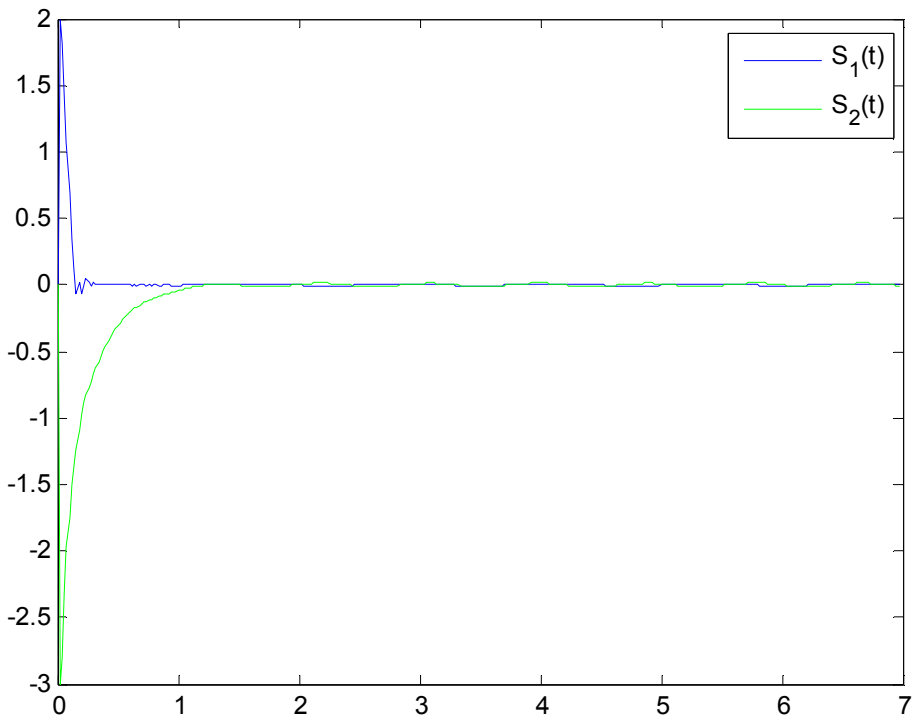
```
DF1=0.3*(sin(1*pi*x(1))*sin(2*pi*x(2))*sin(3*pi*x(3))*sin(4*pi*x(4)));
DF2=0.2*(sin(1*pi*x(1))*sin(2*pi*x(2))*sin(3*pi*x(3))*sin(4*pi*x(4)));
d1=0.15*sin(5*t(i));
d2=0.10*sin(7*t(i));
```

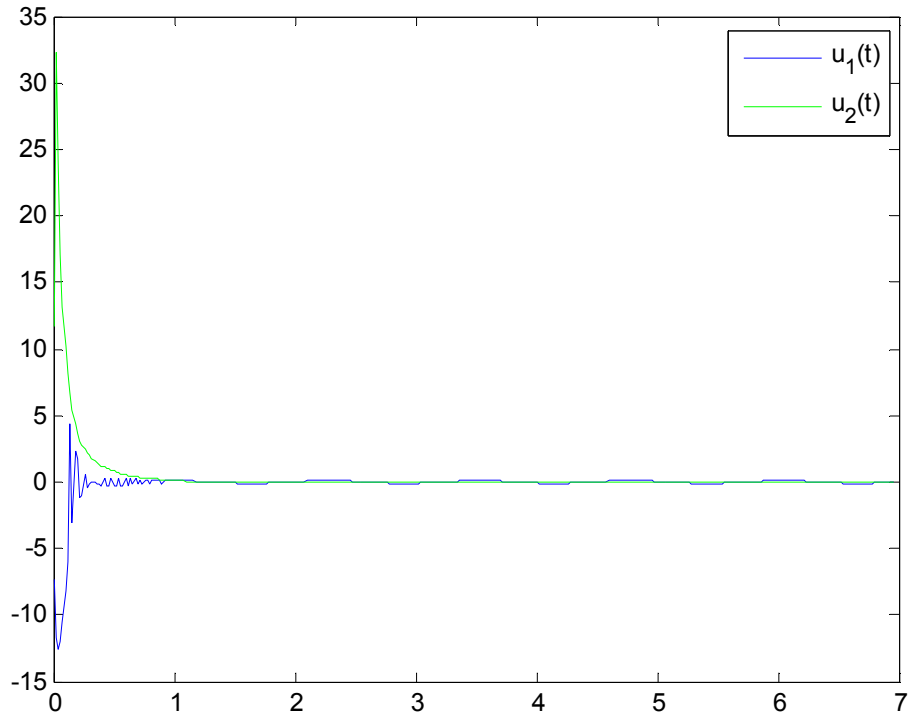
فرمول ۳۹ و ۴۰

```
u1(i)=-((Beta(i)+10)*abs(x(1))+2*abs(x(2))+s1(i)+z1(i))*sign(S(1));
u2(i)=-(abs(x(1))+(x(1)*x(3))+(0.5+n(i))*abs(x(4))+s2(i)+z2(i))*sign(S(2));
fi1=(1.4+0.2*sin(u1(i)))*u1(i);
fi2=(1.3+0.2*cos(u2(i)))*u2(i);
```

۵-۱- نتایج شبیه‌سازی با استفاده از سیگنال‌های کنترلی رابطه (۴۰)

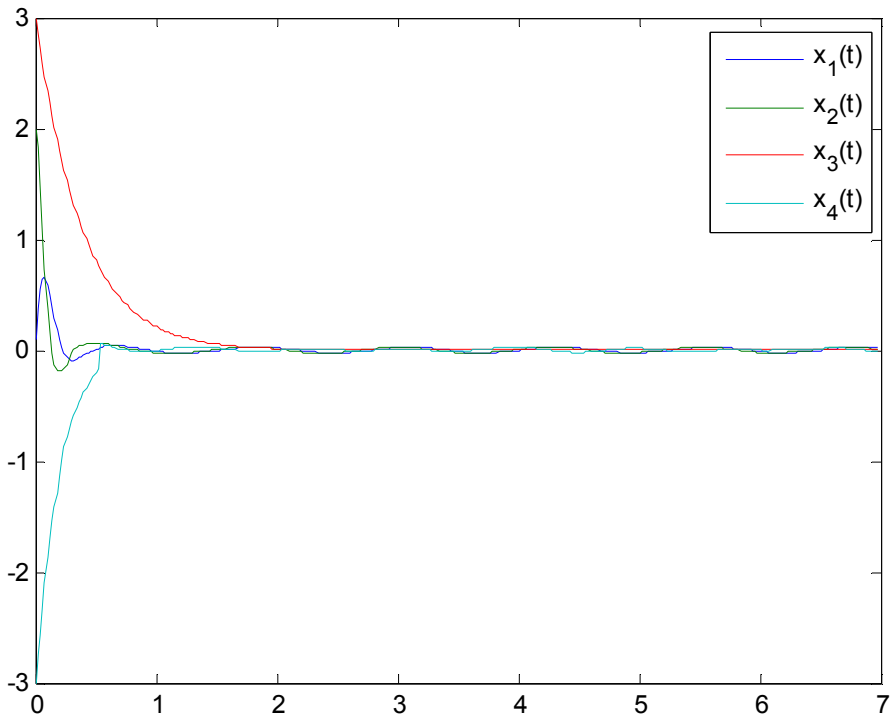
شکل (۴)، پاسخ زمانی متغیرهای حالت سیستم فوق آشوب لورنز را با شرایط اولیه $X(0)=[0.1, 2, 3, -3]^T$ و اعمال سیگنال‌های کنترلی رابطه (۴۰) نشان می‌دهد که متغیرهای حالت به سمت نقطه تعادل خود همگرا شده‌اند. شکل‌های (۴) تا (۶) به ترتیب

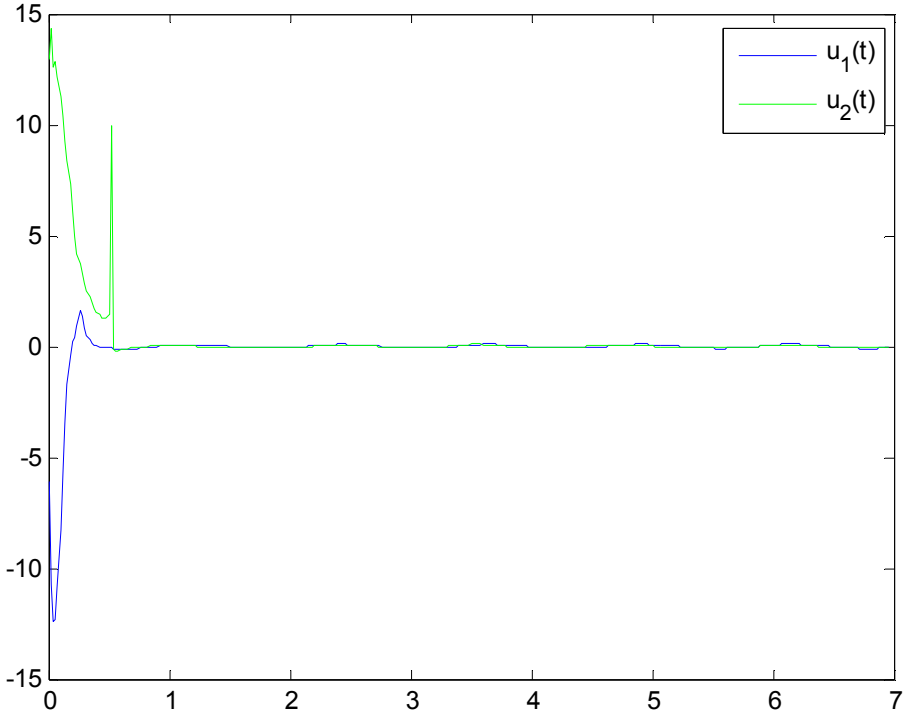

2
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
-2
-2.5
-3
0
1
2
3
4
5
6
7
S1(t)
S2(t)


35
30
25
20
15
10
5
0
-5
-10
-15
0
1
2
3
4
5
6
7
u1(t)
u2(t)

نمایش نتایج شبیه سازی حالت ۵-۲

```
figure
plot(t(1:end-1),X)
legend('x_1(t)','x_2(t)','x_3(t)','x_4(t)')
figure
plot(t(1:end-1),S1); hold on
plot(t(1:end-1),S2,'g');
legend('S_1(t)','S_2(t)')
figure
plot(t(1:end-2),u1); hold on
plot(t(1:end-2),u2,'g');
legend('u_1(t)','u_2(t)')
```




15
10
5
0
-5
-10
-15
0
1
2
3
4
5
6
7
u1(t)
u2(t)

```
DF2=0.2*(sin(1*pi*x(1))*sin(2*pi*x(2))*sin(3*pi*x(3))*sin(4*pi*x(4)));
d1=0.15*sin(5*t(i));
d2=0.10*sin(7*t(i));
u1(i)=-((Beta(i)+10)*abs(x(1))+2*abs(x(2))+s1(i)+z1(i))*sign(S(1));
u2(i)=-(abs(x(1))+(x(1)*x(3))+(0.5+n(i))*abs(x(4))+s2(i)+z2(i))*sign(S(2));
fi1=(1.4+0.2*sin(u1(i)))*u1(i);
fi2=(1.3+0.2*cos(u2(i)))*u2(i);
[T,x] = ode23(@fun3,[t(i) t(i+1) t(i+2)],x);
x=x(2,:);
Beta(i+1)=abs(S(1))*abs(x(1));
s1(i+1)=abs(S(1));
z1(i+1)=abs(S(1));
s2(i+1)=abs(S(2));
z2(i+1)=abs(S(2));
n(i+1)=abs(x(4))*abs(S(2));
S1(i+1)=S(1);
S2(i+1)=S(2);
X(i+1,:)=x;
D1(i)=d1;
D2(i)=d2;
i;
end
% plot(t(1:i+1),Beta)
figure
plot(t(1:end-1),X)
legend('x_1(t)','x_2(t)','x_3(t)','x_4(t)')
figure
plot(t(1:end-1),S1); hold on
plot(t(1:end-1),S2,'g');
legend('S_1(t)','S_2(t)')
figure
plot(t(1:end-2),u1); hold on
plot(t(1:end-2),u2,'g');
legend('u_1(t)','u_2(t)')

x=[0.1 2 3 -3];
X=x;
Beta=3; n=2; s1=1.5;
z1=.5; s2=1.8; z2=2;
mu1=3;mu2=0.5;
t=0:0.02:7;
for i=1:length(t)-2
[T,N] = ode45(@funn,[t(i) t(i+1) t(i+2)],x);
N=N(3,1:2);
% N=[0 0];
S(1)=x(2)+N(1);
```

```
xdot(1)=10*(x(2)-x(1))+x(4);
xdot(2)=-x(1)*x(3)+Beta*x(1)-x(2);
xdot(3)=x(1)*x(2)-8/3*x(3);
xdot(4)=-x(1)*x(3)+n*x(4);
end
function xdot=fun2(t,x)
Beta=3; n=2; s10=1.5;
z10=.5; s20=1.8; z20=2;
% u1=-(1)*sgn
mu1=3;mu2=0.5;
xdot = zeros(4,1);
xdot(1)=10*(x(2)-x(1))+x(4);
xdot(2)=-10*x(1)-x(1)*x(3)-mu1*x(2);
xdot(3)=x(1)*x(2)-8/3*x(3);
xdot(4)=-x(1)-mu2*x(4);
end
function xdot=fun3(t,x)
global  DF1 DF2 d1 d2 fi1 fi2 Beta n i

xdot = zeros(4,1);
xdot(1)=10*(x(2)-x(1))+x(4);
xdot(2)=Beta(i)*x(1)-x(1)*x(3)-x(2)*DF1+d1+fi1;
xdot(3)=x(1)*x(2)-8/3*x(3);
xdot(4)=-x(1)*x(3)+n(i)*x(4)+DF2+d2+fi2;
end
function ndot=funn(t,x)
global mu1 mu2
ndot = zeros(4,1);    % a column vector
ndot(1)=10*x(1)+x(1)*x(3)+mu1*x(2);
ndot(2)=x(1)+mu2*x(4);
end
```