

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Институт компьютерных наук и технологий
Высшая школа программной инженерии

Отчет по лабораторной работе 4

Вариант 2, 4

Выполнил студент гр. в3530904/00321	<подпись>	В.Я. Копылов
Руководитель	<подпись>	В.С. Тутыгин

Санкт-Петербург
2022г.

Оглавление

Цель работы	3
Программа работы	4
Результат работы	6
Выводы	13
Приложение. Тексты программ	14

Цель работы

Требуется исследовать зависимость погрешности определения количества периодов короткого сигнала с нецелым количеством периодов от количества периодов и величины СКО шума на входе при использовании БПФ и аппроксимационно-корреляционного метода при использовании различных методов определения сходства: коэффициента ковариации и корреляции, суммы модулей разности, суммы модулей суммы, квадратного корня из суммы квадратов разности.

Количество периодов сигнала:

2) 3...4, шаг 0.2

Коэффициент сходства:

4) Норма Поддорогина

Программа работы

1. При исследовании эффекта увеличения точности определения количества периодов и частоты сигнала по сравнению с БПФ за счет дополнительных операций цифровой обработки произведите измерения (программа lab4) количества периодов сигнала в диапазоне количества периодов от K до $K+1$ с шагом 0.2 и постройте графики погрешности определения количества периодов сигнала на этом интервале с помощью БПФ и комбинированного способа.

Результаты измерений занесите в таблицу:

СКО шума	Кол-во периодов сигнала	kp_fft	Отн. погреш-ность kp_fft	kp_int	Отн. погреш-ность kp_int
0	4.0				
	4.2				

Рисунок 1. Задание

2. При исследовании достижимой точности определения количества периодов и частоты сигнала комбинированным способом при различных уровнях зашумленности сигнала произведите оценку точности определения количества периодов и частоты сигнала в диапазоне количества периодов от K до $K+1$ с шагом 0.2 при значениях СКО шума от 0 до 0.2 с шагом 0.1. Для этого произведите статистические испытания (программа lab4_statistica), и вычислите значения среднеквадратической погрешности и величину доверительных интервалов определения для каждого значения количества периодов сигнала и каждого уровня шума.

3. Исследуйте влияние способа сравнения эхо-сигнала с эталонными (с помощью ковариации, корреляции, нормы Минковского, нормы Поддорогина) на точность определения количества периодов и частоты сигнала.

Рисунок 2. Задание

Результаты работы

Был построен график зашумленной функции до преобразований.

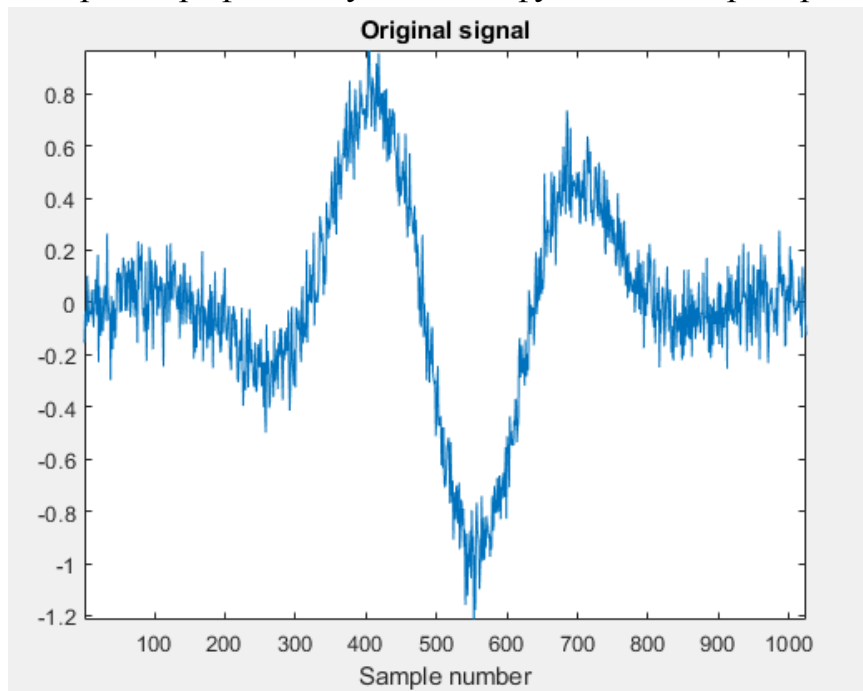


Рисунок 3. График функции

Также был построен график коэффициентов корреляции, представляющий собой параболу 6 порядка.

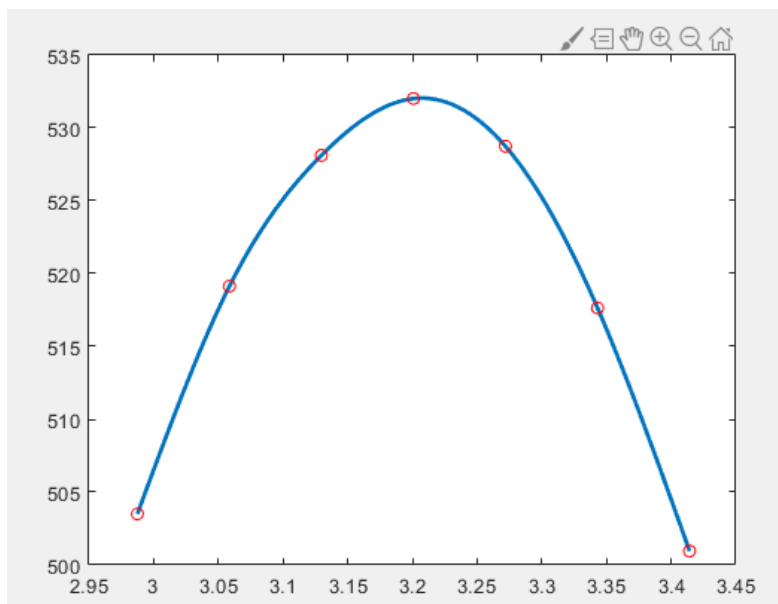


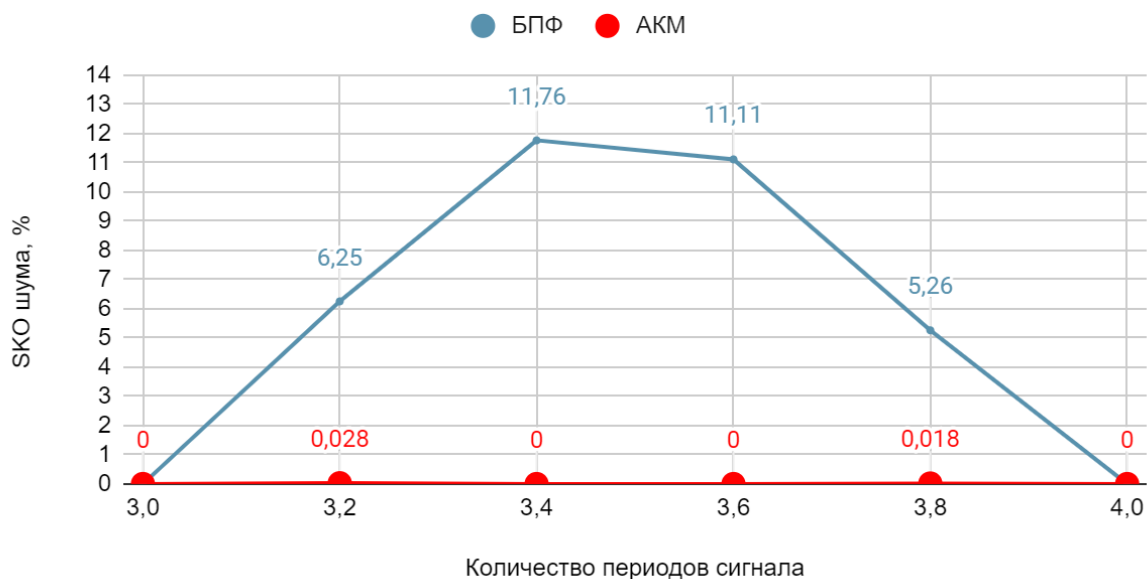
Рисунок 4. График коэффициентов корреляции

Также была построена таблица зависимости количества периодов и частоты сигнала АКМ по сравнению с БПФ и нормы Поддорогина.

СКО шума на входе	Кол-во периодов в сигнала	Результаты цифровой обработки			
		кп_БПФ	отн_погрешность кп_БПФ	кп_АКМ	отн_погрешность кп_АКМ
0	3,00	3	0,00	3,0000	0,000
	3,20	3	6,25	3,1991	0,028
	3,40	3	11,76	3,4000	0,000
	3,60	4	11,11	3,6000	0,000
	3,80	4	5,26	3,7993	0,018
	4,00	4	0,00	4,0000	0,000
0,1	3,00	3	0,00	3,0000	0,000
	3,20	3	6,25	3,1991	0,028
	3,40	3	11,76	3,4000	0,000
	3,60	4	11,11	3,6000	0,000
	3,80	4	5,26	3,7993	0,018
	4,00	4	0,00	4,0000	0,000
0,2	3,00	3	0,00	2,9933	0,223
	3,20	3	6,25	3,1867	0,416
	3,40	3	11,76	3,4000	0,000
	3,60	4	11,11	3,6060	0,167
	3,80	4	5,26	3,7993	0,018
	4,00	4	0,00	4,0067	0,168

Также был построен график сравнения погрешностей БПФ и АКМ.

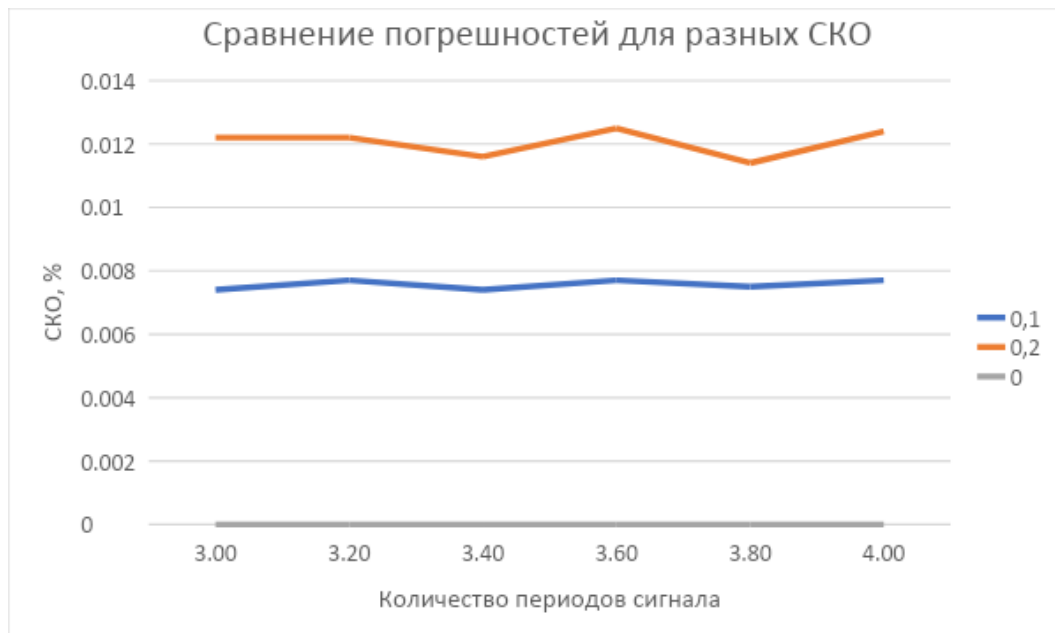
График зависимости погрешности на интервале от 3 до 4 периодов для БПФ и АКМ при шуме 0.1



Также были получены значения среднеквадратичной погрешности

СКО шума на входе	Кол-во периодов сигнала	Результаты цифровой обработки		
		МО	σ , %	β , %
0	3,00	3	0	0
	3,20	3,2	1,16E-14	2,31E-14
	3,40	3,4	1,47E-14	2,93E-14
	3,60	3,6014	1,60E-14	3,20E-14
	3,80	3,7968	9,33E-15	1,87E-14
	4,00	4	0	0
0,1	3,00	3,0009	0,0074	0,0147
	3,20	3,1998	0,0077	0,0153
	3,40	3,3997	0,0074	0,0149
	3,60	3,6007	0,0077	0,0153
	3,80	3,7997	0,0075	0,015
	4,00	4,0001	0,0077	0,0154
0,2	3,00	2,9998	0,0122	0,0244
	3,20	3,201	0,0122	0,0243
	3,40	3,4002	0,0116	0,0232
	3,60	3,6001	0,0125	0,0249
	3,80	3,7999	0,0114	0,0229
	4,00	3,9998	0,0124	0,0248

На основании полученных значений был построен график



Выводы

После проделанной работы были получены следующие результаты:

- Метод АКМ гораздо эффективнее метода БПФ
- с увеличением СКО шума увеличивается и СКО отклонения функции от истинной

Приложение. Тексты программ

```
%Комбинированное использование ключевых операций ЦОС
%Dля повышения точности определения частоты
%"короткого" сигнала используется комбинация
%БПФ, кросскорреляции, сплайн-аппроксимации, передискретизации
%В качестве показателя сравнения исходного и эталонных сигналов
%предусмотрена возможность использования коэффициента ковариации,
%коэффициента корреляции, суммы модулей разности (нормы Минковского),
%суммы модулей суммы (нормы Поддорогина)
```

```
clc;%очистка Command Window
kt=1024;% количество отсчетов
Q=0.1;%шум
%kp=4%количество периодов сигнала
```

%1. ГЕНЕРАЦИЯ МОДЕЛЬНОГО СИГНАЛА

```
% for kp = [3.0, 3.2, 3.4, 3.6, 3.8, 4.0]
for kp = [3.2]
    disp(['Q: ', num2str(Q)]);
    disp(['kp: ', num2str(kp)]);

    for i=1:kt %обнуление массива сигнала
        y(i)=0;
    end

    noise=randn(kt);
    %noise=wgn(kt,1,0);

    for i=1:kt %генерация модельного сигнала с экспоненциальной модуляцией
        w(i)=exp(-20*((i-kt/2)/kt)^2);
        y(i)=sin(2*pi*kp*i/kt)*w(i);
        y(i)=y(i)+Q*noise(i);
    end

    i=1:kt; %отображение модельного сигнала во временной области
    figure
    plot(i,y);
    axis tight;
    title('Original signal')
    xlabel('Sample number')

%2. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ (БПФ)
bpfy=fft(y,kt);%БПФ
bpf=bpfy.*conj(bpfy)/kt;%БПФ
%нахождение макс. знач. функции БПФ для массива Y
C=max(bpf);

for i=1:kt %поиск количества периодов, соответствующих максимуму БПФ
    if (bpf(i)==C)
        kpbpf=(i-1);
        break
    end
end
end
```

```

kp_bpf=kpbpf;
disp(['kp_bpf: ', num2str(kp_bpf)]);
disp(['error_bpf: ', num2str((kp - kp_bpf)/kp * 100)]);

%3. СОЗДАНИЕ ЭТАЛОНОВ И КРОССКОРРЕЛЯЦИЯ
kp1=kpbpf;
seach_area=0.8/kp1;%область поиска относит. kp_bpf

for ki=1:3 %количество итераций
    shagkor=kp1*seach_area/3;%шаг поиска
    k=0;
    for j=kp1-kp1*seach_area:shagkor:kp1+kp1*seach_area %цикл для создания 6
эталонов в окрестности приближенного
        %значения количества периодов, определенных с помощью БПФ.
        k=k+1;
        xkor(k)=j;
        kor(k)=0;
        for i=1:kt
            x(i)=0;
        end
        %Вычисление массивов эталонных сигналов
        for i=1:kt
            x(i)=sin(2*pi*j*i/kt)*w(i);
        end
        %вычисление средних значений модельного и эталонных сигналов
        x_sr=mean(x);
        y_sr=mean(y);
        x_sko=0;
        y_sko=0;
        kor1(k)=0;%начальное значение показателя сравнения
        %вычисление показателя сравнения модельного и эталонных сигналов
        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);%вычисление коэф. ковариации
            % sxy(i)=abs(x(i)-y(i));%вычисление модуля разности
            % kor1(k)=kor1(k)+sxy(i); %вычисление суммы модулей разности
            %(нормы Минковского)
            sxy(i)=abs(x(i)+y(i));%вычисление модуля суммы
            kor1(k)=kor1(k)+sxy(i); %вычисление суммы модулей суммы
            %(нормы Поддорогина)
        end
        %kor1(k)=kor(k)/(sqrt(x_sko*y_sko));%вычисление коэф. корреляции
    end %конец цикла создания эталонов и вычисления массива коэф. корр.

%СПЛАЙН-АППРОКСИМАЦИЯ И ПЕРЕДИСКРЕТИЗАЦИЯ
xx=1:k;
xi=1:0.1:k;
r1=sin(xx); %только для тестирования сплайн-аппроксимации
yint=interp1(xx,kor1,xi,'spline');% сплайн-аппроксимация коэф корреляции
r1=kor1;
apr=spaps(xkor,kor1,0.000001);

figure

```

```

    fnplt(apr)
    hold on
    plot(xkor,r1,'ro');
    hold off

%НАХОЖДЕНИЕ УТОЧНЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ПЕРИОДОВ
СИГНАЛА
cmax=max(yint); %нахождение максимума коэф. корр.
for i=1:round((k-1)/0.1+1)
    if (yint(i)==cmax)
        kp_int=kp1-kp1*seach_area+(i-1)*shagkor/10; %уточненное значение частоты по
MAX функции коэф. корр.
    end
end
seach_area=seach_area/2;
kp1=kp_int;
end
res=kp1;
disp(['kp_AKM (res): ', num2str(res)]);
disp(['error_AKM: ', num2str((kp - res)/kp * 100)]);
disp('---');
end
pause;
close all;%закрытие всех окон графического вывода
clear;%очистка Workspace

```