

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента на диссертационную работу Соловьева Александра Александровича «Оценивание состояний и длительности мертвого времени в МАР-потоке 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**

В настоящее время актуальными задачами теории массового обслуживания является анализ функционирования современных систем передачи, обработки и хранения информации, решение оптимизационных задач в социально-экономической сфере, построение адаптивных управляемых систем массового обслуживания (УСМО) в производстве, при реализации товаров и услуг.

Выбор структуры системы массового обслуживания (СМО) осуществляется на основе исследования входящих в систему и выходящих из нее потоков событий, длительности ожидания и длин очередей. Для адаптации СМО к реальным условиям, необходимо знать интенсивность входящих потоков событий, которая случайно изменяется со временем. Математической моделью таких потоков событий могут выступать дважды стохастические потоки событий, в которых случайными являются интенсивность и моменты наступления событий. На практике одним из искажающих факторов при оценке состояния потоков событий выступает мертвое время регистрирующих приборов, что влечет за собой потери сообщений реальных потоков. В связи с этим исследование различных моделей дважды стохастических потоков событий, решение задач по оцениванию состояний и длительности мертвого времени, являются актуальными.

Диссертационная работа Соловьева А.А. посвящена исследованию МАР-потока событий, а также разработке алгоритмов оптимальной оценки состояний МАР-потока событий, учитывающих фактор мертвого времени, и разработке алгоритмов оценивания длительности мертвого времени.

## **Общая характеристика диссертации**

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

*Во введении* описаны различные модели дважды стохастических потоков событий, произведена постановка задачи, приведены аргументы актуальности темы исследования. Автором в полной мере произведен обзор работ, посвященных исследованию потоков событий, интенсивностью которых является кусочно-постоянный, либо непрерывный случайный процесс.

*Раздел 1* посвящен оптимальному оцениванию состояний МАР-потока событий при отсутствии и наличии непродлевающегося мертвого времени фиксированной длительности. В рамках разработки алгоритмов оптимальной оценки состояний МАР-потока событий, произведено его аналитическое исследование. Получены в явном виде формулы для апостериорных вероятностей, формула для плотности вероятности длительности интервалов между соседними событиями в наблюдаемом потоке, для случая отсутствия мертвого времени. Оценивание состояний осуществляется по методу максимума апостериорной вероятности. В целом задача по оцениванию состояний МАР-потока событий в первом разделе решена полностью.

*Раздел 2* посвящен оцениванию длительности мертвого времени в МАР-потоке событий. В общем случае рассматриваемый в диссертационной работе МАР-поток событий является коррелированным, в подразделе 2.3.1 сформулированы условия его рекуррентности. Одним из рассмотренных методов оценки длительности мертвого времени, является метод максимального правдоподобия. Для построения целевой функции,  $k$ -мерную совместную плотность вероятности МАР-потока событий, автор представляет в виде произведения одномерных плотностей. В этом случае допускается некоторая погрешность метода. Полученная при этом оценка максимального правдоподобия, равная минимальному интервалу между соседними событиями наблюдаемого потока, получается всегда смещенной. Несмещенность оценки реализуется только в асимптотическом случае, когда интервал наблюдения за потоком стремится к бесконечности. Вторым методом нахождения оценки длительности мертвого времени является модифицированный метод моментов, с его использованием разработан алгоритм нахождения единственной оценки

длительности мертвого времени. Описанные в разделе 2 методы дают аналитическое решение задачи по нахождению оценки длительности мертвого времени без привлечения численных методов.

*Раздел 3* посвящен исследованию численных результатов статистических экспериментов. Используя имитационную модель МАР-потока событий, на основе алгоритмов оценивания состояний наблюдаемого потока и алгоритмов нахождения оценки длительности мертвого времени, приведенных в разделе 1 и разделе 2, поставлены статистические эксперименты. Из анализа полученных численных результатов сделаны выводы о достаточно высоком качестве получаемых оценок.

*В заключении* сформулированы основные результаты диссертации. Сделаны выводы о возможности применения разработанных алгоритмов при проектировании информационных систем, телекоммуникационных систем и сетей связи.

*В приложениях А и Б* приведено описание работы имитационной модели МАР-потока событий для варианта отсутствия и наличия мертвого времени. *В приложениях В и Г* приведено описание работы алгоритмов оптимального оценивания состояний наблюдаемого потока.

### **Научная новизна основных положений и выводов диссертации**

К наиболее важным новым научным результатам диссертационной работы Соловьева А. А. следует отнести:

- 1) явные виды аналитических формул для апостериорных вероятностей состояний МАР-потока событий, для случаев отсутствия и наличия мертвого времени;
- 2) явные виды плотности вероятности значений длительности интервала между моментами наступления соседних событий МАР-потока, для случаев отсутствия и наличия мертвого времени;
- 3) явные виды совместной плотности вероятности значений длительности двух соседних интервалов в условиях отсутствия и наличия мертвого времени;
- 4) алгоритмы оптимального оценивания состояний МАР-потока событий, для случаев отсутствия и наличия мертвого времени;
- 5) аналитические формулы для оценки длительности мертвого времени.

## **Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов.**

Теоретическая значимость работы состоит в следующих существенных для развития теории дважды стохастических потоков событий результатах, полученных в диссертации:

1) аналитически решена задача оптимального оценивания состояний МАР-потока событий по наблюдениям за моментами наступления событий, для случаев отсутствия и наличия непродлевающегося мертвого времени; разработанные алгоритмы обеспечивают минимум полной (безусловной) вероятности принятия ошибочного решения о состоянии потока.

2) исследован режим функционирования МАР-потока событий при наличии мертвого времени; получены аналитические оценки длительности мертвого времени методом максимального правдоподобия и модифицированным методом моментов, позволяющие оценить среднее количество потерянных событий на интервале наблюдения за потоком.

Практическая ценность работы состоит в возможности использования разработанных алгоритмов оценивания состояний и длительности мертвого времени МАР-потока событий в задачах анализа и проектирования информационно-вычислительных систем, телекоммуникационных и компьютерных сетей, а также для обработки результатов физических экспериментов, осложненных наличием мертвого времени регистрирующих приборов.

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

Достоверность и обоснованность полученных в диссертационной работе Соловьева А. А. результатов подтверждается использованием известных методов исследования, строгим применением математического аппарата, а также подтверждается результатами статистических экспериментов. Основные результаты диссертационной работы отражены в 14-и публикациях, в том числе 8 рецензируемых научных изданий из списка ВАК. Автор принимал участие в 6 международных и в одной всероссийской конференции, на которых докладывались о обсуждались результаты, приведенные в диссертации.

### **Замечания по диссертационной работе.**

По диссертации имеется несколько замечаний:

1) Во введении диссертации приведен тип мертвого времени – продлевающееся мертвое время. В работе не рассмотрен МАР-поток событий при продлевающемся мертвом времени; автору, по крайней мере, нужно было бы отметить причины, по которым данной задаче не было уделено внимание.

2) В рамках диссертационной работы поставлены статистические эксперименты, реализованные на имитационной модели; интересно было бы проанализировать работу алгоритмов на реальных потоках, функционирующих, например, в телекоммуникационных системах.

3) В работе рассматривается ситуация, когда МАР-поток имеет два состояния; понятно, что при произвольном числе состояний задача аналитического исследования усложняется, тем не менее, в работе можно было бы отметить, какие трудности возникают при рассмотрении общего случая – произвольного числа состояний.

4) В работе не приведена формула совместной плотности вероятности для МАР-потока событий в условиях отсутствия мертвого времени, а сделана только ссылка на публикацию автора в соавторстве с научным руководителем, где она определена.

5) В работе имеются мелкие огрехи – опечатки на стр. 29, 42, 70, 71, 105, 106, 134.

6) В формуле (1.2.10) символ  $a$  используется для обозначения параметра  $a = 1/[1 - P_0(\lambda_1 | \lambda_2)P_0(\lambda_2 | \lambda_1)]$ , а в (1.3.7)  $a$  используется для обозначения другого параметра.

Сделанные замечания не оказывают существенного влияния на общую положительную оценку.

### **Заключение.**

Диссертация Соловьева А.А. выполнена на высоком научном уровне и является научно-квалификационной работой, результаты которой существенно 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 Соловьева А. А. «Оценивание состояний и длительности мертвого времени в МАР-потоке событий» удовлетворяет разделу II

Положения о присуждения 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  
заведующий лабораторией Федерального  
государственного бюджетного учреждения  
науки Института проблем управления  
им. В.А. Трапезникова Российской  
академии наук, доктор технических наук  
(специальность 05.13.13 – Вычислительные  
машины, комплексы, системы и сети),  
профессор

Вишневский Владимир Миронович

28 февраля 2017 года

Подпись  В.М.  
ЗАВЕРЯЮ  
ВЕД. ИНЖЕНЕР  
Дворковская Ф.Г. 

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук

Адрес: 117997, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65.

www.ipu.ru

Тел.: 8 (495) 3347591

E-mail: [vishn@inbox.ru](mailto:vishn@inbox.ru)

лаборатория № 69 «Управление сетевыми системами»