

Горбушин Владимир Алексеевич

Лабораторная работа №2

Вариант № 9

Моделирование и оценка эффективности систем передачи информации в среде MATLAB+Simulink

Цель работы

Практическое изучение технологий визуального программирования имитационных моделей систем с использованием подсистемы Simulink, освоение навыков проведения экспериментальных исследований с моделями систем передачи информации в интересах оценки их эффективности и влияния основных факторов.

Задание

Путем имитационного моделирования канала передачи информации с полезным синусоидальным радиосигналом и фазовой модуляцией (несущая частота – 150 Гц) в среде с мешающим аддитивным белым шумом, построить зависимость вероятности уверенного приема сигнала P_O от мощности шума $NP(0,02;0,8)$ и расстояния от источника до приемника $R(4;10)$. Коэффициент различимости $mr = 0,7$, амплитуда импульса $A_m=15$, доверительный интервал $dp = 0,9$ с уровнем значимости $\alpha = 0,01$. Построить зависимость интенсивности ложных тревог L от расстояния от источника до приемника $R(3;12)$ и коэффициента различимости $mr(0,0008;0,01)$. Мощность шума $NP = 0,8$, доверительный интервал $dl = 0,01$ с уровнем значимости $\alpha = 0,04$. Длительность импульса – 1 сек., время моделирования – 10 сек.

Код программы (внесённые изменения в шаблон кода выделены)

lab2var9.m

```
%Оценка качества передачи сигнала с фазовой модуляцией
%Используемые показатели:
%Вероятность уверенного приёма сигнала - PO.
%Исследуемые факторы влияния:
%Расстояние от источника до приемника - R;
%Уровень (мощность) шума на входе приемника - NP;
clear all;
%Задание интервала дискретизации по времени и количества отсчетов на
интервале
%моделирования [0,10] с.
Ts=0.001; %интервал дискретизации
Ns=10000; %количество интервалов
% 1. Оценка PO в зависимости от NP и R при фиксированных Am и mr
%Задание неварьируемых величин
Am = 15;
mr = 0.7; %коэффициент различимости
%Задание количества и диапазонов изменения факторов NP (a) и R (b)
nf=2;
minf=[0.02 4];
maxf=[0.8 10];
%формирование дробного двухуровневого плана эксперимента
```

```

%для учета взаимодействий
fracfact('a b ab' );
N=2^nf;
fracplan=ans;
fictfact=ones(N,1);
X=[fictfact ans]';
fraceks=zeros(N,nf);
for i=1:nf,
    for j=1:N,
        fraceks(j,i)=minf(i)+(fracplan(j,i)+1)*(maxf(i)-minf(i))/2;
    end;
end;
fraceks
%тактическое планирование эксперимента
%задание доверительного интервала и уровня значимости
dp=0.9;
alpha=0.01;
%определение t-критического
tkr_alpha=norminv(1-alpha/2);
%определение требуемого числа испытаний
NE=round(tkr_alpha^2/(4*dp^2))

%цикл по совокупности экспериментов стратегического плана
for j=1:N,
    a=fraceks(j,1);
    b=fraceks(j,2);
    NP=a %мощность шума
    R=b %радиус
    %цикл статистических испытаний с фиксированным объемом
    %выборки для достижения заданной точности оценки показателя
    uo=zeros(NE,1);
    u1=zeros(NE,1);
    for k=1:NE,
        %имитация функционирования системы
        to= round(rand*100); %randseed; %инициализация генератора
        белого шума
        sim('tren1',Ts*Ns);
        uo = simout;
        u1 = simout1;
    end;

    counter = 0;
    for ind = 1:length(uo),
        if uo(ind) == u1(ind)
            counter = counter+1;
        end;
    end;
    probability = counter/length(uo);
    %оценка показателя (реакции) по выборке наблюдений
    P_O=mean(probability)
    Y(j)=P_O;
end;
%определение коэффициентов регрессии
C=X*X';
b_=inv(C)*X*Y'
%формирование зависимости реакции системы на множестве значений
факторов
A=minf(1):0.01:maxf(1);

```

```

B=minf(2):0.1:maxf(2);
[k N1]=size(A);
[k N2]=size(B);
for i=1:N1,
    for j=1:N2,
        an(i)=2*(A(i)-minf(1))/(maxf(1)-minf(1))-1;
        bn(j)=2*(B(j)-minf(2))/(maxf(2)-minf(2))-1;
        %экспериментальная поверхность реакции
        Yc(j,i)=b_(1)+an(i)*b_(2)+bn(j)*b_(3)+an(i)*bn(j)*b_(4);
    end;
end;

% отображение зависимостей в трехмерной графике
[x,y]=meshgrid(A,B);
figure;
plot3(x,y,Yc),
xlabel('NP'),
ylabel('R'),
zlabel('Yc'),
title('PO'),
grid on;

%Оценка качества передачи сигнала с фазовой модуляцией
%Используемые показатели:
%Интенсивность ложных тревог - L.
%Исследуемые факторы влияния:
%Расстояние от источника до приемника - R;
%Коэффициент различимости - mr (превышения порога обнаружения над
уровнем шума  $u_0=mr*\sqrt{NP}$ ).
clear all;
%Задание интервала дискретизации по времени и количества отсчетов на
интервале
%моделирования [0,10] с.
Ts=0.001;
Ns=10000;
% 1. Оценка СКО в зависимости от NP и R при фиксированных mr
%Задание неварьируемых величин
Am = 15;
NP = 0.8; %мощность шума
%Задание количества и диапазонов изменения факторов NP (a) и R (b)
nf=2;
minf=[0.0008 3];
maxf=[0.01 12];
%формирование дробного двухуровневого плана эксперимента
%для учета взаимодействий
fracfact('a b ab');
N=2^nf;
fracplan=ans;
fictfact=ones(N,1);
X=[fictfact ans]';
fraceks=zeros(N,nf);
for i=1:nf,
    for j=1:N,
        fraceks(j,i)=minf(i)+(fracplan(j,i)+1)*(maxf(i)-minf(i))/2;
    end;
end;
fraceks
%тактическое планирование эксперимента

```

```

%задание доверительного интервала и уровня значимости
dm=0.1; %увеличен интервал, для уменьшения количества испытаний
alpha=0.04;
%определение t-критического
tkr_alpha=norminv(1-alpha/2);
%цикл по совокупности экспериментов стратегического плана
for j=1:N,
    a=fraceks(j,1);
    b=fraceks(j,2);
    mr=a
    R=b
    %организация цикла статистических испытаний с переменным объемом
    %выборки для достижения заданной точности оценки показателя
    NE=1;
    l=0;
    SQ=0;
    D=1;
    while NE < tkr_alpha^2*D/dm^2,
        %имитация функционирования системы
        to=round(rand*100); %randseed; %инициализация генератора шума
        sim('tren1',Ts*Ns);
        uo = simout;
        ul = simout1;

        counter = 0;
        for ind = 1:length(uo),
            if uo(ind) ~= ul(ind)
                counter = counter+1;
            end;
        end;
        probability(NE) = counter/(Ts*Ns);

        %Оценка выборочной дисперсии D измеряемого параметра
        l=l+probability(NE);
        SQ=SQ+probability(NE)^2;
        % средний квадрат отклонения:
        if NE>20 D=SQ/(NE-1) - (l^2)/(NE*(NE-1)); end;
        NE=NE+1;
    end;
    NE=NE-1
    %оценка показателя (реакции) по выборке наблюдений
    L=mean(probability)
    Y(j)=L;
end;

%определение коэффициентов регрессии
C=X*X';
b_=inv(C)*X*Y'
%формирование зависимости реакции системы на множестве
%значений факторов
A=minf(1):0.01:maxf(1);
B=minf(2):0.1:maxf(2);
[k N1]=size(A);
[k N2]=size(B);
for i=1:N1,
    for j=1:N2,
        an(i)=2*(A(i)-minf(1))/(maxf(1)-minf(1))-1;
        bn(j)=2*(B(j)-minf(2))/(maxf(2)-minf(2))-1;
    end;
end;

```

```

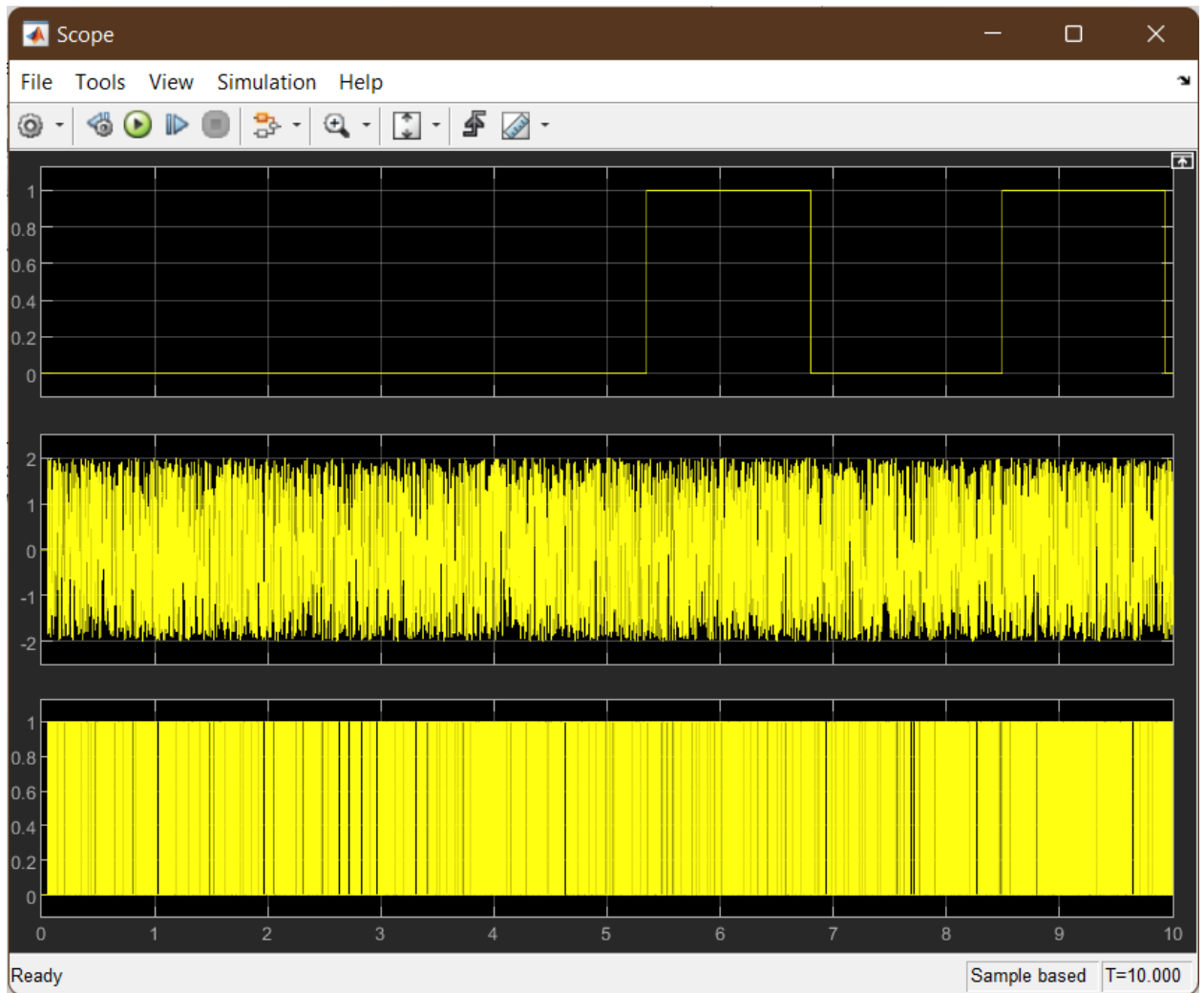
%экспериментальная поверхность реакции
Yc(j,i)=b_(1)+an(i)*b_(2)+bn(j)*b_(3)+an(i)*bn(j)*b_(4);
end;
end;

% отображение зависимостей в трехмерной графике
[x,y]=meshgrid(A,B);
figure;
plot3(x,y,Yc),
xlabel('mr'),
ylabel('R'),
zlabel('Yc'),
title('L'),
grid on;

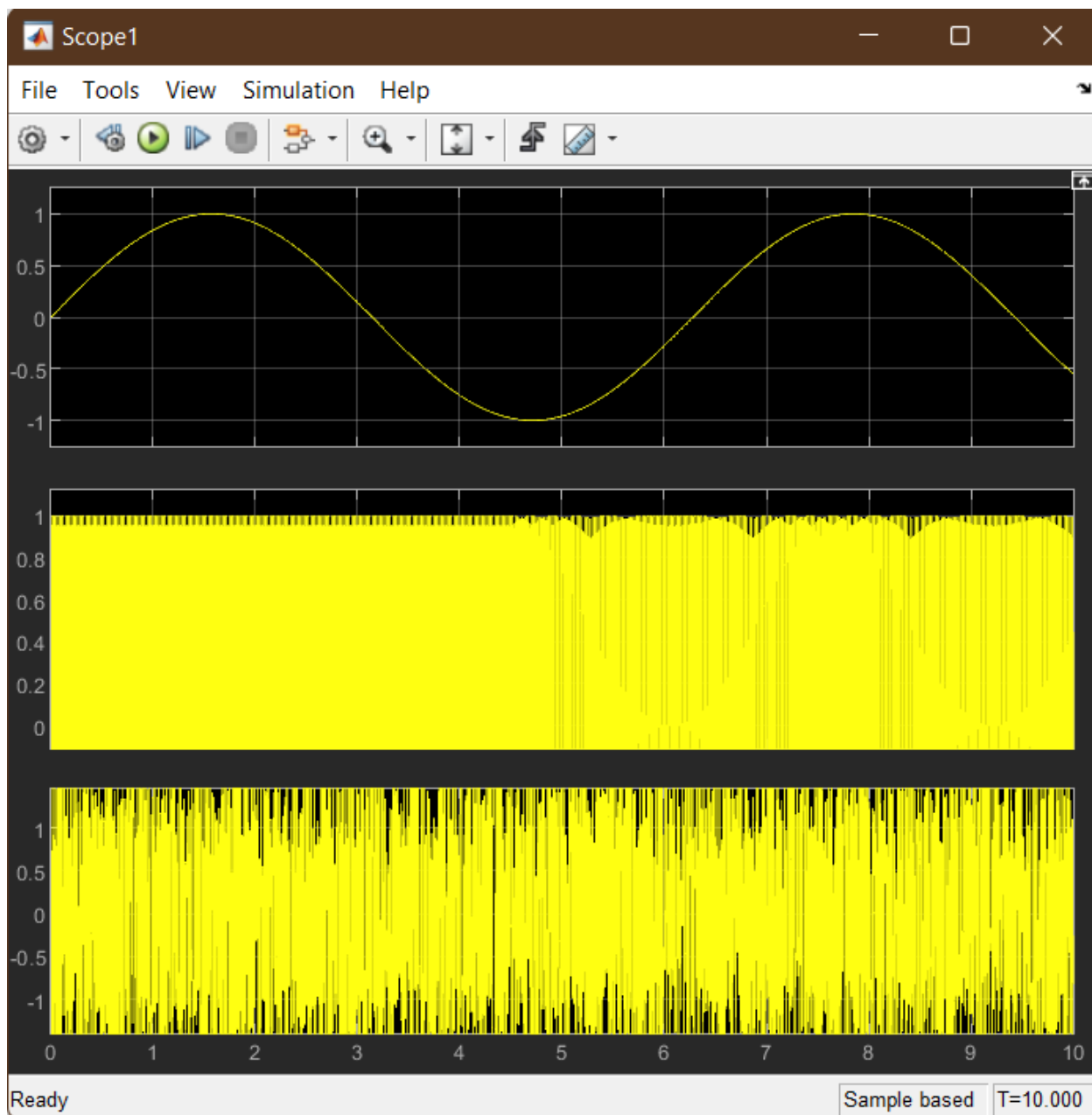
```

Результаты выполнения задания

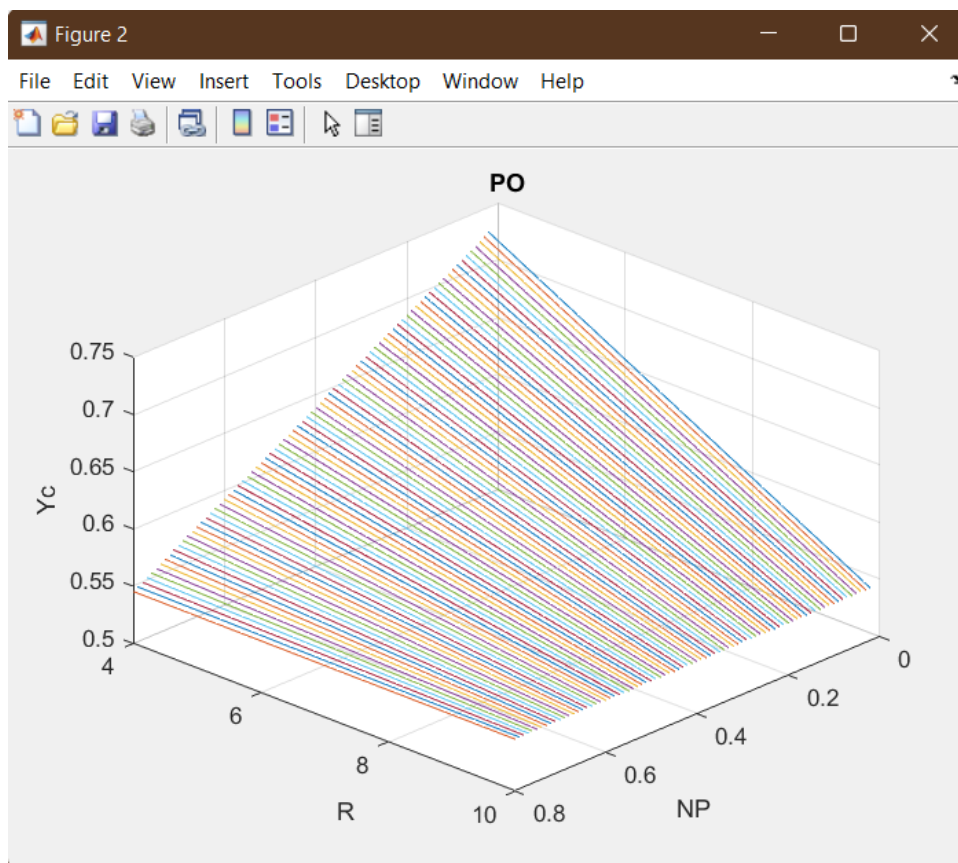
Scope



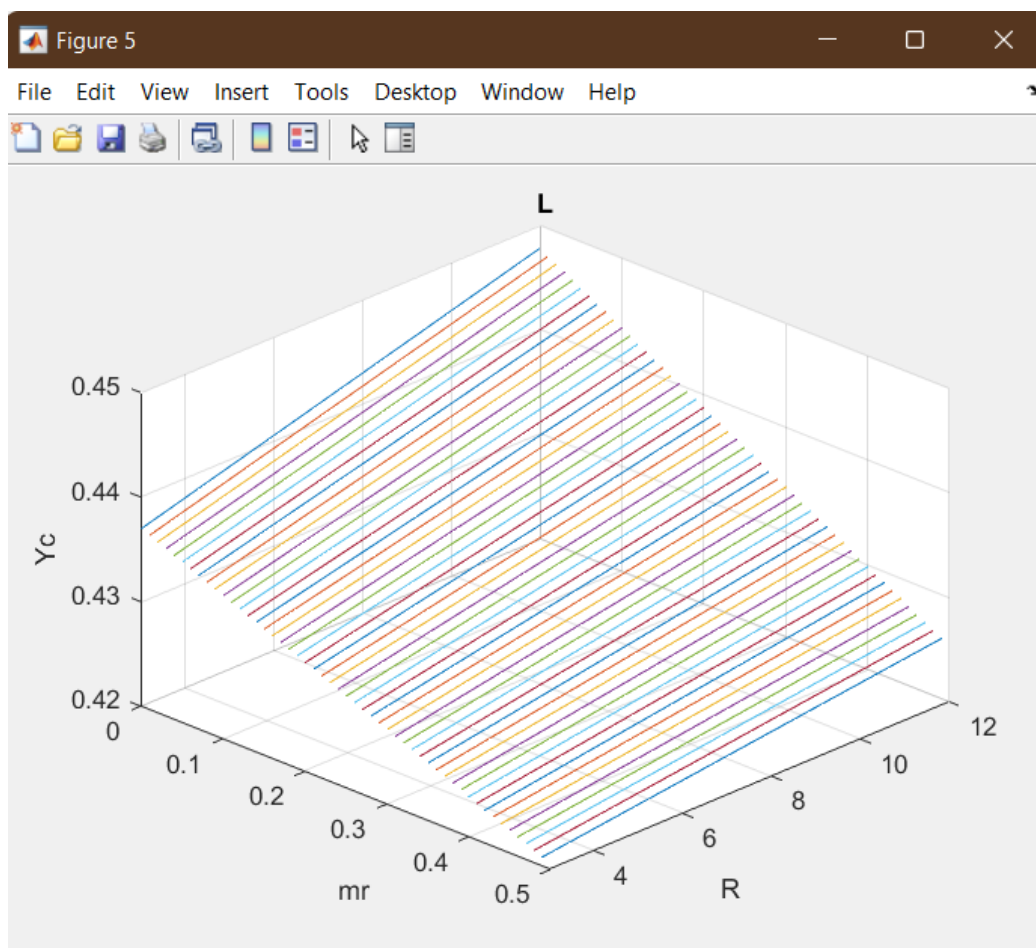
Scope1



Зависимость вероятности уверенного приема сигнала РО от мощности шума NP и расстояния от источника до приемника R:



Зависимость интенсивности ложных тревог L от расстояния от источника до приемника R и коэффициента различимости mr :



(Был изменен диапазон $\text{mr}(0.0008;0.5)$ и увеличен доверительный интервал)

Выводы

1. В ходе работы были изучены и практически реализованы технологии визуального программирования имитационных моделей систем с использованием подсистемы Simulink, освоены навыки проведения экспериментальных исследований с моделями систем передачи информации в интересах оценки их эффективности и влияния основных факторов.
2. Вероятность уверенного приема сигнала возрастает с уменьшением расстояния и мощности шума, а интенсивность ложных тревог – с увеличением расстояния и уменьшением коэффициента различимости. Логически, данные зависимости обладают именно таким поведением.