

«УТВЕРЖДАЮ»  
директор Института прикладной математики  
Дальневосточного отделения  
Российской академии наук  
академик РАН

Гузев Михаил Александрович

«12» февраля 2019 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертационной работе  
Ковалевского Артема Павловича  
на тему

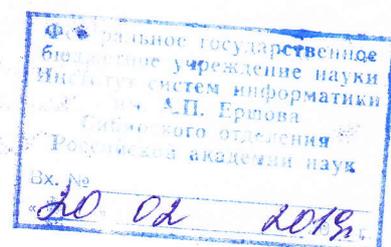
«Статистические критерии апостериорного обнаружения  
разладки временных рядов и их применения»,  
представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук  
по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики»

### Актуальность избранной темы

В диссертационной работе разрабатываются и изучаются статистические критерии обнаружения изменения стохастических свойств временных рядов. Многообразие существующих статистических критериев обусловлено как разнообразием альтернативных гипотез, так и отсутствием наиболее мощного критерия для сложной основной гипотезы. Задача обнаружения разладки случайной последовательности в разных постановках изучается в ряде классических и современных работ. В диссертационной работе предложено и развито несколько актуальных направлений изучения разладки. Одно из направлений — сравнение статистических критериев обнаружения разладки в смысле асимптотической относительной эффективности (в предположении, что разладка происходит не более одного раза). Другое направление исследований исходит из предположений, что наблюдаемая последовательность при основной и/или альтернативной гипотезе имеет сильно зависимые приращения. Третье направление — исследование разладки последовательности сумм остатков регрессии на порядковые статистики. Все эти направления являются актуальными для современной науки.

### Связь работы с планами соответствующих отраслей науки и народного хозяйства

Разработанные в работе статистические критерии и алгоритмы их реализации служат решению задач анализа больших массивов данных, поиску скрытых закономерностей и кластеризации данных на фрагменты со стохастически одинаковыми закономерностями. Прделанная работа важна для развития программного обеспечения распределенных вычислительных систем и алгоритмов анализа больших данных. Проведенные исследования могут использоваться Новосибирским государственным техническим университетом для разработки алгоритмов и пакетов программ анализа данных.



## **Новизна исследования и полученных результатов**

Предложенные статистические критерии, разработанные на их основе алгоритмы анализа данных, а также результаты сравнения статистических критериев являются новыми. В частности, автором обосновано использование супремума модуля эмпирического моста для обнаружения разладки в модели выборки, бинарный знаковый метод проверки гипотезы фрактальности, статистический тест нормальности очень малых выборок, статистические критерии обнаружения разладки моделей с циклическим трендом и с регрессией на порядковые статистики, алгоритмы применения статистических критериев к задачам анализа текстов, медицинских и экономических данных.

## **Значимость для науки и практики полученных результатов**

Разработанные статистические критерии и методы их анализа значимы для развития соответствующей отрасли научного знания.

В теоретическом плане значима предложенная систематизация построения критериев наличия разладки. Разработанный подход может быть использован для исследования разладки в более сложных, в том числе регрессионных, моделях. Также процедура сравнения критериев наличия разладки и выявления лучшего в широком классе может быть применена к другим вероятностным моделям. Предложенные алгоритмы анализа текста как случайного процесса значимы для конструирования и тестирования вероятностных моделей текста.

Для практики анализа данных значимы полученные в диссертационной работе алгоритмы различения близких гипотез, обнаружения фрактальности и разладки фрактального броуновского движения. Разработанные алгоритмы применялись для обнаружения разнородных фрагментов текста, выявления изменений прочностных характеристик зданий, обоснования модели зависимости содержания маркеров в крови от массы тела пациента, а также для анализа ряда массивов экономических данных.

## **Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений**

Все теоремы, приведенные в диссертационной работе, обоснованы строгими, полными и хорошо изложенными доказательствами. Алгоритмы разработаны на основании доказанных теорем. Достоверность результатов подтверждается также в ряде частных случаев согласованностью с результатами других авторов.

## **Оценка содержания диссертационной работы, ее завершенность в целом, замечания по оформлению**

Диссертационная работа содержит шесть глав. В главе 1 изучается апостериорное обнаружение разладки в предположении, что в соответствии с основной гипотезой наблюдаются независимые одинаково распределенные случайные величины, а в соответствии с альтернативной гипотезой их математическое ожидание изменяется один раз внутри интервала наблюдения. В главе 2 предложены новые методы оценивания параметра фрактального гауссовского шума. Проведенный анализ показывает, что наименьшую дисперсию в классе предложенных оценок имеют оценки бинарным знаковым методом. В главе 3 предложены статистические критерии обнаружения фрактальности и наличия разладки фрактального гауссовского шума. Также статистические критерии строятся и в случае, когда фрактальный гауссовский шум преобразован в соответствии с симметричным устойчивым законом распределения. В главе 4 изучаются статистики текстов на

естественном языке, их вероятностные модели и процедуры обнаружения склейки разнородных фрагментов текста. В главе 5 изучается обнаружение разладки в регрессионной модели с циклическим трендом. Строятся и сравниваются статистические критерии, основанные на статистиках, слабо сходящихся с ростом числа наблюдений к распределению хи-квадрат. В главе 6 разработанные методы обнаружения разладки применяются к медицинским и экономическим данным: зависимости концентрации маркера в крови от массы тела, зависимости цены квартиры от ее характеристик, цены автомобиля от года выпуска.

Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне и является завершенным научным исследованием.

#### **Замечания:**

1. В диссертационной работе не нашли отражения статьи В. П. Маслова по математической лингвистике. Так, в статье «О законе Ципфа и ранговых распределениях в лингвистике и семиотике» (В. П. Маслов, Т. В. Маслова, Математические заметки, 2006, Т. 80, с.718-732) предложена модификация закона Ципфа, позволяющая значительно улучшить соответствие модели Ципфа реальным текстам, и поэтому прямо относящаяся к теме исследования.
2. Также нет ссылки на статью «Nonlinear Averages in Economics» (V. P. Maslov, Mathematical Notes, 2005, Vol. 78, iss. 3-4, 347-363), в которой исследуются математические модели, позволяющие объяснить нелинейности, обнаруженные при анализе экономических данных в шестой главе диссертационной работы.

#### **Соответствие автореферата основным положениям диссертации**

Автореферат правильно отражает содержание диссертационной работы.

#### **Подтверждения опубликованных основных результатов диссертации в научной печати**

Результаты диссертационного исследования опубликованы в 48 научных работах, в том числе 11 их них входят в международные базы цитирования WoS, SCOPUS, RSCI (ядро РИНЦ).

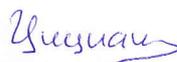
#### **Заключение о соответствии диссертационной работы критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней**

Таким образом, диссертационная работа Ковалевского Артема Павловича является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, что соответствует требованиям п. 7 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 30.01.2002 г. № 74 (с изменениями, внесенными Постановлением Правительства РФ от 20.06.2011 г. № 475), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук.

Отзыв на диссертацию обсужден и единогласно одобрен на заседании научно-исследовательской группы вероятностных методов и системного анализа Института прикладной математики Дальневосточного отделения Российской академии наук 11 февраля 2019 года, протокол № 1.

Руководитель группы  
вероятностных методов и системного анализа  
Института прикладной математики  
Дальневосточного отделения  
Российской академии наук  
доктор физико-математических наук по специальности  
05.13.01, системный анализ, управление и обработка информации+  
01.02.05, механика жидкости, газа и плазмы

профессор



Цициашвили Гурами Шалвович

11 февраля 2019 г.

Подпись главного научного сотрудника  
ИПМ ДВО РАН, Цициашвили Г.Ш.  
заверяю, ученый секретарь ИПМ ДВО РАН,  
к.ф.-м.н.



Святуха Владимир Андреевич

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт прикладной математики  
Дальневосточного отделения Российской академии наук  
Россия, 690041, г. Владивосток, ул. Радио, 7  
Телефон: +7 (423) 231 33 30 Факс: +7 (423) 231 18 56  
<http://www.iam.dvo.ru>, [admin@iam.dvo.ru](mailto:admin@iam.dvo.ru)