НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра обчислювальної техніки

Лабораторна робота №1.2

“Дослідження автокореляційної і взаємноюкореляційної функцій випадкових сигналів”

Виконав:
студент групи ІП-84
ІП-8408
Засько Євгеній

Київ 2021

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, τ) 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 k t (перетинах).
Центральні значення можна замінити:

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

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

Обчислення кореляційної функції R_{xx} (t, τ) 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 (t0 … t1).

<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. Статистичне вимірювання зв'язків між двома стаціонарними випадковими процесами Дуже важливим виявляється не тільки обчислення автокореляційної функції R_{xx} (τ) , але і обчислення взаємної кореляційної функції R_{xy} (τ) 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.

Умови завдання для варіанту бригади

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 8

N = 1024

Лістинг програми із заданими умовами завдання

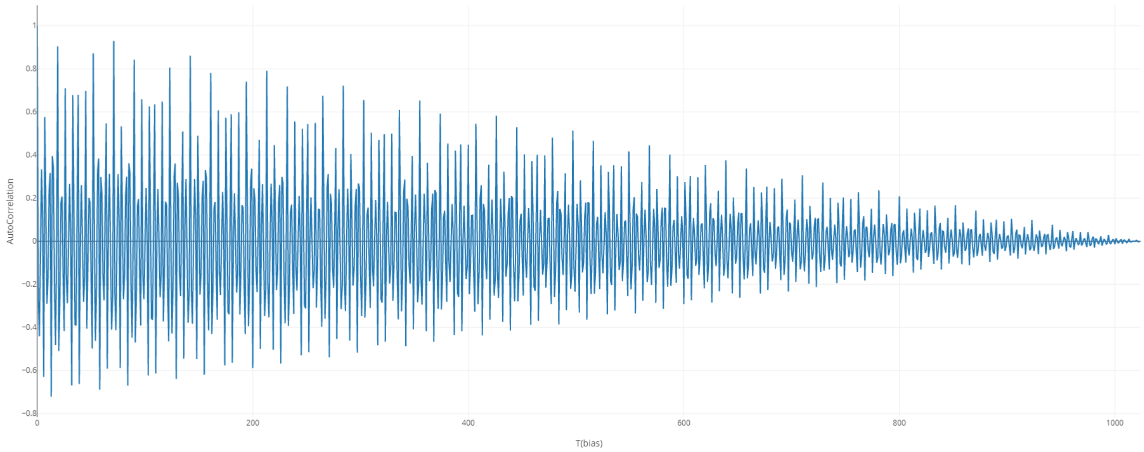
```
val autoCorrelation = mutableMapOf<Double, Double>()
val signal = signalGenerator.generate()
for (bias in 0..1024) {
    val biased = signal.filter { p -> p.key >= bias }.mapKeys { p -> p.key - bias }
    autoCorrelation[bias.toDouble()] = calculations.calculateCorrelation(signal, biased)
}
```

```
    val correlation = mutableMapOf<Double, Double>()
    val signal2 = signalGenerator.generate()
    for (bias in 0..1024) {
        val biased = signal2.filter { p -> p.key >= bias }.mapKeys { p -> p.key - bias }
        correlation[bias.toDouble()] = calculations.calculateCorrelation(signal, biased)
    }

    plotsDrawer.createPlot(autoCorrelation, "T(bias)", "AutoCorrelation")
    plotsDrawer.createPlot(correlation, "T(bias)", "Correlation")
class Calculations {
    // Мат ожидание
    fun generateExpectedValue(data: Map<Double, Double>) = data.values.sum() / data.size

    fun generateDispersion(data: Map<Double, Double>): Double {
        val m = generateExpectedValue(data)

        return data.values.sumByDouble { x -> (x - m).pow(2.0)  } / (data.size - 1)
    }

    fun calculateCorrelation(data1: Map<Double, Double>, data2: Map<Double, Double>):
Double {
        var result = 0.0
        val size = max(data1.size, data2.size)

        val m1 = generateExpectedValue(data1)
        val m2 = generateExpectedValue(data2)
        val d1 = generateDispersion(data1)
        val d2 = generateDispersion(data2)

        for (n in 0 until size) {
            result += (data1.getOrDefault(n.toDouble(), 0.0) - m1) *
(data2.getOrDefault(n.toDouble(), 0.0) - m2)
        }

        return result / (size * sqrt(d1) * sqrt(d2))
    }
}
```

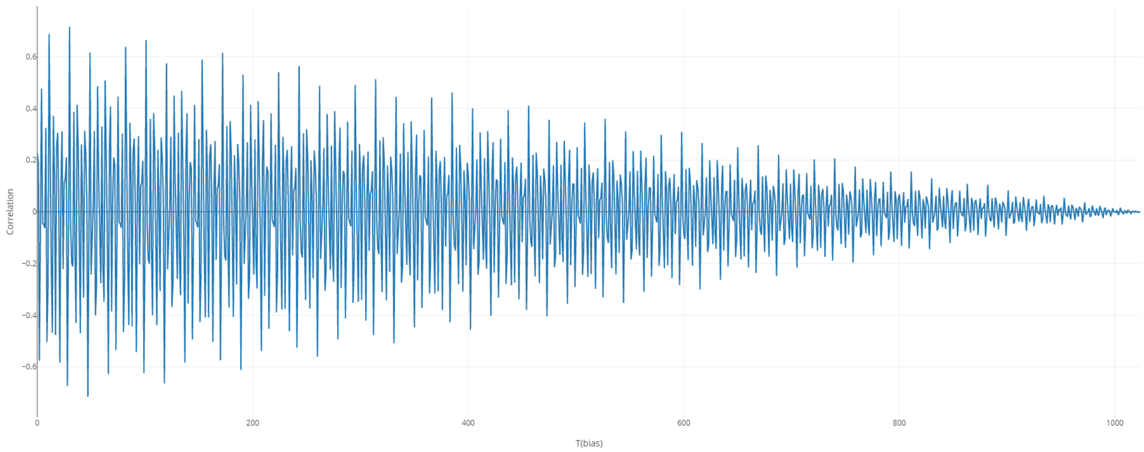
Цей самий код, тільки на гітхабі:
https://github.com/NeProgramist/Embedded/tree/master/lab1-2

Результати виконання кожної програми

Автокореляція



Кореляція



Висновки щодо виконання лабораторної роботи

Під час виконання ознайомився з принципами побудови автокореляціоної і взаємної кореляційної функцій, дослідження їх основні параметри. Побудував два графіки та отримав результат. В автокореляційної функції в точці 0 - кореляція(нормована) має значення 1, що підтверджує правильність побудови.