

## ПОРІВНЯННЯ СПЕКТРІВ WI-FI СИГНАЛІВ НА ОСНОВІ КОРЕЛЯЦІЙНОЇ ОБРОБКИ

Оснач А. І.

Науковий керівник – к.т.н., ст. викл. Василенко Т.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КРІСТЗІ,  
м. Харків, Україна

e-mail: andrii.osnach@nure.ua.

Standard methods for equalizing spectra cannot provide the required results, since the spectra of devices connected to a Wi-Fi network are very similar to one another: the frequency and type of modulation may not differ. Therefore, it is necessary to establish non-standard methods of alignment. In the work, a further investigation was carried out, where, in addition to the method of equalizing the spectrum, a correlation method of equalization was proposed. And the mean-square variation of the correlation function of the device is equal to the pattern of the correlation function.

Автори [1] зробили вимірювання спектрів різних мобільних пристроїв і показали, що навіть візуально вони відрізняються один від одного. Кожен мобільний пристрій має свої унікальні особливості спектру сигналу Wi-Fi мережі навіть в однакових моделях мобільних пристроїв.

Стандартні методи порівняння спектрів не можуть дати потрібних результатів, так як спектри пристроїв підключені до мережі Wi-Fi являються дуже подібні один одного. Тому потрібно застосовувати нестандартні методи порівняння. В роботі проведені дослідження, де в якості методу порівняння спектру запропоновано кореляційний метод порівняння. А саме середньоквадратичне відхилення кореляційної функції пристрою в порівнянні з кореляційною функцією шаблону.

Як відомо, для кількісної оцінки ступеня відмінності сигналу  $S(t)$  та його зміщеної копії  $S(t-\tau)$  використовується автокореляційна функція (АКФ) сигналу  $S(t)$ , що дорівнює скалярному добутку сигналу та його копії:

$$B(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} S(t) \cdot S(t - \tau) dt$$

Застосуємо вираз (1) для порівняння спектрів:

$$B(j) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} P_{L1}(f_i) \cdot P_{L2}(f_{i+j}),$$

де  $P_L(f_i)$  – потужність кожної спектральної складової;  $N$  – кількість спектральних складових. Причому, вказаний вираз буде застосовуватися для розрахунку кореляції шаблону (автокореляційна функція, АКФ) та спектра шаблону зі спектрами «чужих» пристроїв» (ВКФ). Розрахунки були виконані для всіх пристроїв в різних положеннях. На Рис.1 показані де-

які з них.

Істотної різниці в наведених на Рис. 1 залежностях не спостерігається. Тому було розраховано середньоквадратичне відхилення (СКВ) для всіх отриманих функцій:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{2J \cdot B_{cp}} \cdot \sum_{j=-J}^J (j^2 \cdot B(j))},$$

де  $j$  – елементи ряду;  $B_{cp}$  – середнє значення АКФ:

$$B_{cp} = \frac{1}{2J + 1} \sum_{j=-J}^J B(j).$$

Результати розрахунку  $\sigma$  для одного з шаблонів (А) по відношенню до різних положень пристроїв наведені в таблиці 1.

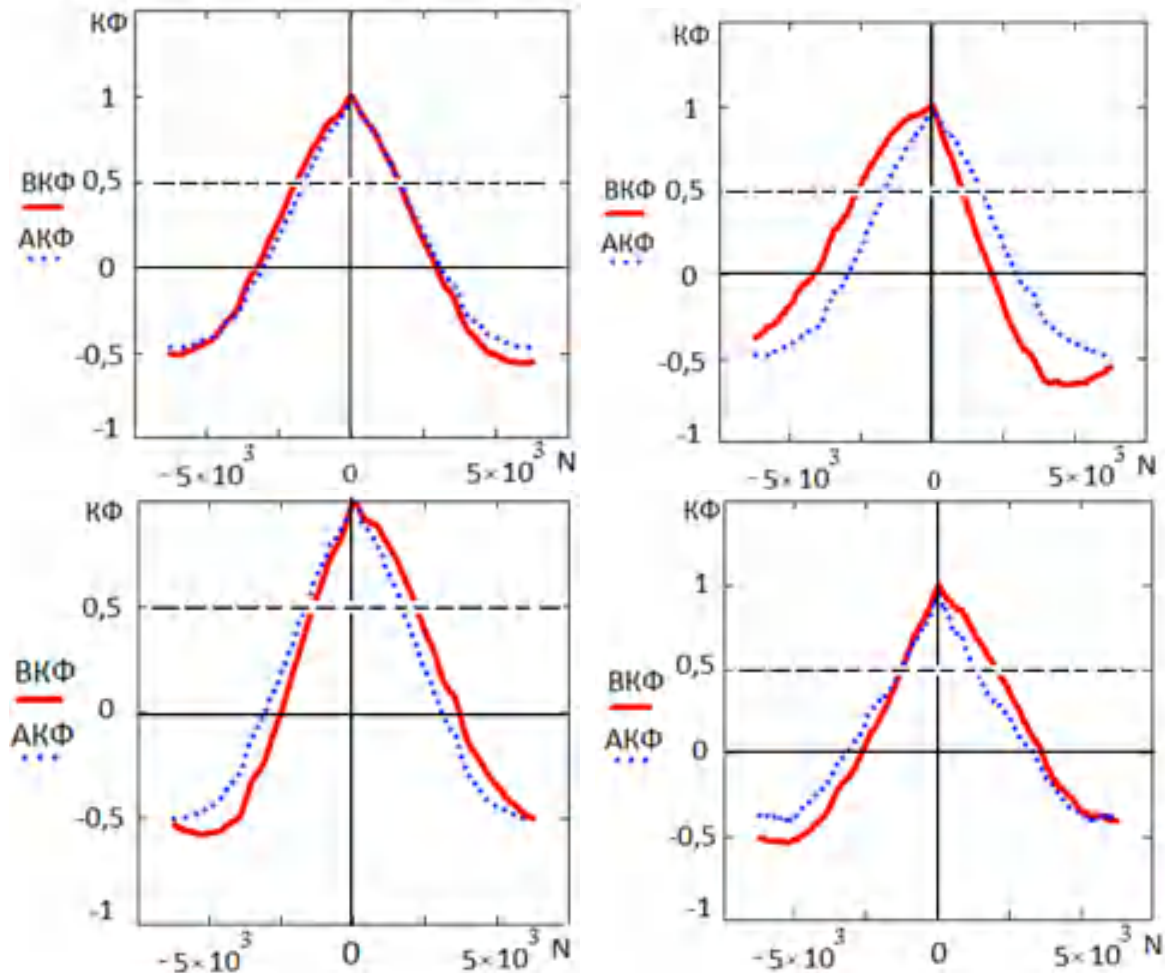


Рис. 1 АКФ та ВКФ

Таблиця 1

	A1	A1	A3	A4	B1	B2	B3	B4	Г1	Г2	Г3	Г4	Д1	Д2	Д3	Д4
$\sigma$	94	94	94	93	93	94	95	95	95	95	94	94	94	95	94	93
	5	3	0	7	7	9	2	2	5	3	2	3	4	4	0	2

Також була виміряна ширина (в кількості відліків) АКФ для шаблонів та ВКФ для всіх пристроїв по відношенню до шаблону на рівні 0.5. Результати розрахунку для одного з шаблонів наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Положення	Ширина АКФ (ВКФ) по рівню 0,5					
	Шаблон А	А	В	Г	Д	Е
1	2650	2655	2715	2864	2701	2929
2	2650	2688	2726	2879	2833	2937
3	2650	2675	2796	2817	2588	2844
4	2650	2635	2796	2785	2459	2807
Середнє	2650	2663	2758	2836	2645	2879

З таблиці видно, що ширина ВКФ чужих пристроїв може бути вужчою за АКФ.

На підставі виконаних розрахунків можна сказати, що:

- різниці в середньоквадратичному відхиленні ВКФ для шаблону зі своїм пристроєм і чужими не виявлено;
- різниці в ширині ВКФ за рівнем 0,5 також не виявлено. При нормуванні всі функції практично ідентичні;
- істотного зсуву центральної частоти в ВКФ також не спостерігається.

Таким чином, параметри до другого порядку включно не дозволяють виявити різницю між двома спектрами. Але з рис. 1 видно, що ВКФ мають певний «перекос», який може характеризуватися коефіцієнтом асиметрії. Тому в подальшій роботі буде розглянуто порівняння спектрів на основі коефіцієнта асиметрії.

#### Список використаних джерел:

1. Василенко Т. А. Идентификация мобильных устройств по особенностям спектров их сигналов . // Радиотехника : межвед. науч.-техн. сб. 2020. Вып. 179. С. 91 – 97.