

## УТВЕРЖДАЮ

Проректор по НРиИ ТУСУР,

т.н., профессор



Мещеряков Р.В.

февраля 2017 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации - федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» на диссертационную работу Соловьева Александра Александровича «Оценивание состояний и длительности мертвого времени в MAP-поток событий», представленную к защите в Диссертационном Совете 212.267.12, созданном на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», 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**

В диссертационной работе А. А. Соловьева исследуется MAP-поток событий, относящийся к классу дважды стохастических потоков событий. В дважды стохастических потоках интенсивность изменяется во времени по некоторому случайному закону и является случайным процессом. В зависимости от вида случайного процесса дважды стохастические потоки разделяются на два класса: интенсивность потоков является непрерывным случайным процессом; интенсивность потоков является кусочно-постоянным случайным процессом с конечным числом состояний. В диссертации А. А. Соловьева исследуются потоки второго класса, которые называют также либо дважды стохастическими потоками, либо МС-потоками, либо MAP-потоками. В зависимости от того, как происходит переход из состояния в состояние, МС-потоки можно разделить на три типа: синхронные потоки событий – потоки с интенсивностью, для которой переход из состояния в состояние происходит в случайные моменты времени, являющиеся моментами наступления событий; асинхронные потоки событий – потоки с интенсивностью, для которой переход из состояния в состояние происходит в случайные моменты времени и не зависит от моментов наступления событий; полусинхронные потоки событий – потоки, у которых для одного множества состояний справедливо определение первого типа, а для остальных

состояний справедливо определение первого типа, а для остальных состояний справедливо определение второго типа. Синхронные, асинхронные и полусинхронные потоки возможно представить в виде моделей МАР-потоков событий (Markovian Arrival Process). Дважды стохастические потоки событий являются моделями сетевого трафика (интенсивность сетевого трафика изменяется в зависимости от объема передаваемой информации), моделями транспортного трафика (в зависимости от времени суток интенсивность движения на дорогах будет разная) и т. п.

При исследовании дважды стохастических потоков событий выделяются два класса задач: задача фильтрации интенсивности потока (или задача оценивания состояний потока событий); задача оценивания параметров потока. В настоящее время наиболее распространенной моделью потоков событий является МАР-поток, поэтому автор выделил актуальную область исследования: оценивание состояний и длительности мертвого времени в МАР-потоке по наблюдениям за моментами времени наступлений событий потока. В диссертации А. А. Соловьева представлено аналитическое и численное исследование МАР-потока событий, функционирующего в условиях отсутствия и наличия непродлевающегося мертвого времени.

### **Общая характеристика диссертации**

В диссертационной работе автором решены следующие задачи:

- аналитическое исследование МАР-потока событий в условиях отсутствия мертвого времени и в условиях наличия мертвого времени;
- разработка алгоритмов оценивания состояний и длительности мертвого времени;
- реализация на ЭВМ программы имитационного моделирования МАР-потока событий, а также алгоритмов оценивания состояний МАР-потока и длительности мертвого времени;
- постановка статистических экспериментов с помощью имитационной модели МАР-потока в условиях наличия и отсутствия мертвого времени с целью установления качества получаемых оценок.

Диссертация состоит из введения, трех разделов, заключения, списка использованных источников и литературы и пяти приложений. Общий объем диссертации составляет 185 страницы, включая приложения; иллюстративный материал представлен 16 рисунками (из них 4 в приложениях) и 18 таблицами; список использованных источников и литературы содержит 208 наименований.

### **Основные результаты диссертации**

1. Аналитическое решение задачи оптимальной оценки состояний МАР-потока (в условиях отсутствия мертвого времени) по наблюдениям за моментами наступления событий МАР-потока и алгоритм оптимальной оценки состояний МАР-потока при отсутствии мертвого времени.

2. Аналитическое решение задачи оптимальной оценки состояний в МАР-потоке, функционирующем в условиях мертвого времени, по наблюдениям

за моментами наступления событий наблюдаемого потока и алгоритм оптимальной оценки состояний МАР-потока при наличии мертвого времени.

3. Аналитическое решение задачи оценки длительности мертвого времени в МАР-потоке, функционирующем в условиях мертвого времени, по наблюдениям за моментами наступления событий наблюдаемого потока и алгоритмы оценки длительности мертвого времени в МАР-потоке, функционирующем в условиях мертвого времени.

4. Исследование качества полученных оценок, реализованных на основе имитационной модели МАР-потока и разработанных алгоритмов оценки состояний потока в условиях отсутствия мертвого времени (полная наблюдаемость) и оценки состояний и длительности мертвого времени в МАР-потоке, функционирующем в условиях наличия мертвого времени (частичная наблюдаемость).

#### **Научная новизна исследования**

Научная новизна работы состоит в оригинальном решении задач оптимального оценивания состояний МАР-потока при отсутствии непродлевающегося мертвого времени либо при наличии непродлевающегося мертвого времени и решении задачи оценивания длительности мертвого времени в МАР-потоке событий по наблюдениям за моментами наступления событий потока.

**Теоретическая и практическая значимость полученных автором диссертации результатов.** Теоретическая значимость работы состоит в полученных автором аналитических формулах для апостериорных вероятностей МАР-потока событий. На основе полученных формул разработан алгоритм оптимальной оценки состояний, основанный на методе максимума апостериорной вероятности, для МАР-потока событий, функционирующего при отсутствии непродлевающегося мертвого времени и при наличии непродлевающегося мертвого времени. Получены в явном виде аналитические формулы для плотности вероятности значений длительности интервала между моментами наступления соседних событий МАР-потока и совместной плотности вероятности значений длительности двух соседних интервалов при отсутствии и при наличии мертвого времени. При наличии мертвого времени данные формулы позволяют получить оценку длительности мертвого времени в МАР-потоке событий.

Результаты, полученные в данной работе, существенно дополняют теорию дважды стохастических потоков событий.

Практическая значимость заключается в использовании полученных в работе результатов для моделирования систем массового обслуживания и адаптации их к реальным условиям. Используя сформулированные в диссертации алгоритмы можно в текущий момент времени определить состояние входящего МАР-потока событий и скорректировать дисциплину обслуживания. Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы также для проектирования телекоммуникационных сетей связи, спутниковых сетей связи, при исследовании физических экспериментов, в которых присутствует фактор мертвого времени.

Полученные результаты могут быть использованы в учебном процессе Сибирского федерального университета, Новосибирского государственного университета, Российского университета дружбы народов, Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. Результаты диссертационной работы рекомендуются для использования в Институте проблем управления РАН, Институте проблем передачи информации РАН, Институте прикладной математики Дальневосточного отделения РАН и проектных организациях, занимающихся исследованием информационно-телекоммуникационных систем и функционирующих в них случайных процессов и потоков событий.

Диссертационная работа связана с выполнением нескольких научных проектов:

– госзадание Минобрнауки России на проведение научных исследований в Национальном исследовательском Томском государственном университете на 2012–2013 гг.: «Разработка и исследование вероятностных, статистических и логических моделей компонентов интегрированных информационно-телекоммуникационных систем обработки, хранения, передачи и защиты информации» № 8.4055.2011, номер госрегистрации 01201261193;

– научно-исследовательская работа в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности на 2014–2015 гг.: «Исследование и разработка вероятностных, статистических и логических методов и средств оценки качества компонентов телекоммуникационных систем» № 2.739.2014/К, номер госрегистрации 114071440030;

– научно-исследовательская работа в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности Минобрнауки РФ № 1.511.2014/К «Исследование математических моделей информационных потоков, компьютерных сетей, алгоритмов обработки и передачи данных» (2016 г.).

Результаты диссертационной работы Соловьева А. А. используются в учебном процессе на факультете прикладной математики и кибернетики (ФПМК) Томского государственного университета при разработке курсов лекций образовательных дисциплин «Марковские системы массового обслуживания» и «Имитационное моделирование» для студентов бакалавриата 4-го курса ФПМК и дисциплины «Методы идентификации и оценки параметров телекоммуникационных потоков» для магистрантов 2-го курса ФПМК.

**Достоверность основных научных положений, выводов и рекомендаций** в диссертационной работе Соловьева А. А. подтверждается корректным применением используемого математического аппарата, корректностью методик исследования и проведенных расчетов, многочисленными статистическими экспериментами, реализованными на имитационной модели MAP-потока как при отсутствии непродлевающегося мертвого времени, так и при его наличии, а также согласованностью результатов диссертации с результатами, полученными другими авторами.

### **Публикации и апробация результатов исследования**

По материалам диссертации автором опубликовано 14 работ, из них 8 статей 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 4 статьи в изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus), 6 публикаций в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций.

### **Правильность оформления диссертации и автореферата, соответствие автореферата диссертации её содержанию**

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с принятыми для научных квалификационных работ нормами и требованиями. Автореферат адекватно и в полной мере отражает основные научные результаты и положения, сформулированные в тексте диссертации.

### **Замечания по диссертационной работе:**

1. В диссертации не приведены обоснования выбранной модели МАР-потока событий и типа «мертвого» времени, для которых получены результаты в диссертационной работе. Что необходимо для оценки практической значимости полученных результатов.

2. В работе отсутствуют примеры конкретных практических задач, для решения которых можно использовать полученные результаты. Практическая значимость результатов работы сформулирована неубедительно. Это подтверждает и единственный акт об их внедрении в учебный процесс.

3. Полученные в разделе 2 оценки максимального правдоподобия являются только асимптотически несмещенными, поэтому необходимо правильно задавать объем выборочных данных при их использовании. Однако в работе отсутствуют рекомендации по выбору этого параметра, которые можно было бы получить из результатов численного эксперимента.

4. В разделе 3 рассмотрены численные эксперименты, для корректной интерпретации результатов которых необходимо учитывать их точность, о которой в работе ничего не говорится. При этом автор не обосновывает объем выборочных данных при проведении расчетов, а задает его равным 100 (стр. 144).

5. В таблицах 3.11-3.18 приведены результаты численного эксперимента с очень высокой (избыточной) степенью точности. Не понятно как это соотносится с точностью результатов численного моделирования, без учета которой анализируются значения разностей вариаций оценок и делается вывод об их качестве (эффективности).

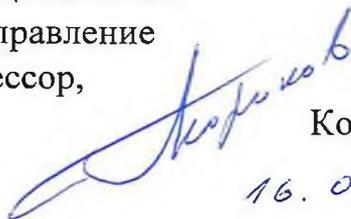
Указанные недостатки не влияют на положительную оценку диссертации в целом. Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, автором получен ряд новых результатов, представляющих интерес для теории дважды стохастических потоков событий.

## Заключение

Диссертация А. А. Соловьева «Оценивание состояний и длительности мертвого времени в MAP-потоке событий», представленная 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), является законченной научно-квалификационной работой, соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор Соловьев Александр Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по указанной специальности.

Отзыв на диссертацию заслушан, обсужден и одобрен на заседании научно-технического семинара кафедры автоматизированных систем управления ТУСУР (протокол № 5 от 16 февраля 2017 г.)

Заведующий кафедрой АСУ ТУСУР  
доктор технических наук по специальности  
05.13.01 – Системный анализ, управление  
и обработка информации, профессор,  
заслуженный деятель науки РФ



Кориков Анатолий Михайлович

16.02.17

Профессор кафедры АСУ ТУСУР  
доктор физико-математических наук  
по специальности 01.04.05 – Оптика,  
профессор



Астафуров Владимир Глебович

Подписи профессоров А.М. Корикова и В.Г. Астафурова заверяю:

Ученый секретарь ТУСУРа



Е.В. Прокопчук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ФГБОУ ВО ТУСУР)

Адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40

<http://tusur.ru>

Тел.: (3822) 51-05-30

E-mail: [office@tusur.ru](mailto:office@tusur.ru)