

Голінько О.В., аспірант гр. 122А-21-2

Науковий керівник: Алексєєв М.О., д.т.н., професор кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем

(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПОДРІБНЕННЯ

Подрібнення матеріалів відіграє важливу роль у багатьох галузях промисловості. Для цього застосовують різні дробарки та млини. Серед різних типів млинів, які використовують для отримання подрібнених продуктів слід виділити струменевий млин. Він має ряд переваг щодо інших млинів це, в першу чергу висока чистота подрібнюваного матеріалу та низька температура подрібнення [1].

Струменевий млин - це різновид млинів, що використовується для отримання ультрадисперсних продуктів сухим способом. Подрібнення відбувається при зіткненні частинок матеріалу, які розганяються потоками повітря або пари високого тиску.

Нині для керування процесом подрібнення дедалі частіше використовують акустичні сигнали [2]. При цьому для виділення інформаційних ознак акустичних сигналів млинів використовують спектральні методи та методи вейвлет-аналізу [3]. У цьому складність класифікації сигналів полягає в тому, що цей акустичний сигнал є нестационарним. Існуючі методи класифікації акустичного сигналу не забезпечують достовірності, за якої продуктивність млина є максимальною.

У даній роботі пропонується використання такої властивості фракталів як самоподібність для визначення стану струминного млина за акустичним шумом, що з'являється в процесі його роботи.

Метою роботи є дослідження можливості застосування фракталів при аналізі акустичного шуму роботи струминного млина, що супроводжує функціонування млина для забезпечення більш ефективного контролю його стану.

Що таке фрактали? Фрактал — це складна геометрична фігура, що має властивість самоподібності, тобто складена з кількох частин, кожна з яких подібна до всієї фігури цілком. При цьому фрактали навколо нас всюди, і в контурах гір, і в звивистій лінії морського берега. Деякі з фракталів безперервно змінюються, подібно до рухомих хмар або мерехтливого полум'я, тоді як інші, подібно до дерев або наших судинних систем, зберігають структуру, набуту в процесі еволюції.

Прикладів фракталів можна навести масу, тому що вони оточують нас усюди. Фрактали, наприклад, присутні у комплексній динаміці. Там вони з'являються щодо нелінійних динамічних систем. Одними з найвідоміших фракталів такого виду є множина Жюлі, множина Мандельброта і басейни Ньютона [4].

Слово «фрактал» було запроваджено Бенуа Мандельбротом у 1975 році для позначення нерегулярних, але самоподібних структур, якими він займався. Переглядаючи результати вимірів шуму, Мандельброт звернув увагу до одну дивну закономірність - графіки шумів у різному масштабі виглядали однаково. Ідентична картина спостерігалася незалежно від того, був це графік шумів за один день, тиждень або годину. Варто змінити масштаб графіка, і картина щоразу повторювалася.

При цьому при аналізі акустичного шуму роботи струменевого млина ми також можемо побачити закономірність, що графіки шумів у різному масштабі виглядають дуже схожими (рис.1). Виходячи з чого можна стверджувати, що результати вимірювань шуму мають фрактальні властивості.

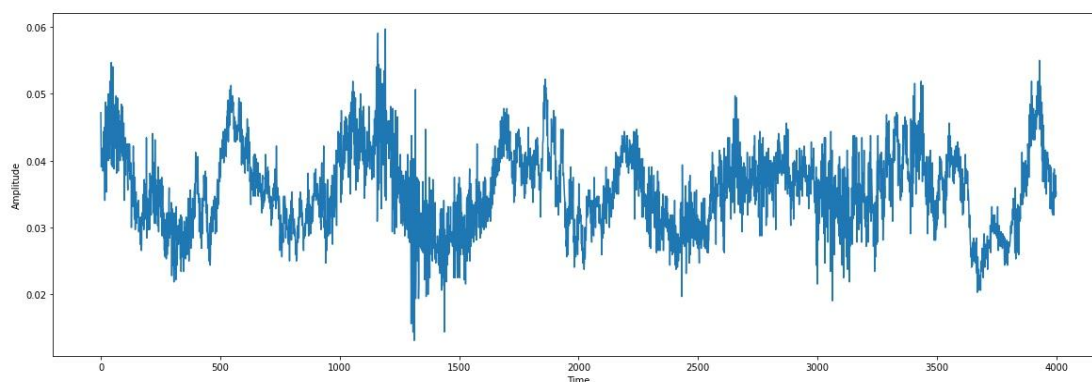


Рисунок 1 – Графік шумів струменевого млина

Щоб оцінити фрактальність фігур нам потрібен якийсь показник. Однією з таких метрик аналізу є коефіцієнт самоподібності. Прикладом якого є R/S-аналіз та коефіцієнт Херста. За точку відліку Херст узяв формулу з роботи Ейнштейна про броунівський рух частинок. З якої Херст і вивів свою формулу. Використовуючи цей коефіцієнт, можна визначити, наскільки процес самоподібний у різних режимах роботи в різні часові відрізки. Показник Херста, H для відрізка часу часового ряду можна визначити з виразу:

$$E \left[\frac{R(n)}{S(n)} \right] = Cn^H, n \rightarrow \infty,$$

де $R(n)$ - розмах накопичених відхилень перших n значень від середнього значення ряду, $S(n)$ – стандартне відхилення; $E[x]$ - математичне очікування; n - величина проміжку часу (кількість точок у відрізку часового ряду); C – константа.

Коефіцієнт Херста може змінюватися від нуля до одиниці при цьому чим більший коефіцієнт, тим самоподібнішим є процес і тим більше наступні значення залежить від попередніх. При цьому якщо коефіцієнт більше 0,5, то процес має персистентність, при якій система є корелятивною; якщо вона рухалася вгору протягом низки спостережень, вона, ймовірно, продовжить йти вгору протягом низки наступних спостережень, і навпаки. А якщо коефіцієнт Херста менше 0,5, то він має антеперсистентність, при якій якщо система рухалася вгору протягом ряду спостережень, то вона, ймовірно, йтиме вниз протягом ряду наступних спостережень, і навпаки.

Висновки

Отримані результати такого методу фрактального аналізу часових рядів як показника Херста для струменевого млина у робочому режимі в середньому склали близько 0,9, а під час завантаження чи розвантаження – 0,8. Тому, виходячи з відмінностей у цих коефіцієнтах, можна стверджувати про можливість застосування фрактального аналізу при аналізі акустичного шуму роботи струменевого млина.

Перелік посилань

1. Feder J. Fractals. New York: Plenum; 1988.
2. Pilgrim I., Taylor R. - Fractal Analysis of Time-Series Data Sets: Methods and Challenges. Intech Open 2018.
3. Clark, N. - Analyzing the Fractal Dimension of Various Musical Pieces. Industrial Engineering Undergraduate Honors Theses Retrieved from <https://scholarworks.uark.edu/ineguht/74> 2020
4. Makabe Y.; Muto K. - Application of fractal dimension to the evaluation of environmental / Inter-noise 2014