МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний технічний університет України « Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»
ФІОТ
Кафедра обчислювальної техніки

Звіт
до лабораторної роботи №1.2
з предмету «Інтелектуальні вбудовані системи»

Виконав:
Студент групи ІП-85
Лукашук Микита

Перевірив:
Регіда Павло Генадійович

Київ 2021

2.1. Основні теоретичні відомості

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

$$R_{xx}(t,\tau_s) = \lim_{N\to\infty}\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}\overbrace{(x_i(t_k)-M_x(t_k))}^{\overset{0}{x}(t_k)}\cdot\overbrace{(x_i(t_k+\tau_s)-M_x(t_k+\tau_s))}^{\overset{0}{x}(t_k+\tau_s)}$$

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

Центральні значення можна замінити:

$\overset{0}{x}(t_k)$, $\overset{0}{x}(t_k,\tau_s)$, тобто їх $M_x = 0$

$$\left[\begin{array}{c} R_{xx}(t,\tau) = \lim\limits_{N\to\infty}\dfrac{1}{N-1}\sum\limits_{i=1}^{N}\overset{0}{x}_i(t)\cdot\overset{0}{x}_i(t+\tau) \\ R_{xx}(t,\tau) = \lim\limits_{N\to\infty}\dfrac{1}{N-1}\sum\limits_{i=1}^{N}\overset{0}{x}_i(t)\cdot\overset{0}{x}_i(t+\tau) \end{array}\right]$$

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

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

У завданнях управління частіше використовується нормована кореляційна функція:

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

Дослідження нестандартних випадкових сигналів вимагає значних обсягів пам'яті, тому в більшості наукових досліджень приймається гіпотеза про стаціонарності випадкового сигналу на інтервалі (t_0 … t_1).

<u>Кореляційна функція для стаціонарного сигналу:</u>

$$R_x(\tau_s) = \lim_{N\to 0} \cdot \frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^{N} \underbrace{(x_i(t_k) - M_x)}_{X(t_k)} \cdot \underbrace{(x_i(t_k + \tau_s) - M_x)}_{x(t_s)} =$$

$$= \lim_{n\to 0} \cdot \frac{1}{n-1} \cdot (x_i(t_k) - M_x) \cdot (x_i(t_k + \tau_s) - M_x)$$

$x(t)$ в межах однієї реалізації показує наскільки швидко змінюється сигнал.

<u>Коваріаційна функція для стаціонарного сигналу:</u>

$$C_{xx}(\tau) = \lim_{N\to 0} \cdot \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{k=1}^{n} Lx(t_k) \cdot x(t_k + \tau)$$

показує ступінь зв'язності між значеннями одного і того ж сигналу.

Таким чином для стаціонарних і ергодичні процесів обчислення параметрів сигналів реалізуються шляхом усереднення за часом у межах однієї реалізації.

<u>Статистичне вимірювання зв'язків між двома стаціонарними випадковими процесами</u>

Дуже важливим виявляється не тільки обчислення автокореляційної функції $R_{xx}(\tau)$, але і обчислення взаємної кореляційної функції $R_{xy}(\tau)$ для двох випадкових процесів $x(y)$, $y(t)$, для якої не можна на основі зовнішнього спостереження сказати, чи є залежність між ними. Для розрахунку взаємної кореляційної функції:

$$R_{xy}(\tau) = \lim_{n\to 0} \cdot \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^{n} \underbrace{(x_i(t_k) - M_x)}_{X(t_k)} \cdot \underbrace{(y(t_k + \tau) - M_y)}_{y(t_k - \tau)} =$$

τ - випробувальний інтервал, на конкретному значенні якого досліджується взаємний вплив.

Завдання

2.2. 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 взаімнокорреляціонную функцію для 2-х сигналів. Розробити відповідну програму і вивести отримані значення і графіки відповідних параметрів.

Варіант
Номер залікової книжки - 8513
Варіант в таблиці - 13

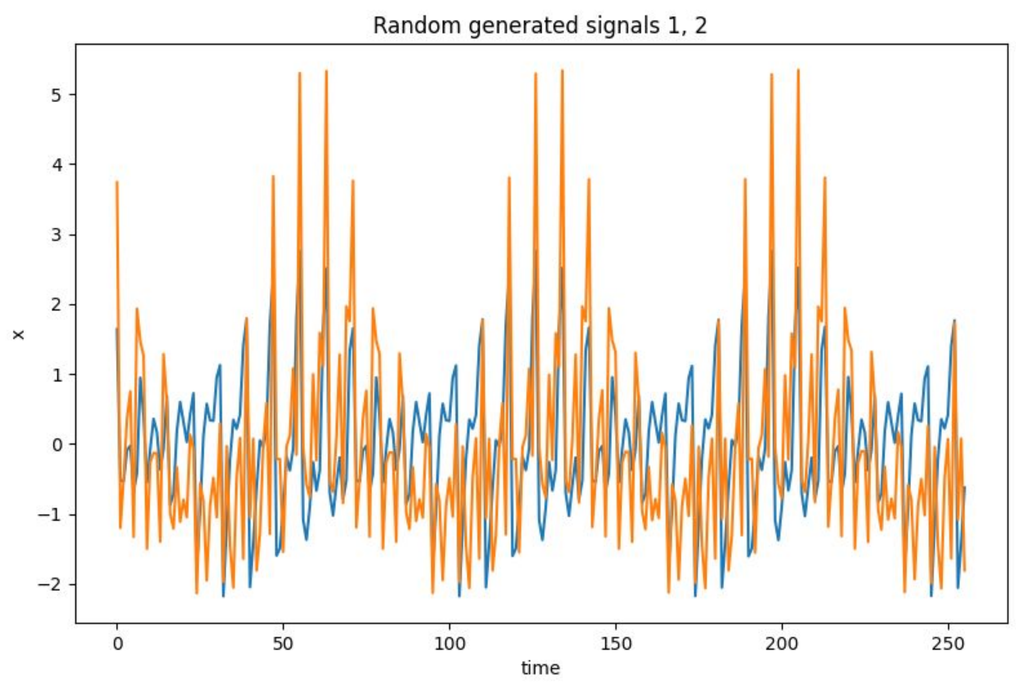
Лістинг програми

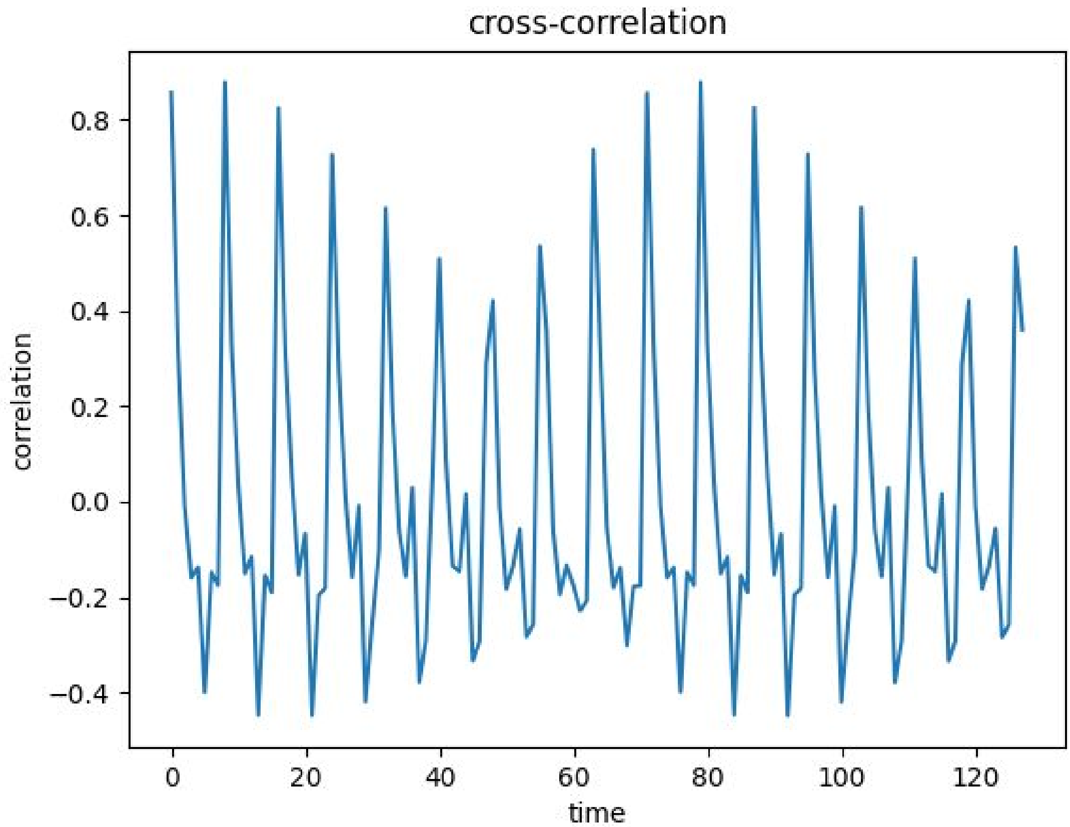
```python
import matplotlib.pyplot as plt  # lib for graphs
import random
import numpy as np
import math

n = 10
N = 256
W0 = 150
Wmax = 1500
W = np.arange(W0, Wmax + W0, W0)


def generator(n, N, W):
   signals = np.zeros(N)
   for i in range(n):
       A = random.random()
       phi = random.random()
       for t in range(N):
           signals[t] += A * math.sin(W[i] * t + phi)

   return signals


def corelvalue(signal1, signal2):
   size = len(signal1)
   assert size == len(signal2)

   Mx1 = np.average(signal1)
   Mx2 = np.average(signal2)

   result = []
   for i in range(size):
       result.append((signal1[i] - Mx1) * (signal2[i] + Mx2))

   return sum(result)/(size - 1)
```

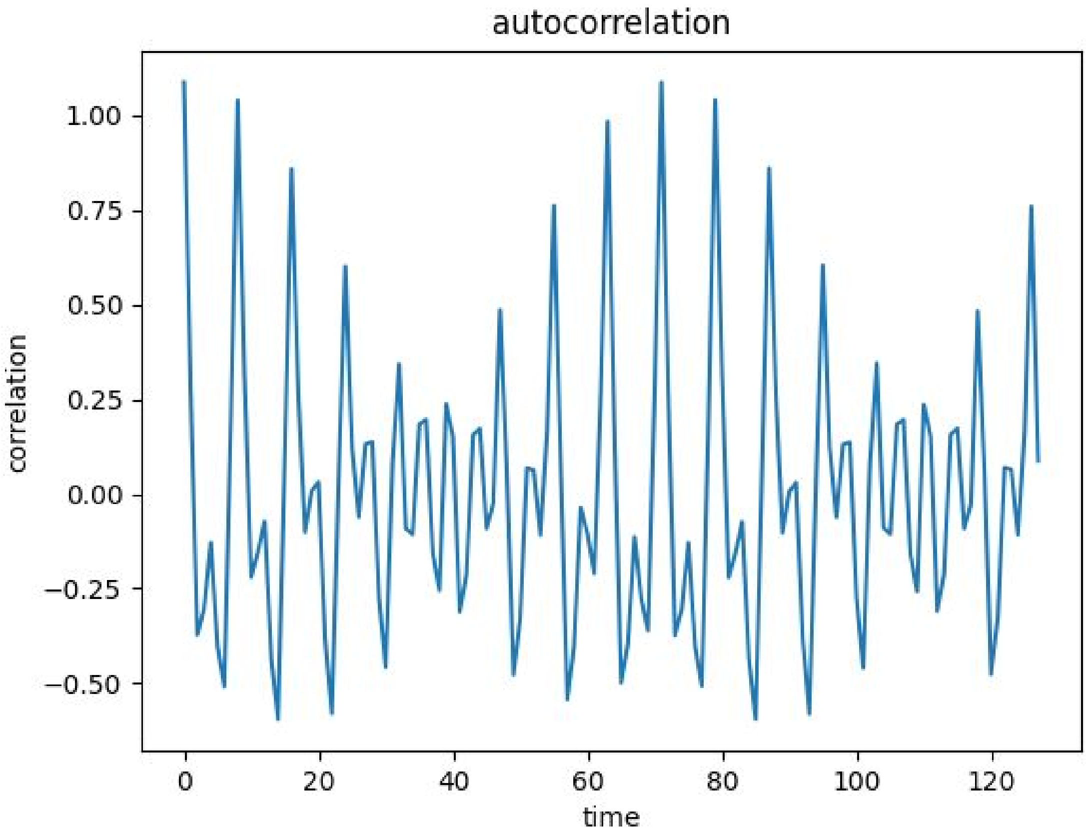
```python
def autocorel(signal):
   size = round(len(signal)/2)

   result = []
   for i in range(size):
       result.append(corelvalue(signal[0:size], signal[i:size+i]))

   return result

def crosscorel(signal1,signal2):
   size = round(len(signal1)/2)

   result = []
   for i in range(size):
       result.append(corelvalue(signal1[0:size], signal2[i:size+i]))

   return result




signal_first = generator(n,N,W)
signal_second = generator(n,N,W)
print(crosscorel(signal_first,signal_second))
print('Mx:', np.average(signal_first))
print('Dx:', np.var(signal_second))

plt.plot(signal_first)
plt.plot(signal_second)
plt.xlabel('time')
plt.ylabel('x')
plt.title('Random generated signals 1, 2')
plt.figure()


#cross-correlation
plt.plot(crosscorel(signal_first, signal_second))
plt.xlabel('time')
plt.ylabel('correlation')
plt.title('cross-correlation')
plt.figure()

# autocorrelation
```

```
plt.plot(autocorel(signal_first))
plt.xlabel('time')
plt.ylabel('correlation')
plt.title('autocorrelation')
plt.show()
```

Результати програми




cross-correlation
correlation
time
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
−0.2
−0.4
0
20
40
60
80
100
120


autocorrelation
correlation
time
1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
−0.25
−0.50
0
20
40
60
80
100
120

```
Mx: -0.005304849677896233
Dx: 2.1948077525109966
```

Висновки

Під час виконання лабораторної роботи, дослідив методи обчислення кореляції. Реалізована програма на мові Python.