

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертационную работу
Беккерман Екатерины Николаевны «Оценивание числа состояний и
значений интенсивности асинхронного МС-потока событий»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 05.13.01 - Системный анализ,
управление и обработка информации (в отраслях информатики,
вычислительной техники и автоматизации)**

Актуальность темы исследования

Задачи, связанные с оптимизацией функционирования систем массового обслуживания (СМО), не перестают быть актуальными и в настоящее время. Теория массового обслуживания развивается, отвечая на усложнение встающих перед ней задач развитием и усложнением используемых математических моделей и методов. В последние десятилетия актуальным является изучение адаптивных управляемых систем массового обслуживания, в которых дисциплина обслуживания подстраивается под изменение параметров внешней среды. Одним из аспектов внешней среды является входящий поток событий. Начиная с 80-х годов прошлого века, в связи с развитием глобальных компьютерных сетей и телекоммуникационных систем, широкое распространение для математического описания информационных потоков сообщений в этих сетях и системах получили дважды стохастические потоки событий.

Одной из модификаций дважды стохастического потока событий является асинхронный МС-поток, рассматриваемый в диссертационной работе. Асинхронный МС-поток характеризуется тем, что его интенсивность является кусочно-постоянным марковским процессом с конечным числом состояний. Асинхронный МС-поток используется в ряде задач проектирования глобальных сетей и телекоммуникационных систем в качестве наиболее адекватной математической модели потоков сообщений.

Для адаптивного управления СМО требуется знать параметры входящего потока. В случае асинхронного МС-потока событий это число состояний, интенсивности состояний и параметры перехода из одного состояния в другое. Задаче оценивания параметров дважды стохастических потоков событий посвящено большое количество научных работ. Однако в этих работах число состояний потока полагается известным, в то время как на практике зачастую входящий поток известен лишь с точностью до структуры (например, асинхронный МС-поток), а все его параметры

неизвестны. Поэтому задача оценивания числа состояний и значений интенсивности асинхронного МС-потока является актуальной.

В диссертационной работе Беккерман Е.Н. предлагаются алгоритмы оценивания числа состояний и значений интенсивности асинхронного МС-потока по наблюдаемой реализации моментов наступления событий.

Общая характеристика диссертации

Диссертация состоит из введения, трех разделов, заключения, списка литературы и трех приложений. Общий объем работы составляет 170 страниц. Список литературы содержит 144 наименования. Иллюстративный материал представлен 38 рисунками. По материалам диссертации автором опубликовано 13 работ, из них 4 статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (из них 1 статья в российском журнале, переводная версия которого индексируется Web of Science).

Во введении дается описание работы, раскрывается актуальность исследуемой проблемы, приводится обзор работ других авторов по изучаемой тематике, формулируется цель, задачи и методология исследования, обосновывается теоретическая и практическая значимость работы, новизна выносимых на защиту результатов.

В первом разделе описывается математическая модель асинхронного МС-потока событий и формулируется задача оценивания числа его состояний. Затем описывается процедура последовательного получения оценок для значений интенсивности потока на всевозможных отрезках времени между наблюдаемыми наступлениями событий потока. Из полученных оценок строится верхнетреугольная матрица оценок. По матрице строится гистограмма оценок, исследуются ее свойства. На основании свойств гистограммы разрабатывается процедура для оценивания числа состояний потока по наблюдениям за моментами наступления событий.

Во втором разделе описывается преобразование матрицы оценок в граф оценок. Описываются свойства этого графа, его связь с матрицей оценок и гистограммой оценок. На основании свойств матрицы, гистограммы и графа оценок формулируется алгоритм отнесения событий наблюдаемого асинхронного МС-потока к интервалам стационарности. Разрабатываются вспомогательные алгоритмы проверки и коррекции отрезков реализации потока, полученных по компонентам связности графа оценок, соответствующим интервалам стационарности. Далее формулируются два алгоритма оценивания числа состояний и значений интенсивности асинхронного МС-потока событий, использующих в качестве начальных

данных информацию об отрезках реализации, отнесенных к определенным интервалам стационарности.

В третьем разделе описывается программное обеспечение, разработанное для экспериментального исследования алгоритмов, предложенных в разделе 2, а также формулируются критерии качества результатов, содержащих оценки числа состояний и значений интенсивности исследуемого потока событий. Также в третьем разделе приведены результаты компьютерных экспериментов с разработанными алгоритмами при различных реализациях асинхронного МС-потока, полученных с помощью имитационной модели. Формулируются практические рекомендации по применению разработанных алгоритмов.

В заключении диссертационной работы, в соответствии с поставленными задачами, перечисляются основные результаты работы.

В приложении А описывается имитационная модель асинхронного МС-потока событий, использованная для исследования алгоритмов, описанного в разделе 3.

В приложении Б представлен пример применения алгоритмов, представленных в разделе 2, к реализации асинхронного МС-потока событий с тремя состояниями.

В приложении В представлен акт о внедрении результатов диссертации в учебный процесс НИ ТГУ.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Новизна полученных результатов работы

Впервые предложен алгоритм оценивания числа состояний асинхронного МС-потока событий. Найден аналитический вид плотности вероятности, описывающей оценку $\hat{\lambda}$ интенсивности асинхронного МС-потока, когда эта оценка рассчитывается по моментам наступления событий в одном интервале стационарности. Исследованы свойства найденной плотности, доказано, что она унимодальная.

Показано, что экстремумы гистограммы оценок, получаемой по реализации асинхронного МС-потока в общем случае, концентрируются в окрестностях искомым значений интенсивности, а число экстремумов сходится к искомому числу состояний потока.

Разработаны алгоритмы, в которых установленные свойства гистограммы оценок используются для отнесения наблюдаемых событий асинхронного МС-потока к интервалам стационарности и для оценки числа состояний потока.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость работы заключается в том, что сформулированы и исследованы алгоритмы оценивания числа состояний асинхронного МС-потока, основанные на отнесении событий потока к интервалам стационарности. Работоспособность алгоритмов базируется на математическом обосновании и алгоритмизации разработанного подхода к задаче отнесения наблюдаемых событий к интервалам стационарности.

Практическая значимость работы состоит в возможности применения ее результатов для анализа потоков событий и проектирования телекоммуникационных систем, спутниковых и компьютерных сетей.

Достоверность и обоснованность основных научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность и обоснованность полученных результатов обеспечивается строгим применением используемого математического аппарата теории вероятностей и случайных процессов, математической статистики, математического анализа, теории графов, и подтверждается результатами численных экспериментов, выполненных в ходе исследования разработанных алгоритмов оценивания параметров асинхронных МС-потоков.

Замечания по диссертационной работе

По диссертации имеется несколько замечаний.

1. В тексте диссертации встречаются описки (см. например, с. 127, 4-я строка снизу, или с. 40, подрисуночная подпись).

2. Обозначение случайной величины часто совпадает в диссертации с обозначением действительной переменной – аргумента соответствующей плотности вероятностей. Это усложняет описание простых операций с плотностями, например, в формулах (1.2.2), (1.2.3) или (1.4.2)–(1.4.4).

3. В работе не приводятся оценки сложности разработанных алгоритмов, хотя бы приближенные. Поэтому при чтении раздела 3 появляется вопрос, не из-за высокой ли сложности вычислений использовались такие короткие (с точки зрения имитационного моделирования) реализации потоков, содержащие не более $N = 5000$ интервалов наступления событий.

4. В любом случае в разделе 3 было бы полезно систематически исследовать с помощью имитационного моделирования сходимость оценок параметров асинхронного МС-потока с ростом N к известным точным значениям этих параметров.

Заключение

Диссертация Беккерман Е.Н. выполнена на высоком научном уровне и является научно-квалификационной работой, результаты которой развивают теорию дважды стохастических потоков. Работа выполнена автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Диссертация Беккерман Е.Н. «Оценивание числа состояний и значений интенсивности асинхронного МС-потока событий» удовлетворяет разделу II Положения о присуждении ученых степеней (утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г.), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности: 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации)».

Официальный оппонент
профессор кафедры «Автоматизированные
системы обработки информации и управления»
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Омский государственный технический университет»,
доктор технических наук
(05.13.18 – Математическое моделирование, численные
методы и комплексы программ),
доцент



Задорожный Владимир Николаевич

« 10 » _____ 05 20 17 г.

Подпись Задорожного Владимира Николаевича заверяю,
Ученый секретарь ученого совета ОмГТУ

Подпись



Немцова Анна Федоровна

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Омский государственный технический университет»
Адрес: 644050, Сибирский федеральный округ,
Омская область, г. Омск, пр. Мира, д. 11;
(3812) 65-26-98; info@omgtu.ru; http://omgtu.ru