

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Горбуновой Анастасии Владимировны на тему «Методы и алгоритмы анализа и управления для стохастических систем с разделением и параллельным обслуживанием», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 2.3.1 – системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Актуальность темы

Информационные системы с параллельной и распределённой обработкой данных лежат в основе множества современных систем из различных сфер, например, в производственном секторе параллельные сборочные конвейеры позволяют сократить время выпуска продукции, снизить себестоимость и минимизировать простои оборудования; в логистике сокращаются временные и материальные затраты за счет одновременной обработки заказов на складах; в экономике и финансах – при параллельной обработке множества транзакций и автоматизации сложных расчетов. Выполняемые в такой системе задачи делятся на подзадачи, которые распределяются по узлам системы и обрабатываются по отдельности с целью эффективного использования вычислительных ресурсов. Структурная и функциональная специфика систем такого класса требует разработки новых эффективных моделей и методов их анализа при решении задач синтеза и оптимизации. Моделирование параллельных систем, разработка новых и более точных методов анализа их производительности, а также управления позволяет избежать ошибок при проектировании систем, оптимизировать их структуру, предотвратить критические сбои и минимизировать затраты на содержание.

Таким образом, учитывая вышеизложенное, считаю, что тема диссертационного исследования Горбуновой Анастасии Владимировны «Методы и алгоритмы анализа и управления для стохастических систем с разделением и параллельным обслуживанием» является актуальной и соответствует специальности 2.3.1 – системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Общая характеристика

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы.

Глава 1 посвящена анализу существующих подходов к применению методов машинного обучения и нейросетей в исследовании систем массового обслуживания (СМО). Обоснована целесообразность использования интеллектуальных методов для анализа сложных стохастических систем, представлены концепция и алгоритм нового подхода, а также примеры.

В главе 2 рассматривается СМО с разделением и параллельным обслуживанием с пуассоновским входным потоком и экспоненциальным временем обслуживания. Проведена оценка вероятностно-временных характеристик (математического ожидания и дисперсии времени отклика) с помощью нейронных сетей и нового подхода с использованием различных методов интеллектуального анализа данных. Получены точные аналитические выражения для коэффициентов корреляции Пирсона и Спирмена, а также приближённая формула для коэффициента корреляции Кендалла. На основе этих результатов построена мета-гауссовская модель для среднего времени отклика и разработан алгоритм оценки квантилей распределения времени отклика с использованием теории копул.

Глава 3 посвящена аналогичной системе, но с распределением Парето для времени обслуживания. Получены аналитические оценки верхней границы среднего времени отклика на основе порядковых статистик и преобразования Лапласа-Стилтьеса. Оценены математическое ожидание и дисперсия времени отклика нейросетевыми методами, а также с помощью комплексного подхода выведены аналитические выражения для моментов и коэффициентов корреляции между временами пребывания подзаявок. Предложены два метода оценки квантилей времени отклика: аппроксимация распределением Фреше и подход на основе копул.

В главе 4 разработана общая модель управления интенсивностью обслуживания в системах с разделением и параллельным обслуживанием, ориентированная на оптимизацию финансовых показателей системы при соблюдении баланса между временем отклика и необходимыми материальными затратами. Для двух подсистем с экспоненциальным обслуживанием получено аналитическое решение для оптимальной интенсивности; для большего числа подсистем и для распределения Парето предложены уравнения, решаемые численно. Проведён асимптотический анализ решений, позволяющий управлять системой вблизи границ допустимых параметров.

Глава 5 анализирует остаточное время обслуживания (время, необходимое для корректного завершения работы после отключения входного потока) для

системы с двумя бесконечнолинейными подсистемами при различных законах распределения времени обслуживания. Получены совместные функции распределения максимальных остаточных времён, для отдельных распределений найдены копулы и коэффициент Бломквиста.

В заключении подведены итоги и приведены основные результаты.

Достоверность и новизна результатов диссертации

Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием строгого математического аппарата, корректным выбором математических методов, соответствием результатов поставленным задачам и апробацией на ведущих международных конференциях и в рецензируемых научных изданиях.

Научная новизна заключается в следующих результатах:

1. Разработан новый метод оценки характеристик производительности систем с применением методов машинного обучения.

2. Разработан новый комплексный метод анализа систем с разделением и параллельным обслуживанием, позволяющий получать оценки различных вероятностно-временных характеристик системы в аналитическом виде.

3. Для случая экспоненциального распределения времени обслуживания получены точные выражения, а для случая распределения Парето времени обслуживания – приближенные выражения для коэффициентов корреляции, на их основе построена мета-гауссовская модель для определения характеристик систем.

4. Разработан метод оценки квантилей распределения времени отклика систем с разделением и параллельным обслуживанием на основе элементов теории копул, а также метод с аппроксимацией времени отклика распределением Фреше.

5. Разработаны новая модель и метод определения оптимальной интенсивности обслуживания для систем с разделением и параллельным обслуживанием.

6. Разработан подход к оценке характеристик остаточного времени обслуживания для случая двух бесконечнолинейных подсистем с различными вариантами распределений для времени обслуживания.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Степень обоснованности подтверждается корректными математическими выводами и строгим применением математического аппарата, согласованностью

результатов с известными в научной литературе, а также согласованностью с результатами применения имитационного моделирования и численного анализа.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых журналах, что подтверждает их достоверность и соответствие современным научным стандартам. По материалам диссертации опубликовано 20 работ, в том числе 15 – статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук, категории К1 или приравненных к ним.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Автореферат адекватно и полно отражает основное содержание диссертационной работы. В нем идентично тексту диссертации сформулированы цель и задачи исследования, полностью соответствуют содержанию работы пять элементов научной новизны, а положения, выносимые на защиту, корректно отражают основные научные результаты.

Композиция автореферата логически следует структуре диссертации. Все математические модели, формулы, алгоритмы и методы расчета, приведенные в автореферате, соответствуют диссертации и представлены без искажений. Объем информации в автореферате достаточен для понимания сущности выполненных исследований, научной новизны и значимости работы, а также основных теоретических и практических результатов.

Таким образом, автореферат полностью соответствует содержанию диссертационной работы, достоверно отражает полученные научные результаты и обеспечивает возможность объективной оценки вклада соискателя в развитие науки.

Замечания по работе

Диссертация выполнена качественно с точки зрения оформления и логичной структуры. Тем не менее, содержание работы вызывает следующие вопросы и замечания:

1. Во введении следовало бы отразить существенные отличия предлагаемых моделей от результатов зарубежных и российских исследователей, а также согласованность с уже известными частными случаями. В частности, было бы уместно уделить больше внимания

обзору научных публикаций за последние 10 лет. А также акцентировать внимание на особенностях и/или обобщениях введенных автором.

2. Анализ реальных потоков передачи информации в современных сетях связи показывает, что входящие потоки не всегда соответствуют пуассоновской модели. Поэтому следовало было бы обосновать рассмотрение марковских моделей в диссертации.
3. В первой главе, посвященной применению методов машинного обучения к анализу сложных систем массового обслуживания, основной акцент смещен в сторону применения именно искусственных нейронных сетей. Так как обучение проводилось в том числе и на имитационных моделях, то почему не рассматривались модели с коррелированными входящими потоками?
4. Одной из заслуживающих внимание характеристик систем с разделением и параллельным обслуживанием является время пребывания заявки в буфере синхронизации, полезно было бы проанализировать данную характеристику системы новыми предложенными в диссертационной работе методами тоже.
5. В пятой главе исследуется максимальное остаточное время обслуживания, т. е. максимум из остаточных времен обслуживания по всем занятым приборам на момент времени T , системы с разделением и параллельным обслуживанием для случая двух бесконечнолинейных подсистем. Рассмотрено несколько вариантов для входящего потока, точнее для интенсивности входящего потока, и различные распределения времени обслуживания. Вместе с тем, заслуживает отдельного рассмотрения случай с большим числом подсистем.

Указанные замечания не снижают уровня научной новизны, теоретической и практической значимости, а также общую положительную оценку выполненной диссертационной работы.

Заключение по работе

Диссертационное исследование Горбуновой Анастасии Владимировны является законченной научно-исследовательской работой, в которой содержится решение фундаментальной научной проблемы разработки математического аппарата в виде вероятностных моделей с разделением и параллельным обслуживанием и методов их анализа, обработки данных и управления для стохастических систем, выполнена на высоком уровне и имеет теоретическую и практическую ценность. Достоверность результатов работы не вызывает

сомнений, сами результаты достаточно полно опубликованы и апробированы. Автореферат полностью и правильно отражает содержание диссертации.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Горбуновой Анастасии Владимировны на тему «Методы и алгоритмы анализа и управления для стохастических систем с разделением и параллельным обслуживанием» соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842. Ее автор, Горбунова Анастасия Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Официальный оппонент Моисеева Светлана Петровна, доктор физико-математических наук (05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), профессор, заведующий кафедрой теории вероятностей и математической статистики института прикладной математики и компьютерных наук Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», тел.: +7 (913) 815-32-62, e-mail: smoiseeva@mail.ru

«17» сентября 2026 г.



Моисеева Светлана Петровна

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

Адрес: 634050 Томская обл., Томск, просп. Ленина, д. 36

Тел.: +7 (3822) 529-585. E-mail: rector@tsu.ru

Страница в интернете: <https://tsu.ru>

Подпись Моисеевой С.П. заверяю



Подпись удостоверяю
Ведущий документовед
Андрienko И.В.