

МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ  
КОММУНИКАЦИЙ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и  
информатики»

Кафедра ВС и ТС

Отчет по лабораторной работе №3  
по дисциплине  
*Основы систем мобильной связи*

по теме:  
КОРРЕЛЯЦИЯ ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ

Студент:  
*Группа ИА-331*

*Я.А Гмыря*

Предподаватель:  
*Заведующая кафедрой ТС и ВС*

*В.Г Дроздова*

Новосибирск 2025 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

1	ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.....	8
2	РАСЧЕТ РАДИОПОКРЫТИЯ .....	10
3	ВЫВОД .....	18

## ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ

### Цель:

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:

### Порядок выполнения работы:

- 1) Напишите на языке C/C++ функцию вычисления корреляции и нормализованной корреляции между массивами  $a$ ,  $b$  и  $c$ , заданными в таблице 2, согласно варианту, используя формулы (3.2) и (3.3). Номер варианта – порядковый номер в журнале группы.

Табл. 2. Варианты заданий.

№ варианта	Непрерывная периодическая функция	№ варианта	Непрерывная периодическая функция
1	$a = [1\ 2\ 5\ -2\ -4\ -2\ 1\ 4]$ $b = [3\ 6\ 7\ 0\ -5\ -4\ 2\ 5]$ $c = [-1\ 0\ -3\ -9\ 2\ -2\ 5\ 1]$	15	$a = [4\ 2\ 8\ -2\ -4\ -4\ 1\ 3]$ $b = [2\ 4\ 7\ 0\ -3\ -4\ 2\ 5]$ $c = [-5\ -1\ 3\ -4\ 2\ -6\ 4\ -1]$
2	$a = [7\ -2\ 8\ -1\ -9\ -7\ 5\ 6]$ $b = [3\ 0\ 4\ 0\ -4\ -3\ 2\ 4]$ $c = [-2\ 2\ 1\ -7\ 2\ -2\ 5\ -2]$	16	$a = [7\ 3\ 2\ -2\ -2\ -4\ 1\ 5]$ $b = [2\ 1\ 5\ 0\ -2\ -3\ 2\ 4]$ $c = [2\ -1\ 3\ -9\ -2\ -8\ 4\ -1]$
3	$a = [6\ 2\ 8\ -2\ -4\ -4\ 1\ 3]$ $b = [3\ 6\ 7\ 0\ -5\ -4\ 2\ 5]$ $c = [-1\ -1\ 3\ -9\ 2\ -8\ 4\ -1]$	17	$a = [6\ 2\ 8\ -2\ -4\ -4\ 1\ 3]$ $b = [3\ 6\ 7\ 0\ -5\ -4\ 2\ 5]$ $c = [-6\ -1\ -3\ -9\ 2\ -8\ 4\ 1]$
4	$a = [3\ 4\ 7\ 8\ 3\ -2\ -4\ 0]$ $b = [2\ 5\ 8\ 10\ 4\ -3\ -1\ 2]$ $c = [-2\ 0\ -3\ -7\ 2\ -3\ 5\ 9]$	18	$a = [2\ 3\ 6\ -1\ -4\ -2\ 2\ 5]$ $b = [2\ 5\ 8\ 10\ 4\ -3\ -1\ 2]$ $c = [-3\ -1\ 3\ -7\ 2\ -8\ 5\ -1]$
5	$a = [4\ 2\ 8\ -2\ -4\ -4\ 1\ 3]$ $b = [2\ 1\ 5\ 0\ -2\ -3\ 2\ 4]$ $c = [-4\ -1\ -3\ 1\ 2\ 5\ -1\ -2]$	19	$a = [5\ 2\ 8\ -2\ -4\ -4\ 1\ 3]$ $b = [4\ 1\ 7\ 0\ -6\ -5\ 2\ 5]$ $c = [-6\ -1\ -3\ -9\ 2\ -8\ 4\ 1]$
6	$a = [2\ 3\ 6\ -1\ -4\ -2\ 2\ 5]$ $b = [4\ 6\ 8\ -2\ -6\ -4\ 2\ 7]$ $c = [-3\ -1\ 3\ -7\ 2\ -8\ 5\ -1]$	20	$a = [8\ 3\ 7\ 2\ -2\ -4\ 1\ 4]$ $b = [4\ 2\ 5\ -1\ -3\ -7\ 2\ 1]$ $c = [-1\ 0\ -3\ -9\ 2\ -2\ 5\ 1]$
7	$a = [5\ 2\ 8\ -2\ -4\ -4\ 1\ 3]$ $b = [4\ 1\ 7\ 0\ -6\ -5\ 2\ 5]$ $c = [-6\ -1\ -3\ -9\ 2\ -8\ 4\ 1]$	21	$a = [9\ 1\ 8\ -2\ -2\ -4\ 1\ 3]$ $b = [5\ 6\ 5\ 0\ -5\ -6\ 2\ 5]$ $c = [-4\ -1\ 3\ -9\ 2\ -1\ 4\ -1]$
8	$a = [8\ 3\ 7\ 2\ -2\ -4\ 1\ 4]$ $b = [4\ 2\ 5\ -1\ -3\ -7\ 2\ 1]$ $c = [-2\ -1\ 3\ -6\ 5\ -1\ 4\ -1]$	22	$a = [6\ 2\ 3\ -2\ -4\ -4\ 1\ 1]$ $b = [3\ 1\ 5\ 0\ -3\ -4\ 2\ 3]$ $c = [-4\ -1\ 3\ -9\ 2\ -1\ 4\ -1]$
9	$a = [9\ 1\ 8\ -2\ -2\ -4\ 1\ 3]$ $b = [5\ 6\ 5\ 0\ -5\ -6\ 2\ 5]$ $c = [-4\ -1\ 3\ -9\ 2\ -1\ 4\ -1]$	23	$a = [8\ 3\ 7\ 2\ -2\ -4\ 1\ 4]$ $b = [2\ 1\ 5\ 0\ -2\ -3\ 2\ 4]$ $c = [-5\ -1\ 3\ -9\ 2\ 3\ 4\ -4]$
10	$a = [6\ 2\ 3\ -2\ -4\ -4\ 1\ 1]$ $b = [3\ 1\ 5\ 0\ -3\ -4\ 2\ 3]$ $c = [-1\ -1\ 3\ -9\ 2\ -8\ 4\ -4]$	24	$a = [5\ 2\ 8\ -2\ -4\ -4\ 1\ 3]$ $b = [3\ 6\ 7\ 10\ -5\ -2\ 2\ 5]$ $c = [-5\ -1\ 3\ -9\ 2\ 3\ 4\ -4]$
11	$a = [7\ 2\ 8\ 12\ -4\ -4\ 1\ 3]$ $b = [3\ 6\ 7\ 10\ -5\ -2\ 2\ 5]$ $c = [-5\ -1\ 3\ -9\ 2\ 3\ 4\ -4]$	25	$a = [6\ 2\ 3\ -2\ -4\ -4\ 1\ 1]$ $b = [8\ 6\ 4\ 0\ -5\ -6\ 0\ 3]$ $c = [-1\ -1\ 3\ -9\ 2\ -8\ 4\ -4]$

12	$a = [1\ 3\ 5\ -1\ -4\ -5\ 1\ 4]$ $b = [2\ 4\ 7\ 0\ -3\ -4\ 2\ 5]$ $c = [-5\ -1\ 3\ -4\ 2\ -6\ 4\ -1]$	26	$a = [13\ 14\ 10\ 8\ 3\ -2\ -5\ 2]$ $b = [2\ 4\ 3\ 2\ 1\ 0\ -1\ 1]$ $c = [-12\ 0\ -13\ -17\ -5\ 2\ 5\ 6]$
13	$a = [7\ 3\ 2\ -2\ -2\ -4\ 1\ 5]$ $b = [8\ 6\ 4\ 0\ -5\ -6\ 0\ 3]$ $c = [2\ -1\ 3\ -9\ -2\ -8\ 4\ -1]$	27	$a = [7\ 2\ 9\ -1\ -4\ -7\ 1\ 2]$ $b = [6\ 3\ 5\ 0\ -2\ -3\ 5\ 4]$ $c = [-7\ -1\ -3\ 1\ 2\ 5\ -1\ -1]$
14	$a = [6\ 2\ 8\ -2\ -4\ -4\ 1\ 3]$ $b = [3\ 6\ 7\ 0\ -5\ -4\ 2\ 5]$ $c = [-1\ -1\ 3\ -9\ 2\ -8\ 4\ -1]$	28	$a = [3\ 4\ 6\ -1\ -5\ -2\ 3\ 7]$ $b = [1\ 6\ 8\ -2\ -6\ -4\ 2\ 6]$ $c = [-6\ -1\ 3\ -8\ 2\ -8\ 2\ -5]$

2) Выведите в терминале полученные значения в виде таблицы:

Корреляция между  $a$ ,  $b$  и  $c$ :

$\backslash$  |  $a$  |  $b$  |  $c$

$a$  | - | 11 | 23

$b$  | 11 | - | 4

$c$  | 23 | 4 | -

Нормализованная корреляция между  $a$ ,  $b$  и  $c$ :

$\backslash$  |  $a$  |  $b$  |  $c$

$a$  | - | 11 | 23

$b$  | 11 | - | 4

$c$  | 23 | 4 | -

3) Используя Matlab определите корреляцию и нормализованную корреляцию между сигналом  $s1(t)$  и сигналами  $a$  и  $b$ .

$$s1(t) = \cos(2\pi f_1 t)$$

$$s2(t) = \cos(2\pi f_2 t)$$

$$s3(t) = \cos(2\pi f_3 t)$$

где  $f_1$  = ваш порядковый номер в журнале;

$f_2$  = ваш порядковый номер в журнале + 4;

$f_3$  = ваш порядковый номер в журнале \* 2 + 1.

Сигналы  $a$  и  $b$  заданы согласно вариантам в таблице 3.

Табл. 3. Варианты заданий.

№ варианта	Непрерывная периодическая функция	№ варианта	Непрерывная периодическая функция
1	$a(t) = 2s1(t) + 4s2(t) + s3(t)$ $b(t) = s1(t) + s2(t)$	15	$a(t) = 3s1(t) + 4s2(t) + s3(t)$ $b(t) = s1(t) + 1/4 * s2(t)$
2	$a(t) = 3s1(t) + 4s2(t) + s3(t)$ $b(t) = s1(t) + s3(t)$	16	$a(t) = 4s1(t) + 2s2(t) + 2s3(t)$ $b(t) = 2s1(t) + s2(t)$
3	$a(t) = 2s1(t) + 3s2(t) + s3(t)$ $b(t) = s2(t) + s3(t)$	17	$a(t) = 4s1(t) + 4s2(t) + s3(t)$ $b(t) = 3s1(t) + s3(t)$
4	$a(t) = 3s1(t) + 3s2(t) + s3(t)$	18	$a(t) = 2s1(t) + 4s2(t) + s3(t)$

	$b(t) = s1(t) + 1/2 * s2(t)$		$b(t) = 1/2 * s1(t) + 1/3 * s3(t)$
5	$a(t) = s1(t) + 4s2(t) + s3(t)$ $b(t) = 1/2s1(t) + s2(t)$	19	$a(t) = 5s1(t) + 4s2(t) + s3(t)$ $b(t) = 2s1(t) + s2(t)$
6	$a(t) = 4s1(t) + 4s2(t) + s3(t)$ $b(t) = s1(t) + 1$	20	$a(t) = 2s1(t) + 4s2(t) + s3(t)$ $b(t) = s1(t) + 1/3 * s2(t)$
7	$a(t) = 5s1(t) + 2s2(t) + 2s3(t)$ $b(t) = 2s1(t) + 3s2(t)$	21	$a(t) = s1(t) + 4s2(t) + s3(t)$ $b(t) = s1(t) + 2s3(t)$
8	$a(t) = 2s1(t) + 4s2(t) + s3(t)$ $b(t) = s1(t) + s2(t)$	22	$a(t) = 2s1(t) + 4s2(t) + s3(t)$ $b(t) = s1(t) + s2(t)$
9	$a(t) = 4s1(t) + 3s2(t) + 2s3(t)$ $b(t) = 2s1(t) + s2(t)$	23	$a(t) = 3s1(t) + 2s2(t) + s3(t)$ $b(t) = s1(t) + s3(t)$
10	$a(t) = 5s1(t) + 4s2(t) + s3(t)$ $b(t) = 3s1(t) + s3(t)$	24	$a(t) = 2s1(t) + 3s2(t) + s3(t)$ $b(t) = s2(t) + s3(t)$
11	$a(t) = 2s1(t) + 4s2(t) + s3(t)$ $b(t) = s1(t) + s2(t) + s3(t)$	25	$a(t) = 3s1(t) + s2(t) + s3(t)$ $b(t) = s1(t) + 1/5 * s2(t)$
12	$a(t) = 4s1(t) + 4s2(t) + s3(t)$ $b(t) = 2s1(t) + s2(t) + 2s3(t)$	26	$a(t) = s1(t) + 4s2(t) + s3(t)$ $b(t) = 1/3s1(t) + 1/3 * s2(t)$
13	$a(t) = 5s1(t) + 4s2(t) + s3(t)$ $b(t) = s1(t) + 1/3 * s2(t)$	27	$a(t) = 4s1(t) + 5s2(t) + s3(t)$ $b(t) = s1(t) + 1$
14	$a(t) = s1(t) + 4s2(t) + s3(t)$ $b(t) = s1(t) + 2s3(t)$	28	$a(t) = 3s1(t) + 4s2(t) + s3(t)$ $b(t) = s1(t) + 1$

4) Для того чтобы задать время в Matlab можно воспользоваться выражением:

```
1 time = [0:100-1]/100;
```

5) Пример реализации цикла в Matlab:

```
1 for n = 1:N
2     mult = a(n)*b(n)
3 end
4
5 % Или альтернативная реализация цикла
6 % внутри которого сумма произведений:
7
8 corr = sum(a.*b)
```

6) Возьмите два массива значений и выведите их на графиках друг под другом

```
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];
```

Определите значение функции взаимной корреляции.

7) Сдвигайте последовательность b поэлементно вправо и на каждом шаге сдвига вычисляйте значение взаимной корреляции между a и сдвинутой последовательностью b. Постройте зависимость взаимной корреляции последовательностей от величины циклического сдвига. Определите значение сдвига, при котором достигается максимальная корреляция. Нарисуйте графики a и b, сдвинутой на величину, где зафиксирована максимальная корреляция. Сформулируйте выводы.

8) Составьте отчет. Отчет должен содержать титульный лист, содержание, цель и задачи работы, теоретические сведения, исходные данные, этапы выполнения работы, сопровождаемые скриншотами и

Рисунок 3 — Задание к лабораторной работе

графиками, демонстрирующими успешность выполнения, и промежуточными выводами, результирующими таблицами, ответы на контрольные вопросы, и заключение и **ссылка в виде QR-кода на репозиторий с кодом (git)**.

#### **4. Контрольные вопросы**

- 1) Какие виды корреляции существуют?
- 2) Что значит положительная корреляция сигналов?
- 3) Что такое корреляционный прием сигналов?
- 4) Как вычисление корреляционных функций помогает синхронизироваться приемнику и передатчику в сетях мобильной связи?

Рисунок 4 — Задание к лабораторной работе

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

### Что такое корреляция?

Корреляция – это статистическая зависимость случайных величин. Корреляционная взаимосвязь позволяет обнаруживать сигналы синхронизации для того, чтобы корректно разбивать ось времени на интервалы, предусматриваемые стандартами связи (например, слоты, кадры и пр.).

### Анализ значений корреляции

Корреляция бывает положительная, когда два процесса зависят друг от друга, то есть увеличение одной величины вызывает пропорциональный рост другой и наоборот. Отрицательная корреляция свидетельствует об обратной взаимосвязи процессов.

Если корреляция нулевая, то взаимосвязи между величинами нет.

### Как вычисляется корреляция?

Корреляцию дискретных величин можно вычислить следующим образом:

$$Corr_{x,y} = \sum_{n=0}^{N-1} x_n * b_n$$

С точки зрения программирования это означает следующее: у нас есть 2 массива с отсчетами, мы в цикле должны итерироваться по массивам и суммировать произведение отсчетов, находящихся на одной позиции, в какую-нибудь переменную-счетчик. Если 2 числа имеют одинаковый знак, то произведение будет положительным и сумма будет двигаться в сторону положительных чисел. Если знаки разные - то в отрицательную сторону.



## Нормированная корреляция

У формулы выше есть существенный минус: масштаб влияет на значение корреляции. Это хорошо иллюстрирует картинка ниже

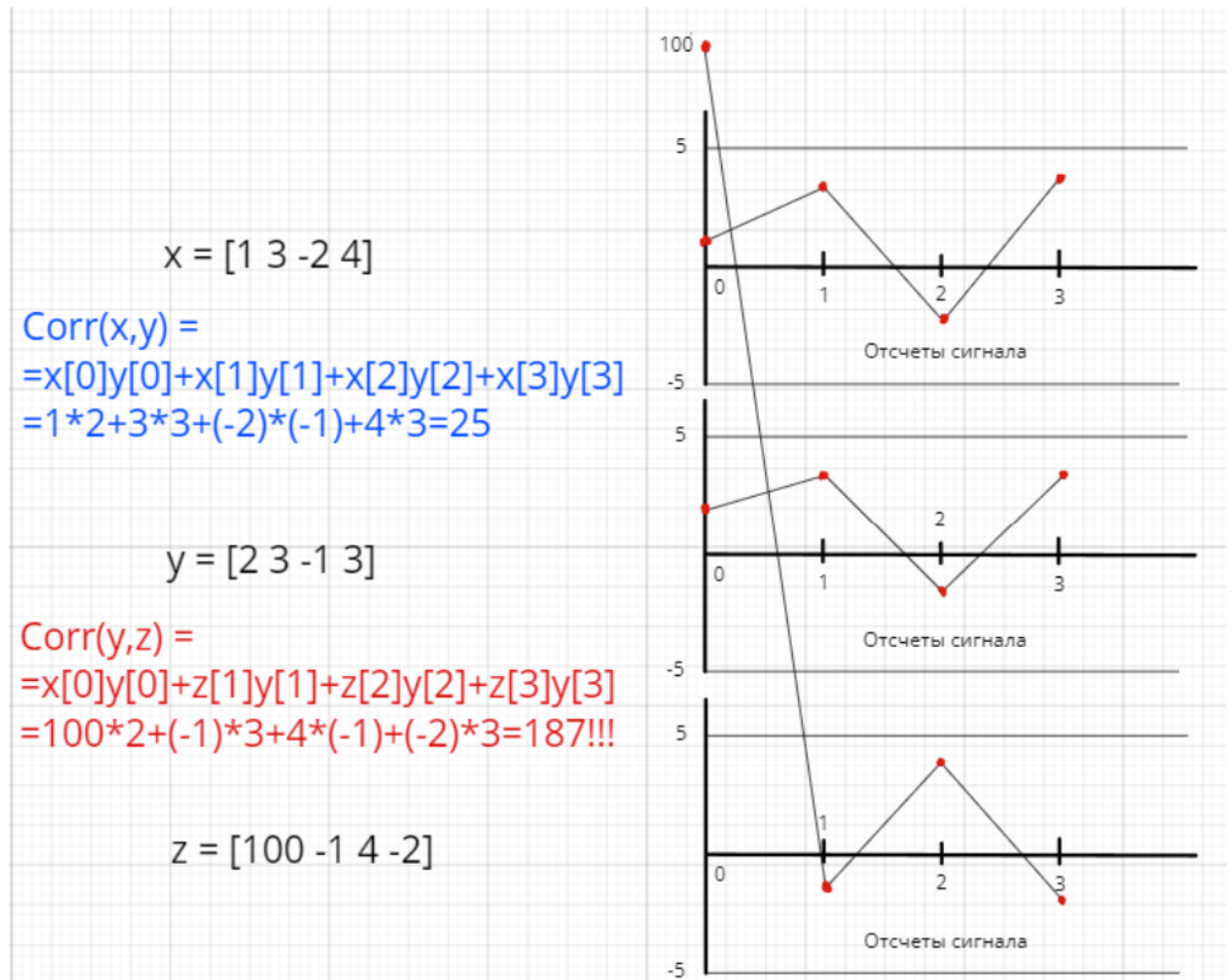


Рисунок 5 — Проблема ненормированной корреляции

Последовательность  $x$  явно больше похожа на  $y$ , чем на  $z$ , но формула утверждает обратное. Причина этого - резкий скачок значения в Последовательности  $z$ . Нормированная корреляция позволяет избежать таких ошибок.

# РАСЧЕТ РАДИОПОКРЫТИЯ

## Расчет корреляции на C++

### Заданные отсчеты

```
std::vector<int> a = { 1, 2, 5, -2, -4, -2, 1, 4 };  
std::vector<int> b = { 3, 6, 7, 0, -5, -4, 2, 5 };  
std::vector<int> c = { -1, 0, -3, -9, 2, -2, 5, 1 };
```

### Ненормированная корреляция

```
double corr(std::vector<int>& a, std::vector<int>& b){  
  
    if(a.size() != b.size()){  
        printf("Vectors must be the same size\n");  
        return 0;  
    }  
  
    double result = 0;  
  
    for(int i = 0; i < a.size(); ++i){  
        result += a[i] * b[i];  
    }  
  
    return result;  
}
```

Сначала проверяем, что наши векторы одного размера, потому что в ином случае вычислить корреляцию не удастся. Далее создаем переменную-счетчик `result` и в цикле итерируемся по векторам и суммируем произведение их элементов.

### Нормированная корреляция

```
double norm_corr(std::vector<int>& a, std::vector<int>& b){
```

```

double unnormal_cor = corr(a, b);

double norm_coeff_a = 0;
double norm_coeff_b = 0;

for(int i = 0; i < a.size(); ++i){
    norm_coeff_a += std::pow(a[i], 2);
    norm_coeff_b += std::pow(b[i], 2);
}

return unnormal_cor / std::sqrt(norm_coeff_a * norm_coeff_b);
}

```

Сначала вычисляем ненормированную корреляцию с помощью функции из прошлого шага. После этого считаем нормирующий коэффициент и возвращаем `unnormal_cor / std::sqrt(norm_coeff_a * norm_coeff_b)`.

## Результат работы программы

===== Unnormalized correlation =====			
	a	b	c
a	71	100	7
b	100	164	-11
c	7	-11	125

===== Normalized correlation =====			
	a	b	c
a	1.00	0.93	0.07
b	0.93	1.00	-0.08
c	0.07	-0.08	1.00

Рисунок 6 — Результат работы программы

Можем видеть, что нормированная корреляция изменяется в пределах  $[-1; 1]$ , что очень удобно при анализе.

## Расчет корреляции на MATLAB

### Ненормированная корреляция

```
function corr = unnorm_corr(a, b)

    if length(a) ~= length(b)
        disp("Vectors must be same size");
    end

    corr = sum(a .* b);

end
```

### Нормированная корреляция

```
%define cor function
function corr = norm_corr(a, b)

    if length(a) ~= length(b)
        disp("Vectors must be same size");
    end

    norm_coef = sqrt(sum(a.^2)) .* sqrt(sum(b.^2));
    corr_vals = unnorm_corr(a, b);

    corr = corr_vals / norm_coef;

end
```

Код аналогичен коду на C++. Здесь операции  $\wedge$ ,  $\cdot$  - поэлементные операции, а не матричные.

### Формирование сигналов и вычисление корреляции между ними

```

num_in_journal = 6;

%define freqs
f1 = num_in_journal;
f2 = num_in_journal + 4;
f3 = num_in_journal *2 + 1;

%define signal components
s1 = @(t) cos(2 * pi * f1 * t);
s2 = @(t) cos(2 * pi * f2 * t);
s3 = @(t) cos(2 * pi * f3 * t);

%define signal
a = @(t) 4 * s1(t) + 4 * s2(t) + s3(t);
b = @(t) s1(t) + 1;

%define time
time = 0:0.001:10;

%compute functions values
a_y = a(time);
b_y = b(time);

fprintf("Unnormalized corr: \t %f\n", unnorm_corr(a_y, b_y));
fprintf("Normolized corr: \t %f\n", norm_corr(a_y, b_y));

```

Зададим частоты компонент, входящих в сигнал, а потом и сами компоненты. Скомбинируем компоненты и получим 2 разных сигнала а и b. Зададим timeline и вычислим значение сигнала в каждый момент времени (получим семплы сигнала). С помощью функций, описанных выше, вычислим нормированную и ненормированную корреляцию сигналов.

Результат работы программы: Unnormalized corr:20018.000000, Normolized corr: 0.402225.

### Пример поиска синхропоследовательности устройством

```

seq1 = [0.3, 0.2, -0.1, 4.2, -2, 1.5, 0];
seq2 = [0.3, 4, -2.2, 1.6, 0.1, 0.1, 0.2];

```

```

t = 0 : 1 : 7 - 1;

figure;
subplot(2, 1, 1);
plot(t, seq1);
subplot(2, 1, 2);
plot(t, seq2);

fprintf("Unnormalized corr: \t %f\n", unnorm_corr(seq1, seq2));
fprintf("Normolized corr: \t %f\n", norm_corr(seq1, seq2));

```

Задано все последовательности seq1, seq2. Визуализируем их и найдем корреляцию:

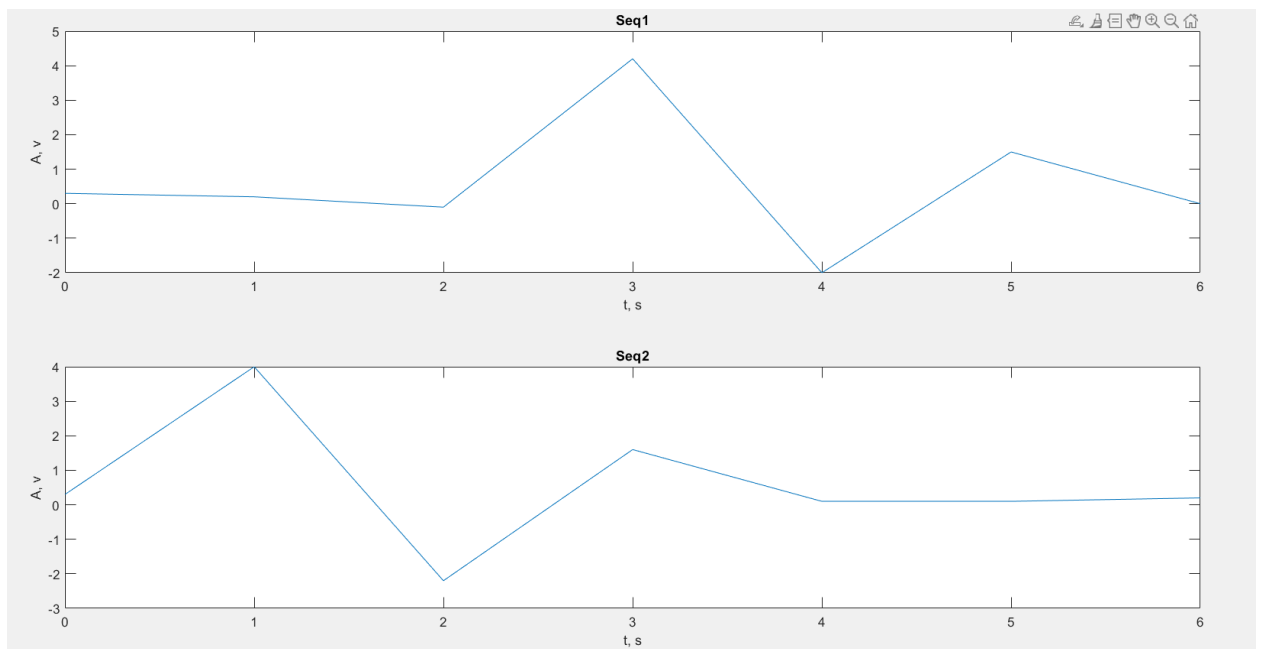


Рисунок 7 — Визуализация сигналов

Результат вычисления корреляции: Unnormalized corr: 7.780000, Normolized corr: 0.327045.

Теперь представим, что seq1 - синхропоследовательность, которая описана в стандарте и которую ожидает устройство, а seq2 - сигнал, который принимает устройство. Зафиксируем seq1 в одном положении, а seq2 начнем поэлементно сдвигать вправо. На каждом сдвиге будем вычислять корреляцию между величинами:

```

N = length(f1);

```

```

corr_vals = zeros(N, 1);

for k = 1:N
    f2_shift = circshift(f2, k);
    corr_vals(k) = norm_corr(f1, f2_shift);
end

figure;
plot(1:N, corr_vals);
xlabel(' ');
ylabel(' ');
title(' seq1 seq2 ');
grid on;

```

Результат:

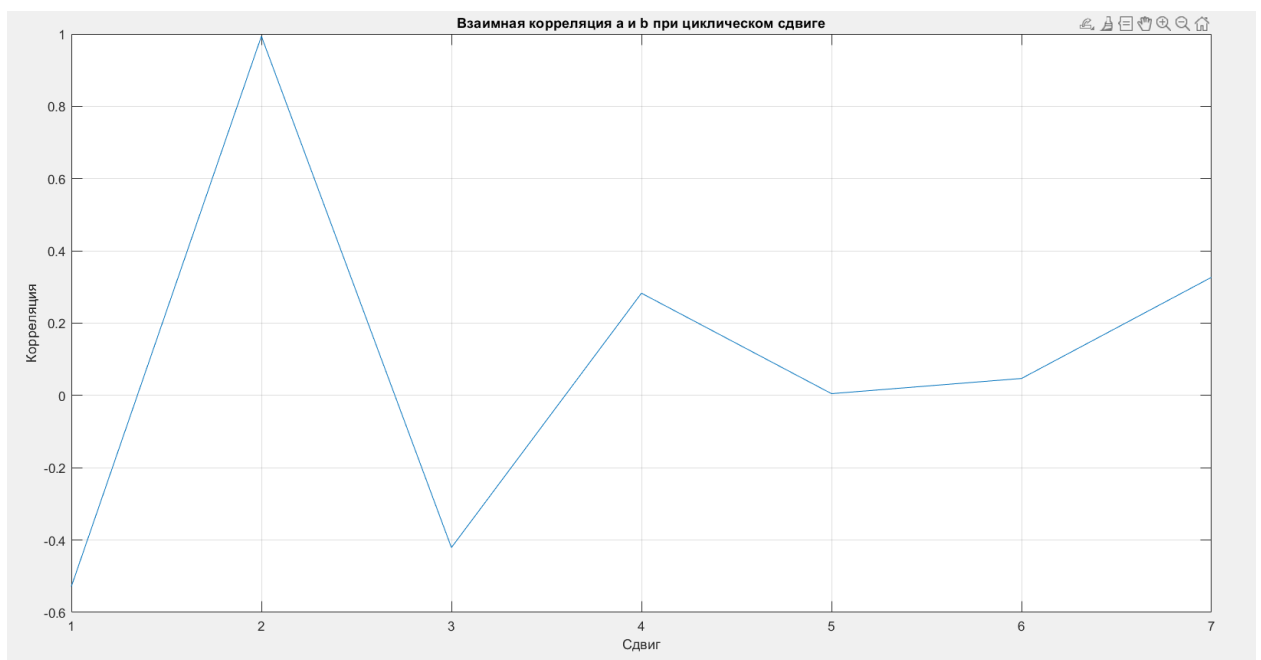


Рисунок 8 — Визуализация корреляционной функции

Видим, что при втором сдвиге образовался пик со значением 1. Это значит, что при сдвиге равном двум сигналы на 100% совпали, т.е. из радиоканала прилетела синхропоследовательность. Если посмотреть на предыдущие графики, то можно заметить, что если сдвинуть нижний график на 2 секунды вправо, то получим сигнал, идентичный верхнему сигналу (ожидаемой синхропоследовательности). Именно такой механизм используется в мобильных

телефонах при синхронизации с базовой станцией. Теперь телефон может начать получать broadcast информацию от базовой станции и проходить процедуру Random Access.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие виды корреляции существуют?
2. Что значит положительная корреляция сигналов?
3. Что такое корреляционный прием сигналов?
4. Как вычисление корреляционных функций помогает синхронизироваться приемнику и передатчику в сетях мобильной связи?

1. Корреляция может быть нормированной и ненормированной. Если корреляция вычисляется между значениями одного процесса (допустим, мы хотим узнать, зависит ли следующее значение от предыдущих), то такая корреляция называется автокорреляцией. Если корреляция вычисляется между разными процессами (как в нашем случае), то такая корреляция называется кросскорреляцией или взаимной.

2. Положительная корреляция сигналов означает, что два процесса зависят друг от друга и при росте первого процесса второй процесс возрастет пропорционально.

3. Корреляционный прием сигналов - метод обнаружения синхропоследовательностей в сигнале на фоне шумов и других сигналов.

4. Корреляционная функция позволяет узнать, похож ли принимаемый сигнал на синхропоследовательность.



## Github



Рисунок 9 — Ссылка на github

## **ВЫВОД**

В ходе работы я изучил такой математический инструмент как корреляция и применил ее свойства на практике.