

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

На диссертационную работу Виана Карвалью Кравида Илкиаша «Системы с пороговым управлением входящим потоком», представленной к защите в Постоянном Диссертационном Совете ПДС 0200.006 на базе Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика.

Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа Виана Карвалью Кравида Илкиаша посвящена исследованию систем массового обслуживания (СМО) с пороговым управлением входящим трафиком. Системы данного вида позволяют анализировать современные алгоритмы активного управления (AQM), разрабатываемые для предотвращения возможной перегрузки системы (маршрутизатора) или, если перегрузка уже возникла, уменьшения ее воздействия.

Теория массового обслуживания и теория телетрафика позволяют не только разрабатывать новые математические модели новых AQM алгоритмов, но и производить оценку эффективности функционирования уже существующих алгоритмов. Используемые в теории массового обслуживания и в теории телетрафика математические методы предоставляют возможность решать различные задачи, связанные с расчётом характеристик качества обслуживания (Quality of Service, QoS) и функционирования различных компонент сетей, включая оценку вероятностно-временных характеристик узлов коммутации и маршрутизации, управление потоками данных, расчёт потерь и загрузки цифровых линий связи.

В диссертационной работе Виана Карвалью Кравида Илкиаша представлены новые математические модели в виде СМО с пороговым управлением входящего потока, позволяющим регулировать загрузку системы, что делает тему диссертационной работы актуальной.

Характеристика содержания диссертационной работы

Работа изложена на 151 странице, из которых 139 страниц – это основной текст работы, и состоит из введения, трех глав, заключения, двух приложений и списка литературы, включающего в себя 190 библиографических наименований. Также в тексте диссертационной работы приведено 5 таблиц и 3 рисунка.

Во **Введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследования, представлены основные результаты, выносимые на защиту, а также изложены их научная ценность и новизна.

Первая глава диссертационной работы является обзорной и в ней описан ряд алгоритмов активного управления очередями семейства RED с указанием их

основных характеристик. Также сделан обзор по системам массового обслуживания с полным и обобщенным обновлением и представлены основные полученные ранее результаты.

Во **второй главе** представлены две системы массового обслуживания с вероятностным сбросом поступивших в системы заявок (полным обновлением) и одним порогом в накопителе. В первой рассматриваемой модели порог в накопителе не только определяет момент включения механизма вероятностного сброса, но и задает область в накопителе, из которой поступившие заявки не могут быть сброшены.

Исследование системы массового обслуживания проводится с помощью вложенной цепи Маркова, получены аналитические выражения для расчета таких вероятностных характеристик, как: стационарное распределение по вложенной цепи Маркова числа заявок в системе, вероятность сброса принятой заявки, вероятность обслуживания принятой заявки. В терминах преобразования Лапласа-Стилтьеса получено выражение для расчета времени пребывания в системе сброшенной заявки для различных дисциплин сброса.

Во второй рассмотренной модели пороговое значение в накопителе только определяет момент включения механизма сброса. Исследование также проведено с помощью вложенной по моментам поступления цепи Маркова и также представлены основные вероятностно-временные характеристики.

В **третьей главе** исследуется однопороговая система массового обслуживания с обобщенным обновлением, когда из накопителя может сброшено произвольное число заявок. Как и в рассмотренной во второй главе модели, пороговое значение определяет момент начала сброса принятых в систему заявок и задает область в накопителе, из которой заявки не сбрасываются. Также с помощью вложенной по моментам поступления цепи Маркова проводится исследование рассматриваемой системы. Получены аналитические выражения для расчета таких вероятностных характеристик, как: стационарное распределение по вложенной цепи Маркова числа заявок в системе, вероятность сброса принятой заявки, вероятность обслуживания принятой заявки. В терминах преобразования Лапласа-Стилтьеса получены выражения для расчета времени пребывания в системе сброшенной заявки, а также обслуженной заявки для различных вариантов дисциплин сброса и обслуживания.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

В **Приложениях А и В** представлены результаты имитационного моделирования для рассмотренных во второй и третьей главах систем.

Достоверность и новизна результатов диссертации

Достоверность полученных результатов следует из того, что на всех этапах построения аналитических моделей, а также для аналитического и численного анализа полученных решений использовались строгие и проверенные математические методы теории вероятностей, теории марковских процессов, теории массового

обслуживания. Достоверность теоретических результатов диссертации подтверждается корректно выбранными методами исследования, а также соответствием полученных в диссертационной работе результатов уже известным результатам при ряде упрощающих предположений.

Научная новизна рассматриваемой диссертационной работы заключается в том, что введен пороговый механизм управления вероятностным сбросом в рассматриваемых системах массового обслуживания с полным и обобщенным обновлением.

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

Достоверность основных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректным использованием математического аппарата, включающего методы теории вероятностей, марковских случайных процессов, теории массового обслуживания. Достоверность также подтверждается фактом реализации объёмных численных экспериментов, а также сравнением их с результатами проведённого автором имитационного моделирования ряда важных случаев.

Представленные в диссертационной работе результаты широко и полно апробированы на отечественных и международных конференциях и опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных изданиях, что также свидетельствует о достоверности и обоснованности изложенных в диссертации результатов

Ценность результатов работы для науки и практики

Практическая ценность полученных в диссертационной работе результатов заключается в построении новых методов оценки эффективности функционирования телекоммуникационных систем с потерей поступающих или уже принятых данных.

Результаты работы могут быть практически использованы во всех приложениях для построения, анализа и оптимизации показателей эффективности функционирования реальных систем, в том числе, сетей телекоммуникационных операторов, а также на этапах разработки и проектирования сетей профильными научными и проектными организациями.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

Основные результаты диссертационной работы достаточно полно отражены в известных печатных изданиях, в том числе в 2 статьях, опубликованных в журналах, включенных в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук, и в 5 изданиях, индексируемых в международных базах цитирования Scopus и WoS.

Все эти показатели свидетельствуют о том, что работа хорошо воспринята научной общественностью.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Автореферат логически выстроен, хорошо структурирован, правильно и в достаточной мере отражает содержание диссертационной работы. Как часть выполненной научной работы автореферат отражает компетентность автора в области проводимых исследований и хорошее владение используемыми математическими методами.

Замечания по диссертационной работе

По содержанию работы можно высказать следующие замечания:

1. В разделе 1.1. первой главы не объяснен принцип выбора представленных алгоритмов семейства RED.
2. В разделе 2.1.4. второй главы для сброшенной заявки представлена помимо преобразования Лапласа-Стилтьеса (ПЛС) времени пребывания в накопителе еще и формула для среднего времени пребывания в накопителе. Для обслуженной заявки из преобразования Лапласа-Стилтьеса не представлен вывод формулы среднего времени ожидания начала обслуживания.
3. Несомненным достоинством работы является рассмотрение моделей с рекуррентным потоком, но нет иллюстративных примеров с различными типами распределений вероятностей, демонстрирующих влияние их параметров на характеристики системы.
4. В работе проводятся анализ моделей в предположении рекуррентного входящего потока и экспоненциального времени обслуживания. Представляется интересным проанализировать характеристики систем при неэкспоненциальном обслуживании, хотя бы с помощью имитационного моделирования.
5. Также хорошо было бы добавить в главы краткие итоги исследований и ссылки на опубликованные работы. В заключении диссертации стоило бы отразить то, что отличает работу от ранее выполненных исследований по теме диссертации и перспективы дальнейшей разработки темы.

Указанные замечания не уменьшают общее благоприятное впечатление от работы и ее значимость. Следует отметить, что автор прекрасно владеет математическим аппаратом, в частности, методом вложенных цепей Маркова при решении задач различной степени сложности.

Заключение

Диссертационное исследование Виана Карвалью Кравида Илкиаша на тему «Системы с пороговым управлением входящим потоком» по содержанию, выводам и результатам является целостной и законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение научной задачи, связанной с исследованием

систем массового обслуживания с вероятностным сбросом принятых в систему заявок, и имеющей важное значение для разработки, анализа и расчёта характеристик функционирования алгоритмов активного управления очередями с помощью пороговых систем массового обслуживания.

Содержание диссертация обладает внутренним единством, отличается научной новизной и существенным исследовательским вкладом в математическую теорию телетрафика.

На основании вышеизложенного можно заключить, что диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, согласно п.2.2 раздела II Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», утвержденного Ученым советом РУДН протокол № УС-12 от 03.07.2023г., а её автор, Виана Карвалью Кравид Илкиаш, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3. «Теоретическая информатика, кибернетика».

Официальный оппонент:

заведующий кафедрой теории вероятностей и математической статистики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», доктор физико-математических наук (05.13.18 математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), профессор

08.02.2024

Моисеева Светлана Петровна

Подпись заведующего кафедрой теории вероятностей и математической статистики, д.ф.-м.н., профессора Моисеевой С.П. заверяю

Ученый секретарь Ученого совета ТГУ



Сазонтова Наталья Анатольевна

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

Адрес: Российская Федерация, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.

Тел.: 8 (3822) 529-852;

Факс: (3822) 529 585

E-mail: rector@tsu.tu

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