

**Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”  
Факультет інформатики та обчислювальної техніки  
Кафедра обчислювальної техніки**

**Лабораторна робота 1.2  
з дисципліни «Інтелектуальні вбудовані системи»  
на тему «Дослідження автокореляційної і взаємно- кореляційної  
функцій випадкових сигналів »**

**Виконала:  
студентка групи ІП-83  
Мазур С. В.**

**Перевірив:  
асистент Регіда П.Г.**

**Київ 2021**

## Основні теоретичні відомості

Значення автокореляційної функції фізично представляє зв'язок між значенням однієї і тієї ж величини, тобто для конкретних моментів  $t_k, \tau_s$ , значення  $R_{xx}(t, \tau)$  оцінюється друге змішаним центральним моментом 2-х перетинів випадкових процесів  $x(t_k), x(t_k + \tau_s)$

$$R_{xx}(t, \tau_s) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \overbrace{(x_i(t_k) - M_x(t_k))}^{x(t_k)} \cdot \overbrace{(x_i(t_k + \tau_s) - M_x(t_k + \tau_s))}^{x(t_k + \tau_s)}$$

для кожного конкретного інтервалу потрібно проходити по всім  $t_k$  (перетинах).

Центральні значення можна замінити:

$$\begin{aligned} & \overline{x}(t_k), \overline{x}(t_k, \tau_s), \text{ тобто їх } M_x = 0 \\ & \left[ \begin{aligned} R_{xx}(t, \tau) &= \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \overline{x}_i(t) \cdot \overline{x}_i(t + \tau) \\ R_{xx}(t, \tau) &= \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \overline{x}_i(t) \cdot \overline{x}_i(t + \tau) \end{aligned} \right] \end{aligned}$$

Обчислення кореляційної функції  $R_{xx}(t, \tau)$  є відносно складним, оскільки необхідно попереднє обчислення математичного очікування  $M_x$  для виконання кількісної оцінки, іноді виповнюється ковариационною функцією:

$$C_{xx}(t, \tau) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N x_i(t) \cdot x_i(t + \tau)$$

У завданнях управління частіше використовується нормована кореляційна функція:

$$S_{xx}(t, \tau) = \frac{R_{xx}(t, \tau)}{D_x(t)} < 1$$

## Завдання на лабораторну роботу

Для згенерованого випадкового сигналу з Лабораторної роботи N 1 відповідно до заданого варіантом (Додаток 1) розрахувати його автокореляційної функцію. Згенерувати копію даного сигналу і розрахувати взаємнокореляційну функцію для 2-х сигналів. Розробити відповідну програму і вивести отримані значення і графіки відповідних параметрів.

Варіант №14

Число гармонік в сигналі  $n$  - 6

Гранична частота,  $\omega_{\text{гр}}$  - 2100

Кількість дискретних відліків,  $N$  - 1024

### Лістинг програми

```
import matplotlib.pyplot as plt # lib for graphs
import numpy as np # lib for math operations

# constants
n = 6 # number of harmonics
w = 2100 # max frequency
N = 1024 # number of discrete calls

# function for calculating random signal
def formula ( a , w , t , phi ):
    return a*np.sin(w*t+phi)

# function for generation array of signals
def generateSignals ( n , w , N ):
    signals = [ 0 ]*N # array of signals
    w0 = w/n # frequency
    for _ in range (n):
        a = np.random.rand() # amplitude
        phi = np.random.rand() # phase

    for t in range (N):
        signals[t] += formula(a, w0, t, phi)
    w0 += w0
    return signals

# correlation function
def correlation ( signal1 , signal2 ):
    Mx1 = np.average(signal1) # math expectation
    Mx2 = np.average(signal2) # math expectation
    sd1 = np.std(signal1) # standart deviation == sqrt(dispersion)
    sd2 = np.std(signal2) # standart deviation == sqrt(dispersion)
```

```

length = len (signal1) // 2
res = []

for t in range (length):
    covarience = 0

for l in range (length):
    covarience += (signal1[l]-Mx1)*(signal2[l + t]-Mx2) / (length- 1 )

    res.append((covarience / sd1 * sd2))
return res

# autocorrelation function
def autocorrelation ( signal ):
    return correlation(signal, signal)

signals = generateSignals(n, w, N)
signals_copy = generateSignals(n, w, N)

print ( 'Mx:' , np.average(signals)) # Average
print ( 'Dx:' , np.var(signals)) # Dispersion

# plotting
# signals
plt.plot(signals)
plt.plot(signals_copy)
plt.xlabel( 'time' )
plt.ylabel( 'x' )
plt.title( 'Random generated signals 1, 2' ) plt.figure()

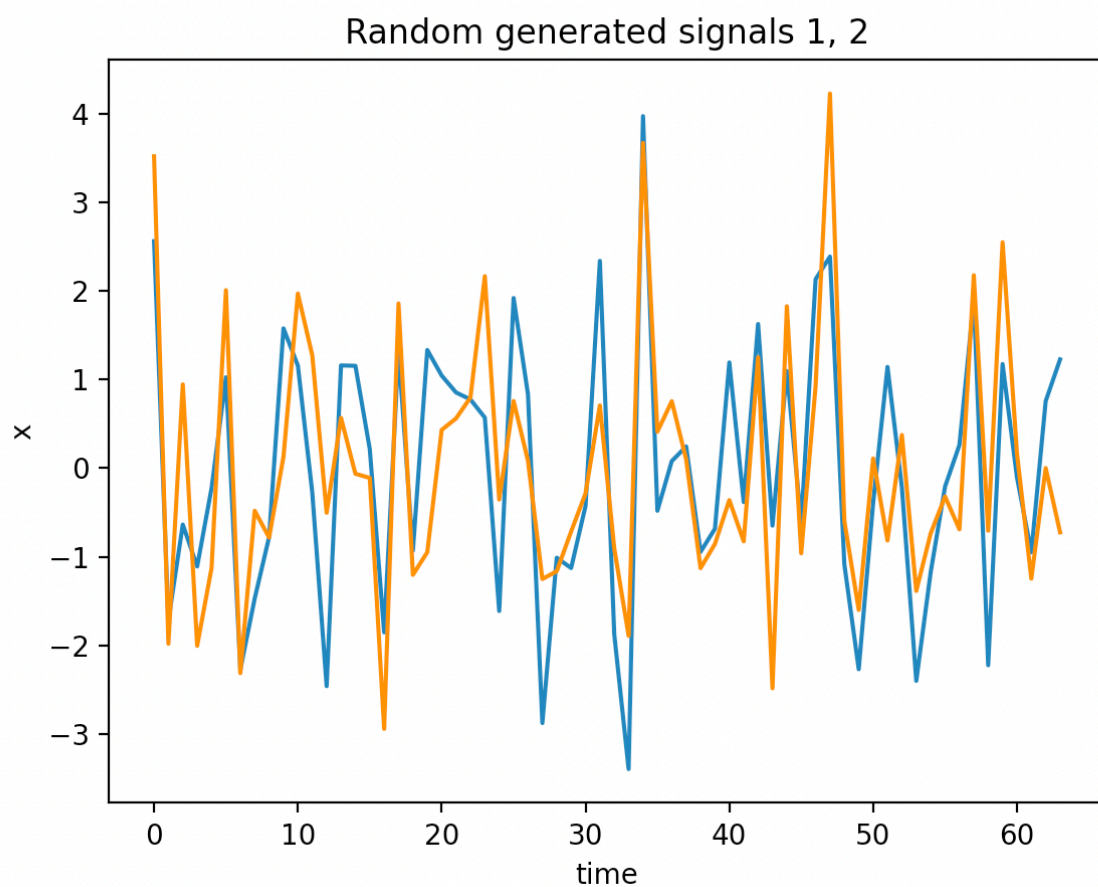
# cross-correlation
plt.plot(correlation(signals, signals_copy))
plt.xlabel( 'time' )
plt.ylabel( 'correlation' )
plt.title( 'cross-correlation' )
plt.figure()

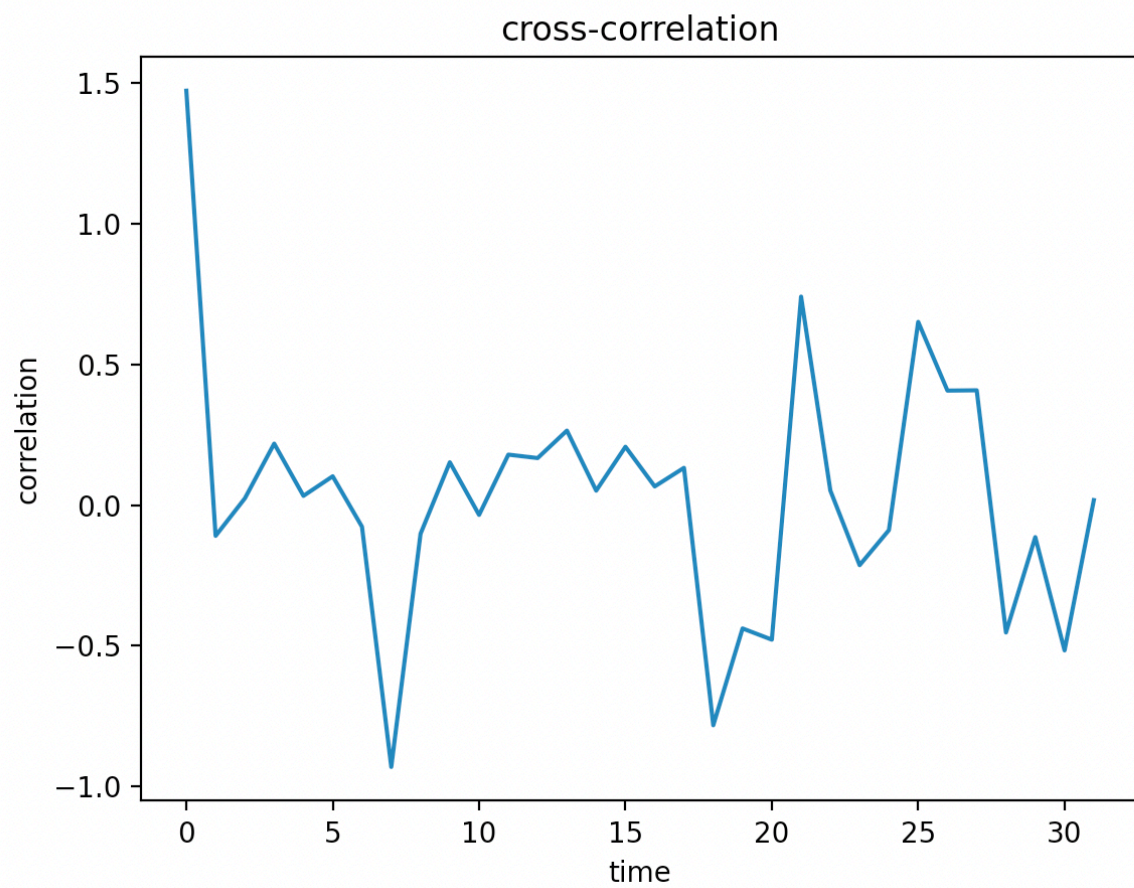
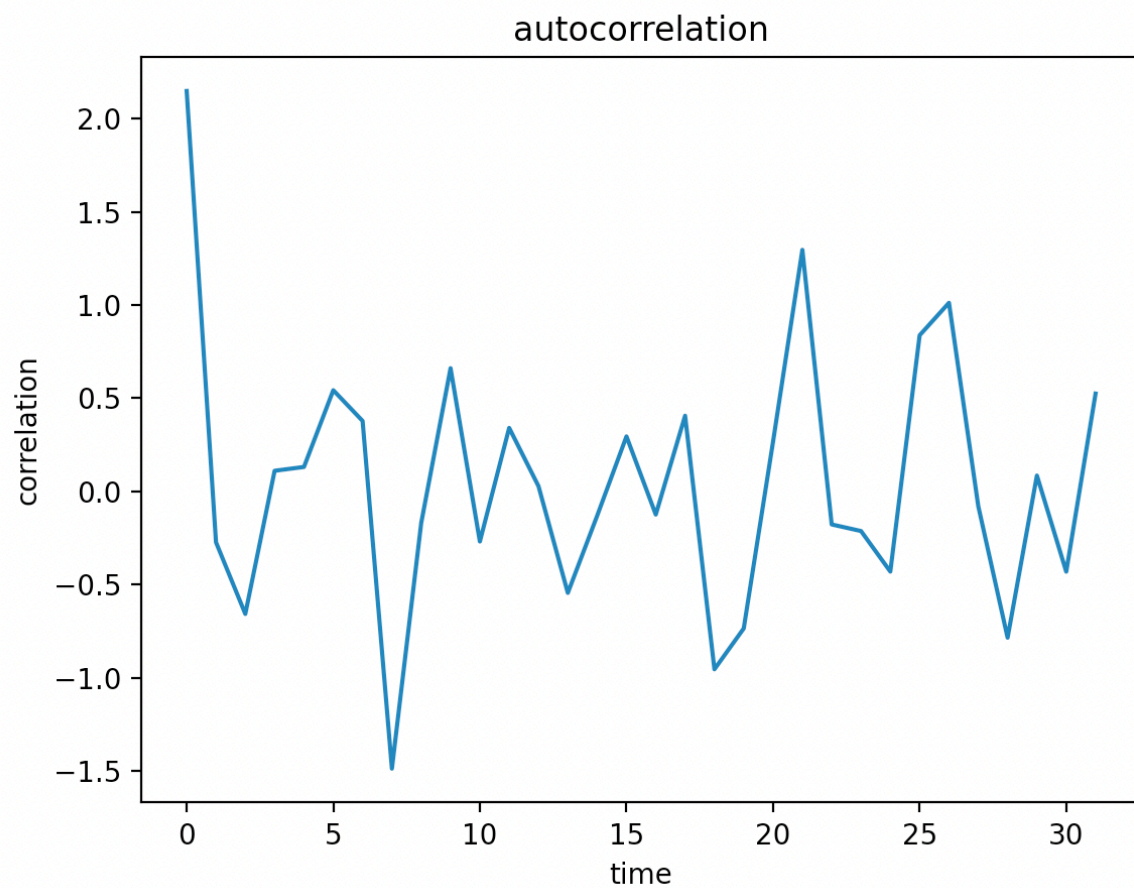
# autocorrelation
plt.plot(autocorrelation(signals))
plt.xlabel( 'time' )

```

```
plt.ylabel( 'correlation' )  
plt.title( 'autocorrelation' )  
plt.show()
```

## Результат роботи програми





## **Висновки**

Під час виконання лабораторної роботи ознайомилися з принципами побудови автокореляційної і взаємної кореляційної функцій, вивчили та дослідили їх основних параметрів з використанням засобів моделювання і сучасних програмних оболонок.