

## ОТЗЫВ

председателя диссертационного совета

на диссертацию Сенова Александра Алексеевича

на тему: “Методы оптимизации и оценивания параметров в многомерных задачах с произвольными помехами”, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.09. — Дискретная математика и математическая кибернетика

**Актуальность** работы. Диссертационная работа посвящена актуальной проблематике — разработке и исследованию свойств методов оптимизации сильно выпуклых функций в пространствах больших размерностей и методов оценивания доверительных множеств параметров линейной системы при малом числе наблюдений и произвольных помехах. Научные работы в этой области имеют непосредственное прикладное значение, соответствующие методы активно применяются в таких областях, как анализ изображений, обработка сигналов, распознавание образов, машинное обучение, искусственный интеллект и анализ данных. Основной проблемой применения методов оптимизации в задачах высоких размерностей являются вычислительные ограничения и следующая из них невозможность эффективного применения методов второго порядка. Рассматриваемый в работе подход последовательной подпространственной оптимизации, активно развивающийся в последнее время, является одним из вариантов решения этой проблемы. Несмотря на конкурентоспособные практические результаты, теория методов последовательной подпространственной оптимизации слабо развита: отсутствуют общие критерии и характеристики скорости сходимости. В условиях малого числа измерений и наличия помех оценивание параметров посредством решения оптимизационной задачи малоэффективно. Оценивание доверительных множеств параметров — альтернативный подход, при котором множество вероятных значений параметров строится исходя из той или иной вероятностной модели помех. Однако до недавнего времени не были известны методы оценивания точного доверительного множества линейной системы при отсутствии ограничений на природу помех и конечном числе измерений. Выбранное А.А. Сеновым направление исследований вносит вклад как в практические, так и в теоретические области выпуклой оптимизации и

09/2-02-282 от 20.05.2020

оценивания параметров. Таким образом, выбранная тема диссертационной работы является **актуальной**.

**Основные результаты диссертации** подробно описаны во второй главе, в которой:

- описана общая схема методов последовательной подпространственной оптимизации, продемонстрированы возможности нахождения верхней и нижней границ скорости сходимости;
- для классов квадратичных и сильно выпуклых функций с липшицевым градиентом приведена характеристика скорости сходимости в зависимости от выбираемых подпространств и качества решения подпространственной задачи;
- предложены два метода последовательной подпространственной оптимизации, обладающих линейной скоростью сходимости, и метод модифицированных знако-возмущенных сумм для построения точного доверительного множества параметров линейной системы в условиях конечного числа измерений и независимых с входами системы аддитивных помех в наблюдениях;
- для одномерного случая доказаны несмещенность и сходимость границ доверительного множества к истинному значению параметра.

В третьей главе эффективность предложенных методов оценивания параметров продемонстрирована на реальных и модельных данных.

Установленные критерии сублинейной, линейной и суперлинейной скоростей сходимости методов последовательной подпространственной оптимизации с квадратичным суррогатом для случаев квадратичной и сильно выпуклой целевых функций, разработанный метод последовательной подпространственной оптимизации, сходящийся за конечное число итераций в квадратичном случае и обладающий линейной скоростью сходимости нашли отражение в публикациях автора в англоязычных изданиях, индексируемых в международной наукометрической базе Scopus (53 и 54 в Списке литературы) и в расширенных русскоязычных версиях статей в рецензируемом периодическом научном издании (56 и 57 в Списке литературы). Метод

определения точного доверительного множества параметров линейной модели в условии независимых с входами и аналитическое выражение границ доверительного интервала, а также условия их состоятельности для одномерного случая представлены в англоязычном периодическом издании (46 в Списке литературы), индексируемом в международной наукометрической базе Scopus, и в расширенных русскоязычных версиях в рецензируемом периодическом научном издании (45 и 47 в Списке литературы).

**Научная новизна и теоретическая значимость** диссертации определяются установленными критериями сублинейной, линейной и суперлинейной скоростей сходимости методов последовательной подпространственной оптимизации для квадратичных и сильно выпуклых функций с липшицевым градиентом, что предоставляет новые возможности для анализа и синтеза оптимизационных методов. На основе установленных критериев предложен метод последовательной подпространственной оптимизации, обладающий линейной скоростью сходимости и сходящийся за конечное число шагов в квадратичном случае. Кроме того, разработан метод определения точного доверительного множества линейной системы при условии независимых с входами системы, а в остальном произвольных аддитивных помех. Для одномерного случая получено аналитическое выражение и исследованы свойства границ доверительного интервала, полученного разработанным методом.

**Практическая значимость** работы определяется ее исходной ориентацией на применение рассматриваемых методов оптимизации и оценивания параметров в таких практических областях, как: обработка изображений, анализ больших данных, машинное обучение. Практическая значимость подтверждается рядом прикладных научно-исследовательских работ в рамках грантов РФФИ и РФФИ.

**Достоверность и обоснованность** научных положений и выводов диссертации определяются строгим математическим доказательством всех представленных в работе теорем, широкой апробацией представленных в диссертации результатов на международных научных конференциях и публикациями в рецензируемых отечественных и зарубежных изданиях.

Диссертация хорошо структурирована, аккуратно оформлена, текст диссертации тщательно отредактирован. Все положения диссертации, выносимые на защиту, строго обоснованы автором.

**Замечания и пожелания:**

1. В практическом сравнении методов оптимизации отсутствуют многие активно используемые на практике методы: метод моментов, метод тяжелого шарика, эволюционные методы,
2. Понятие строго выпуклой функции используется как синоним понятия сильно выпуклой функции, в то время как эти понятия в общепринятой терминологии не эквивалентны.
3. Стоит отметить нестрогость и излишнюю общность, присущую некоторым формулировкам во Введении.

Указанные замечания не умаляют высокую оценку представленной диссертации. Диссертационная работа является завершенным научным исследованием, выполненным на высоком научном уровне. Результаты, полученные в диссертации, отражены в 14 публикациях автора, в том числе в 9 статьях в рецензируемых отечественных изданиях и в 5 статьях в зарубежных изданиях, индексируемых в наукометрической базе Scopus.

Диссертация Сенова Александра Алексеевича на тему: “Методы оптимизации и оценивания параметров в многомерных задачах с произвольными помехами” соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 “О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете”, соискатель Сенов Александр Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.09. — Дискретная математика и математическая кибернетика. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Председатель диссертационного совета,  
доктор физико-математических наук,  
профессор Санкт-Петербургского  
государственного университета



В. В. Захаров

20 мая 2020 г.