Министерство образования и науки Российской Федерации

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

—

Институт компьютерных наук и технологий

**Кафедра «Программная инженерия»**

**Отчет**

**Лабораторная работа №5**

по дисциплине «Цифровая обработка сигналов»

Выполнил

Студент группы

3530904/00103 Солодовников С.Ф.

Преподаватель Тутыгин В.С.

Санкт-Петербург

2022 г

**Вариант 12**

Вид оконной функции - Барлетта

Коэффициент сходства - Ковариация

# Цель работы

Цель лабораторной работы – изучить методику разработки программ сложных видов цифровой обработки сигналов, которые включают в себя комбинацию ключевых операций: БПФ, корреляцию, сплайн-аппроксимацию и передискретизацию

# Программа работы

1. Исследуйте сравнительную точность определения временной задержки радиоимпульса при использовании методов МА и АКМ при различных СКО шума на входе, заданных виде оконной функции, с помощью которой сформирован радиоимпульс и способа сравнения задержанного радиоимпульса с эталонными.
2. Исследуйте влияние выбора вида оконной функции (Барлетта, Хемминга, Хеннинга, экспоненциальной), используемой для формирования радиоимпульса, способа сравнения задержанного радиоимпульса с эталонными (с помощью ковариации, корреляции, нормы Минковского, нормы Поддорогина) на точность определения временной задержки.
3. Исследуйте статистические характеристики: функции распределения и СКО погрешностей вычисленных методами МА и АКМ значений временной задержки

# Результаты

## Таблица 1. сравнительная точность определения временной задержки радиоимпульса при использовании методов МА и АКМ при различных СКО шума на входе

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| СКО шума на входе | Временная задержка | Таблица 1 | | | |
| МА | Отн. погрешность МА, % | АКМ | Отн. погрешность АКМ, % |
| 0 | 300,00 | 299 | 0,33 | 299.83 | 0.055556 |
| 310,00 | 309 | 0,32 | 309.83 | 0.053763 |
| 320,00 | 319 | 0,31 | 319.83 | 0.052083 |
| 330,00 | 329 | 0,30 | 329.83 | 0.050505 |
| 340,00 | 339 | 0,29 | 339.83 | 0.04902 |
| 350,00 | 349 | 0,29 | 349.83 | 0.047619 |
| 0,1 | 300,00 | 300 | 0,00 | 300.42 | 0.1385 |
| 310,00 | 309 | 0,32 | 309.83 | 0.053763 |
| 320,00 | 319 | 0,31 | 319.83 | 0.052083 |
| 330,00 | 336 | 1,82 | 329.77 | 0.069812 |
| 340,00 | 341 | 0,29 | 340.58 | 0.17157 |
| 350,00 | 347 | 0,86 | 350.33 | 0.095238 |
| 0,2 | 300,00 | 299 | 0,33 | 299.42 | 0.19483 |
| 310,00 | 310 | 0,00 | 310 | 0 |
| 320,00 | 319 | 0,31 | 320.67 | 0.20833 |
| 330,00 | 328 | 0,61 | 330.09 | 0.025894 |
| 340,00 | 340 | 0,00 | 340.42 | 0.12225 |
| 350,00 | 352 | 0,57 | 350.33 | 0.095238 |

## Таблица 2. Сравнение метода максимума амплитуды и АКМ с помощью ковариации на оконной функции вида Барлетта при различных СКО шума на входе.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| СКО шума на входе | Погрешности | |
| СКО\_МА, % | СКО\_АКМ, % |
| 0 | 0 | 0 |
| 0,05 | 0,3881 | 0,0409 |
| 0,1 | 0,5602 | 0,0587 |
| 0,15 | 0,7017 | 0,0847 |
| 0,2 | 0,8346 | 0,1086 |

## Гистограммы распределения значений времени задержки для АКМ и МА при различных Q

## Q=0Graphical user interface Description automatically generated

## Q=0.05Chart, histogram Description automatically generated

## Q=0.1Chart, histogram Description automatically generated

## Q=0.15

Chart, histogram

Description automatically generated

## Q=0.2Chart, histogram Description automatically generated

## Графики зависимостей среднеквадратической погрешностей определения значений времени задержки от уровня зашумленности радиоимпульса для методов АКМ и МА

# Вывод

1. среднеквадратическая погрешность определения значений времени задержки у метода АКМ с помощью ковариаций в среднем, почти в 10 раз меньше, чем у метода МА. При СКО шума на входе [0;0.2] погрешность МА не превышает 1%, а АКМ едва превышает 0.1%.
2. относительная погрешность также ниже у метода АКМ. Для СКО шума на входе [0;0.2] наихудший результат метода МА – 1.82%, в то время как у АКМ – 0.2%

# Программа

## stat

%Программа определения времени задержки радиоимпульса

%Используется сочетание приближенного определения времени задержки

%по сдвигу максимума радиоимпульса с вычислением функции коэффициентов

%корреляции радиоимпульса с серией эталонных сигналов,передискретизацией,

%нахождением максимума этой функции,итерационным процессом вычисления.

clc;

clear;

sp=75;%кол-во отсчетов за период несущей частоты радиоимпульса

kt=1024;%количество отсчетов принимаемого сигнала

h=100;%полуширина радиоимпульса

%shum=0.1;%уровень шума в долях СКО

for shum = [0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2]

for i4=1:2048

shift=400;% точное значение временной задержки

for i=1:kt

y(i)=0;

sy(i)=0;

w(i)=0;

w1(i)=0;

end

%ПРОГРАММНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ СИГНАЛА

noise=randn(kt);

for i=1:kt %генерация оконной функции

if(i>(shift-h)&(i<=shift+h))

w(i)=1-abs(i-shift)/h;%окно Барлетта(треугольное)

% w(i)=0.5\*(1+cos(pi\*(i-shift)/h));%окно Хеннинга

% w(i)=0.54+0.46\*cos(pi\*(i-shift)/h);%окно Хемминга

% w(i)=exp(-0.0003\*(i-shift)^2.0); %экспоненциальное окно

end

end

for i=1:kt %генерация задержанного радиоимпульса

y(i)=w(i)\*cos(2\*3.14\*(i-shift)/sp);

y(i)=y(i)+shum\*noise(i);

end

%нахождение макс. знач. y[i] массива Y

C=max(y);

%нахождение номера элемента массива Y, соответствующего макс. знач. y[i]

for i=1:kt

if (y(i)==C)

shiftmax=i-1;

shiftmax2=i;

break

end

end

if(shiftmax<0)|(shiftmax>=550000)

dt\_int=shiftmax;

else

dt=shiftmax; %оценка величины сдвига методом максимума амплитуды

search\_area=h/(2\*dt); %область поиска

for ki=1:3 %Цикл определяет количество итераций

shagkor=dt\*search\_area/3;

k=0;

dt1=dt-dt\*search\_area;

dt2=dt+dt\*search\_area;

%диапазон сдвигов должен быть ограничен - от 0 до 800

if (dt1<0) dt1=0;end;

if (dt2>800) dt2=800; end;

for iii=dt1:shagkor:dt2 %цикл для создания 6 эталонов в окрестности

%приближенного значения сдвига, определенного по МАХ амплитуды.

k=k+1;

xkor(k)=iii;

shift1=iii;

kor(k)=0;

for i=1:kt

x(i)=0;

end

%Вычисление массива эталонного радиоимпульса X

for i=1:kt %генерация оконной функции для эталонного радиоимпульса

if(i>(shift1-h)&(i<=shift1+h))

w1(i)=1-abs(i-shift1)/h;%окно Барлетта(треугольное)

% w1(i)=0.5\*(1+cos(pi\*(i-shift1)/h));%окно Хеннинга

% w1(i)=0.54+0.46\*cos(pi\*(i-shift1)/h);%окно Хемминга

% w1(i)=exp(-0.0003\*(i-shift1)^2.0); %экспоненциальное окно

end

end

for i=1:kt %генерация эталонного радиоимпульса

x(i)=w1(i)\*cos(2\*3.14\*(i-(shift1))/sp);

end

%вычисление средних значений X и Y

x\_sr=mean(x);

y\_sr=mean(y);

x\_sko=0;

y\_sko=0;

kor1(k)=0;%%начальное значение суммы модулей суммы

kor(k)=0;

%вычисление СКО и коэффициента корреляции X и Y

for i=1:kt

x\_sko=x\_sko+(x(i)-x\_sr)\*(x(i)-x\_sr);

y\_sko=y\_sko+(y(i)-y\_sr)\*(y(i)-y\_sr);

kor(k)=kor(k)+(x(i)-x\_sr)\*(y(i)-y\_sr);

% sxy(i)=(abs(x(i)-y(i)));%вычисление нормы Минковского !

% sxy(i)=(abs(x(i)+y(i)));%вычисление нормы Поддорогина !

% kor1(k)=kor1(k)+sxy(i);%вычисление нормы Минковского/Поддорогина !

end

% kor(k)=kor(k)/(sqrt(x\_sko\*y\_sko));

% kor(k)=kor1(k);

end

xx=1:k;

xi=1:0.1:k;

yint=interp1(xx,kor,xi,'spline');% сплайн-интерполяция коэф корреляции

r1=kor;

%следующие 5 строк - отображение графика коэф. корреляции от сдвига эталонов

%график получен с помощью ф-и сплайн-аппроксимации spaps

apr=spaps(xkor,kor,0.000001);

% cmax=min(yint); %нахождение минимума коэф. Минковского

cmax=max(yint); %нахождение максимума коэф.корр./ковар./Поддорогина

for i=1:round((k-1)/0.1+1)

if (yint(i)==cmax)

dt\_int=dt-dt\*search\_area+(i-1)\*shagkor/10; %уточненное значение врем.задержки по МАХ функции коэф. корр.

end

end

dt=dt\_int;

search\_area=search\_area/2;

end

end

dtt(i4)=dt;

dttma(i4)=shiftmax;

end

SKO\_AKM=std(dtt);

SKO\_AKM\_persent=SKO\_AKM/shift\*100

figure

hist(dtt,7); %построение итоговой гистограммы для АКМ

title('AKM c шумом ' + string(shum));

shum

SKO\_MA=std(dttma);

SKO\_MA\_persent=SKO\_MA/shift\*100

figure

hist(dttma,7); %построение итоговой гистограммы для МА

title('MA с шумом ' + string(shum))

end

pause;

close all; %закрытие окон графического вывода

clear; %очистка Workspace

## %Программа определения времени задержки радиоимпульса

%Используется сочетание приближенного определения времени задержки

%по сдвигу максимума радиоимпульса с вычислением функции коэффициентов

%сходства радиоимпульса с серией эталонных сигналов,

%передискретизацией, нахождением максимума этой функции, итерационным %процессом вычисления.

kt=1024;%количество отсчетов сигнала

shift=300;% сдвиг отраженного модельного сигнала

h=100;%полуширина радиоимпульса

Q=0.2;%1уровень шума в долях СКО

clc;%очистка Command Window

for shift = [300, 310, 320,330,340, 350]

for i=1:kt

y(i)=0;

sy(i)=0;

w(i)=0;

w1(i)=0;

end

%ПРОГРАММНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ СИГНАЛА

noise=randn(kt);%генерация массива нормально распределенного шума

for i=1:kt %генерация оконной функции

if(i>(shift-h)&(i<=shift+h))

w(i)=1-abs(i-shift)/h;%окно Барлетта(треугольное)

%w(i)=0.5\*(1+cos(pi\*(i-shift)/h));%окно Хеннинга

%w(i)=0.54+0.46\*cos(pi\*(i-shift)/h);%окно Хемминга

%w(i)= exp(-0.0003\*(i-shift)^2.0); %экспоненциальное окно

end

end

for i=1:kt %генерация задержанного радиоимпульса

y(i)=w(i)\*cos(2\*pi\*(i-(shift))/75);

y(i)=y(i)+Q\*noise(i);

end

i=1:kt;

plot(i,y);

title('y');

%нахождение макс. знач. y[i] массива Y

C=max(y);

%нахождение номера элемента массива Y, соответствующего макс. знач. y[i]

for i=1:kt

if (y(i)==C)

shiftmax=i-1;

break

end

end

if(shiftmax<0)|(shiftmax>=550000)

dt\_int=shiftmax;

else

dt=shiftmax; %оценка времени задержки по методу максимума амплитуды

search\_area=h/(2\*dt); %область поиска относительно центра

for ki=1:3 %Цикл определяет количество итераций

shagkor=dt\*search\_area/3;

k=0;

dt1=dt-dt\*search\_area;

dt2=dt+dt\*search\_area;

%диапазон сдвигов должен быть ограничен - от 0 до 800

if (dt1<0) dt1=0;end;

if (dt2>800) dt2=800; end;

for j=dt1:shagkor:dt2 %цикл для создания 6 эталонов в окрестности

%приближенного значения сдвига, определенного по МАХ амплитуды.

k=k+1;

xkor(k)=j;

shift1=j;

kor(k)=0;

for i=1:kt

x(i)=0;

end

%Вычисление массива эталонного радиоимпульса X

for i=1:kt %генерация оконной функции для эталонного радиоимпульса

if(i>(shift1-h)&(i<=shift1+h))

w1(i)=1-abs(i-shift1)/h;%окно Барлетта(треугольное)

%w1(i)=0.5\*(1+cos(pi\*(i-shift1)/h));%окно Хеннинга

%w1(i)=0.54+0.46\*cos(pi\*(i-shift1)/h);%окно Хемминга

% w1(i)=exp(-0.001\*(i-shift1)^2.0); %экспоненциальное окно

end

end

for i=1:kt %генерация эталонного радиоимпульса

x(i)=w1(i)\*cos(2\*pi\*(i-(shift1))/75);

end

%вычисление средних значений X и Y

x\_sr=mean(x);

y\_sr=mean(y);

x\_sko=0;

y\_sko=0;

kor1(k)=0; % начальное значение суммы модулей суммы

kor(k)=0; % начальное значение коэф. корреляции

%вычисление СКО и коэффициента корреляции X и Y

for i=1:kt

x\_sko=x\_sko+(x(i)-x\_sr)\*(x(i)-x\_sr);

y\_sko=y\_sko+(y(i)-y\_sr)\*(y(i)-y\_sr);

kor(k)=kor(k)+(x(i)-x\_sr)\*(y(i)-y\_sr);

%sxy(i)=(abs(x(i)-y(i))); %вычисление нормы Минковского

% sxy(i)=(abs(x(i)+y(i))); %вычисление нормы Поддорогина

%kor1(k)=kor1(k)+sxy(i);%вычисление нормы Минковского и Поддорогина

end

% kor1(k)=kor(k);%вычисление коэффициента ковариации

% kor1(k)=kor(k)/(sqrt(x\_sko\*y\_sko));%вычисление коэффициента корреляции

% kor(k)=kor1(k);

end

xx=1:k;

xi=1:0.1:k;

yint=interp1(xx,kor,xi,'spline');% сплайн-интерполяция коэф корреляции

r1=kor;

%следующие 5 строк - отображение графика функции коэф. корреляции/

%коэф. Минковского/коэф. Поддорогина от сдвига эталонов

%график получен с помощью ф-и сплайн-аппроксимации spaps

apr=spaps(xkor,kor,0.000001);

figure

fnplt(apr)

hold on

plot(xkor,r1,'ro')

hold off

cmax=max(yint); %нахождение максимума функции коэф. корр./ковар.

% cmax=min(yint); %нахождение минимума функции коэф. Минковского

for i=1:round((k-1)/0.1+1)

if (yint(i)==cmax)

dt\_int=dt-dt\*search\_area+(i-1)\*shagkor/10; %уточненное значение врем.задержки по МАХ функции коэф. корр.

end

end

dt=dt\_int;

search\_area=search\_area/2;

end

end

dt\_ma=shiftmax; %оценка времени задержки по методу максимума амплитуды (МА)

err\_ma=abs(dt\_ma-shift)/shift\*100;

dt\_acm=dt;% %оценка времени задержки по методу АКМ

err\_acm= abs(dt-shift)/shift\*100;

table(shift,dt\_ma,err\_ma,dt\_acm,err\_acm )

end

pause;

close all; %закрытие окон графического вывода

clear; %очистка Workspace