

УДК 519.246.8

## РОЗПІЗНАВАННЯ РІВНЯ ШУМУ ФРАКТАЛЬНОГО БРОУНІВСЬКОГО РУХУ

Авсітідійський М.М.

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

e-mail: mykyta.avsitidiiskyi@nure.ua

This work focuses on developing a methodology for assessing the noise level of fractal Brownian motion using machine learning techniques, particularly a convolutional neural network. Input data comprise fractal Brownian motion realizations with varying degrees of noise, and neural network approaches are utilized for their recognition. The findings shed light on the efficacy and reliability of employing such machine learning methodologies in the domain of noise assessment within fractal systems.

Фрактальний броунівський рух (ФБР) є випадковим процесом з властивістю самоподібності на різних масштабах. Це важливий інструмент для моделювання різних складних процесів, таких як фінансові ринки, технічні, інформаційні та природні явища.

ФБР відображає властивості самоподібності, що є характерною рисою багатьох біологічних, фізичних, технічних та інформаційних систем. Ця властивість означає, що система залишається подібною самій собі при збільшенні масштабу, і це спостерігається не лише у фігурах та геометричних об'єктах, а й у сигналах, які вони випромінюють [1]. Дисперсія ФБР має залежність не тільки від часу, як для звичайного броунівського руху, але і від ступеню самоподібності процесу.

Коли наша система, яка може бути промодельована за допомогою фрактального броунівського руху, працює в реальних умовах, вона піддається адитивному шуму. Наприклад, внаслідок турбулентності, система може зазнавати випадкових коливань, які додаються до її основного руху. Цей адитивний шум може призвести до непередбачуваних змін у траєкторії частки, ускладнюючи прогнозування її руху та аналіз системи в цілому. Метою представленої роботи є класифікація траєкторій ФБР з різним рівнем адитивного шуму, за допомогою згорткової нейронної мережі.

Дисперсія – це міра того, наскільки сильно значення ряду коливаються навколо середнього значення. Моделюючи шум з різними значеннями дисперсії, ми досліджуємо його вплив на систему та її середовище. Визначення рівня шуму за значеннями дисперсії дозволяє нам кількісно оцінити його інтенсивність та варіативність. Аналізуючи дисперсію, ми можемо приймати рішення щодо необхідних корекцій чи фільтрації шуму для поліпшення якості даних та результатів моделювання. Автоматизована

оцінка наявного шуму в даних суттєво може облегшити подальший аналіз процесу.

Для класифікації зашумлених траєкторій ФБР, в роботі було використано згорткову нейронну мережу [2]. Вхідними даними для неї є візуальні зображення траєкторій фрактального броунівського руху з шумом різним рівнем дисперсії.

На рис. 1 показано реалізації фрактального броунівського руху з різним ступенем зашумленості, який визначається дисперсією шуму  $\sigma^2$ .

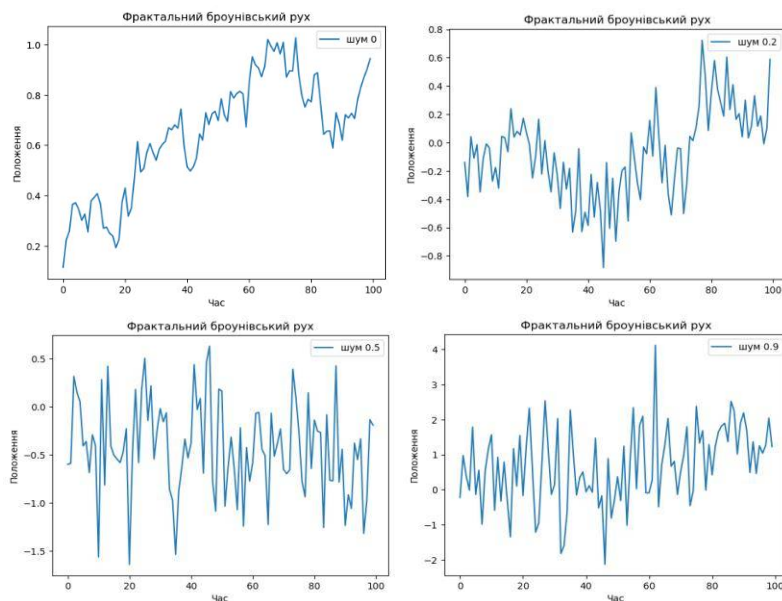


Рисунок 1 – Траєкторії фрактального броунівського руху без зашумленості (вгорі ліворуч), з рівнем зашумленості  $\sigma^2 = 0.2$  (вгорі праворуч), з рівнем зашумленості  $\sigma^2 = 0.5$  (внизу ліворуч), з рівнем зашумленості  $\sigma^2 = 0.9$  (внизу праворуч)

У роботі була проведена класифікація зашумлених траєкторій ФБР за рівнем шуму за допомогою згорткової нейронної мережі. Результати дослідження показали, що згорткова нейронна мережа добре справляється з завданням класифікації. Це важливий крок у напрямку розвитку методів аналізу стохастичних процесів, який може знайти застосування в різних областях науки.

Список використаних джерел:

1. José R. León, Alain Latour, Corinne Berzin (2014). Inference on the Hurst parameter and the variance of diffusions driven by fractional Brownian motion (lecture notes in statistics, 216). Springer.

2. Lyudmyla Kirichenko, Tamara Radivilova, and Vitalii Bulakh. Machine Learning in Classification Time Series with Fractal Properties. Data, Vol. 4, issue 1, 5, pp. 1–13, 2019.