

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента Торгашова Андрея Юрьевича на диссертацию Муллер Нины Васильевны «Моделирование и идентификация временных рядов в компьютерных системах с использованием фрактального и вейвлет-анализа», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

**Структура и объем работы.** Диссертация изложена на 140 страницах, состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 149 наименований, 5 приложений.

Согласно представленной диссертации и автореферата работа посвящена математическому моделированию и идентификации временных рядов в компьютерных системах с использованием фрактального и вейвлет-анализа.

**Актуальность** исследования очевидна и обусловлена тем, что на сегодняшний момент времени необходимо выявлять внутренние закономерности в поведении временных рядов в компьютерных системах, поскольку требования к качеству выявления и исследования этих закономерностей ужесточаются, а данные цели требуют, чтобы модель ряда была идентифицирована. Поэтому существует необходимость в разработке новых и модификации существующих алгоритмов анализа временных рядов в компьютерных системах.

**Научная новизна заключается в следующем:**

- разработана математическая модель временного ряда, которая более точно отражает реальную ситуацию по идентификации временного ряда на самоподобность по сравнению со статистическими методами анализа;
- в диссертации предложен новый комбинированный подход для математического моделирования и численной реализации на основе сочетания фрактального, вейвлет-анализа временных рядов,

корреляционного анализа вейвлет-скалограмм и дополнительного показателя частотно-временного распределения нестационарных временных рядов, позволяющего оценить скорость изменения компонентов сигнала;

- разработан комплекс алгоритмов и программ для анализа временных рядов на основе применения фрактального и вейвлет-анализа данных информационной системы.

**Степень обоснованности и достоверности полученных результатов, выводов и рекомендаций** обеспечивается корректным применением используемых в работе теоретических методов корреляционного, фрактального, вейвлет-анализа. Достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций подтверждается полученными в диссертации результатами численных и экспериментальных исследований при проведении натурных экспериментов на примерах обработки временного ряда базы данных информационной системы и обработки временного ряда сетевого трафика компьютерной системы.

**Практическая ценность** результатов диссертационной работы заключается в том, что разработанная математическая модель, алгоритмическое и программное обеспечение являются универсальными и применимы к исследованию нестационарных процессов, представленных временными рядами, а предложенный подход позволяет выявлять внутренние закономерности в поведении временных рядов в компьютерных системах в режиме реального времени, что очень важно при практическом применении.

Существенно, что результаты диссертационной работы находят применение и развитие при выполнении Государственного задания Министерства образования и науки РФ 2.1898.2017/ПЧ «Создание математического и алгоритмического обеспечения интеллектуальной информационно-телекоммуникационной системы безопасности вуза».

Разработанная модель и программный комплекс имеют акты внедрения на предприятиях строительной промышленности и в учебном процессе ФГБОУ ВО «КНАГТУ».

**Общая оценка работы.** В целом диссертационная работа Муллер Нины Васильевны на тему «Моделирование и идентификация временных рядов в компьютерных системах с использованием фрактального и вейвлет-анализа» является законченной научной работой, результаты которой имеют практическое применение.

Вместе с тем, диссертационная работа не лишена **недостатков**.

1. Для моделирования хаотичности временного ряда автор использует фрактальное броуновское движение (ФБД) с параметром  $H_t$ . Распределение вероятностей для приращений этого процесса задается формулой (2.10). Оценивание параметра  $H_t$  - весьма трудоемкая процедура, в связи с чем возникает вопрос: а действительно ли необходима модель ФБД, нет ли альтернативы? Не лучше ли было бы использовать класс моделей ARFIMA (autoregressive fractionally integrated moving average) [1-3] ? Например, полагая в формуле (68) из [2]  $a = b = 1$ , получим гибкое семейство процессов, причем возможные изменения дисперсии моделируемого временного ряда достигаются варьированием параметра  $d$ . В частности, при  $d = 1$  приходим к классической модели случайного блуждания. Класс моделей ARFIMA хорошо изучен, для оценки параметров разработаны надежные процедуры, хорошо зарекомендовавшие себя на практике. Конечно, выбор подхода – неотъемлемое право автора, но семейство ARFIMA желательно было бы отметить в обзоре как наиболее близкое к подходу автора.

[1] Granger, C. W. J.; Joyeux, R. (1980). An introduction to long-memory time series models and fractional differencing // *Journal of Time Series Analysis*. 1: 15–30.

[2] Rossi, Eduardo (2010). Univariate GARCH Models: A Survey // *Quantile*, No 8, pp. 1 – 67.

[3] Hosking, J. R. M. (1981). Fractional differencing // *Biometrika*. 68 (1): 165–176.

2. В работе не обоснован выбор двух методов расчета фрактальной размерности. Не ясно, какой из методов является более предпочтительным.

3. Нечетко объяснено, почему в работе применена корреляция именно вейвлет-скалограмм, а не исходных сигналов.

4. Требуют уточнения значения фрактальной размерности для белого шума и Винеровского процесса (стр. 22 диссертации).

5. Не обоснован выбор шага дискретизации при проведении R/S - анализа в задачах обработки временных рядов базы данных информационной системы и сетевого трафика компьютерной системы.

6. Следует отметить наличие неточностей в математических формулах. Например, на стр.45 левые части всех формул зависят от  $t$ , в то время как правые – от  $x$ . Последняя формула на этой же странице не содержит константы  $c$ , хотя в комментарии к формуле она упоминается. В комментарии к формуле (2.10) « $\sigma$  - стандартное отклонение случайной величины  $X$ », хотя процесс с приращениями (2.10) вообще не имеет конечного стандартного отклонения. В данном случае следовало пояснить, что автор понимает под «стандартным отклонением случайной величины  $X$ ».

Однако, указанные замечания в целом не портят положительное впечатление от работы.

### **Заключение.**

Содержание автореферата отражает материалы диссертации. Основные результаты диссертации в полной мере опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК, а также представлены на конференциях.

Диссертация Муллер Нины Васильевны на тему «Моделирование и идентификация временных рядов в компьютерных системах с использованием фрактального и вейвлет-анализа» соответствует паспорту специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским

диссертациям. Автор диссертации, Муллер Нина Васильевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

**Официальный оппонент:**

доктор технических наук, доцент  
главный научный сотрудник лаборатории систем управления  
технологическими процессами ФГБУН  
Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН

Торгашов Андрей Юрьевич

1.1

с с

« 07 » август 2017 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук, лаборатория систем управления технологическими процессами

690041, г. Владивосток, ул. Радио, 5

Тел: +7 (423) 231-04-39

Email: andrei.torgashov@mail.ru

