

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сысоева Антона Сергеевича «Методология анализа чувствительности по факторам математических моделей сложных систем», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Актуальность темы диссертационного исследования не вызывает сомнений. В условиях современного системного анализа и цифровизации управленческих процессов, сложные модели зачастую являются «черными ящиками», а их неопределенность и высокая размерность препятствуют принятию обоснованных решений. Предлагаемая автором методология, базирующаяся на аппарате анализа конечных изменений, направлена на преодоление ключевых ограничений классических методов (локальных, глобальных и метамоделирования). Решение задачи точного количественного разложения конечного изменения выходного показателя по факторам без неразложимого остатка, а также адаптация методов к иерархическим системам, системам с факторами различных типов и элементами управления является важной и перспективной научно-технической проблемой.

Научная новизна работы характеризуется комплексным теоретическим обоснованием и разработкой оригинальной методологии анализа чувствительности. К числу основных достижений следует отнести: развитие методов приближенного анализа чувствительности с использованием аппроксимаций частных производных; создание алгоритмов для смешанных факторов (непрерывных и дискретных); разработку метода иерархического анализа чувствительности, позволяющего осуществлять сквозное точное разложение влияния факторов с учетом структурных связей системы; а также синтез классов адаптивных и оптимальных методов планирования эксперимента, основанных на анализе конечных изменений. Особого внимания заслуживает предложенный алгоритм к решению обратной задачи управления на основе исследования чувствительности по факторам — определение необходимых управляющих воздействий (приращений контролируемых факторов), которые обеспечат достижение желаемого целевого состояния ключевого показателя при минимизации затрат на их реализацию.

Теоретически обоснован и развит новый класс методов, интегрирующих анализ конечных изменений с планированием эксперимента, оптимизацией и машинным обучением. Созданные алгоритмы позволяют существенно сократить вычислительные затраты, повысить интерпретируемость моделей и дать количественное обоснование для принятия решений. Практическая ценность работы подтверждается широкой апробацией полученных результатов. Разработанные автором алгоритмы и программные модули внедрены в практику управления транспортными потоками, регионального экономического анализа и обработки данных в сфере здравоохранения, а также используются учебном процессе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Липецкий государственный технический университет».

Достоверность научных положений и выводов обеспечивается корректным использованием математического аппарата, строгими доказательствами сформулированных теорем, результатами компьютерного моделирования и практической реализацией в производственных и государственных структурах. Основные результаты диссертации неоднократно докладывались на ведущих

всероссийских и международных конференциях, заслушаны на общеинститутских семинарах, опубликованы в 60 научных работах, включая 15 статей в рецензируемых изданиях из списка ВАК РФ, 16 публикаций в изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus, а также защищены тремя свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ.

**К автореферату имеются следующие замечания и пожелания:**

1. Из текста автореферата не в полной мере ясно, каким образом предлагаемый методологический аппарат анализа чувствительности, основанный на вычислении градиентов и коэффициентов влияния в промежуточных точках, адаптируется к ситуациям, когда исследуемые факторы имеют разнородные единицы измерения и существенно различающиеся масштабы. Поскольку прямое сравнение вкладов факторов в таких условиях может привести к некорректным выводам, в автореферате следовало бы более детально осветить вопросы нормализации и масштабирования переменных, а также указать, в какой степени полученные количественные оценки чувствительности инвариантны к выбору единиц измерения.
2. Из текста автореферата не ясно, каким образом обеспечивается воспроизводимость результатов при многократном применении метода к одним и тем же данным.
3. Выбор параметра  $\alpha$  в теореме Лагранжа – ключевой момент. В автореферате сказано, что он находится "из решения уравнения" (например, (9) для иерархических систем). Однако в общем случае для многомерной функции  $f$  параметр  $\alpha$  может быть не единственным, а в невыпуклых случаях уравнение может иметь несколько корней.
4. Для смешанных факторов предлагается искать дискретную компоненту промежуточной точки  $x_D^{(\alpha)}$  из множества кандидатов  $X_{cand}$ , минимизируя невязку (формула 6). Однако в автореферате не указано, как строится  $X_{cand}$  и как гарантируется, что найденная точка действительно обеспечивает приемлемую точность разложения (а не просто локальный минимум невязки).
5. В адаптивных методах (алгоритм 1) для генерации новых точек используется случайное возмущение  $\delta$  с равномерным распределением. Не указано, насколько этот метод чувствителен к выбору начального плана и параметров  $\xi$ , условия на функцию  $f$  и информацию о возможных локальных областях?

Высказанные замечания носят дискуссионный и уточняющий характер, не снижают теоретической и практической значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку работы.

Анализ текста автореферата позволяет охарактеризовать диссертацию как завершённую научно-квалификационную работу, в которой решена важная научная проблема создания прикладной методологии анализа чувствительности по факторам, применимой к широкому классу сложных систем.

**Общий вывод.** На основании автореферата можно сделать заключение, что диссертационная работа Сысоева Антона Сергеевича на тему «Методология анализа чувствительности по факторам математических моделей сложных систем», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук, соответствует критериям и требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением №842 Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., а её автор заслуживает присуждения ученой

степени доктора технических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

*Даю согласие на обработку моих персональных данных, связанных с работой диссертационного совета 99.2.031.03.*

Криворотько Ольга Игоревна,  
доктор физико-математических наук



Руководитель научной группы 1 категории, Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Научно-технологический университет «Сириус»

Научно-технологический университет «Сириус»  
Адрес: 354349, Российская Федерация, федеральная территория «Сириус»,  
Олимпийский пр-т, д. 1  
Тел.: 8 (800) 100 41 55  
Почта: info@siriusuniversity.ru

Подпись Криворотько О.И. заверяю.

РУКОВОДИТЕЛЬ ГРУППЫ

ПО РАБОТЕ С НДР

АНОО ВО \*УНИВЕРСИТЕТ  
\*СИРИУС\*

14.09.2026

Косуля И.С.

