

Министерство цифрового развития ФГБОУ ВО “СибГУТИ”

Основы систем мобильной связи

Отчет Практическое занятие 3 Вариант 1

Корреляция дискретных сигналов

Выполнил студент группы ИА-231
Готфрид Матвей

г. Новосибирск

1. Цель занятия

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.

2. Краткая теория

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, предусматриваемые стандартами связи (например, слоты, кадры и пр.).

Корреляция бывает *положительная*, когда два процесса на прямую зависят друг от друга, то есть увеличение одной величины вызывает пропорциональный рост другой и наоборот. Например, можно проследить рост объемов продаж мороженого при повышении суточной температуры. *Отрицательная* корреляция свидетельствует об обратной взаимосвязи процессов – рост суточной температуры приводит к снижению объема продаж пуховиков. Бывает также *нейтральная* корреляция, когда явная взаимосвязь между процессами отсутствует (например, связь курса доллара и среднего балла за ЕГЭ у выпускников неочевидна).

Существуют различные подходы к измерению корреляции. Рассмотрим один из вариантов оценить ее значение (3.1)-(3.2):

$$Corr_{x,y} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x_n y_n \quad (3.1)$$

или

$$Corr_{x,y} = \sum_{n=0}^{N-1} x_n y_n \quad (3.2)$$

Рассмотрим пример вычисления взаимной корреляции между массивами дискретных временных отсчетов, показанных на рисунке 16.

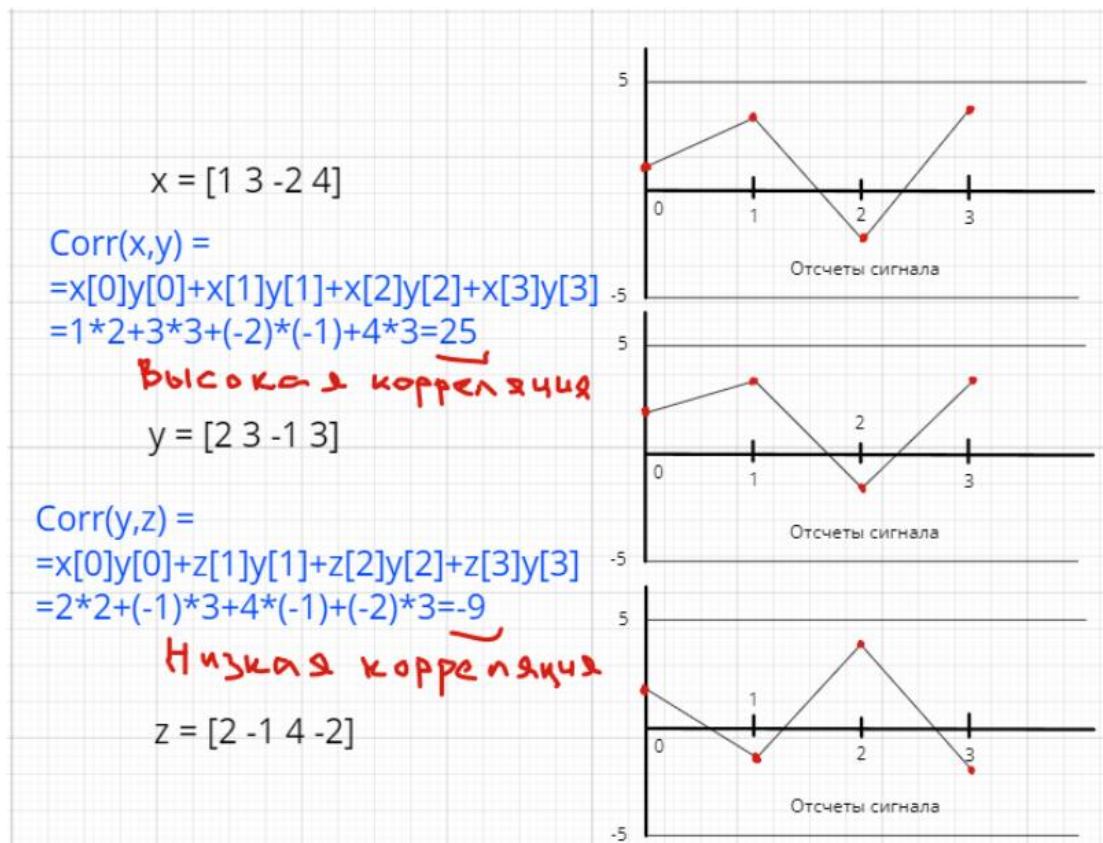


Рис. 16. Пример определения взаимной корреляции массивов с временными отсчетами.

На данном рисунке визуализированы временны отсчеты сигнала, сохраненные в трех массивах. Невооруженным глазом видно сходство массива x с массивом y и различия с z . Вычисление корреляции по формуле (3.2) подтверждает интуитивные догадки о том, что между x и y корреляция высокая (25), а между y и z слабая (-9).

Однако у данного способа подсчета корреляции есть существенные недостатки.

Рассмотрим пример, представленный на рисунке 17. Визуально совершенно очевидно, что сходство между массивом x и y гораздо больше, чем между y и z , однако результаты вычисления по формуле (3.2) свидетельствуют об обратном.

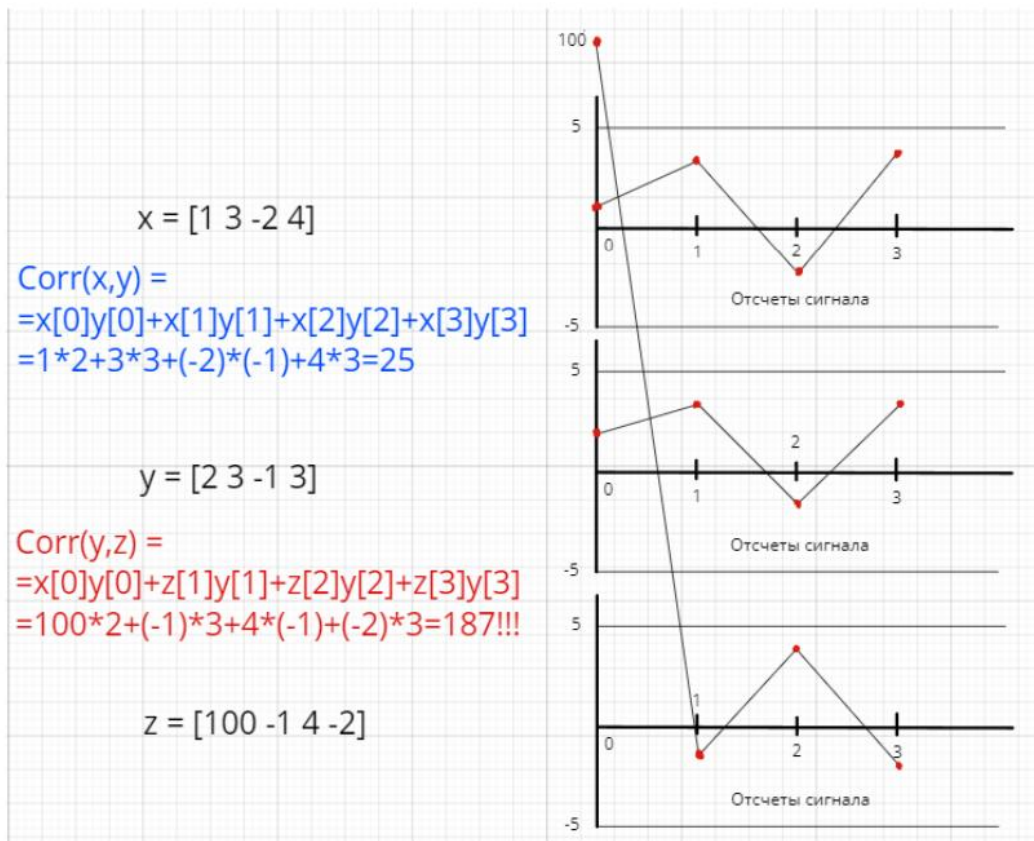


Рис. 17. Пример определения взаимной корреляции массивов с временными отсчетами.

Для того, чтобы корректно определять корреляцию между функциями/процессами «энергия», которых столь различна, используется нормализованная функция корреляции (3.3).

$$\text{Corr}_{x,y} = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} x_n y_n}{\sqrt{\sum_{n=0}^{N-1} x_n^2 \sum_{n=0}^{N-1} y_n^2}} \quad (3.3)$$

Рассчитав нормализованную корреляцию для x и y , можно получить значение, равное 0.95, а для y и z - 0.38. Диапазон возможных значений для нормализованной корреляции от -1 до 1, где 1 и -1 – это максимальные значения положительной и отрицательной корреляции, 0 и близкие к нему значения – означает отсутствие корреляции.

Выполнение задания


```

#include <stdio.h>
#include <math.h>

#define N 8

// 3.2
double corr(double *x, double *y)
{
    double corr = 0;
    for (int i = 0; i < N; i++)
    {
        corr += *(x + i) * *(y + i);
    }
    return corr;
}

double sum_square(double *x)
{
    double sum = 0;
    for (int i = 0; i < N; i++)
    {
        sum += pow(*(x + i), 2);
    }
    return sum;
}

// 3.3
double normalized_corr(double *x, double *y)
{
    return (corr(x, y)) / sqrt(sum_square(x) * sum_square(y));
}

```

```

int main()
{
    double a[N] = {1, 2, 5, -2, -4, -2, 1, 4};
    double b[N] = {3, 6, 7, 0, -5, -4, 2, 5};
    double c[N] = {-1, 0, -3, -9, 2, -2, 5, 1};

    printf("Корреляция между a, b, c\n");
    printf("\ta\tb\tc\n");
    printf("a\t- \t%.2f\t%.2f\n", corr(a, b), corr(a, c));
    printf("b\t%.2f\t- \t%.2f\n", corr(b, a), corr(b, c));
    printf("c\t%.2f\t%.2f\t- \n", corr(c, a), corr(c, b));

    printf("\n===== \n");
    printf("Нормализованная корреляция между a, b, c\n");
    printf("\ta\tb\tc\n");
    printf("a\t- \t%.2f\t%.2f\n", normalized_corr(a, b), normalized_corr(a, c));
    printf("b\t%.2f\t- \t%.2f\n", normalized_corr(b, a), normalized_corr(b, c));
    printf("c\t%.2f\t%.2f\t- \n", normalized_corr(c, a), normalized_corr(c, b));

    return 0;
}

```

```
PS C:\Users\Матвей\Documents\MATLAB> ./app
```

```
Корреляция между a, b, c
```

	a	b	c
a	-	100.00	7.00
b	100.00	-	-11.00
c	7.00	-11.00	-

```
=====
```

```
Нормализованная корреляция между a, b, c
```

	a	b	c
a	-	0.93	0.07
b	0.93	-	-0.08
c	0.07	-0.08	-

```
PS C:\Users\Матвей\Documents\MATLAB> |
```

```
>> lab3
```

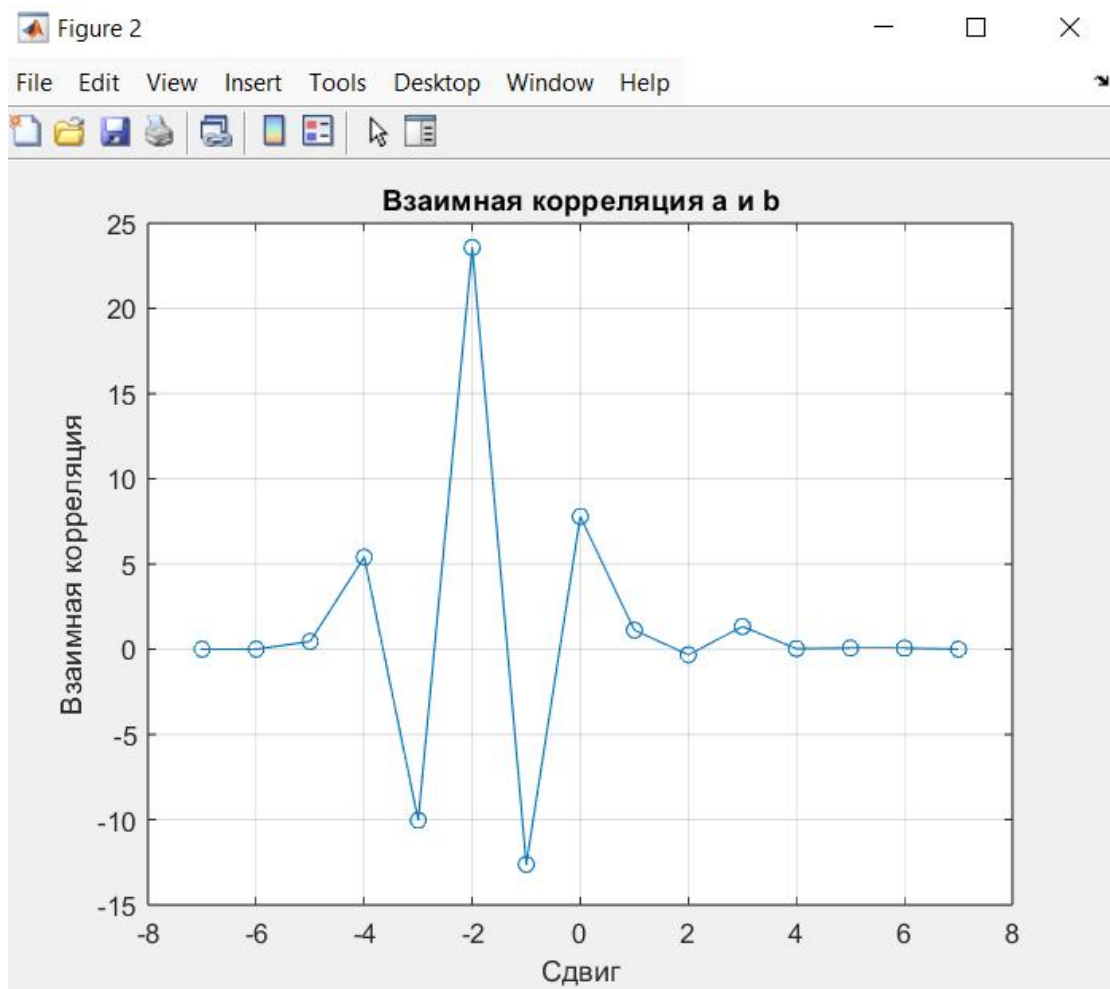
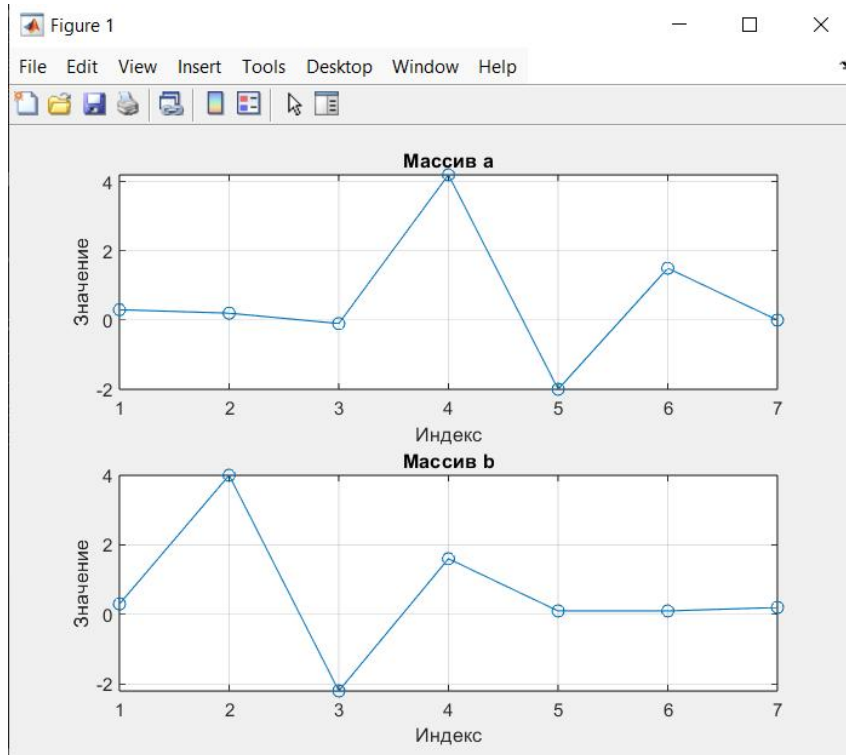
```
Корреляция s1 и a(t) = 107.000000
```

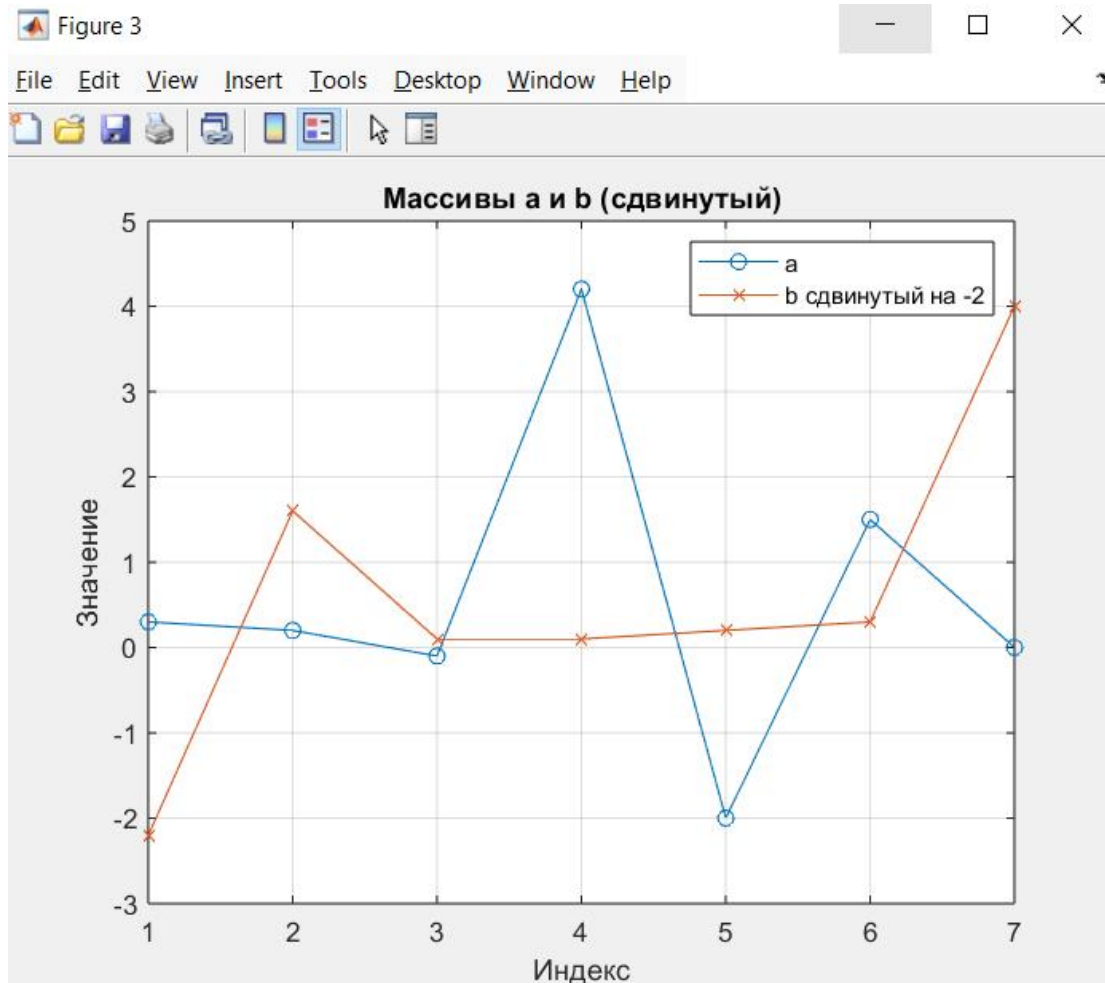
```
Корреляция s1 и b(t) = 52.000000
```

```
Нормализованная корреляция s1 и a(t) = 0.451960
```

```
Нормализованная корреляция s1 и b(t) = 0.714006
```

```
Максимальная корреляция: 23.570000 при сдвиге: -2
```





Ответы на контрольные вопросы

1) Какие виды корреляции существуют?

Корреляция Пирсона: Измеряет линейную зависимость между двумя переменными. Значения варьируются от -1 до 1, где 1 — полная положительная корреляция, -1 — полная отрицательная корреляция, а 0 — отсутствие корреляции.

Корреляция Спирмена: Оценивает монотонную зависимость, независимо от того, является ли она линейной. Использует ранговые значения для вычислений.

Корреляция Кендалла: Управляет порядком данных и также основана на рангах. Полезна для небольших выборок.

Взаимная корреляция: Применяется для изучения зависимости одной временной последовательности от другой, включая временные задержки.

2) Что значит положительная корреляция сигналов?

Положительная корреляция сигналов означает, что когда один сигнал увеличивается, другой сигнал также, как правило, увеличивается (и наоборот). Это характерно для линейных

зависимостей, и значение корреляции близко к +1 указывает на сильную положительную зависимость между сигналами.

3) Что такое корреляционный прием сигналов?

Корреляционный прием сигналов — это метод, используемый для извлечения целевого сигнала из зашумленного фона. Он основан на вычислении корреляции между получаемым сигналом и эталонным (или предварительно известным) сигналом. Если эталонный сигнал найден в постороннем шуме, корреляция будет высокой, что позволяет эффективно идентифицировать его присутствие.

4) Как вычисление корреляционных функций помогает синхронизироваться приемнику и передатчику в сетях мобильной связи?

В сетях мобильной связи корреляции используются для более точного определения времени прихода сигналов, что критично для синхронизации передачи и приема данных. Корреляционные функции помогают:

Установить временные задержки: Они позволяют приемнику определить, на сколько времени сигнал задерживается относительно эталонного сигнала.

Выделять полезные сигналы: Это помогает фильтровать шум и использовать только те сигналы, которые важны для связи.

Оптимизация параметров передачи: На основе корреляционных данных можно скорректировать параметры, обеспечивая устойчивость и надежность связи.

В результате, корреляция помогает улучшить качество связи и уменьшает вероятность потери информации в мобильных сетях.

