ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу М.А. Рачинской «Исследование операций обслуживания и оптимизация управления потоками неоднородных требований», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.09 – Дискретная математика и математическая кибернетика

Актуальность диссертационной работы

Диссертация М.А. Рачинской представляет собой обширный и актуальный труд из области исследования операций и смежной с ней теории неклассических систем массового обслуживания. Современные исследования по данной тематике играют важную прикладную роль в таких областях, как телекоммуникационные системы, транспортные системы, системы организации многоступенчатого производства. Это связано, прежде всего, с тем, что теория массового обслуживания предлагает хорошие математические модели для таких систем. В диссертационной работе строятся и исследуются вероятностные и имитационные модели для транспортного потока с зависимым движением автомобилей, для системы управления несколькими такими потоками с помощью двух алгоритмов: циклический алгоритм и новый алгоритм с обратной связью. Второй из указанных алгоритмов предлагается для приоритетной системы, т.е. системы, входящие потоки которой имеют различный приоритет. Вышесказанное обосновывает актуальность исследований, проведенных М.А. Рачинской в диссертационной работе.

Анализ содержания работы

Введение содержит обзор исследований по тематики диссертационной работе, а также краткую характеристику работы по следующим вопросам: 1) цели и задачи; 2) научная новизна; 3) значимость работы для науки и практики; 4) применяемые методы; 5) положения, выносимые на защиту; 6) достоверность и апробация результатов; 7) оценка личного вклада автора; 8) сведения о публикациях; 9) краткое описание содержания и структуры работы.

В *первой главе* автор диссертации изучает поток автомобилей как поток требований, строит и обосновывает вероятностную модель такого потока для случая, когда движение автомобилей в потоке затрудненно внешними факторами. Для построения модели потока сначала отдельно рассматривается выделенная группа рядом следующих автомобилей. Такая группа называется в работе транспортной пачкой и фактически рассматривается при моделировании как система массового обслуживания. Исходя из наблюдений за реальными транспортными потоками, автор диссертации выдвигает некоторые предположения моделирования. Найдены выражения для одномерных распределений потока, которые являются обобщением формул, приведенных в монографии Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко на страницах 104 и 105 (Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. — М.: Наука, 1987. — 336 с.). Выведены также формулы для параметров потока, являющегося конечной суммой нескольких независимых потоков рассматриваемого типа.

Вторая и третья главы диссертации построены по схожей схеме. В каждой из глав рассматривается сложная обслуживающая система, управляющая несколькими входящими потоками $\Pi_1, \Pi_2, \ldots, \Pi_m$. В обеих системах предполагается, что входящие потоки независимы и могут быть описаны с помощью математической модели из первой главы. Особенностью входящих потоков, изучаемых в диссертационной работе, является то, что операции по обслуживанию требований различных потоков обязаны осуществляться в разнесенные по времени промежутки. Такое требование обуславливается безопасностью и может быть с легкостью представлено на примере управления транспортными потоками конфликтных направлений на перекрестках. В связи с этим, обслуживающий прибор системы имеет сложную структуру с несколькими режимами из множества Г, сменяющими друг друга по определенному алгоритму $s(\Gamma)$. Вторая глава рассматривает базовый случай, когда все входящие потоки равноправны и выбран циклический алгоритм $s(\Gamma)$. В третьей главе изучается приоритетная система: выделяется поток Π_1 как поток с высоким приоритетом требований и выделяется поток Π_m как поток с наивысшей интенсивностью поступления требований. Автор диссертации предлагает новый алгоритм для управления такими потоками. Такой алгоритм следит за размером очереди по приоритетному потоку. В случае насыщения очереди до некоторого порогового значения, принимается решение о наискорейшем переходе к обслуживанию приоритетного потока. В противном случае продлевается обслуживание высокоинтенсивного потока.

В случае циклически управляемой неприоритетной системы условия существования стационарного режима являются критериальными и сформулированы в виде системы неравенств. Следует

отметить, что сложность приоритетной системы и предложенного для нее алгоритма управления не позволили автору найти подобный критерий существования стационарного режима. Кроме того, в случае неприоритетной системы, исследования проводились по каждому из потоков независимо. В то же время для приоритетной системы изучение динамики системы должно включать взаимное влияние процесса поступления требований по различным потокам. Однако алгоритм, применяемый автором, позволяет скрыть это влияние внутри доказательства теорем. Окончательно условия существования стационарного режима для потока Π_1 или Π_m сформулированы как ограничения непосредственно на параметры этого потока, а также на те параметры обслуживающего прибора, которые существенны именно для этого потока.

Заключительная *четвертая* глава диссертации содержит результаты численного моделирования и исследования двух систем, изученных во второй и третьей главе. Автор приводит описание разработанной компьютерной имитационной модели. Также в четвертой главе приведены численные алгоритмы отыскания таких значений выделенных управляющих параметров системы, при которых достигается минимальное значение среднего времени ожидания начала обслуживания случайным требованием.

Заключение содержит выводы и основные результаты диссертации. Также в заключении сформулированы перспективы продолжения работы.

Основные результаты работы и их научная новизна

К основным результатам работы можно отнести следующее. Во-первых, получен общий вид одномерных распределений для неординарного пуассоновского потока с максимальным размером групп требований, равным трем. Обоснована корректность такой модели потока для реальных потоков, например, транспортного. Во-вторых, получены явные условия существования стационарного режима функционирования системы с входящими неординарными пуассоновскими потоками и циклическим управляющим алгоритмом. В-третьих, проведено обширное аналитическое исследование приоритетной системы с аналогичными входящими потоками и предложенным автором алгоритмом с обратной связью по размеру очереди приоритетного потока. В частности, предложена и обоснована модель в виде векторной марковской цепи, изучена структура пространства состояний такой цепи, выведены многочисленные рекуррентные по времени связи между ее одномерными распределениями, сформулирована предельная теорема, получены условия существования стационарного режима. В-четвертых, по имитационной модели предложен метод построения оценки момента достижения системами обслуживания стационарного режима. В-пятых, разработан метод получения оценок для основных характеристик системы, основанный на усреднении показателей по независимым реализациям процесса стационарного функционирования системы. Все основные результаты диссертации являются новыми.

Ценность полученных в работе результатов

Диссертация М.А. Рачинской носит в основном теоретический характер. В работе предлагаются новые дискретные модели для систем массового обслуживания. Методы исследования могут быть применены к анализу различных систем конфликтного обслуживания. Результаты работы значимы и для прикладных исследований, поскольку изучаемые модели дают подходящее описание таким реальным системам как, например, системы управления транспортом. Полученные в работе результаты представляют и методический интерес. На основе диссертационной работы могут быть разработаны специальные курсы для студентов старших курсов профильных учреждений высшего образования.

Достоверность результатов диссертации

Достоверность теоретических результатов следует из использования строгих математических методов при исследовании моделей и доказательстве теорем. Кроме того, результаты подтверждаются статистическим анализом и вычислительными экспериментами, проведенными в работе.

Апробация работы.

Результаты работы неоднократно докладывались автором на международных научных конференциях. Тематика конференций включает в себя исследование операций (теорию массового обслуживания), дискретные модели в теории управления, теоретическую кибернетику, математическое и имитационное моделирование. Результаты работы опубликованы в журналах, входящих в список ВАК и в сборниках, индексируемых базами данных Scopus и Web of Science.

Замечания по диссертации

Можно отметить следующие недостатки работы:

1. Обзор литературы, приводимый автором во введении, содержит в большинстве своем источники, датируемые 50-70ми годами прошлого века. Автору следовало бы уделить большее внимание проработке современных исследований.

2. Термин «неоднородные» неоднократно используется автором в различных контекстах, что затрудняет восприятие соответствующих понятий. Так, в главах 1 и 2 речь идет о «потоках неоднородных требований». В главе 3 рассматриваются «неоднородные потоки». Автору следовало подобрать различные термины для указанных объектов. Например, говоря о различии между потоками, можно использовать термин «неравноправные».
3. Свойство, доказанное в Лемме 1, названо на с. 17 свойством устойчивости относительно операции суммирования. Понятие «устойчивость» в силу его обширного использования предлагается заменить на понятие «замкнутость», которое представляется более точным и подходящим по смыслу.

Отметим, что приведенные выше недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы М.А. Рачинской.

Заключение

Диссертационная работа М.А. Рачинской является завершенной научно-квалификационной работой, обладающей внутренним единством и непротиворечивостью. Автореферат диссертации достаточно полно раскрывает суть работы и содержит все ее основные результаты. Содержание, результаты и выводы работы были доложены автором диссертации на многих конференциях международного уровня и прошли апробацию при публикации в различным рецензируемых научных изданиях. Учитывая все вышеизложенное, можно считать, что диссертация М.А. Рачинской удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям и сформулированным в «Положении о присуждении ученых степеней». В связи с этим, считаю, что М.А. Рачинская заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.09 – Дискретная математика и математическая кибернетика.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук, профессор,
профессор кафедры математической статистики факультета вычислительной математики и кибернетики ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

В.Г. Ушаков

Адрес: 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, д.1, стр. 52,
МГУ, факультет вычислительной математики и кибернетики,
кафедра математической статистики
Телефон: +7(916)217-45-18
E-mail: vgushakov@mail.ru

11.09.18 г.

Подпись профессора В.Г. Ушакова заверяю
Декан факультета ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова,
академик РАН

Е.И. Моисеев