Алгоритмы управления и аддаптации в ТКС

2009г

Задачи сетевого управления

При решении задачи сетевого управления стремятся получать **максимально полезный результат**, как по точности и устойчивости самого управления, так и по его быстродействию. То есть задачу синтеза системы управления необходимо решать как **оптимизационную задачу**. При таком оптимальном управлении обеспечивается экстремум (минимум или максимум) выбранного критерия качества системы $\Phi\left(\vec{x}, k\right)$, например, минимум среднего квадрата времени задержки.

$$\Phi\left(\vec{x}_k, k\right) = M\left[\min\left(\tau_3\right)^2\right]$$

Кроме того, обычно **оценивается чувствительность синтезированной системы управления** к отклонениям реальных параметров и характеристик действующих возмущений (так называемая **задача исследования чувствительности модели**).

Обязательным так же является исследование **устойчивости управления**, в рамках диапазонов изменений, которые предстоит иметь в результате функционирования управляемой системы.

Необходимо также исследовать **границы устойчивой** работы, чтобы иметь представление о том, насколько близко может подходит система к опасному хаотическому режиму.

При синтезе оптимального управления **необходимо**:

- знать **законы распределения** вероятностей и необходимые **статистические характеристики** случайных возмущений, что действуют на объект управления;
- наблюдать (контролировать) фазовые **координаты объекта управления** и **данные об** их **изменении** в процессе управления;
- определить **ограничения**, которые налагаются на систему управления, (границы допустимых управлений, данные по критическому трафику в ЧНН и др.).

Управление – переход с одной точки координат в другую *($x_0 \rightarrow x_1$)*. Время управления зависит от инерционных свойств системы.

Стохастическая система

dx/dt=A(t)x(t) + Bu(t)+C(t)ξ(t)

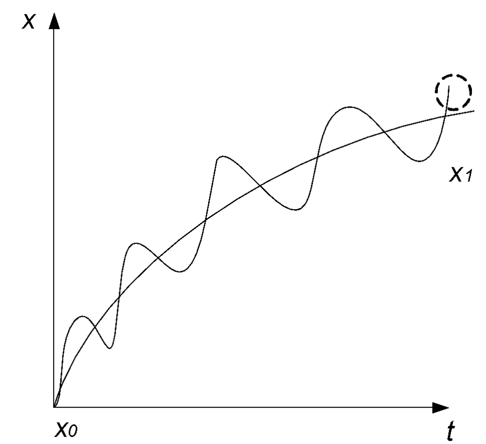
Bu(t) – управление системой

C(t)ξ(t) – гауссовый белый шум

Автономная система

dx/dt=A(t)x(t)

A – определяет устойчивость системы



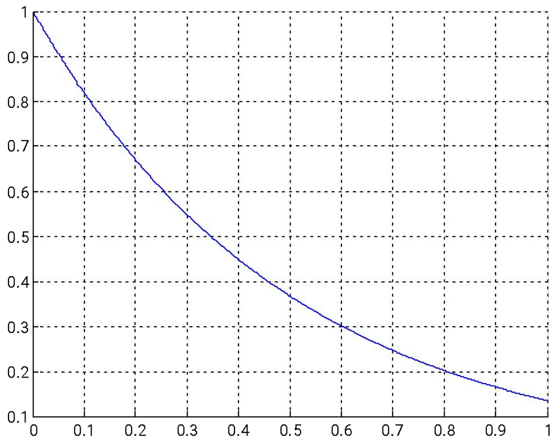
Стохастическая и автономная системы

Для стохастической системы переход с исходной точки x_0 осуществляется по сложной случайной траектории. Конечная точка – область, размеры которой определяются случайным возмещунием.

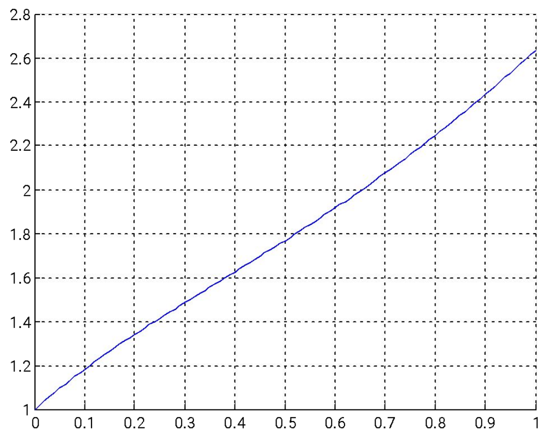
Методы формирования управления в динамических системах

- Оценка качества управления системы
- Теорема о разделении для управляемых систем.
- Анализ состояния управляемых систем.

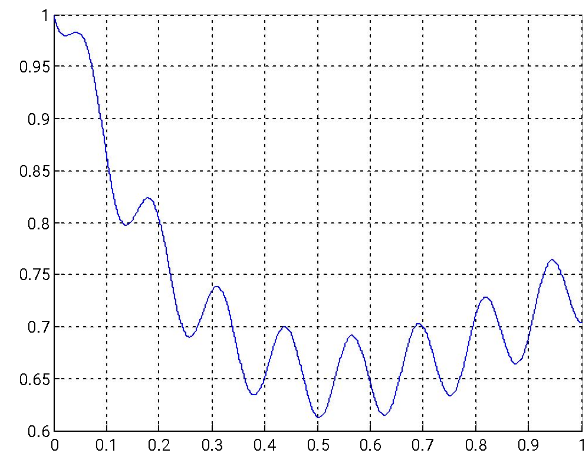
Анализ состояния управляемых систем.



Скорость реакции локальной сети



Скорость реакции WAN



Скорость реакции стохастической системы

Инерционность системы определяется A и зависит от параметров системы и условиями:

локальная сеть A маленькое значение и уменьшается,

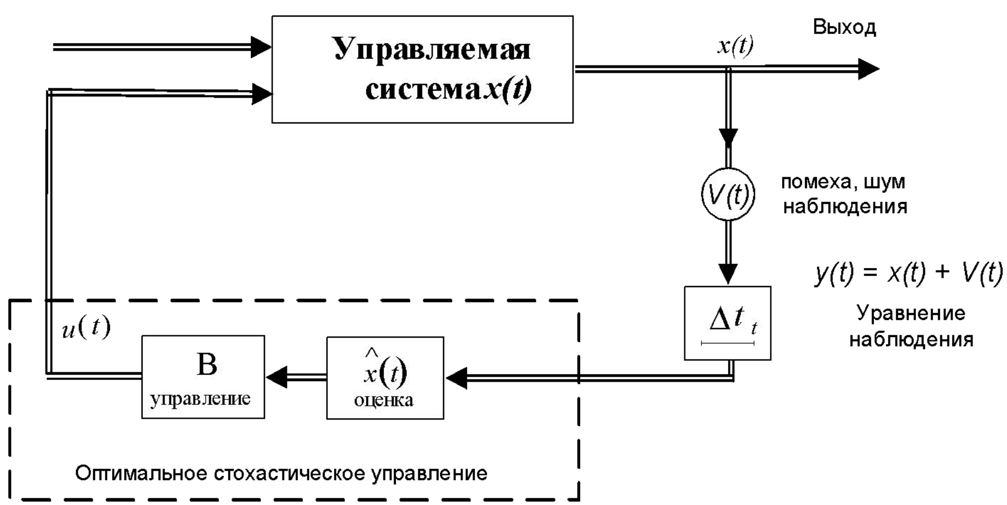
WAN – A увеличивается,
спутниковая связь – A большие значения.

Параметры определяют скорость обработки и ожидание в очереди.

Теорема о разделении для управляемых систем.

В стохастических системах оптимальное управление может быть построено с помощью двух независимых последовательных процедур:

- оптимальная стохастическая оценка состояния *x(t)*
- детерминированное управление.



Для применения теоремы разделения необходимо выполнения условий

- \- процесс *x(t)* (состояние) должен иметь гауссово распределение вероятности;
- \- критерии оценки (качество управления) должно выполняться с минимальным среднеквадратическим отклонением (СКО).

Оценка качества управления системы

Оценка зависит от целевой установки системы. Система связи направленная на предоставления обслуживания и качество определяется SLA уровнем (договор о требуемом уровне обслуживания).

Оптимальным считается такое управление, когда достигается максимально возможное качество функционирования системы.

Система чаще всего описывается несколькими критериями. Поэтому при предоставлении качества решается многокритериальная задача.

- Метод компромиссов: один критерий обеспечивается максимальным (минимальным), а остальные фиксируются;
- Метод взвешивания критериев. $K=\sum K_i w_i$, w_i – вес критериев, выбирается исходя из значимости критерия.
- Превосходной называется такая система, котороя максимальна по всем критериям.
- Критерий среднеквадратического отклонения. $КСКО=(x-x_0)^2 \to min$

Задание и варианты

1. **Реализовать алгоритм уравнения состояния**

$$x(k+1) = \Phi(k, k+1)x(k) + G\xi(k)$$

- функция прогноза $\Phi = e^{-\frac{\Delta t}{\tau_{кор}}}$, где $G = \sqrt{\sigma_x^2(1 - e^{-\frac{\Delta t}{\tau_{кор}}})}$

<u>Параметры</u>: $\Delta t / \tau_{кор}$ - относительная величина шага дискретизации

σ_ξ^2 - с.п.м. порождающего шума

- **Выполнить:** 1. Построить график реализации $x(k)$ на 1000 шагах.

  2. Определить выборочное среднее и дисперсию. Сравнить с заданными.

  3. Построить гистограмму распределения $P(x)$ и показать возможность ее гауссовой аппроксимации4. Построить выборочную корреляционную функцию. Определить выборочный интервал корреляции $\hat{\tau}_k$ реализации $x(k)$. Сравнить полученные данные с заданными τ_k

- Варианты выбираются согласно последних цифр номера зачетной книги.

Задание №2

Получить оценку $\hat{x}(k)$ по алгоритму стохастической аппроксимации Роббинса-Монро:

$$\hat{x}(k+1) = \hat{x}(k) + k[\overline{y}_k - \hat{x}(k)],$$

где $y(k) = x(k) + \upsilon(k)$, $\upsilon(k)$ – шум в канале наблюдения.

Выполнить:

1. Построить график оценки $\hat{x}(k)$ на 1000 шагах.
2. Определить наличие свойств устойчивости процедуры.
3. Определить интервал, на котором наступает установившийся режим (число шагов на переходном режиме).
4. Найти выборочное значение дисперсии ошибки оценки по формуле $\hat{\sigma}_{оц} = \frac{1}{\mathrm{n}}\sum_{k=1}^{n}(x(k) - \hat{x}(k))^2$.
5. Дать выводы о качестве оценки (смещенная, несмещенная) и о качестве алгоритма (скорость сходимости, остаточная погрешность, влияние уровня шума $\upsilon(k)$, влияние шага дискретизации по отношению к $\tau_{кор}$)

Программа Matlaba

```
clear all; clc;

  N=1000;
  t1=1:N;
  D=10;
  T=1;
  T0=1000;          % shag diskretizatii
  v=randn(size(t1));
  w=randn(size(t1));
  m=ones(size(t1));

% --------------------------------
%  issledovanie slu4aynoy posledovatelnosti
% --------------------------------
   figure (1) % grafik slu4aynoy posledovatelnosti
   plot (t1,w)
   grid on

  M=mean(w);
  D=mean((w-M).^2);
  [aa,bb]=hist(w,20);
  dx=(max(w)-min(w))/20;
  p1=aa/(N);%*dx
  mx=bb*p1';
  sigm=sqrt(mean ((w-mx).^2));

p2=exp(-(bb-mx).^2/(2*sigm^2))/(sigm*sqrt(2*pi))*dx;
  M % mat ogidanie
  D % dispersiya
  figure (2) % histogramma slu4aynoy posledovatelnosti
  bar(bb,p1)
  grid on
  hold on, plot(bb,p2,'r')
  title('Histogram signal')
   % korfunkciya -------------
R=zeros(size(t1));
for t=1:20
for k=1:(N-20)
  R(t)=R(t)+w(k)*w(k+t-1);
end;
R(t)= R(t)/(N-20);
end;
R=R/max(R);
mm=0:(N-1);
figure(22)
plot(mm,R)
xlabel('tau')
ylabel('R(tau)')
title('Kor funktiya SP')
grid on
S=fft(R,512);
W=(0:255)/256*(1000000/2);
% ---------------------
```

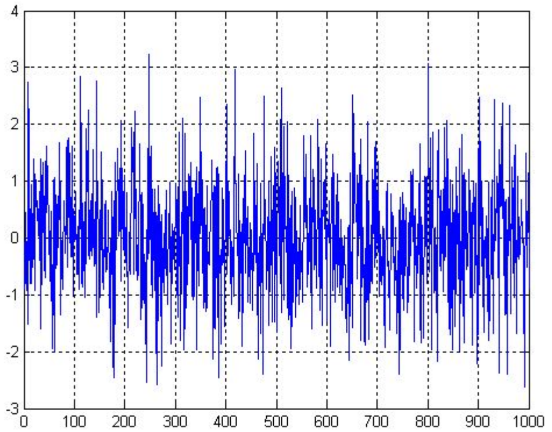
```
% --------------------------------
% formorovanie vhodnogo signala
% --------------------------------

  x(1)=0;
  F=exp(-T/T0);
  G=sqrt(D*F*(1-F));

 for k=1:N-1
   x(k+1)=F*x(k)+G*w(k);
 end

% issledovanie vhodnogo signala
figure(3)
plot(t1(1:1000),x(1:1000));
grid
title('vhodnoy signal')

  M=mean(x);
  D=mean((x-M).^2);
 Mvx=M
 Dvx=D
  [aa,bb]=hist(x,20);
  dx=(max(x)-min(x))/20;
  p1=aa/(N);%*dx
  mx=bb*p1';
  sigm=sqrt(mean ((x-mx).^2));

p2=exp(-(bb-mx).^2/(2*sigm^2))/(sigm*sqrt(2*pi))*dx;
  figure (4) % histogramma
  bar(bb,p1)
  grid on
  hold on, plot(bb,p2,'r')
  title('Histogram signal x')

 % korfunkciya -------------
R=zeros(size(t1));
for t=1:20
for k=1:(N-20)
  R(t)=R(t)+x(k)*x(k+t-1);
end;
R(t)= R(t)/(N-20);
end;
R=R/max(R);
mm=0:(N-1);
figure(44)
plot(mm,R)
xlabel('tau')
ylabel('R(tau)')
title('Kor funktiya signala')
grid on
S=fft(R,512);
W=(0:255)/256*(1000000/2);
  % --------------------
```

```
% signal+shum

 x(1)=0;
 F=exp(-T/T0);
 G=sqrt(D*F*(1-F));
  H=1;
 C1=0.4;
 l=10;
 S=0.09;

for k=1:N-1
  m(k)=C1*sin(l*k*T/T0);
  x(k+1)=S*F*x(k)+G*w(k)+m(k);
end

% ------------------------
% issledovanie signal+shum
% ------------------------

figure(5)
plot(t1(1:1000),x(1:1000));
grid
title('signal+shum')

  M=mean(x);
  D=mean((x-M).^2);
  Mss=M
  Dss=S

% korfunkciya -------------
R=zeros(size(t1));
for t=1:20
for k=1:(N-20)
  R(t)=R(t)+x(k)*x(k+t-1);
end;
R(t)= R(t)/(N-20);
end;
R=R/max(R);
mm=0:(N-1);
figure(33)
plot(mm,R)
xlabel('tau')
ylabel('R(tau)')
title('Kor funktiya na vx')
grid on
S=fft(R,512);
W=(0:255)/256*(1000000/2);
% --------------------
  [aa,bb]=hist(x,20);
  dx=(max(x)-min(x))/20;
  p1=aa/(N);%*dx
  mx=bb*p1';
  sigm=sqrt(mean ((x-mx).^2));

p2=exp(-(bb-mx).^2/(2*sigm^2))/(sigm*sqrt(2*pi))*dx;
  figure (6) % histogramm signal+shum
  bar(bb,p1)
  grid on
  hold on, plot(bb,p2,'r')
  title('Histogram signal+shum')
```

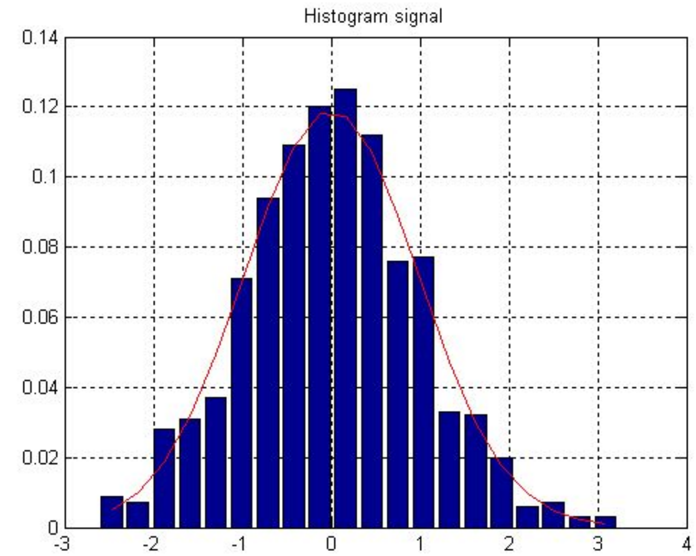
```
% uravnenie  nabluydenia

z=H*x+v+C1*m;
% grafik nablyudeniya
figure(7)
plot(t1(1:1000),z(1:1000));
grid
title('Grafik nablyudeniya')


%
-------------------------------------
---
% ocenka Robbinsa-Monro
%
-------------------------------------
--


Vw=2*ones(size(t1));
Vv=2*ones(size(t1));
Vx(1)=1;
V1x(1)=1;


K=0.1;
x1(1)=F*0;
er3(1)=1;
for k=2:N

Vx(k)=F*V1x(k-1)*F'+G*Vw(k)*G';
  V1x(k)=(1-K*H)*Vx(k);

x1(k)=F*x1(k-1)+K*(z(k-1)-H*F*x1(k-1));
  er3(k)=z(k-1)-H*F*x1(k-1);
  n(k)=x(k)-x1(k);
end
er=(x-x1);   % oshibka ocenki
er1m=mean(er);
er1=mean((er-er1m).^2)

% issledovanie vyhodnogo signala

figure(8)
subplot(211)
plot(t1(1:1000), x1(1:1000),'r'); % ocenka signala
grid
hold on
title('signal na vyhode')

subplot(212)
plot(t1(1:1000),er(1:1000),'m'); % oshibka ocenki
grid
title('oshibka ocenki')

  M=mean(x1);
  D=mean((x1-M).^2);
  Moc=M
  Doc=D
```

```
% korfunkciya -------------
R=zeros(size(t1));
for t=1:20
for k=1:(N-20)
  R(t)=R(t)+x1(k)*x1(k+t-1);
end;
R(t)= R(t)/(N-20);
end;
R=R/max(R);
mm=0:(N-1);
figure(33)
plot(mm,R)
xlabel('tau')
ylabel('R(tau)')
title('Kor funktiya na vux')
grid on
S=fft(R,512);
W=(0:255)/256*(1000000/2);
  % --------------------
  [aa,bb]=hist(x1,20);
  dx=(max(x1)-min(x1))/20;
  p1=aa/(N);%*dx
  mx=bb*p1';
  sigm=sqrt(mean ((x1-mx).^2));

p2=exp(-(bb-mx).^2/(2*sigm^2))/(sigm*sqrt(2*pi))*dx;
  figure (9) % Histogram signal
  bar(bb,p1)
  grid on
  hold on, plot(bb,p2,'r')
  title('Histogram signal')
%--------------------------------

figure(10)

plot(t1(1:200),V1x(1:200)); % korfunkciyz signala na vyhode
hold on
grid
title('Korfunkciya signala na vyhode')
```

Построить график реализации $x(k)$



Гистограмму распределения $P(x)$ и показать возможность ее гауссовой аппроксимации



Определить выборочное среднее и дисперсию:

M = 0.0068, D = 0.9605

Построить выборочную корреляционную функцию.

Определить выборочный интервал корреляции

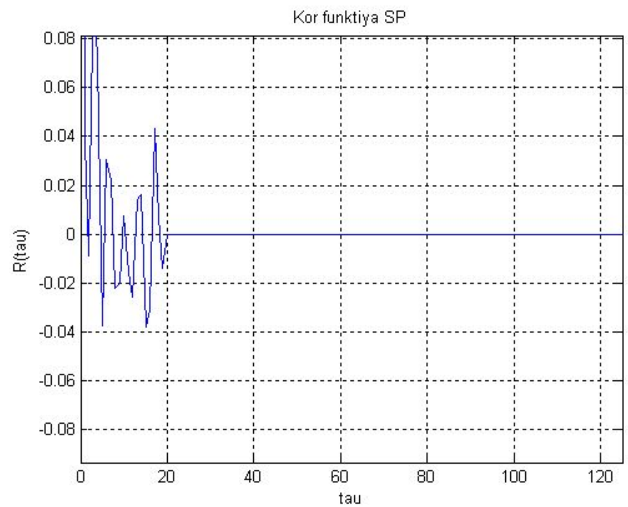
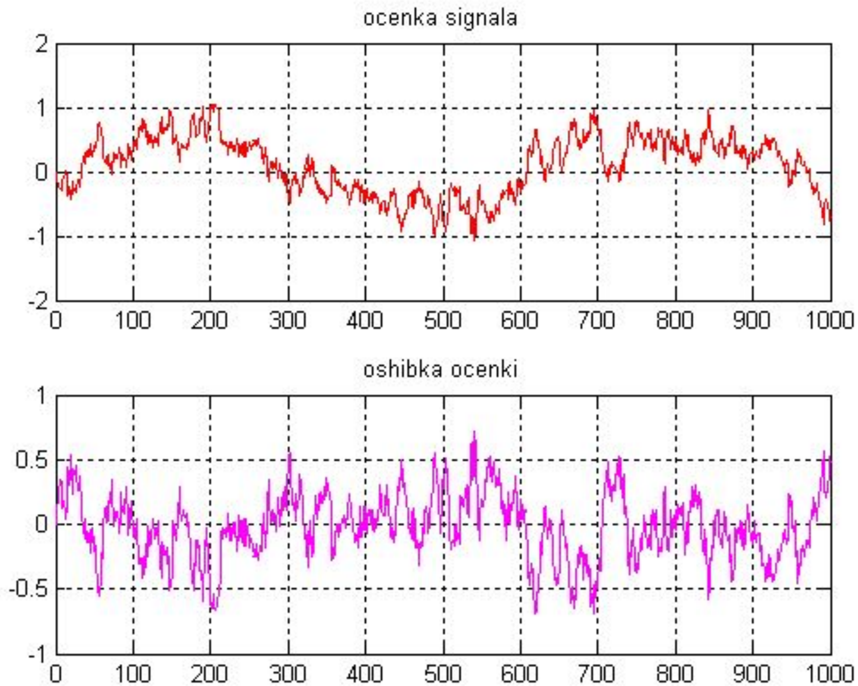


График оценки $\hat{x}(k)$ и ошибки оценки



Определить выборочное среднее и дисперсию:

Moc = 0.1014

Doc = 0.1987

Определить интервал корреляции