

**ПРИМЕНЕНИЕ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАЦИИ  
В АНАЛИЗЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ  
ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

Харатишвили Л.С., Чхеидзе И.М.  
Грузинский технический университет

**Резюме**

С целью оценки особенностей показателей процесса предлагается использовать непараметрические показатели вариации временных рядов. Полученные расчеты непараметрических показателей вариации позволяют диагностировать изменения в состоянии процесса даже в тех случаях, когда применение метода фрактальной размерности не позволяет уловить нюансы его поведения. Данные критерии предназначены для практических расчетов, а алгоритм может быть легко реализован в программной среде Mathcad.

**Ключевые слова:** непараметрические показатели. Вариация временных рядов. Фрактальная размерность. Показатель Херста. Моделирование. Обобщенное броуновское движение. Персистентный и антиперсистентный процессы.

**1. Введение**

Динамика многих технологических, природных процессов и систем носит нелинейный и колебательный характер. Поэтому при изучении таких процессов актуальным является применение методов, позволяющих на основе анализа особенностей их поведения оценить состояние, степень неравновесности процессов и своевременно принять обоснованное решение по их управлению. Как известно [1,2,3], поведение динамических систем и процессов описывается временными рядами, т.е. рядами динамики.

Для решения многих инженерных задач часто используются различные показатели вариации временных рядов, например, дисперсия, коэффициент вариации, нормированное отклонение, критерий Тейла и др. Эти показатели являются параметрическими, и их использование оправдано в том случае, если исследуемый ряд подчиняется нормальному распределению (распределению Гаусса).

Однако большинство природных, экономических процессов [2,3] носит фрактальный характер и поведение таких процессов рассматривается с позиций детерминированного хаоса [2]. В этом случае применение параметрических критериев при изучении большинства подобных процессов приводит к получению некорректных результатов [4]. В последние десятилетия предложены новые методы обработки временных рядов, ориентированные на использование компьютерных технологий. Эти методы позволяют выявить закономерности в динамике систем на фоне случайностей, делать обоснованные выводы и прогнозы. К таким методам относятся методы расчета фрактальной размерности, метод нормированного размаха Херста [3].

Однако, вычисление фрактальной размерности связано с трудностями, среди которых нужно отметить необходимость длительных исследований и некоторую сложность реализации, даже в такой программной среде, какой является среда Mathcad. Кроме того, как будет показано ниже, иногда значения показателя фрактальной размерности очень близки, что не позволяет различить процессы на основе применения фрактальной размерности [4].

В данной работе, для оценки особенностей показателей процесса, предлагается использовать следующие непараметрические показатели вариации временных рядов [4], методика подсчета которых может быть использована ниже для анализа процессов с близкими значениями показателя Херста.

## 2. Основная часть

Данная постановка задачи исследования предполагает: моделирование нескольких процессов (временных рядов), расчет показателей нормированного показателя Херста, определение предложенных непараметрических показателей вариации и сравнение их со значениями фрактальной размерности этих же процессов.

Моделирование процессов предполагало построение процесса (временного ряда), отражающего поведение т.н. обобщенного броуновского движения, введенного Мандельбротом [3] и отражающего его замечательное свойство, заключающееся в персистентности (сохранение тенденции) и антиперсистентности (непредсказуемости). Если в первом случае тенденция приращения значений ряда была положительной в течение некоторого времени в прошлом, т.е. происходило увеличение, то и в будущем в среднем будет происходить увеличение, и наоборот. В случае антиперсистентности рост в прошлом означает уменьшение в будущем, а тенденция к уменьшению в прошлом делает очень вероятным увеличение в будущем.

С целью моделирования обобщенного броуновского движения нами предложено использование Вейвлет-преобразования [1-3]. Вейвлет-преобразование позволяет намного упростить способ построения функции Мандельброта [3].

На следующих рисунках приведены графики смоделированных процессов. На рис. 1 представлен пример моделирования антиперсистентного процесса с  $\alpha = 0,3$ ; на рис. 2 и 3 - примеры моделирования персистентного процесса с  $\alpha = 0,8$  и  $0,6$ , соответственно.

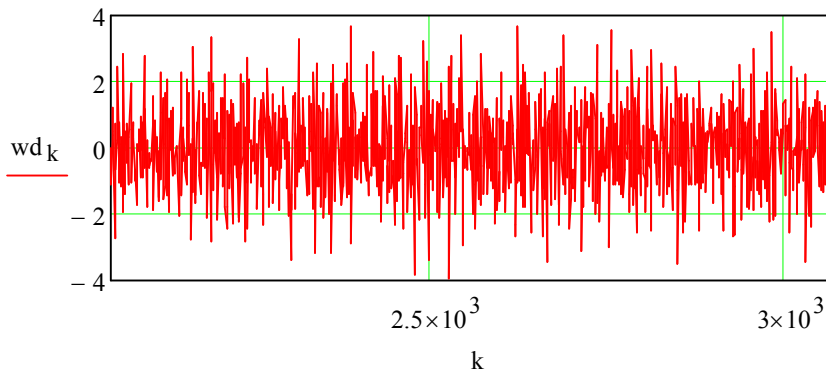


Рис.1. Пример антиперсистентного процесса с  $\alpha = 0,3$

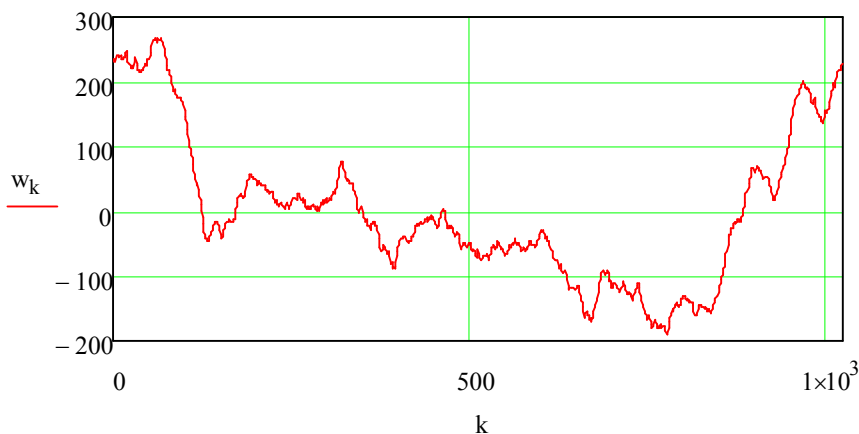


Рис.2. Пример персистентного процесса с показателем Херста  $\alpha = 0,8$

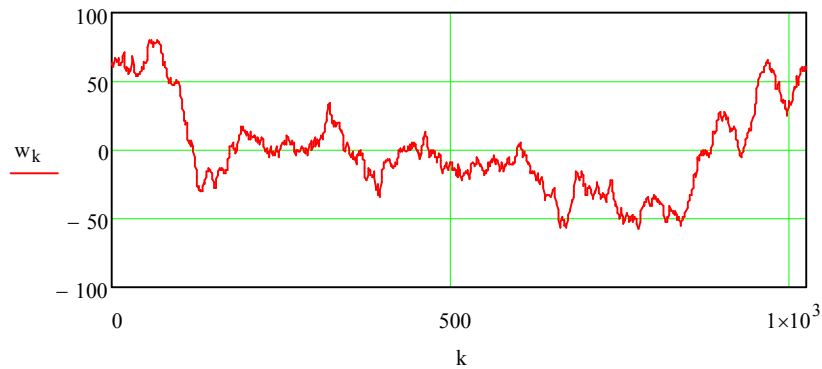


Рис.3. Пример персистентного процесса с показателем Херста  $\alpha = 0,6$

Поскольку большинство технологических и природных процессов являются персистентными, на следующем этапе был рассчитан эмпирический показатель Херста по известной методике [3]. Пример приведен для данных с  $\alpha = 0,8$ . Значение показателя Херста  $H = \log(R/S)/\log(\tau)$ , где показатель Херста – это отношение логарифма  $(R/S)$  - нормированного размаха процесса от периода наблюдения  $\tau$ . Эмпирический показатель приблизительно равняется  $H \approx 0,8$ .

Известно [3], что фрактальная размерность процесса связана с показателем Херста выражением  $D = 2 - H$ . Следовательно,  $D = 2 - 0,8 = 1,2$ .

Подобным образом, для процесса, представленного на рис. 1, показатель Херста оказался равным  $H = 0,33$ .  $D = 2 - 0,33 = 1,67$ .

Для примера, представленного на рис. 2,  $H = 0,823$ , а для процесса (рис. 3)  $H = 0,822$ .

Поскольку фрактальная размерность отражает степень извилистости процесса и степень покрытия им плоскости, то полученные результаты полностью ожидаемы.

Как отмечалось выше, для оценки особенностей поведения исследуемого процесса в качестве непараметрического показателя вариации временных рядов можно использовать следующие показатели:

$\ell_1 = \frac{\sum_{i=0}^{n-2}  W_{i+1} - W_i }{n-1} \quad (1)$	$\ell_2 = \frac{\sum_{i=0}^{n-2}  W_{i+1} - W_i }{\sum_{i=0}^{n-2}  W_i } \quad (2)$	$\ell_3 = \frac{\sum_{i=0}^{n-2}  W_{i+1} - W_i }{\ln(n-1)} \quad (3)$
---	--	--

В этих выражениях, через  $W$  обозначено нормированное значение процесса  $w$ . При этом

$$W_i = \frac{w_i - w_{\min}}{\max(w) - \min(w)}$$

Для данных антиперсистентного процесса расчет показал, что:

$$\ell_1 = 0,069; \ell_2 = 0,615; \ell_3 = 0,062.$$

Для данных персистентного процесса с  $\alpha = 0,8$

$$\ell_1 = 3,273; \ell_2 = 8,7 \cdot 10^{-3}; \ell_3 = 0,288, H = 0,861.$$

Для данных персистентного процесса с  $\alpha = 0,6$

$$\ell_1 = 2,063; \ell_2 = 0,019; \ell_3 = 0,4, H = 0,865$$

Результаты, полученные выше, говорят о том, что предлагаемые показатели позволяют уловить даже незначительные изменения процесса (для  $\alpha = 0,8$  и  $\alpha = 0,6$ ), которые неразличимы по значению фрактальной размерности.

### 3. Выводы

Рассмотренные непараметрические показатели вариации временных рядов позволяют диагностировать изменения в состоянии исследуемого процесса даже в тех случаях, когда применение метода фрактальной размерности не позволяют уловить нюансы поведения процесса и произвести сравнительный анализ между ними. Данные критерии предназначены для практических инженерных расчетов и алгоритм их определения может быть легко реализован. Рекомендуем применить программную среду Mathcad. Применимость предложенных показателей временных рядов для раннего диагностирования качественных изменений в поведении динамических систем может намного упростить задачу исследования эффективности работы технических объектов.

### Литература:

1. Chkheidze I., Tokadze L., Okromtchedlishvili S. Modeling a Generalized Brownian Motion based on Wavelet-Computer Technology. PSI '2012 September 12-14, vol. 3
2. Чхеидзе И., Токадзе Л., Окромчедлишвили С. Фрактальная размерность применительно к анализу временных рядов и моделированию топологических сетей. Тр. VI междунар. конф., М., 24-26 октября 2012, PACO' 2012, т. 2
3. Федер Е. Фракталы. М., изд. Мир, 1991
4. Сулейманов А.А., Аббасов А.А. О некоторых критериях диагностирования состояния процессов нефтегазодобычи. ELMİ əsərlər, Proceedings. Научные труды, 2010. с.42-48.

### ტექნიკური ობიექტების დიაგნოსტიკისათვის დროითი მწკრივების ანალიზის დროს ვარიაციის არაპარამეტრული მაჩვენებლების გამოყენება

ლიანა ხარატიშვილი, ირინა ჩხეიძე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
რეზიუმე

შემოთავაზებულია დროითი მწკრივების ვარიაციის არაპარამეტრული მაჩვენებლის გამოყენება პროცესის მაჩვენებლების თავისებურების შესაფასებლად. განხილული ვარიაციის არაპარამეტრული მაჩვენებლების მიღებული შეფასებები იძლევა პროცესის ქცევის ცვლილებათა დიაგნოსტიკის საშუალებას იმ შემთხვევაშიც კი, როცა ფრაქტალური განზომილების მეთოდის გამოყენება არ იძლევა საშუალებას აღმოჩენილ იქნას მისი ცვლილების ნიუანსები. განხილული კრიტერიუმები განკუთვნილია პრაქტიკული საინჟინრო გათვლებისათვის, ხოლო ალგორითმები კი – ადვილად შესრულდება Mathcad პროგრამულ გარემოში.

### APPLICATION OF NONPARAMETRIC INDICATORS OF VARIATION IN THE ANALYSIS OF TEMPORARY SERIES FOR DIAGNOSTICS OF TECHNICAL OBJECTS

Kharatishvili L.S., Chkheidze I.M.  
Georgian Technical University

### Summary

In this paper in order to evaluate the features of the process indicators is offered to use nonparametric indicators of variation for time series. Obtained calculations of nonparametric indicators of variation allow the diagnosing of changes in the status of the process, even in the cases, where the application of the method of fractal dimension does not allow you to catch the nuances of his behavior. Given criteria are intended for practical calculations, while the algorithm can be easily implemented in the software environment of Mathcad.