

Отзыв на автореферат
докторской диссертации Сыроева Антона Сергеевича
на тему «Методология анализа чувствительности по факторам математических моделей
сложных систем»

При проектировании сложных систем часто приходится иметь дело с моделями, которые либо слишком громоздки для полного перебора вариантов, либо скрывают внутреннюю логику (например, нейросетевые модели). В таких случаях анализ чувствительности по факторам помогает понять, какие входы реально влияют на результат, а на какие можно не тратить ресурсы. Однако известные методы (локальные, глобальные, метамоделли) имеют свои ограничения: одни работают только при малых изменениях, другие требуют большого количества прогонов модели, третьи плохо справляются с дискретными факторами. Предложенная автором методология на основе анализа конечных изменений решает задачу точного разложения влияния факторов без остатка и с учетом структуры системы, что делает тему диссертации актуальной.

Структура работы отличается внутренней логикой. Сначала автор разбирает существующие подходы и их ограничения, затем во второй главе дает теоретическое обоснование аппарата конечных изменений. В третьей главе предложены способы работы с табличными и дискретными моделями, где аналитическое дифференцирование невозможно. Четвертая глава посвящена многоуровневым системам (например, когда выход одной подсистемы служит входом для другой). В пятой главе синтезированы новые методы планирования эксперимента, позволяющие сократить число вычислений. В шестой главе представлена апробация на реальных задачах: управление транспортными потоками, прогнозирование региональных показателей и поиск аномалий в медицинских данных.

Автором предложен метод анализа чувствительности, использующий теорему Лагранжа о промежуточной точке для точного разложения конечного приращения отклика по факторам. В отличие от дифференциальных методов, это позволяет исключить неразложимый остаток и получить объективные коэффициенты влияния при произвольных, в том числе значительных, изменениях входных параметров. Разработан алгоритм для систем со смешанными факторами. Он модифицирует анализ конечных изменений таким образом, что позволяет в единой вычислительной схеме оценивать вклад как непрерывных, так и дискретных переменных. Создан метод иерархического анализа чувствительности для многоуровневых систем. В отличие от изолированного исследования отдельных уровней, данный метод позволяет проследить сквозное влияние входных факторов на итоговый показатель через все структурные связи системы. В работе синтезированы новые классы адаптивных и оптимальных методов планирования эксперимента. Они используют промежуточные точки из анализа конечных изменений в качестве критерия для автоматического сгущения плана в областях высокой вариации отклика или для максимизации информативности градиентов, что кратно сокращает требуемое число прогонов модели. Предложен алгоритм определения интервалов чувствительности по факторам. В отличие от традиционных подходов, дающих усредненные оценки, этот алгоритм на основе кластеризации локальных градиентов позволяет автоматически выделять диапазоны значений факторов, где их влияние на отклик качественно различается. Это дает возможность находить пороговые значения, на которых меняется характер поведения системы. Разработан алгоритм управления конечными приращениями факторов для решения обратных задач. Данный алгоритм интегрирует анализ чувствительности с задачами условной оптимизации, что позволяет по заданному целевому приращению выходного показателя находить минимально затратный набор изменений управляемых факторов с учетом стоимости их варьирования. Тем самым обеспечивается обоснованное распределение ресурсов при практической реализации управляющих воздействий.

Достоверность результатов подтверждается корректным использованием математического аппарата, сходимостью алгоритмов и практической апробацией.

Практическая значимость работы заключается в том, что создан законченный инструментарий для анализа чувствительности, который позволяет снижать размерность задач управления, делать системы интерпретируемыми и обосновывать управляющие воздействия. Обоснованность выводов обеспечена проработкой большого объема литературы и результатами вычислительных экспериментов.

В целом работа заслуживает высокой оценки, однако по тексту автореферата есть несколько уточнений:

1. В разделе, посвященном нейросетевым моделям (глава 3), автор использует аппарат конечных изменений для вычисления градиентов в промежуточных точках. При этом не уточняется, как наличие шума в обучающих данных влияет на стабильность поиска параметра промежуточной точки и, соответственно, на сами оценки чувствительности. Проводилась ли оценка робастности метода к выбросам или зашумленным входам?

2. В четвертой главе автором предложен метод иерархического анализа чувствительности, который позволяет проследить сквозное влияние входных факторов через все уровни системы. Для этого для каждой подсистемы и агрегирующей функции находятся свои параметры промежуточных точек. Поскольку такой подход предполагает рекурсивные вычисления, хотелось бы уточнить, проводилась ли оценка трудоёмкости метода при увеличении числа уровней и элементов системы.

Сделанные замечания не ставят под сомнение основные результаты работы и носят характер научной дискуссии.

Диссертация Сысоева А.С. представляет собой завершённое научное исследование, выполненное на актуальную тему. Работа содержит новые научные результаты, имеющие теоретическую и практическую ценность, и соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям.

Тематика диссертации соответствует паспорту специальности 2.3.1. и критериям Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г.).

Автор диссертации Сысоев Антон Сергеевич 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.

Доктор технических наук, профессор

Заведующий кафедрой информационных систем,

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тверской государственный технический университет»

Палюх Борис Васильевич

ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», кафедра информационных систем, 170023, Тверская область, г. Тверь, пр-т. Ленина, д. 25, ХТ-240а
Тел.: (4822) 78-52-61 (вн. 230),
E-mail: fedotova0412@yandex.ru

17.07.2026г.

Подпись Палюха Б.В. заверяю,
Ученый секретарь УС ТвГТУ

А.Н. Болотов