

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертационную работу Бахолдиной Марии Алексеевны
«Оценка состояний и длительности мертвого времени
в модулированном обобщенном полусинхронном 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. При проектировании и создании информационно-вычислительных и телекоммуникационных сетей связи актуальна задача расчета характеристик качества функционирования компонентов сетей. При этом необходимо учитывать целый ряд важных особенностей функционирования современных сетей связи, таких как коррелированный характер входящих потоков пакетов, ограниченность буферной памяти базовых станций, возможность потери пакетов и пр. Математическими моделями таких систем могут выступать потоки с переменной интенсивностью или дважды стохастические потоки событий (DSPPs). Дважды стохастические потоки описывают входящие потоки событий с учетом двух случайностей: числом событий на любом рассматриваемом интервале функционирования потока и случайным процессом – интенсивностью потока.

На практике наиболее рациональным является применение адаптивных систем массового обслуживания, которые в процессе функционирования оценивают неизвестные параметры состояния входящих потоков и изменяют дисциплину обслуживания в соответствии с полученными оценками. Поэтому при реализации адаптивного управления возникает необходимость в исследовании дважды стохастических потоков событий и решении задач фильтрации интенсивности и оценивания неизвестных параметров потока по наблюдениям за моментами наступления событий. Особенностью рассматриваемого в диссертации класса систем является наличие участков ненаблюдаемости потока, так называемого «мертвого времени». Наличие мертвого времени отрицательно сказывается на качестве оценивания и приводит к потере событий. Таким образом, решение задач, связанных с оценкой состояний и параметров дважды стохастических потоков событий в условиях полной и неполной наблюдаемости, является актуальным направлением исследований в теории массового обслуживания.

Содержание работы. Диссертация состоит из введения, трех разделов, заключения, списка использованных источников и литературы, трех приложений. Общий объем диссертации составляет 199 страниц, включая приложения. Список использованных источников и литературы содержит 190 наименований.

Во *введении* обосновывается актуальность выбранной проблематики, приводится обзор предшествующих исследований.

В *первом разделе диссертации* решена задача оптимального оценивания состояний модулированного обобщенного полусинхронного потока событий, интенсивность которого представляет собой принципиально ненаблюдаемый случайный процесс (скрытый марковский процесс) с двумя состояниями. Рассмотрены два варианта функционирования потока событий: 1) в условиях полной наблюдаемости (в условиях отсутствия мертвого времени) и 2) в условиях неполной наблюдаемости (в условиях наличия непродлевающегося мертвого времени).

Получены выражения, определяющие поведение апостериорной вероятности первого состояния модулированного обобщенного полусинхронного потока событий при его полной наблюдаемости. Предложен алгоритм оптимального оценивания состояний потока при его полной наблюдаемости, использующий в качестве решающего правила критерий максимума апостериорной вероятности. Этот критерий представляет наиболее полную характеристику состояний потока, которую можно получить, располагая только выборкой наблюдений, и обеспечивает минимум полной вероятности ошибки при вынесении решения о состоянии потока. Для случая отсутствия мертвого времени получены в явном виде плотность вероятности значений длительности интервала между соседними событиями потока и совместная плотность вероятности значений длительности смежных интервалов между соседними событиями в потоке, найдены условия рекуррентности рассматриваемого потока событий, а также формулы для условной и безусловной вероятности вынесения ошибочного решения при оценивании состояний потока.

Рассмотрен случай оценивания состояний модулированного обобщенного полусинхронного потока событий при его неполной наблюдаемости. Получены формулы для расчета апостериорной вероятности на полуинтервалах мертвого времени и в моменты окончания периодов мертвого времени. Разработан алгоритм оптимального оценивания состояний потока событий при его неполной наблюдаемости на основании наблюдений за моментами наступлений событий в потоке.

Во *втором разделе диссертации* решена задача оценивания длительности мертвого времени по наблюдениям за моментами наступления событий в рассматриваемом потоке в условиях его неполной наблюдаемости. Параметры потока полагаются известными, длительность мертвого времени T неизвестна. Оценка периода мертвого времени получена методом максимального правдоподобия и модифицированным методом моментов по выборке моментов наступления событий в потоке, зарегистрированных за

время наблюдения. Разработан алгоритм нахождения единственной оценки длительности мертвого времени, основанный на модифицированном методе моментов. С учетом эффекта мертвого времени найдены явный вид плотности вероятности значений длительности интервала между моментами наступления соседних событий в наблюдаемом потоке, а также явный вид совместной плотности вероятности значений длительности двух смежных интервалов между событиями в наблюдаемом потоке. Установлен важный с теоретической и практической точек зрения факт, что модулированный обобщенный полусинхронный поток событий является коррелированным потоком. Найдены условия рекуррентности наблюдаемого потока событий. Установлено, что условия факторизации совместной плотности вероятности идентичны для случаев отсутствия и наличия мертвого времени.

В третьем разделе диссертации разработаны алгоритмы имитационного моделирования модулированного обобщенного полусинхронного потока событий при полной наблюдаемости и в условиях непродлевающего мертвого времени. Приведены результаты статистических экспериментов по оценке состояний и длительности мертвого времени в модулированном обобщенном полусинхронном потоке событий. При больших объемах выборки моментов наступления событий в наблюдаемом потоке подтверждено, что оценка, полученная методом максимального правдоподобия, ближе к истинному значению мертвого времени по сравнению с оценкой, полученной модифицированным методом моментов, что хорошо согласуется с классической теорией.

В заключении сформулированы основные теоретические и практические результаты исследования.

В приложении А описана имитационная модель потока, учитывающая отсутствие или наличие эффекта мертвого времени; *в приложении Б* приведен алгоритм оптимального оценивания состояний потока.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Новизна полученных результатов. В диссертационной работе Бахолдиной М.А. получены следующие новые научные результаты:

- 1) аналитическое решение задачи оптимальной оценки состояний модулированного обобщенного полусинхронного потока событий при его полной наблюдаемости, а также алгоритм решения этой задачи с использованием полученных формул (1.2.17) – (1.2.19);
- 2) аналитическое решение задачи оптимальной оценки состояний модулированного обобщенного полусинхронного потока событий при наличии мертвого времени, а также алгоритм решения этой задачи с использованием полученных формул (1.2.17) – (1.2.19), (1.7.1), (1.7.3);

3) аналитическое решение задачи оценивания длительности мертвого времени в модулированном обобщенном полусинхронном потоке событий, функционирующем в условиях непродлевающегося мертвого времени, а также алгоритмы решения этой задачи с использованием формул, полученных методом максимального правдоподобия и модифицированным методом моментов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Достоверность основных положений и выводов подтверждается корректным обоснованием, строгими математическими доказательствами формулируемых утверждений, а также многочисленными статистическими экспериментами, проведенными на имитационной модели модулированного обобщенного полусинхронного потока событий.

Теоретическое и практическое значение. Диссертация Бахолдиной М.А. носит преимущественно теоретический характер. Автором найдены аналитические решения задачи построения оценки состояний модулированного обобщенного полусинхронного потока событий и задачи построения оценки длительности мертвого времени. Полученные теоретические результаты могут быть использованы для оценивания состояний и параметров дважды стохастических потоков событий в условиях полной и неполной наблюдаемости. Важно, что полученные теоретические результаты допускают численную реализацию с помощью соответствующих алгоритмов. Разработанные алгоритмы и программы оценивания состояний и длительности мертвого времени модулированного обобщенного полусинхронного потока могут быть использованы в задачах проектирования систем массового обслуживания, в частности при моделировании информационных потоков заявок, функционирующих в телекоммуникационных и информационно-вычислительных сетях связи.

Результаты диссертационной работы Бахолдиной М.А. являются новыми, материалы диссертации достаточно полно опубликованы в научных журналах и прошли хорошую апробацию на конференциях международного и всероссийского уровня. По материалам диссертации автором опубликовано 22 работы, из них 12 статей в рецензируемых изданиях из списка, рекомендованного ВАК РФ, и входящих в международную базу научного цитирования Web of Science и Scopus.

Замечания по работе. По диссертации Бахолдиной М.А. можно высказать следующие замечания.

1) Было бы более правильным ввести сокращенное название модулированного обобщенного полусинхронного потока событий как «поток» или «поток событий» не в подразделе 1.1 (с. 32), а во введении к

- диссертации при первом упоминании о потоке (с. 16, второй абзац), что позволило бы сократить формулировки предложений во введении.
- 2) Логично расположить формулу (1.7.4) (пункт 1.7.2 диссертации, с. 80) на с. 78 (третий абзац) по ходу вывода формул для апостериорных вероятностей состояний потока при его неполной наблюдаемости и в пункте 1.7.2 (шаг 7 алгоритма) сделать ссылку на данную формулу.
 - 3) Формулы (1.4.12), (2.2.10), определяющие плотности вероятности значений длительности интервала между соседними событиями потока, по виду напоминают плотности гиперэкспоненциального распределения, однако, коэффициент γ ($\gamma(T)$) может быть меньше нуля либо больше единицы, и в общем случае плотности (1.4.12), (2.2.10) не являются плотностями гиперэкспоненциального распределения. Считаю, что дополнительно можно было бы найти области изменения параметров потока, при которых данные плотности становятся гиперэкспоненциальными.
 - 4) В диссертации и автореферате не приведены сведения о том, зарегистрированы ли разработанные алгоритмы и программы в виде патентов или свидетельств о государственной регистрации алгоритмов и программ для ЭВМ.
 - 5) В работе присутствуют опечатки, также есть замечания редакционного характера.

Несмотря на вышеуказанные замечания, хочется отметить высокий уровень математической теоретической подготовки автора и ее умение использовать методы исследования случайных процессов для решения поставленных задач.

Общее заключение. Диссертационная работа Бахолдиной Марии Алексеевны «Оценка состояний и длительности мертвого времени в модулированном обобщенном полусинхронном потоке событий» соответствует пункту 9 Положения о присуждении ученых степеней: является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи оптимального оценивания состояний модулированного обобщенного полусинхронного потока событий в условиях полной наблюдаемости и при наличии непродлевающегося мертвого времени фиксированной длительности, а также задачи оценивания периода мертвого времени в рассматриваемом потоке событий, имеющих значение для развития теории дважды стохастических потоков событий.

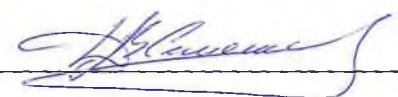
Содержание диссертационной работы соответствует п. 1 «Теоретические основы и методы системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации», п. 4 «Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации,

управления, принятия решений и обработки информации» паспорта специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации.

Считаю, что диссертационная работа Бахолдиной Марии Алексеевны «Оценка состояний и длительности мертвого времени в модулированном обобщенном полусинхронном потоке событий» удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям 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), а Бахолдина М.А. заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент

доцент кафедры высшей и прикладной математики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет», кандидат физико-математических наук (специальность 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации), доцент



Семенова Дарья Владиславовна
E-mail: dariasdv@gmail.com

16 декабря 2016 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет»

Адрес: 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, д. 79/10

Тел: +7 (391) 206-21-48, сайт: <http://www.sfu-kras.ru>, E-mail: office@sfu-kras.ru

