

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В. И. ВЕРНАДСКОГО»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра компьютерной инженерии и моделирования

Корреляционный анализ сигналов

Отчет по лабораторной работе 4

по дисциплине «**Обработка сигналов**»

студента 3 курса группы ИВТ-б-о-202

Шор Константина Александровича

Направления подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Симферополь, 2023

Лабораторная работа №4

Тема: Корреляционный анализ сигналов

Цели: определить автокорреляционные функции аналитическим методом.

Теоретические сведения

Корреляционный анализ сигналов – это метод анализа сигналов, который определяет степень взаимосвязи между сигналами. При анализе временного ряда по Оси X – задержка между значениями ряда, а по Оси Y – коэффициент корреляции.

Временной ряд – последовательность значений параметра в различных моменты времени

Корреляционный анализ сигналов используется для количественного определения взаимодействия сигналов друг с другом во временной области. Исследуемые сигналы должны иметь локализованный во времени импульсный характер. Автокорреляционная функция (АКФ) представляет собой степень отличия сигнала $u(t)$ и его смещенной во времени копии $u(t-\tau)$:

$$B_u(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) \cdot u(t - \tau) \cdot dt$$

При $\tau=0$ автокорреляционная функция равна энергии сигнала.

АКФ представляет собой симметричную кривую с центральным положительным максимумом. В зависимости от вида сигнала АКФ может иметь как монотонно убывающий, так и колеблющийся характер.

Для различия сигналов $u(t)$ и $v(t)$ как по форме, так и по взаимному расположению на оси времени используется взаимокорреляционная функция (ВКФ):

$$B_{uv}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) \cdot v(t - \tau) \cdot dt$$

ВКФ служит мерой «устойчивости» ортогонального состояния при сдвигах сигналов во времени. ВКФ не является четной функцией и не всегда достигает максимального значения при $\tau=0$.

Под интервалом корреляции понимается временной сдвиг сигнала относительно исходного, в пределах которого автокорреляционная или взаимокорреляционная функции отличны от нуля. В качестве интервала корреляции может использоваться временной промежуток, в пределах которого корреляционная функция, взятая по модулю, больше некоторого минимального значения

Ход работы

Таблица 1.1. Параметры сигналов.

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сигналы	а, в	б, г	д, е	ж, и	з, к	л, м	н, р	о, п	а, р	б, п
$E_{\max}, В$	5, 10	2, 2	1, 1	4, 4	5, 5	2, 4	2, 2	2, 4	6, 8	1, 1
$t_{ш}, мкс$	2, 2	4, 2	4, 2	2, 2	10, 10	4, 8	4, 4	8, 8	20, 20	4, 4

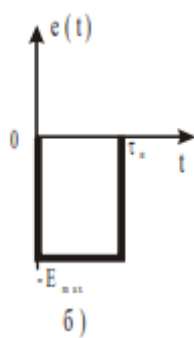
Инициализация переменных

```
1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4
5 # параметры сигнала x
6 Emax1 = 1
7 ti1 = 4
8
9 # параметры сигнала y
10 Emax2 = 1
11 ti2 = 4
12
13 # Задаем значения времени
14 t = np.linspace(-ti2, ti2, num=1000)
15
```

Преобразования сигнала в последовательность чисел

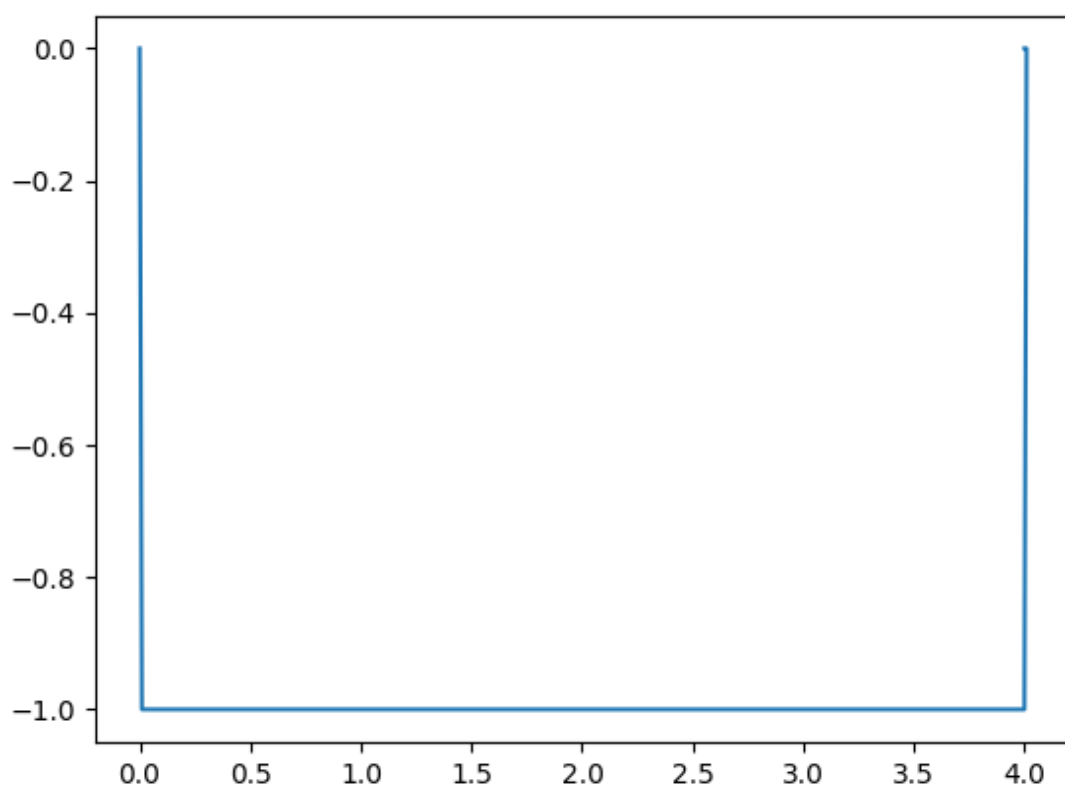
```
30
31 # Рассчитываем значения сигналов для всех значений времени
32 f1 = [graf1(x) for x in t]
33 f2 = [graf2(x) for x in t]
34 # задаем длину корреляционного окна
35 n = len(f1)
36 # Преобразуем сигналы в последовательности чисел
37 s1 = np.array(f1)
38 s2 = np.array(f2)
39
```

Исходные графики функций

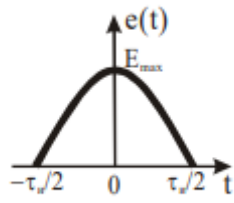


```
def graf1(x):  
    if 0 <= x <= ti1:  
        return -Emax1  
    else:  
        return 0
```

Figure 1

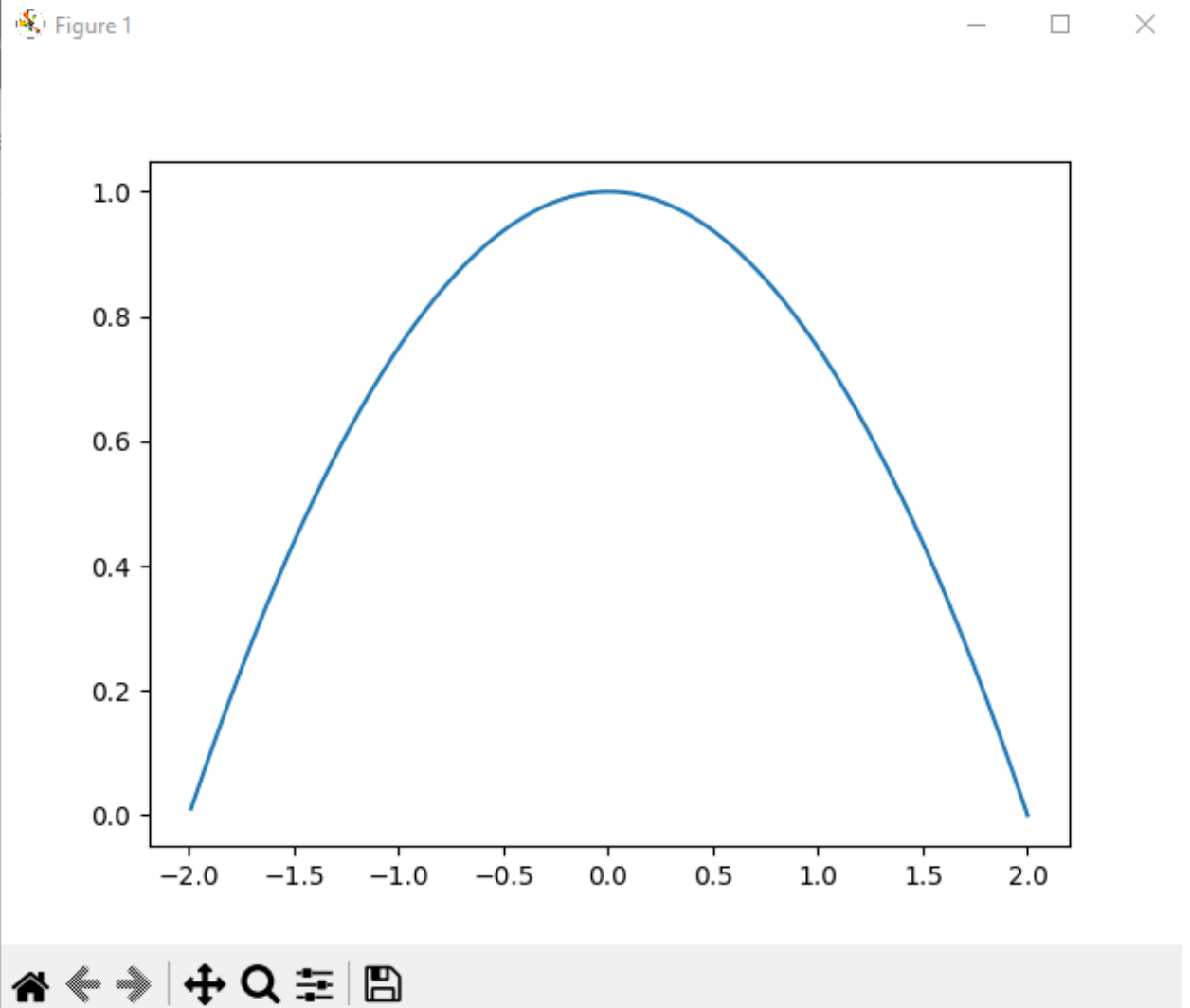


x=1.000 y=-0.174



п)

```
2 usages
def graf2(x):
    if (-ti2 / 2) <= x <= (ti2 / 2):
        y = -((x ** 2) / 4) + 1
        return y
    else:
        return 0
```



Автокорреляция

Автокорреляция – это способ измерения степени похожести между сигналами в зависимости от времени запоздания между ними. Значения близкие к 1 указывают на сильную положительную автокорреляцию, а значения близкие к -1 на сильную отрицательную автокорреляцию.

```
# Рассчитываем автокорреляцию как свертку последовательностей чисел
corr = np.correlate(s1, s2, mode='full')
```

```
# Создаем график и добавляем на него две функции
fig, ax = plt.subplots()
ax.plot(t, s1, label='f1')
ax.plot(t, s2, label='f2')
# Устанавливаем название графика и метки на осях
ax.set_title('Графики функций f1 и f2')
ax.set_xlabel('Время')
ax.set_ylabel('Амплитуда')
# Добавляем легенду на график
ax.legend()
plt.show()
```

Figure 1

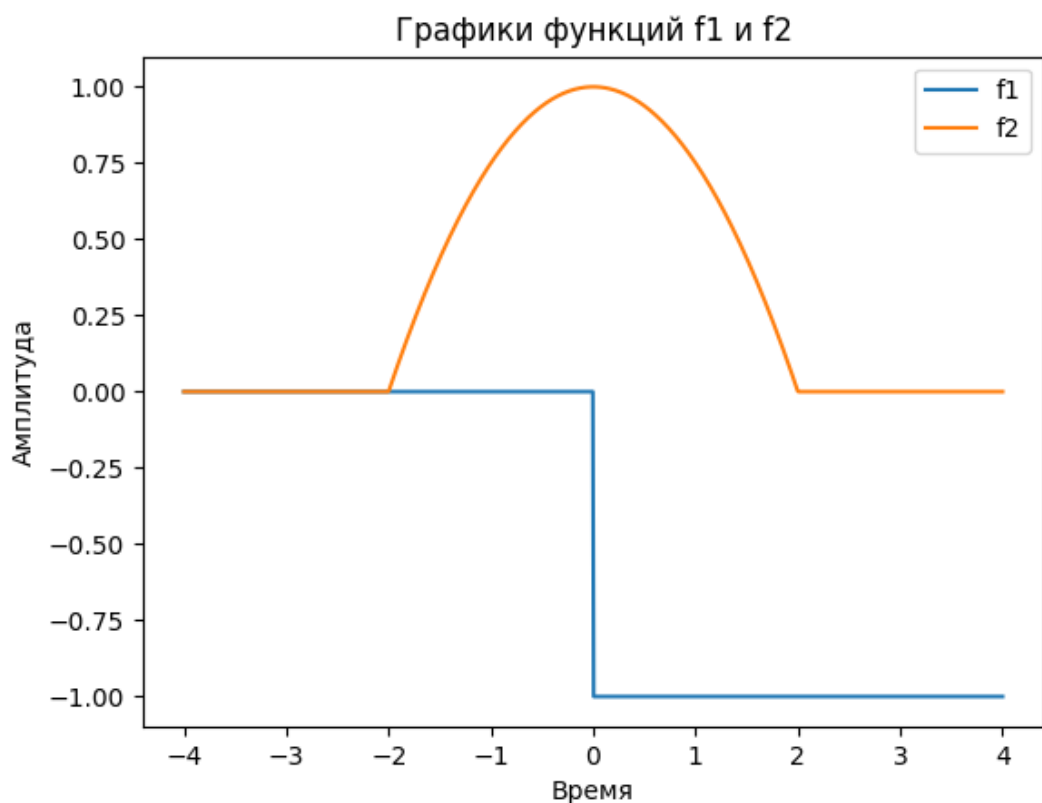
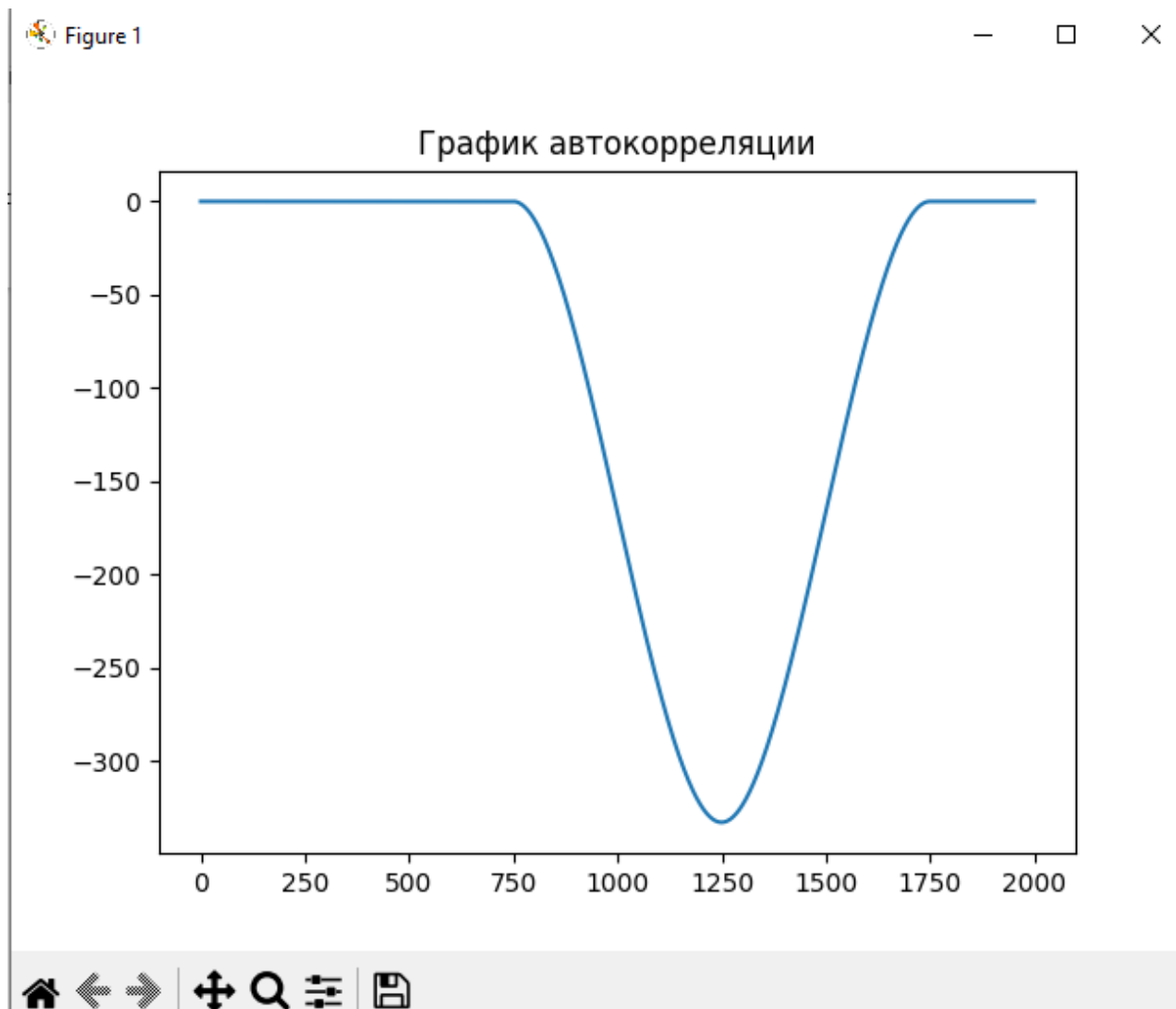


График значений автокорреляции

```
plt.plot(corr)
plt.title('График автокорреляции')
plt.show()
```

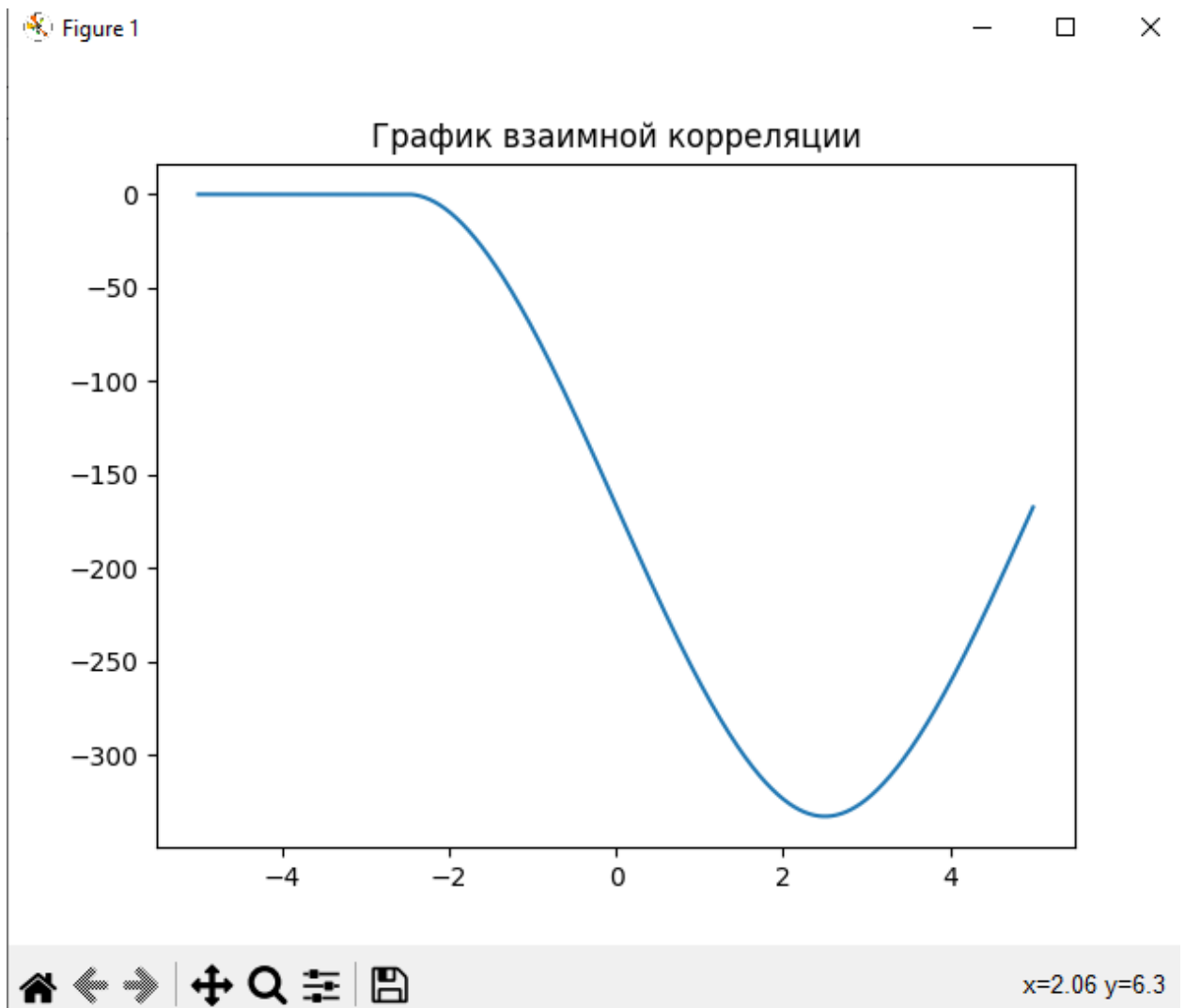


Взаимокорреляция

Взаимная корреляция – статический метод, который показывает, насколько сильно два сигнала связаны друг с другом. Положительная, если два сигнала движутся в одном направлении и отрицательная, если два сигнала движутся в разных направлениях

```
# рассчитываем взаимную корреляцию  
corr2 = np.correlate(s1, s2, mode='same')
```

```
plt.plot(corr2)  
plt.title('График взаимной корреляции')  
plt.show()
```



Максимальное значение и интервал корреляции

```
# Находим максимальное значение взаимной корреляционной функции
Buv_max = pr.max(corr)
# Определяем интервал корреляции
for i, B in enumerate(corr):
    if B < Buv_max:
        interval = t[i]
        break
```

```
# Выводим результаты
print('Максимальное значение взаимной корреляционной функции: ', Buv_max)
print('Интервал корреляции: ', interval)
```

```
Максимальное значение взаимной корреляционной функции:  0.0
Интервал корреляции:  2.0060060060060056
```

Вывод: в ходе работы разработано программное обеспечение, осуществляющее расчёт Корреляционного анализа сигналов для количественного определения взаимодействия сигналов друг с другом во временной области. В качестве интервала корреляции использовался временной промежуток, в пределах которого корреляционная функция, взятая по модулю, больше некоторого минимального значения