

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор - Проректор по научной работе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов», доктор философских наук, профессор



Н.С. Кирабаев

«21» ноября 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» на диссертационную работу Бахолдиной Марии Алексеевны

«Оценка состояний и длительности мертвого времени в модулированном обобщенном полусинхронном потоке 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 М.А. Бахолдиной исследуется модулированный обобщенный полусинхронный поток событий, относящийся к классу дважды стохастических потоков событий. Основной целью автора является аналитическое исследование потока событий, решение задачи оценивания состояний потока в произвольный момент времени и задачи оценивания длительности мертвого времени по наблюдениям за моментами наступления событий в потоке.

При исследовании и изучении систем массового обслуживания приходится иметь дело с потоками переменной интенсивности, причем изменения интенсивности, как правило, носят случайный характер. В литературе подобные входящие потоки событий называют дважды стохастическими потоками (в англоязычной литературе «Doubly Stochastic Poisson Process»), МАР-потоками (Markovian Arrival Process) или МС-потоками (Markov Chain) событий. Данные потоки можно охарактеризовать двумя случайностями: первая случайность – число событий на любом рассматриваемом интервале функционирования потока; вторая

случайность – процесс $\lambda(t)$, называемый интенсивностью потока. Дважды стохастические потоки событий, интенсивность которых есть кусочно-постоянный случайный процесс с конечным числом состояний, наиболее характерны для реальных телекоммуникационных и информационно-вычислительных сетей связи. Впервые и независимо они были введены в рассмотрение в работах Г.П. Башарина, В.А. Кокотушкина, В.А. Наумова и М. Ньютса в 1979 году. В зависимости от того, каким образом происходит переход интенсивности из состояния в состояние, данные потоки событий можно разделить на три типа: синхронные, асинхронные и полусинхронные потоки. В последние три десятилетия исследования дважды стохастических потоков событий и систем массового обслуживания с входящими дважды стохастическими потоками событий проводились и проводятся известными российскими и зарубежными ученым. Однако большая часть работ посвящена исследованию систем, которые функционируют, во-первых, в предположении, что параметры входящего потока известны, во-вторых, в условиях полной наблюдаемости, когда все события входящего потока доступны наблюдению. На практике параметры, определяющие входящий поток событий, могут быть неизвестны либо известны частично. Также необходимо учитывать возможность наличия мертвого времени у регистрирующего прибора, которое влечет за собой ненаблюдаемость части событий входящего потока и искажает картину наблюдений за потоком событий. В связи с этим актуальными задачами являются аналитическое и численное исследование различных моделей дважды стохастических потоков событий, в частности фильтрация интенсивности входящих потоков событий (или оценка состояний потока в текущий момент времени) и оценка неизвестных параметров потока.

Общая характеристика диссертации. В диссертационной работе решаются следующие задачи: 1) аналитическое исследование модулированного обобщенного полусинхронного потока событий в условиях полной наблюдаемости и при наличии непродлевающегося мертвого времени; 2) построение оценок состояний и длительности мертвого времени в потоке событий; 3) разработка алгоритмов оценивания состояний и длительности мертвого времени в потоке событий и программная реализация алгоритмов; 4) проведение статистических экспериментов на имитационной модели потока с целью установления качества получаемых оценок состояний и длительности мертвого времени.

Диссертация Бахолдиной М.А. состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы. Текст работы изложен на 199 страницах. Список литературы включает 190 наименований.

Во введении автор дает краткую историческую справку, раскрывает актуальность темы исследования, приводит подробный обзор работ других авторов по изучаемой тематике, формулирует цели и задачи исследования, излагает методологию исследования, обосновывает теоретическую и практическую значимость диссертации, а также научную новизну полученных результатов.

В первом разделе диссертации автором решена задача оптимального оценивания состояний модулированного обобщенного полусинхронного потока событий, рассматриваются два варианта функционирования потока: 1) в условиях полной наблюдаемости (мертвое время отсутствует); 2) в условиях частичной наблюдаемости (при наличии мертвого времени длительности T). Интенсивность модулированного обобщенного полусинхронного потока событий представляет собой принципиально ненаблюдаемый марковский случайный процесс $\lambda(t)$, то есть состояние потока в любой момент времени t является неизвестным. Наблюдению доступны только временные моменты $t_1, t_2, \dots$ наступления событий потока, параметры потока $\lambda_1, \lambda_2, \rho, \beta, \alpha, \delta$ полагаются известными. Для решения задачи оценивания состояний потока в момент окончания наблюдений находятся выражения для расчета апостериорных вероятностей состояний потока событий. Согласно критерию максимума апостериорной вероятности сформулированы алгоритм оптимального оценивания состояний потока в условиях отсутствия мертвого времени и алгоритм оптимального оценивания состояний потока в условиях наличия мертвого времени на основании наблюдений за моментами наступлений событий в потоке. Отметим, что использование критерия максимума апостериорной вероятности обеспечивает минимум полной вероятности ошибки при принятии решения о состоянии процесса $\lambda(t)$.

Для случая отсутствия мертвого времени автором получены формулы для плотности вероятности значений длительности интервала между соседними событиями потока и совместной плотности вероятности значений длительности смежных интервалов между соседними событиями в потоке. Сделан вывод о коррелированности потока в общем случае, найдены условия, при которых поток событий становится рекуррентным.

Во втором разделе диссертации автором решается задача оценивания длительности мертвого времени по наблюдениям за моментами наступления событий в модулированном обобщенном полусинхронном потоке, функционирующем в условиях неполной наблюдаемости. Параметры потока полагаются известными, длительность мертвого времени T неизвестна.

В рамках решения данной задачи находится 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, учитывающие эффект мертвого времени. Показано, что наблюдаемый поток событий в общем случае является коррелированным потоком. Сформулированы условия, при которых наблюдаемый поток событий становится рекуррентным.

Получена аналитическая оценка длительности мертвого времени методом максимального правдоподобия. В диссертации выписана совместная n -мерная плотность $p_T(\tau_1, \dots, \tau_n)$ в виде произведения одномерных плотностей $p_T(\tau^{(k)})$,

$k = \overline{1, n}$ для случая коррелированного наблюдаемого потока методом максимального правдоподобия. Поставлена оптимизационная задача, решением которой является оценка длительности мертвого времени $\hat{T} = \tau_{\min}$, $\tau_{\min} = \min \tau_k$ ($k = \overline{1, n}$).

Для учета коррелированности потока событий найдена аналитическая оценка длительности мертвого времени по наблюдениям за моментами наступления событий в наблюдаемом потоке модифицированным методом моментов. Модификация метода моментов заключается, во-первых, в использовании специального вида уравнения моментов; во-вторых, в использовании в качестве оценки значения $\hat{T}_{MM} = \tau_{\min}$ в случае, когда метод моментов дает оценку, выходящую за пределы рассматриваемого отрезка $[0, \tau_{\min}]$.

В третьем разделе диссертации приведены результаты статистических экспериментов по оценке состояний и длительности мертвого времени в модулированном обобщенном полусинхронном потоке событий. Для исследования качества оценивания состояний потока событий и длительности мертвого времени проведен ряд статистических экспериментов на имитационной модели потока событий. Также проведен статистический эксперимент для сравнения получаемых по наблюдениям за моментами наступления событий в потоке оценок длительности мертвого времени методом максимального правдоподобия и модифицированным методом моментов.

В заключении к работе приводятся основные результаты и выводы.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором диссертации результатов. Теоретическая значимость работы состоит в следующих важных для развития теории дважды стохастических потоков событий результатах, полученных в диссертации. В отличие от известных результатов, в диссертации

1) аналитически решена задача оптимального оценивания состояний модулированного обобщенного полусинхронного потока событий по наблюдениям за моментами наступления событий в потоке, функционирующего в условиях полной наблюдаемости и при наличии непродлевающегося мертвого времени (при частичной наблюдаемости). Разработанные на основе метода максимума апостериорной вероятности алгоритмы обеспечивают минимум полной (безусловной) вероятности принятия ошибочного решения о состоянии потока.

2) в теории дважды стохастических потоков событий исследован режим функционирования модулированного обобщенного полусинхронного потока событий в условиях неполной наблюдаемости (при наличии мертвого времени). Полученные аналитические оценки длительности непродлевающегося мертвого времени методом максимального правдоподобия и модифицированным методом моментов позволяют находить оценки длительности мертвого времени без привлечения численных методов.

Практическая ценность работы состоит в возможности использования разработанных алгоритмов оценивания состояний и длительности мертвого времени модулированного обобщенного полусинхронного потока событий в задачах анализа и проектирования систем и сетей массового обслуживания, в частности, автоматизированных систем управления, информационно-вычислительных систем, телекоммуникационных и компьютерных сетей и др., дисциплины обслуживания которых зависят от параметров и текущих состояний входящих потоков событий, а также для обработки результатов физических экспериментов, осложненных наличием мертвого времени регистрирующих приборов.

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

Работа выполнена в рамках следующих 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 работы используются в учебном процессе на факультете прикладной математики и кибернетики НИ ТГУ при разработке курсов лекций образовательных дисциплин «Марковские системы массового обслуживания», «Имитационное моделирование», «Методы идентификации и оценки параметров телекоммуникационных потоков», что подтверждается актом о внедрении (Приложение В диссертации).

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации. Постановка представленных в диссертации задач сделана научным руководителем – доктором технических наук, профессором Горцевым А.М. Полученные результаты, изложенные в исследовании и выносимые на защиту, принадлежат лично автору. Математические выкладки, программная реализация разработанных в ходе исследования алгоритмов и численные расчеты выполнены автором лично. В совместных публикациях научному руководителю А.М. Горцеву принадлежат постановки задач и указания основных направлений исследований; основные результаты теоретического исследования принадлежат автору, выкладки и численные расчеты выполнены лично автором.

Достоверность основных научных положений, выводов и рекомендаций в диссертационной работе Бахолдиной М.А. подтверждается математически корректными выводами, представленными в работе, согласованностью результатов, полученных для разных моделей между собой и с известными в теории массового обслуживания результатами, а также многочисленными экспериментами с применением имитационного моделирования и численного анализа.

Результаты проверки диссертации в системе «Антиплагиат». Результаты проверки диссертации в системе «Антиплагиат» показали, что итоговая оценка оригинальности текста составляет 71,1%; из имеющихся 28,9% текстуальных совпадений с другими источниками 15,3% являются совпадениями с опубликованными работами самой Бахолдиной М.А., так что текст, принадлежащий автору, составляет 86,4%; оставшиеся 13,6% текстуальных совпадений с источниками других авторов не являются существенными и представляют собой общенаучные выражения, выражения и высказывания в рамках научного направления, соответствующего тематике диссертации, наименования конференций и источников литературы, а также формулировки постановок задач исследования, взятые из работ научного руководителя Горцева А.М.

Публикации и апробация результатов исследования. По теме диссертации автором опубликовано 22 работы, из них 12 статей в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК, 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 зарубежных изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus), 10 публикаций в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций. Результаты исследований докладывались на международных и всероссийских научных конференциях.

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. Автореферат содержит краткое изложение материалов диссертационной работы по главам и полностью соответствует содержанию самой диссертационной работы. В автореферате выделены все решаемые в каждой главе задачи и представлены полученные результаты.

Замечания по диссертационной работе.

По диссертации имеется несколько замечаний:

1) Литературный обзор по теме диссертационной работы выполнен на высоком уровне, что обосновывает актуальность работы и отличие ее результатов от известных результатов других авторов. Однако могло быть больше ссылок на современные зарубежные источники задач по приложению моделей дважды стохастических потоков событий к анализу имеющих сложную природу информационных потоков в современных инфокоммуникационных сетях, например, к исследованию пульсирующего трафика, характерного для сетей четвертого и пятого поколений.

2) В диссертационной работе не проведено исследование функционирования потока событий для случая продлевающегося мертвого времени, который определен во введении диссертации. Автору следовало бы указать, в связи с чем исследование не проводилось, в частности отметить принципиальные моменты и возможные трудности при получении формул при наличии продлевающегося мертвого времени.

3) Некоторые понятия, сокращения и формулы введены в диссертации несвоевременно, что затрудняет чтение работы. Это относится, напр., к сокращениям для термина «модулированный обобщенный полусинхронный поток событий», формуле (1.7.4). Также в диссертации имеются опечатки и неточности.

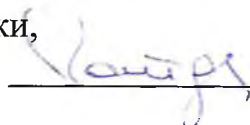
Указанные недостатки не влияют на положительную оценку диссертации в целом. Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, автором получен ряд новых результатов, представляющих интерес для теории дважды стохастических потоков событий. Результаты диссертации обосновываются строгими математическими доказательствами, корректностью методик исследования и проведенными расчетами.

Заключение. Диссертация М.А. Бахолдиной «Оценка состояний и длительности мертвого времени в модулированном обобщенном полусинхронном 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 Бахолдина Мария Алексеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по указанной специальности.

Отзыв на диссертацию составлен доцентом кафедры прикладной информатики и теории вероятностей кандидатом физико-математических наук по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики, доцентом Гайдамака Юлией Васильевной, обсужден и одобрен на заседании научного заседания кафедры прикладной информатики и теории вероятностей РУДН, протокол № 4 от 10 ноября 2016 г.

14.11.2016 г.

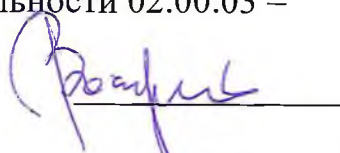
Доцент кафедры прикладной информатики
и теории вероятностей РУДН,
канд. физ.-мат. наук по специальности 05.13.17 –
Теоретические основы информатики,
доцент

 Гайдамака Юлия Васильевна

Профессор кафедры прикладной информатики
и теории вероятностей РУДН,
д-р физ.-мат. наук по специальности 05.13.16 –
Применение компьютеров, математического
моделирования и математических методов
в научных исследованиях,
профессор

 Севастьянов Леонид Антонович

Декан факультета физико-математических
и естественных наук,
д-р хим. наук по специальности 02.00.03 –
Органическая химия,
Профессор

 Воскресенский Леонид Геннадьевич

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» (ФГАОУ ВО РУДН)

Адрес: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

<http://www.rudn.ru/>

Тел.: +7 495 434-53-00, +7 495 434-70-27

E-mail: rector@rudn.ru