

# Фрактальний аналіз в задачах ідентифікації операторського персоналу

Нич Л. Я., Камінський Р. М.

Національний університет «Львівська політехніка», [nichliliya@mail.ru](mailto:nichliliya@mail.ru)

*The purpose this study is to complement a set of indicators to identify the operators by fractal analysis of individual time series. Methods of normalized scope and definition of the minimum area of coverage. The main results are quantitative characteristics of individual fractal regular time series.*

## ВСТУП

Розвиток комп'ютерної техніки і програмного забезпечення суттєво стимулював процеси підготовки та атестації висококваліфікованих фахівців. Фактично в різних предметних областях їхнє навчання проводиться на різних спеціалізованих комп'ютерних тренажерах. Оцінювання результатів як правило використовує класичні підходи, основані на математичній статистиці. Проте, ці методи не дають об'єктивної інформації стосовно динамічної складової операторської діяльності, поданої експериментальними часовими рядами, зокрема, в таких випадках як значна дисперсія та асиметричний розподіл рівнів. Метою даної роботи є розробка інформаційної технології використання фрактального аналізу в задачах структурної ідентифікації часових рядів, отриманих в результаті індивідуального опрацювання операторами послідовності тестових зображень, наданої на моніторі в комп'ютерних тренажерах та лабораторно-дослідницьких стендах обробки візуальної інформації. Досягнення цієї мети має забезпечити новими показниками – індексом фрактальності та результатами RS і H аналізів структурну ідентифікацію персоналу за їхньою індивідуальною діяльністю.

## 1. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ.

В експериментальних дослідження використано послідовність тестових зображень статистично однорідних за тлом і з довільно локалізованими на них об'єктами заданого класу. В якості операторів прийняли участь студенти віком 19-20 років. Зміст діяльності полягав у пошуку, виявленні та класифікації малорозмірних зображень шуканих об'єктів. В момент експозиції кожного зображення включався секундомір. Опрацювання зображень оцінювали за оперативністю – сумарним часом пошуку, виявлення та реалізації прийнятого рішення, шляхом зупинення секундоміра. В результаті опрацювання такої послідовності зображень діяльність оператора подана послідовністю значень часу розпізнавання зображень, тобто часовим рядом, зображеного на рис.1.

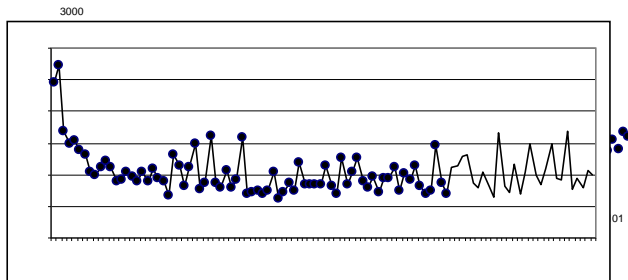


Рисунок 1 – Індивідуальний часовий ряд.

Обробка отриманих даних в рамках принаймні описової статистики, в рамках пакету MS Excel, дає можливість побудувати їхню загальну математичну модель у такому вигляді [1]

$$y(t) = m(t) + \xi(t), \quad (1)$$

де  $m(t)$  – тренд, а  $\xi(t)$  – випадкова складова з відомими параметрами. Для усіх операторів розподіл  $\xi(t)$  суттєво відрізнявся від нормального, а також і між індивідами. Тренд візуально можна було спостерігати лише у декількох операторів для перших 15 – 20 % значень рівнів ряду. В якості моделі тренду обґрунтовано вираз [2]

$$m(t) = q_1 t^{-2} + q_2 t^{-1} + q_3 t^0 + q_4 t + q_5 t^2.$$

Числові характеристики, параметри розподілу та значення коефіцієнтів тренду використані для ідентифікації.

## 2. ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ.

Лінійні моделі (1) не пояснюють внутрішньої поведінки та фрактальності часових рядів, які є важливими показниками джерела генерації часового ряду – людини оператора. Основною задачею є визначення фрактальності індивідуального часового ряду та отримання адекватної оцінки його фрактальної розмірності. Для цього використано методи визначення площі мінімального покриття, показника Херста та нормованого розмаху – *RS*-аналізу.

Визначення площі мінімального покриття здійснено клітинним методом [3]. Особливістю є те, що регулярні часові ряди допускають розмір клітинок кратний відстані між рівнями ряду, тобто  $\delta = 1, 2, \dots$ . Поведінка площі покриття як функції розміру клітинок у подвійному логарифмічному масштабі є нелінійною (хоча коефіцієнт детермінації  $R^2 > 0.9$ ), що свідчить про зміну фрактальної розмірності вздовж ряду.

Значення показника Херста визначені за існуючою методикою, наведеною в Е. Федера та Е. Петерса. Його використано в якості узагальненого показника для цілого ряду. Проте, як показали експерименти за результатами *RS*-аналізу зміна показника Херста має нелінійний експоненціальний характер (чорні маркери) на рис. 2. В той же час, динаміка *RS*-відношення є практично лінійною (сірі маркери) на рис. 2. Крім того, значення показника Херста  $H$  для всіх часових рядів лежать в межах  $0.4 < H < 0.6$ , за винятком 10 - 15 % значень від початку ряду.

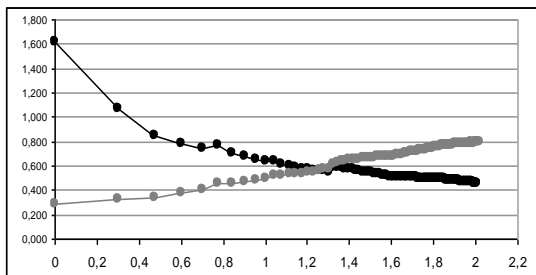


Рисунок 2 – R/S і H аналізи часового ряду.

Це дає підстави стверджувати, що за винятком початкових значень, які фактично визначають адаптацію оператора до роботи, ряди є стаціонарними. Апроксимація початкових значень одним і тим самим виразом, наприклад експонентою, дає ще додатково показник адаптації (як параметр експоненти), чим доповнює і розширює набір оцінок для ідентифікації.

## ВИСНОВКИ

Проведення фрактального аналізу часових рядів розширило набір індивідуальних показників для ідентифікації операторів в системах підготовки та атестації високо кваліфікованого персоналу опрацювання візуальної інформації.

Крім того, підтверджена експериментами ефективність використання фрактального аналізу для такого типу задач, що має важливе практичне значення.

#### ЛІТЕРАТУРА

- [1] Камінський Р.М. Моделювання динаміки часу розпізнавання зображень об'єктів людиною оператором / Р.М. Камінський // Інформаційні технології і системи. – 2001. – № 1-2. – С. 65 – 72.
- Камінський Р.М. Моделювання динаміки оперативності космонавта в умовах тривалого перебування в пілотованих системах / Р.М. Камінський // Космічна наука і технологія. – 1998. – Т.4. – № 4. – С. 156 – 165.
- Борисов В.Д. Метод фрактального аналізу временных рядов / В.Д. Борисов, Г.С. Садовой // Автометрия. – 2000. – № 6. – С. 10 – 19.



ISBN

978-5-8114-1068-2











