

## ОТЗЫВ

официального оппонента Пережогина Андрея Сергеевича 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».

### Актуальность работы

Методы математического моделирования активно применяются в научно-исследовательских и технических задачах. На современном этапе развития компьютерная симуляция процессов является наиболее эффективным методом прогнозирования динамики наблюдаемых явлений. Для построения формализованной компьютерной модели требуется разработка методов моделирования временных рядов. В первом приближении возможно описать основные факторы, которые влияют на исследуемый объект, и построить полное описание в виде системы уравнений. Однако в большинстве случаев нам доступна лишь частичная информация об объекте. Причем информацию об объекте мы получаем опосредовано через аппаратно-программные комплексы регистрации некоторых его параметров. Анализ экспериментальных данных с помощью различных математических методов позволяет дифференцировать факторы, которые влияют на рассматриваемое явление. В связи с этим развитие таких методов как фрактальный анализ и вейвлет-преобразование для описания сложных временных рядов является актуальным на пути создания универсального инструмента для выявления особенностей в экспериментальных данных. В диссертационной работе автором предложен один из возможных вариантов построения математической модели временного ряда и описания этой модели методами фрактального и вейвлет-анализа.

Научная новизна, обоснованность и достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения общим объемом 140 страниц, включая 38 рисунков и 13 таблиц. Во введении сформулированы цель и задачи диссертационной работы, указаны методы исследования, научная новизна и практическая значимость полученных результатов. В первой главе приведен анализ современного состояния проблем обработки временных рядов. Представлены классические методы и подходы в этой области, такие как корреляционный и спектральный анализ, которые находят свое применение в стационарном случае. В результате автор приходит к выводу, что для учета нелинейных эффектов и нестационарности во временных рядах данных требуется применение таких подходов как вейвлет-анализ и фрактальный анализ. Следуя классическим книгам по теории вейвлет-преобразования и фрактального анализа, автором рассмотрены основные преимущества данных методов.

Во второй главе выполнена постановка задачи и в качестве модели временного ряда представлено аддитивное разложение. Обсуждаются методы фрактального анализа, в частности, вычисление показателя Херста и фрактальной размерности. В зависимости от данных показателей предложено построение разных математических моделей временного ряда.

В третьей главе приведены численная и программная реализации вейвлет-анализа, фрактального, корреляционного анализа и динамики нестационарности временных рядов

на примерах экспериментальных данных. В первом параграфе представлены результаты анализа временных рядов. Показаны основные закономерности во временном ряде на примере базы данных информационной системы. Во втором параграфе обработка на примере временных рядов сетевого трафика компьютерной системы демонстрирует основные возможности математической модели.

В заключении представлены основные результаты работы по трем основным составляющим паспорта специальности 05.13.18-«Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». В приложении приведен список свидетельств и актов внедрений на программные разработки автора.

#### Соответствие содержания диссертации указанной специальности

Диссертационная работа содержит новые результаты в соответствии с паспортом специальности 05.13.18 - «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

В области математического моделирования: разработана математическая модель временного ряда для описания сложных, нестационарных процессов с учетом компоненты хаотичности, в результате чего модель более точно отражает реальную ситуацию по идентификации временного ряда на самоподобность по сравнению со статистическими методами. Автором предложен корреляционный анализ вейвлет-скалограмм и дополнительного показателя частотно-временного распределения нестационарных временных рядов.

В области численных методов автором предложена численная реализация в виде набора алгоритмов фрактального и вейвлет-анализа временных рядов для моделирования и обработки экспериментальных данных на примере натуральных экспериментов. Разработаны алгоритмы корреляционного анализа вейвлет-спектров и вычисления дополнительного показателя частотно-временного распределения нестационарных временных рядов.

В области комплексов программ автором разработано программное обеспечение, реализующее предложенную математическую модель, фрактальную и вейвлет-обработку временных рядов. Реализованы комплексы программ на основе предложенных алгоритмов. Применена предложенная модель, вычислительный алгоритм и программный комплекс для проверки адекватности модели на основе данных натуральных экспериментов. Выявлены закономерности в поведении временных рядов исследуемых явлений и процессов.

#### Практическая значимость.

В работе представлена математическая модель, алгоритм и программное обеспечение, которые являются универсальными и применимы к исследованию нестационарных процессов. Универсальность рассматриваемого подхода позволяет выявлять внутренние закономерности в параметрах временных рядов. Разработано программное обеспечение, реализующее модель и алгоритмы обработки временного ряда. Программный комплекс, в основе которого заложена математическая модель временного ряда, внедрены в ряд предприятий и организаций Дальневосточного региона и в учебный процесс ФГБОУ ВО «КнАГТУ», о чем свидетельствуют акта внедрения в приложении диссертационной работы. Автор диссертационного исследования указывает на практическое применение при выполнении Государственного задания Министерства образования и науки РФ 2.1898.2017/ПЧ «Создание математического и алгоритмического обеспечения интеллектуальной информационно-телекоммуникационной системы безопасности вуза».

## Список замечаний по диссертации и автореферату

Замечания по работе сводятся к следующему:

1. На стр. 19 приведены неверные ссылки [122, 123] на работы о моделировании природных процессов с помощью двумерных стохастических фракталов.
2. В первой главе при определении вейвлет-преобразования имеются неточности в формуле (1.7).
3. Предложенная в диссертации математическая модель сигнала (формула (2.1)) является весьма общей и не указывает более точной закономерности от параметров процесса.
4. При использовании математической модели для экспериментальных данных не указан конкретный вид модели временного ряда.
5. Выбор базиса разложения для конкретных экспериментальных данных в рассматриваемых предметных областях является нетривиальной задачей. В тексте диссертации нечетко сформулирован выбор базиса вейвлет-преобразования при обработке данных компьютерной сети и статистики травматизма.
6. Две из трех программных разработок имеют государственный регистрационный номер. Отсутствует государственный регистрационный номер программной разработки для ЭВМ «Обработка нестационарных данных с применением фрактального и вейвлет-анализа».
7. В тексте диссертации имеются пронумерованные формулы, на которые отсутствуют ссылки в тексте. По тексту отсутствуют ссылки на литературу [18, 44, 47, 66, 69, 73, 74, 78, 87, 96, 98, 104, 105, 108, 113, 114, 120, 124, 131].

Отмеченные замечания не снижают научной и практической значимости работы.

### Оценка содержания

Диссертационная работа представляет собой законченную научно-исследовательской работу. Задачи диссертационного исследования достаточно полно рассмотрены и доказательно решены автором. Основные защищаемые положения четко сформулированы. Для их защиты приведено достаточное обоснование. Все полученные результаты исследования имеют важное практическое значение для анализа сложных временных рядов. Основные результаты диссертации опубликованы в ведущих журналах, включенных в перечень ВАК, в количестве 7 статей и двух программных разработок, прошедших государственную регистрацию в базах данных. Автореферат Муллер Н.В. отражает содержание диссертационной работы.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертационная работа Муллер Нины Васильевны, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой содержатся полученные автором результаты по моделированию и идентификации временных рядов с использованием фрактального и вейвлет-анализа. Результаты можно классифицировать как имеющие практическое значение. Уровень апробации работы и основных защищаемых положений, опубликованных в журналах из перечня ВАК свидетельствует о достаточном личном вкладе в соответствующие области знаний.

Диссертация отвечает требованиям ВАК, установленным Положением о присуждении ученых степеней, а ее автор Муллер Нина Васильевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Официальный оппонент:  
кандидат физико-математических наук,  
старший научный сотрудник  
лаборатории моделирования физических  
процессов Института космических  
исследований и распространения радиоволн  
ДВО РАН,  
кандидатская диссертация  
по специальности 05.13.18 - Математическое  
моделирование, численные методы и  
комплексы программ

Пережогин Андрей Сергеевич

Адрес организации:  
684034, Камчатский край, Елизовский р-н, п. Паратунка, ул. Мирная, 7, Институт  
космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, лаборатория  
моделирования физических процессов (ЛМФП).

Телефон: 8(41531)33193, 8(41531)33367

E-mail: d72156@gmail.com

Подпись Пережогина Андрея Сергеевича заверяю

*Пережогин Андрей Сергеевич*

