

ДОСЛІДЖЕННЯ ФРАКТАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЧАСОВИХ РЯДІВ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ІНФЕКЦІЙНИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ

Коваль Ю.І.

Науковий керівник – д-р техн. наук, проф. Кіріченко Л.О.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: yuliia.koval@nure.ua

This work is aimed at using fractal analysis methods to predict the behavior of epidemics. This includes building time series that will reflect the dynamics of the disease over a certain period of time, calculating Hurst's indices and studying their structure. Thanks to fractal analysis, we will gain a deeper understanding of the processes of epidemic spread and will be able to use this information to improve pandemic control strategies, as well as to prevent future epidemics and their consequences. The input data for the analysis will be the number of new COVID-19 cases.

Нині стало загальноновизнаним, що багато стохастичних технічних і природних процесів мають довгострокову залежність і фрактальну структуру. Найбільш адекватним математичним апаратом для дослідження їхньої структури і динаміки є фрактальний аналіз. Фрактальні властивості виникають зокрема в часових рядах, побудованих на епідемічних даних. Ці властивості можна використовувати в аналізі даних, які пов'язані з поширенням різних інфекцій: епідемії грипу, пандемії COVID-19, епідемії лихоманки Ебола та інших епідемії інфекційних захворювань.

Фрактальні властивості можуть дати нам уявлення про те, як швидко поширюється чи спадає епідемія. Це досягається за допомогою аналізу патернів, які повторюються в різних часових масштабах. У роботі проаналізовано часові ряди, які пов'язані з поширенням пандемії COVID-19, і виявлено наявність фрактальних властивостей з ціллю подальшого прогнозу поведінки епідемії.

Актуальність цієї роботи полягає у тому, що за умови стабільності фрактальних або мультифрактальних властивостей часових рядів, їх можна використовувати для прогнозування майбутньої траєкторії епідемії. Це дозволяє точніше оцінити скільки часу знадобиться для того, щоб епідемія пішла на спад або досягла піку.

Властивість самоподібності випадкових стохастичних процесів полягає у тому, що структура складається з частин, які в деякому сенсі подібні до цілого [1]. Тобто такий процес зберігає свої ймовірнісні характеристики при зміні масштабу часу.

Стохастичний процес $X(t)$ є самоподібним з параметром H , якщо процес $a^{-H} X(at)$ описується тими самими законами скінченновимірних розподілів, що і $X(t)$:

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

Параметр H , $0 < H < 1$, називається показником Херста, що показує ступінь самоподібності процесу. $H > 0,5$ характеризує міру довгострокової залежності стохастичного процесу (зростання в минулому більш імовірно призведе до зростання в майбутньому, і навпаки), тобто функція автокореляції $r(k)$ спадає за степеневим законом:

$$r(k) \sim k^{-\beta}, k \rightarrow \infty, 0 < \beta < 1, H = 1 - \left(\frac{\beta}{2}\right).$$

Оцінювання показника Херста за експериментальними даними відіграє найважливішу роль у вивченні процесів, що мають властивості самоподібності. Існує декілька різних методів оцінювання параметра самоподібності, кожен з яких несе відбиток тієї галузі наукових застосувань, де його спочатку розробляли [2].

На рис. 1 зображений часовий ряд нових випадків захворюваності на COVID-19 в Індії у 2020 році. Фрактальний аналіз, проведений в роботі, виявив властивості самоподібності.

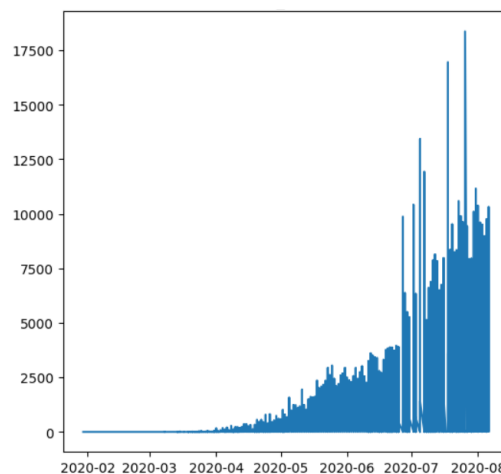


Рисунок 1 – Часовий ряд нових випадків захворюваності на COVID-19

Результати застосування фрактального аналізу до епідемічних часових рядів можуть бути використані в подальшому для оцінки ефективності заходів контролю, а також для допомоги в розробці цільових стратегій для пом'якшення наслідків епідемії.

Список використаних джерел:

1. Benoit Mandelbrot. Fractals: Form, Chance and Dimension. Echo Point Books & Media, 2017. 365 p.
2. Lyudmyla Kirichenko, Abed Saif Ahmed Alghawli, Tamara Radivilova. Generalized Approach to Analysis of Multifractal Properties from Short Time Series. International Journal of Advanced Computer Science and Applications(IJACSA), Volume 11 Issue 5, 2020. P.183-198.