

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Черепанова Олега Сергеевича «Робастные оценки параметров на основе взвешенного метода максимального правдоподобия», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации)

### **Актуальность темы диссертации.**

Диссертационная работа Черепанова О. С. посвящена задаче нахождения оценок параметров статистических моделей в условиях непараметрической неопределенности и наличия выбросов в наблюдениях. Задачи данного типа возникают при проведении исследований в различных областях теории управления, теории надежности, эконометрики, идентификации систем и т.д.

Существует много подходов к определению мер робастности оценок параметров, что приводит к проблеме выбора метода синтеза робастных оценок в конкретной ситуации. В большинстве работ, посвященных робастному оцениванию параметров, используются статистические модели на параметрическом или полупараметрическом уровнях априорной информации. В данной диссертации предлагается подход, который позволяет получать адаптивные робастные оценки для полупараметрических, полунепараметрических и непараметрических уровней априорной информации. Это обстоятельство повышает актуальность исследования, поскольку расширяет область применения получаемых оценок.

В диссертационной работе Черепановым О. С. рассматриваются вопросы построения, исследования и применения адаптивных робастных оценок параметров распределения случайных величин, параметров регрессионных моделей для разных уровней априорной информации о статистических моделях.

**Содержание работы.** Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка литературы и трех приложений. Общий объем диссертации составляет 199 страниц.

Во введении приведен содержательный обзор современных научных исследований по методам построения моделей регрессии при различных уровнях априорной информации, а также указана новизна и актуальность работы. Сформулированы цели и задачи работы, теоретическое значение и практическая

значимость полученных результатов и выводов. Приведены данные по апробации работы и обозначен личный вклад автора в проведенные исследования.

В первом разделе диссертации рассматривается задача робастного оценивания параметров распределения случайных величин для супермодели Тьюки. Для данной задачи автором представлена классификация уровней априорной информации в зависимости от того, к каким классам принадлежат распределения супермодели Тьюки. Введен взвешенный метод максимального правдоподобия, и на основе него получены адаптивные робастные оценки параметров сдвига и масштаба для разных уровней априорной информации о виде распределения. Сформулирована и доказана теорема об асимптотической несмещенности и асимптотической эффективности оценок, полученных при помощи взвешенного метода максимального правдоподобия, для супермодели Тьюки при асимптотике Шурыгина. Для получения оценок с высокой эффективностью автором предложены процедуры адаптации с использованием бутстреп-процедур и непараметрических оценок плотности вероятности. Приведены результаты сравнения эффективностей предложенных и традиционных робастных оценок, демонстрирующие работоспособность предложенных оценок.

Второй раздел посвящен задаче построения робастных оценок параметров функции регрессии. В зависимости от априорной информации о виде регрессионной функции и виде распределения случайных величин Черепановым С. С. представлена расширенная классификация регрессионных задач, которая включает параметрические, полупараметрические, полунепараметрические и непараметрические задачи. На каждом уровне априорной информации на основе взвешенного метода максимального правдоподобия автором получены робастные адаптивные оценки регрессии. Проведено сравнение качества полученных адаптивных оценок с традиционными робастными оценками для нескольких стандартных распределений, в смысле предложенной асимптотической относительной эффективности.

В третьем разделе теоретические результаты разделов 1 и 2 подтверждены результатами, полученными при помощи метода статистических испытаний с использованием ЭВМ, а также проведено исследование эффективности непараметрических робастных оценок на локальных и глобальных супермоделях без выбросов, при наличии симметричных и асимметричных выбросов. Приведенные данные исследования демонстрируют эффективность предлагаемых автором оценок в сравнении с классическими статистическими оценками.

Четвертый раздел диссертационной работы посвящен решению прикладных задач. В подразделе 4.1 были получены адаптивные алгоритмы фильтрации, основанные на использовании адаптивных оценок регрессии методом взвешенного максимального правдоподобия, для разных уровней априорной информации о виде распределения накладываемого на изображения шума в задаче фильтрации растровых изображений. На тестовом изображении проведено исследование и демонстрация эффективности полученного адаптивного фильтра в сравнении с такими классическими алгоритмами фильтрации как медианный фильтр и фильтр скользящего среднего для разных видов шума. В подразделе 4.2 предложены основанные на использовании полученных в работе адаптивных оценок адаптивные робастные непараметрические алгоритмы анализа метеорологических данных для решения задачи анализа пространственно-временной динамики скорости ветра в атмосферном пограничном слое. Проведено исследование предложенных алгоритмов и сравнение их эффективности с традиционными методами обработки данных на основе параметрических алгоритмов и МПК.

В заключении приводятся основные результаты диссертационного исследования.

**Новизна полученных результатов.** В диссертации Черепанова О. С. получены следующие результаты, имеющие научную новизну:

- Получены новые адаптивные робастные оценки параметров распределения и регрессии на основе взвешенного метода максимального правдоподобия для разных уровней априорной информации.
- Предложена процедура адаптации робастных оценок взвешенного метода максимального правдоподобия к виду распределения выбросов на основе бутстреп-процедуры.
- Предложена процедура адаптации робастных оценок взвешенного метода максимального правдоподобия к виду априорного распределения супермодели Тьюки на основе непараметрических оценок плотности вероятности.
- Доказаны асимптотическая несмещенность и асимптотическая эффективность оценок взвешенного метода максимального правдоподобия для обобщенных супермоделей Тьюки в асимптотике Шурыгина.

**Теоретическая и практическая значимость результатов.** Теоретическая значимость результатов исследования состоит в том, что предложены новые адаптивные робастные оценки параметров распределения и регрессии, которые

имеют существенное значение для развития статистических методов обработки данных в условиях наличия выбросов и априорной неопределенности о виде распределений. Исследованы асимптотические свойства предложенных оценок, а также приведены данные, демонстрирующие эффективность данных оценок по сравнению с оценками, полученными при использовании классических статистических методов. Практическое значение диссертации состоит в том, что предложенные адаптивные робастные оценки могут быть эффективно использованы для решения ряда прикладных задач, таких как, например фильтрация растровых изображений и при анализе метеорологических данных, что демонстрируют результаты исследования в разделе 4.

**Степень обоснованности и достоверности научных положений и выводов.** Все научные положения и выводы, сформулированные автором, обоснованы, их достоверность подтверждается корректными математическими выкладками, доказательством теорем, результатами компьютерного моделирования, а также результатами, полученными в других работах в области робастной статистики.

**Полнота опубликования и апробация результатов диссертации.** Основные результаты, диссертационной работы отражены в 13 публикациях, в том числе 2 в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных журналов; 2 публикации в сборниках материалов международных конференций, индексируемых Web Of Science; 3 в других научных изданиях и 6 публикаций в сборниках международных и всероссийских конференций. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертационной работы.

#### **Замечания и недостатки диссертационной работы.**

1. В диссертационной работе не приведены подробности программной реализации:

- оценок взвешенного метода максимального правдоподобия,
- средств исследования предложенных оценок,
- предложенных адаптивных алгоритмов фильтрации изображений,
- алгоритмов обработки метеорологических данных.

2. Не отмечены преимущества предложенных адаптивных оценок ВММП по сравнению с адаптивными усеченными оценками, адаптивными оценками Ходжеса-Лемана и т.д.

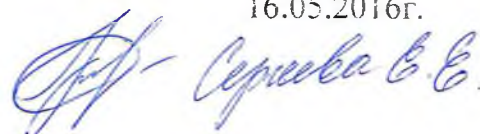
3. Было бы интересно провести сравнение предложенных оценок с классическими робастными оценками: оценками Хьюбера, оценками Тьюки, *th*-оценками и т.д.

Отмеченные замечания не снижают качества диссертационного исследования, поскольку не влияют на основные теоретические и практические результаты работы.

**Заключение.** Диссертация Черепанова Олега Сергеевича «Робастные оценки параметров на основе взвешенного метода максимального правдоподобия» является законченной научно-исследовательской работой, посвященной актуальной задаче разработки эффективных методов оценивания параметров статистических моделей в условиях наличия выбросов. Считаю, что диссертационная работа соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации), а Черепанов Олег Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент  
доцент кафедры вычислительной техники  
федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет»,  
Кандидат физико-математических наук  
Тел.: 7(3822) 70-16-09  
Email: [sergeeva\\_e\\_e@mail.ru](mailto:sergeeva_e_e@mail.ru), [sergeeva@tpu.ru](mailto:sergeeva@tpu.ru)  
Адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30

Сергеева Екатерина Евгеньевна  
16.05.2016г.



Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет»  
Адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30  
Тел.: 7(3822) 60-63-33, сайт: <http://www.tpu.ru>

Подпись  
Сергеевой Екатерины Евгеньевны  
Заверяю:

И.О. Ученый секретарь НИИ



О.А. Ананьева  
(*О.А. Ананьева*)  
16.05.2016