

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
доктора физико-математических наук, профессора
Гайдамаки Юлии Васильевны
на диссертацию Соколова Александра Михайловича
«Аналитические и программные методы оценки характеристик
производительности вычислительных систем с приоритетным
обслуживанием»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.3.5 – «Математическое и программное обеспечение
вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей»

Актуальность диссертационного исследования

Системы массового обслуживания с приоритетами являются важным разделом теории очередей. Такие системы эффективно применяются при анализе технических систем, где для пользователей предусмотрен приоритетный доступ. Например, системы цифрового телевидения, протоколы, поддерживающие QoS, и др.

Как известно, трафик в современных компьютерных сетях является коррелированным и для его описания в теории очередей применяется Марковский входной поток (МАР – Markovian Arrival Process). Обобщением на случай неоднородного трафика является ММАР (Marked Markov Arrival Process) – маркированный Марковский входной поток. Для задания времени обработки заявок в теории очередей используется РН-распределение (Phase type) - распределение фазового типа. Данное распределение является обобщением ряда распределений, таких как: распределение Эрланга k -го порядка, гиперэкспоненциальное распределение и др.

В диссертации исследуется система массового обслуживания вида: ММАР/РН/Н/Р с входным ММАР-поток, в котором предусмотрено K -приоритетов; РН-распределением времени обслуживания на приборах; N обслуживающих приборов; емкость буфера в системе равна R . В работе приведена аналитическая модель для случая $K=2$. Вычисление характеристик системы с входным ММАР-поток и РН-распределением времени обслуживания общего вида – сложная задача в силу сильной зависимости числа состояний системы от ее параметров. Разработка аналитических и программных методов оценки характеристик производительности вычислительных систем с приоритетным обслуживанием обуславливает актуальность и новизну диссертационной работы.

Целью исследования является создание комплекса моделей и программных средств для анализа характеристик производительности вычислительных систем с приоритетным обслуживанием. Для достижения поставленной цели соискателем были решены следующие задачи:

1. Разработка и реализация алгоритма вычисления стационарных характеристик производительности системы массового обслуживания вида ММАР/РН/Н/Р с приоритетным обслуживанием.
2. Разработка имитационной модели для получения оценок стационарных характеристик производительности системы ММАР/РН/Н/Р большой размерности с приоритетным обслуживанием.
3. Разработка комбинированного метода получения быстрых оценок стационарных характеристик производительности вычислительной системы с приоритетным обслуживанием.
4. Проектирование архитектуры, разработка аналитической модели и программного комплекса для потоковых вычислений с контейнеризацией и приоритизацией

задач, позволяющего ускорить процесс получения численных результатов, в том числе результатов моделирования.

Структура диссертации

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и приложения. Общий объем составляет 150 страниц, в том числе 54 рисунка и 12 таблиц. Список литературы содержит 132 наименования.

Во введении соискатель обосновал актуальность диссертационной работы, были сформулированы цели и задачи, также указана научная новизна и теоретическая и практическая значимости работы.

В первой главе описана система массового обслуживания вида ММАР/РН/Н/Р. Поступление заявок разных типов в данной системе описывается ММАР-поток (Markovian Arrival Process), всего в системе предусмотрено K приоритетов. Число приборов в системе равно N , на каждом из которых задано РН-распределение (Phase-type) для типа заявки каждого приоритета. Емкость буфера системы равна R . Приведен аналитический метод нахождения стационарных характеристик производительности приоритетной системы для частного случая, когда $K=2$. Получены формулы для нахождения стационарных вероятностей системы, а также формулы для получения стационарных характеристик производительности, включая среднее число заявок в системе, среднее число занятых приборов, среднее число заявок в буфере. Получены так же конечные формулы для расчета характеристик приоритетных и непериприоритетных заявок.

Во второй главе описаны численные методы, использующиеся при получении характеристик производительности приоритетных систем большой размерности. Для систем, в которых предусмотрено число приоритетов $K > 2$, получить аналитическое решение достаточно сложная задача в силу экспоненциальной зависимости числа состояний системы от ее параметров. В рамках данной главы предлагается использование метода дискретно-событийного моделирования для получения характеристик производительности приоритетной системы большой размерности. Также в данной главе представлен комбинированный метод, базирующийся на методах имитационного моделирования и машинного обучения для получения быстрых оценок характеристик производительности.

Третья глава диссертации посвящена разработке программного комплекса для потоковых вычислений. Данный программный комплекс использовался в работе при получении результатов численными методами, описанными во второй главе. Приведена архитектура, компоненты системы, описаны протоколы взаимодействия. Кроме того, проведены численные эксперименты, показывающие эффективность применения программного комплекса. Для исследования характеристик производительности в работе описана модель вида $M[b]/M/N/R$ с групповым поступлением заявок. В работе сравниваются экспериментальные и аналитические результаты. Аналитические результаты в пределах погрешности совпадают с экспериментальными данными. Показана эффективность применения программного комплекса для расчетов численными методами.

В четвертой главе автор применяет разработанные модели вычислительных систем с приоритетным обслуживанием для исследования характеристик производительности систем с балансировщиком нагрузки, а также распределенных вычислительных систем. В главе приводится обоснование применения моделей для получения характеристик производительности. Дано описание технического функционирования исследуемых систем. Проведено сравнение характеристик производительности, полученных с помощью моделирования, и метрик, собранных из тестового стенда.

В заключении приводятся основные результаты выполненной работы.

В приложении приведены акты о внедрении полученных результатов.

Название диссертации полностью отражает ее содержание. Автореферат соответствует материалу диссертационной работы. Текст в автореферате изложен последовательно, что позволяет сформировать полное представление о диссертации.

Научная новизна результатов диссертационной работы

1. Разработана математическая модель и программный комплекс для получения точного аналитического решения и стационарных характеристик производительности системы с распределенной обработкой данных и приоритетным обслуживанием. (п.9 паспорта специальности 2.3.5).
2. Впервые предложена программная инфраструктурная организация комплекса имитационного моделирования, позволяющая анализировать характеристики производительности системы с распределенной обработкой данных и приоритетным обслуживанием. (п.8 паспорта специальности 2.3.5).
3. Впервые в теории очередей разработан метод исследования приоритетных систем большой размерности, основанный на комбинации методов имитационного моделирования и машинного обучения, и инструментальное средство для его реализации. (п.4 паспорта специальности 2.3.5)
4. Предложена оригинальная архитектура, разработаны алгоритмы организации взаимодействия программ распределенной системы для организации потоковых вычислений, позволяющие повысить скорость получения оценок характеристик производительности вычислительных систем с приоритетным обслуживанием. (п.3 паспорта специальности 2.3.5)

Замечания по диссертации

1. В главе 1 не приведено подробное описание программной реализации численного расчета двухприоритетной системы массового обслуживания с входным ММАР-потокком.
2. В главе 2 при реализации комбинированного метода не описано, каким образом подбирались гиперпараметры для моделей машинного обучения.
3. Валидация имитационной модели произведена с помощью аналитического решения, когда в системе предусмотрено наличие двух приоритетов. В разделе не описано, как производилась валидация имитационной модели для общего случая, когда в системе предусмотрено более двух приоритетов.
4. На некоторых графиках диссертации подписи осей оформлены не по ГОСТу, например, неправильно обозначено время в секундах (с).

Заключение

В диссертационной работе Соколова А.М. представлены актуальные результаты в области изучения систем массового обслуживания с приоритетным обслуживанием заявок. На основе вышеизложенного можно заключить, что диссертация Соколова Александра Михайловича «Аналитические и программные методы оценки характеристик производительности вычислительных систем с приоритетным обслуживанием» является научным исследованием, полностью удовлетворяющим критериям положения о

присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей», а ее автор Соколов А.М., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

На включение персональных данных, содержащихся в отзыве, в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку согласна.

Официальный оппонент

профессор кафедры «Теории вероятностей и кибербезопасности»

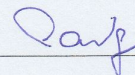
Российского университета дружбы народов им. Патриса Лумумбы,

доктор физико-математических наук

(специальность 05.13.17), профессор

Гайдамака Юлия Васильевна

«09» августа 2024 года



Подпись Ю. В. Гайдамаки удостоверяю.

Ученый секретарь Ученого совета

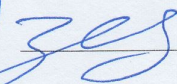
факультета физико-математических и естественных наук

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы

народов имени Патриса Лумумбы»



Зарялов Иван Сергеевич



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

Адрес: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6

Тел.: +7 (495) 434-70-27

Email: rector@rudn.ru