

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Горбуновой Анастасии Владимировны
«Методы и алгоритмы анализа и управления для стохастических систем с разделением и
параллельным обслуживанием»,
представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по
специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации,
статистика».

Диссертационная работа Горбуновой А.В. посвящена исследованию стохастических систем с разделением и параллельным обслуживанием. Актуальность темы определяется востребованностью таких моделей при анализе распределенных вычислений и производственных процессов, а также сложностью учета зависимости между временами пребывания подзаявок. Как отмечено в автореферате, даже для пуассоновского входящего потока и экспоненциальных времен обслуживания точное аналитическое выражение для среднего времени отклика при числе подзаявок больше двух остается неизвестным. Поэтому разработка методов оценки характеристик и управления такими системами представляет существенный научный и практический интерес.

Отдельного внимания заслуживают полученные автором точные формулы для коэффициентов корреляции Пирсона и Спирмена между временами пребывания подзаявок в однородных подсистемах типа $M|M|1$, а также приближение для коэффициента корреляции Кендалла. Эти результаты количественно характеризуют зависимость, обусловленную общими моментами поступления подзаявок. Ненулевые предельные значения коэффициентов корреляции при высокой загрузке подтверждают необходимость учета этой зависимости при оценке характеристик времени отклика.

Существенным достоинством работы является использование аппарата теории копул для анализа зависимости времен пребывания подзаявок. Предложены мета-гауссовская модель и методы оценки квантилей времени отклика на основе диагональных сечений копул. Представляет интерес сочетание вероятностных методов с машинным обучением и регрессионными приближениями, позволяющее повысить точность оценок в исследованных диапазонах параметров.

Для систем с распределением Парето времен обслуживания автор получает верхнюю границу среднего времени отклика с использованием результатов для СМО $M|G|1$ и теории порядковых статистик. Для приближенного оценивания квантилей применяется распределение Фреше. Такой выбор учитывает степенной характер хвоста и подкрепляется исследованием максимумов случайных величин с распределением Фреше при степенном диагональном сечении копулы.

Самостоятельную теоретическую и прикладную ценность имеют результаты об остаточном времени обслуживания. Для системы с двумя бесконечнолинейными подсистемами получены выражения для совместной функции распределения максимумов остаточных времен обслуживания. Рассмотрены также нестационарный и дважды стохастический пуассоновские входящие потоки. Эти результаты позволяют оценивать время, необходимое для завершения обработки поступивших заявок после прекращения приема новых.

Практическую направленность исследования усиливает разработанная стоимостная модель выбора интенсивности обслуживания, учитывающая затраты на ресурсы и среднее время отклика. Для экспоненциального распределения и распределения Парето времен

обслуживания получены уравнения для определения оптимальной загрузки. При использовании приближений среднего времени отклика найденные решения имеют соответствующий приближенный характер и могут служить основой для выбора параметров реальных систем.

Представленные в автореферате теоретические результаты и их сопоставление с данными имитационного моделирования свидетельствуют об обоснованности предложенных подходов. Приведенные сравнения с известными оценками показывают повышение точности приближений в рассмотренных условиях. Работа демонстрирует владение автором методами теории вероятностей, массового обслуживания и анализа данных.

По содержанию автореферата можно высказать два частных замечания.

1. Было бы полезно свести в единую таблицу диапазоны параметров и максимальные относительные погрешности основных приближений, в том числе для квантилей высокого уровня. Это облегчило бы сопоставление методов и выбор подходящей оценки для конкретной задачи.

2. В задаче выбора оптимальной интенсивности обслуживания желательно подробнее отразить, как погрешность аппроксимации среднего времени отклика влияет на найденное оптимальное решение и соответствующее значение стоимости. Такое уточнение усилило бы практическую обоснованность рекомендаций по управлению системой.

Указанные замечания носят уточняющий характер и не снижают общей положительной оценки работы и значимости полученных результатов.

Диссертация Горбуновой Анастасии Владимировны является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена значимая научная проблема разработки методов и алгоритмов анализа и управления стохастическими системами с разделением и параллельным обслуживанием. По актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости работа соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

«18» сентября 2026 г.

И.В. Козицин

Козицин Иван Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры анализа систем и решений Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»

Адрес: 141701, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский переулок, д.9.

E-mail: kozitsin@phystech.edu

Подпись Козицина И.В. заверяю

адм. канц.
Гераблева
Сидорова

