### Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

### «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»

**Лабораторная №3**

### «Корреляция дискретных сигналов»

Выполнил:  
 Шаповал Н.О.

Группа: ИА-232

Проверил(а): Дроздова В.Г

.

GitHub: [https://github.com/nikin1/osms](https://github.com/IvanNoritsin/OSMS)



Новосибирск 2024

#### Оглавление

[Цель работы 3](#_bookmark0)

[Задачи 3](#_bookmark1)

[Краткие теоретические сведения 4](#_bookmark2)

[Понятие корреляции 4](#_bookmark3)

[Виды корреляции 4](#_bookmark4)

[Вычисление корреляции 5](#_bookmark5)

[Нормализованная корреляция 5](#_bookmark6)

[Исходные данные 6](#_bookmark7)

[Алгоритм 6](#_bookmark8)

[Заключение 10](#_bookmark9)

[Контрольные вопросы 10](#_bookmark10)

[Приложение 12](#_bookmark11)

# Цель работы

Получить представление о том, что такое корреляционная функция и нормализованная взаимная корреляционная функция, как они вычисляются и какое отношение имеют к процедурам синхронизации в сетях мобильной связи.

# Задачи

* Изучить теоретические основы корреляции дискретных сигналов.
* Реализовать алгоритмы вычисления обычной и нормализованной корреляции.
* Проанализировать влияние циклического сдвига сигнала на значение корреляции.

# Краткие теоретические сведения

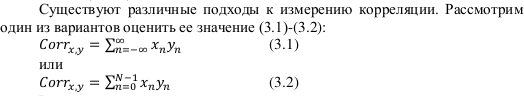
## Понятие корреляции

**Корреляция** – это статистическая зависимость двух и более случайных величин. Корреляционная взаимосвязь в случае с сетями мобильной связи и используемыми в них радиосигналами позволяет обнаруживать сигналы синхронизации для того, чтобы с их помощью корректно разбивать ось времени на интервалы.

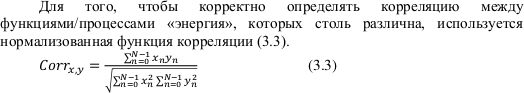
## Виды корреляции

* **Положительная корреляция:** Увеличение одной величины сопровождается увеличением другой.
* **Отрицательная корреляция:** Увеличение одной величины сопровождается уменьшением другой.
* **Нейтральная корреляция:** Изменение одной величины не связано с изменением другой.

## Вычисление корреляции

****

## Нормализованная корреляция

****

# Исходные данные

Непрерывная периодическая функция:

a= [ 7 3 2 -2 -2 -4 1 5]

b= [ 2 1 5 0 -2 -3 2 4]

c= [2 -1 3 -9 -2 -8 4 -1]

𝑠1(𝑡) = cos(2𝜋𝑓1 𝑡)

𝑠2(𝑡) = cos(2𝜋𝑓2 𝑡)

𝑠3(𝑡) = cos(2𝜋𝑓3 𝑡)

,где f1 = 16; f2 = 16 + 4; f3 = 16 \* 2 + 1

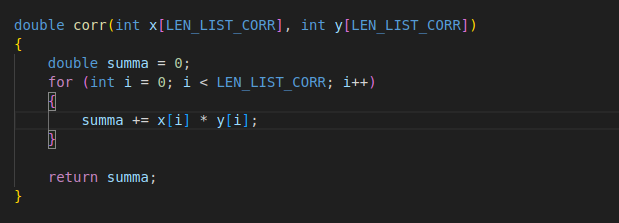
𝑎(𝑡) = 4𝑠1(𝑡) + 2𝑠2(𝑡) + 2𝑠3(𝑡)

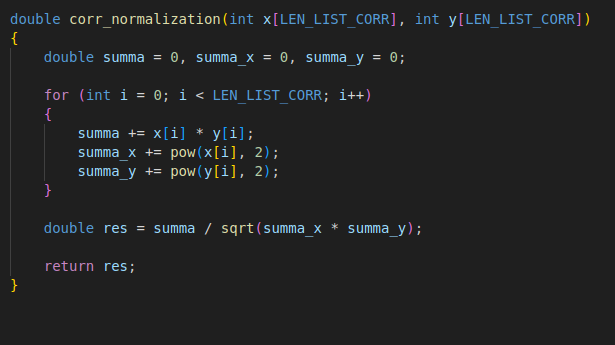
𝑏(𝑡) = 2𝑠1(𝑡) + 𝑠2(𝑡)

# Алгоритм

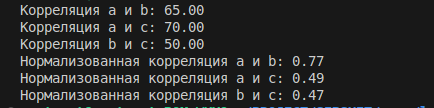
Программа на языке C/C++ для вычисления корреляции и нормализованной корреляции между массивами a, b и с:

Обычная корреляция:





Получаем такие результаты:



Программа в matlab:

f2 = 20;

f3 = 33;

t = 0:0.0001:1;

s1 = cos(2\*pi\*f1\*t);

s2 = cos(2\*pi\*f2\*t);

s3 = cos(2\*pi\*f3\*t);

a = 4\*s1 + 2\*s2 + 2\*s3;

b = 2\*s1 + s2;

figure;

subplot(2,1,1);

plot(t, a);

title('Сигнал a(t)');

subplot(2,1,2);

plot(t, b);

title('Сигнал b(t)');

corr\_ab = sum(a .\* b);

norm\_corr\_ab = sum(a .\* b) / (sqrt(sum(a.^2)) \* sqrt(sum(b.^2)));

disp(['Корреляция между сигналами a(t) и b(t): ', num2str(corr\_ab)]);

disp(['Нормализованная корреляция между сигналами a(t) и b(t): ', num2str(norm\_corr\_ab)]);

t = 0:0.01:1;

a = [0.3 0.2 -0.1 4.2 -2 1.5 0];

b = [0.3 4 -2.2 1.6 0.1 0.1 0.2];

figure;

subplot(2,1,1);

stem(a, '-o');

title('Array a');

subplot(2,1,2);

stem(b, '-o');

title('Array b');

corr\_ab = xcorr(a, b);

figure;

plot(corr\_ab);

title('Взаимная корреляция a и b');

n = length(a);

corr\_vals = zeros(1, n);

for i = 0:n-1

b\_shifted = circshift(b, i);

corr\_vals(i+1) = sum(a .\* b\_shifted);

end

figure;

plot(0:n-1, corr\_vals, '-o');

title('Зависимость корреляции от величины сдвига');

xlabel('Сдвиг');

ylabel('Корреляция');

[max\_corr, max\_shift] = max(corr\_vals);

disp(['Максимальная корреляция: ', num2str(max\_corr)]);

disp(['Сдвиг, при котором достигается максимальная корреляция: ', num2str(max\_shift-1)]);

b\_best\_shift = circshift(b, max\_shift-1);

figure;

subplot(2,1,1);

plot(a, '-o');

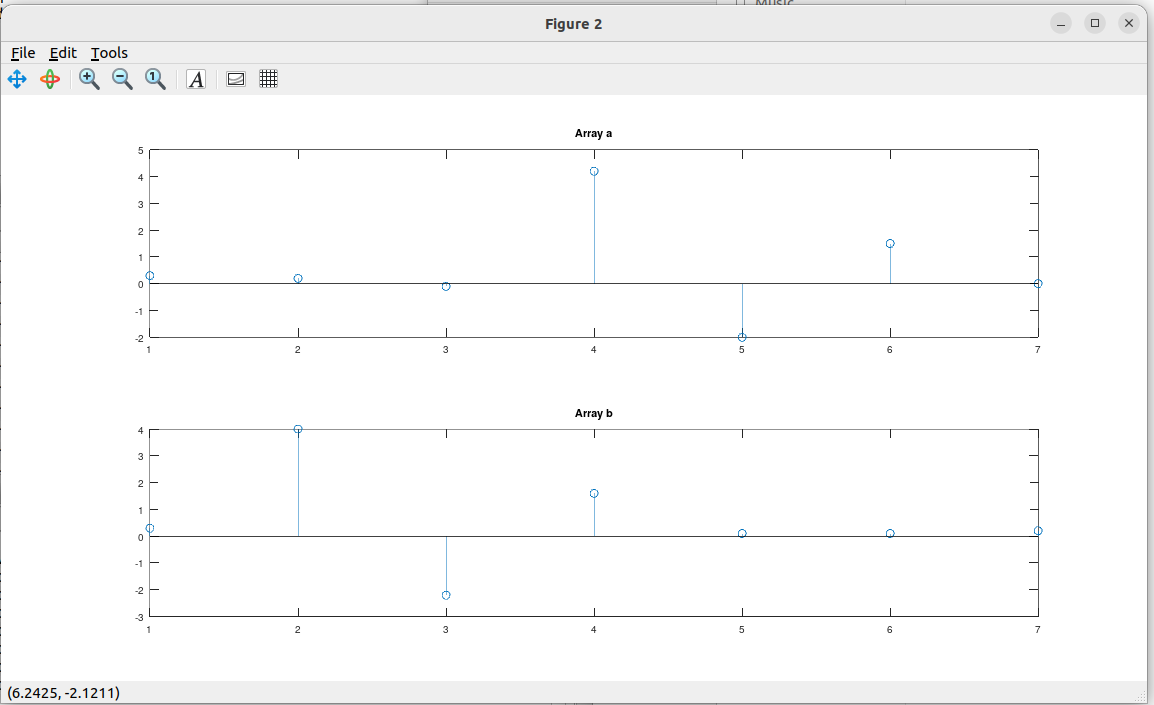
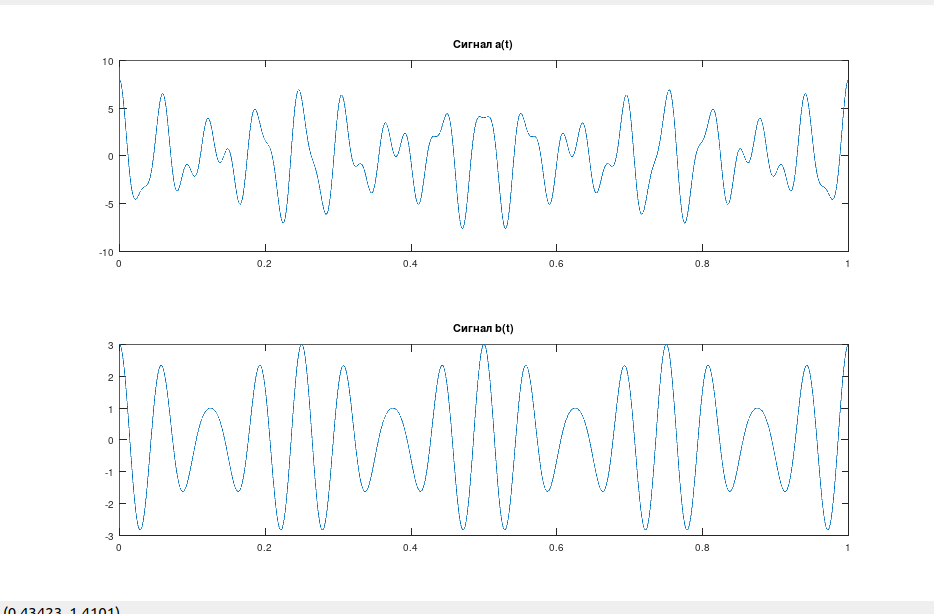
title('Сигнал a');

subplot(2,1,2);

plot(b\_best\_shift, '-o');

title('Сигнал b, сдвинутый на величину максимальной корреляции');

Результаты:



# 

# 

# 

# Заключение:

В ходе выполнения лабораторной работы было получено представление о том, что такое корреляционная функция и нормализованная взаимная корреляционная функция, как они вычисляются и какое отношение имеют к процедурам синхронизации в сетях мобильной связи.

# Контрольные вопросы:

1. **Какие виды корреляции существуют?**
   * **Положительная корреляция:** Увеличение одной величины сопровождается увеличением другой.
   * **Отрицательная корреляция:** Увеличение одной величины сопровождается уменьшением другой.
   * **Нейтральная корреляция:** Изменение одной величины не связано с изменением другой.
2. **Что значит положительная корреляция сигналов?**

**Положительная корреляция** сигналов означает, что сигналы в целом изменяются синхронно: когда один сигнал возрастает, другой тоже возрастает, и наоборот. Это не обязательно означает, что сигналы идентичны, они могут отличаться по амплитуде и иметь некоторые локальные расхождения, но общая тенденция изменения будет схожей.

*Пример:* Температура воздуха на улице и количество проданного мороженого демонстрируют положительную корреляцию: чем теплее на улице, тем больше покупают мороженого.

1. **Что такое корреляционный прием сигналов?**

Корреляционный прием - это способ обнаружить нужный сигнал, спрятанный в шуме, путем сравнения его с заранее известной копией этого сигнала.

1. **Как вычисление корреляционных функций помогает синхронизироваться приемнику и передатчику в сетях мобильной связи?**

В сетях мобильной связи передатчик и приемник должны быть синхронизированы во времени, чтобы данные передавались и принимались корректно.

Корреляционный прием позволяет обнаружить известный сигнал синхронизации, несмотря на шумы и искажения, и синхронизировать работу приемника и передатчика.