

## АНАЛІЗ МУЛЬТИФРАКТАЛЬНИХ БІОЕЛЕКТРИЧНИХ РЕАЛІЗАЦІЙ

Харченко Я.О.

Науковий керівник – д-р техн. наук, проф. Кіріченко Л. О.  
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ  
м. Харків, Україна

тел. +38(050) 047-64-90, email: yaroslav.kharchenko@nure.ua

This article describes the multifractal analysis of bioelectric signals that have fractal properties. In this research we investigated EEG characteristics of laboratory animals using estimation of generalized Hurst exponent.

Самоподібність випадкових процесів полягає в збереженні статистичних характеристик при зміні масштабу часу. Стохастичний процес  $X(t)$  є самоподібним з параметром самоподібності  $H$ , якщо процес  $a^{-H} X(at)$  описується тими ж кінцевомірними законами розподілів, що і  $X(t)$ :

$$Law\{X(t)\} = Law\{a^{-H} X(at)\}, \forall a > 0, t > 0. \quad (1)$$

Параметр  $H, 0 < H < 1$ , званий показником Херста, являє собою ступінь самоподібності. Наряду з цією властивістю, показник  $H$  характеризує міру довгострокової залежності стохастичного процесу.

При значеннях  $0.5 < H < 1$  ряд демонструє персистентну (трендостійку) поведінку. Якщо персистентний ряд зростає (убував) в попередній період, то чим ближче показник Херста до 1, тим з більшою ймовірністю буде зберігатися тенденція поведінки цього ряду протягом такого ж періоду в майбутньому. Значення  $H = 0.5$  вказує на незалежність (відсутність будь-якої пам'яті про минуле) збільшень часового ряду. Діапазон  $0 < H < 0.5$  відповідає антиперсистентним рядам: якщо антиперсистентний ряд характеризувався зростанням в попередньому періоді, то чим ближче показник Херста до 0, тим з більшою ймовірністю в наступному періоді почнеться спад.

Початкові моменти самоподібного випадкового процесу можна виразити як:

$$M \left[ |X(t)|^q \right] = C(q) \cdot t^{qH}, \quad (2)$$

де величина  $C(q) = M \left[ |X(1)|^q \right]$ .

Мультифрактальні процеси проявляють більш гнучкі скейлінгові закономірності для моментних характеристик. На відміну від самоподібних процесів, де всі моменти  $M \left[ |X(t)|^q \right]$  показують однакову масштабну поведінку, для мультифрактальних процесів виконується відношення

$$M \left[ |X(t)|^q \right] = C(q) \cdot t^{qh(q)}, \quad (3)$$

де  $h(q)$  – узагальнений показник Херста, який є нелінійною функцією, для якої значення  $h(q=2)$  збігається зі значенням ступеня самоподібності  $H$ . Для часових рядів, які відповідають монофракальному процесу, узагальнений показник Херста  $h(q) = H$  і не залежить від параметра  $q$ .

У своїй роботі ми досліджували EEG лабораторних тварин, які були розділені на дві фази бадьорості (Awake), повільного сну (SWS) і фаза швидкого сну (REM). Рис. 1 показує типові реалізацій EEG для різних фаз сну і бадьорості.

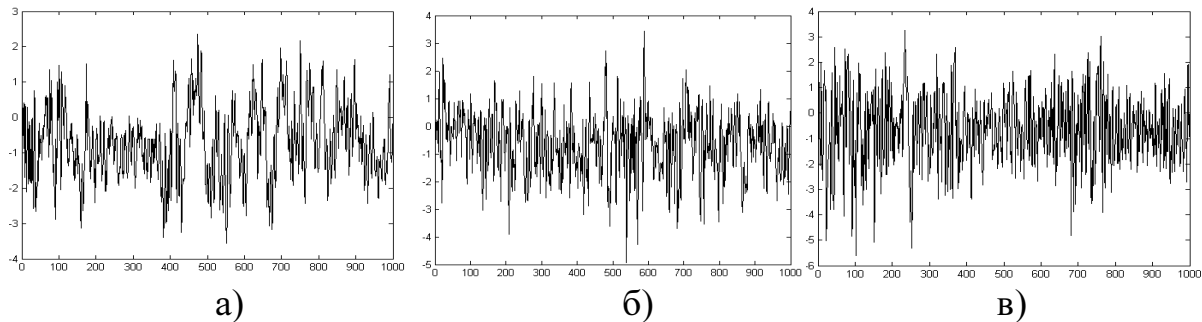


Рисунок 1 – Реалізацій EEG: AWAKE (а), SWS (б) і REM (в).

Проведений фрактальний аналіз виявив суттєві розбіжності для мультифрактальних характеристик досліджуваних реалізацій. На рис. 2 приведені функції узагальненого показника Херста, що були отримані для реалізації, показаних на рис. 1.

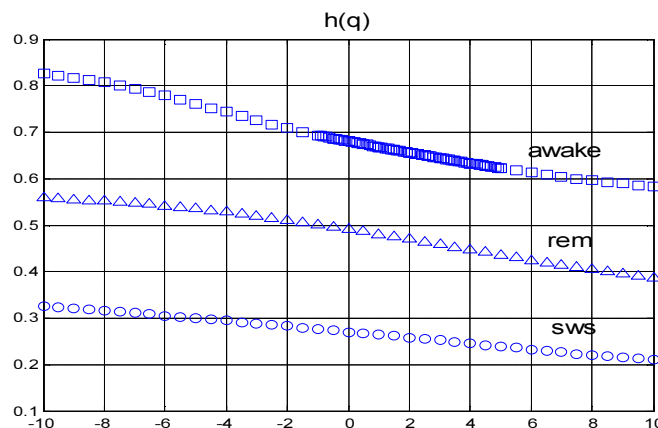


Рисунок 2 – Функції узагальненого показника Херста для реалізацій EEG

Список використаних джерел:

1. Alghawli, A. S., & Kirichenko, L. (2015). Multifractal properties of bioelectric signals under various physiological states. *International Journal «Information Content And Processing»*, 2(2). 138–163.