

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО КОНСУЛЬТАНТА

на диссертационную работу Нежелской Людмилы Алексеевны  
«Оценка состояний и параметров дважды стохастических потоков событий»,  
представленную на соискание ученой степени  
доктора физико-математических наук по специальности  
05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации  
(в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации)

В подавляющем большинстве работ по исследованию и систем массового обслуживания (СМО) в качестве входящих потоков событий рассматривались пуассоновские потоки. Однако в связи с развитием спутниковых, компьютерных и мобильных сетей связи модель простейшего потока перестала быть адекватной реальным потокам событий. Таким образом, требования практики послужили стимулом к рассмотрению дважды стохастических потоков в качестве математической модели реальных потоков.

Дважды стохастические потоки можно разделить на два класса: первый класс составляют потоки, интенсивность которых есть непрерывный случайный процесс; второй – потоки, интенсивность которых есть кусочно-постоянный случайный процесс с конечным числом состояний.

В диссертационной работе Л. А. Нежелской рассматриваются потоки второго класса. Отечественными и зарубежными авторами эти потоки называются либо МС-потоками, либо МАР-потоками, либо дважды стохастическими потоками с кусочно-постоянной интенсивностью.

Автором диссертационного исследования предложена классификация МАР-потоков на МАР-потоки первого порядка и МАР-потоки второго порядка в зависимости от вариантов смены состояний интенсивности потока. Рассмотрен случай, когда кусочно-постоянный случайный процесс, являющийся интенсивностью МАР-потока, имеет два состояния. Класс МАР-потоков первого порядка составляют потоки, у которых смену состояний интенсивности определяет одна случайная величина: 1) *синхронные потоки*; 2) собственно *МАР-потоки* как обобщение синхронных потоков. Класс МАР-потоков второго порядка составляют потоки, у которых смена состояний интенсивности определяется двумя независимыми случайными величинами: 1) *модулированные МАР-потоки*; 2) *обобщенные асинхронные потоки*, являющиеся обобщением *асинхронных потоков*; 3) *обобщенные полусинхронные потоки* как обобщение *полусинхронных потоков* и *полусинхронных альтернирующих потоков*. Все перечисленные потоки с двумя состояниями исследованы автором и изложены в диссертационной работе.

В реальных ситуациях параметры, определяющие поток событий, как правило, полностью неизвестны либо частично неизвестны. В подобных ситуациях с целью решения задачи управления обслуживанием такого потока событий и

решения задачи адаптации реальной системы к входящему потоку необходимо оценивать неизвестные параметры либо состояния потоков событий в режиме реального времени. Вследствие этого актуальной является задача исследования дважды стохастических потоков событий в двух направлениях: 1) оценка состояний потока; 2) оценка параметров потока.

В реальности зарегистрированное событие может создать период мертвого времени, в течение которого другие события потока становятся недоступными для наблюдения (теряются). Можно считать, что мертвое время выступает искажающим фактором при решении задачи оценивания, так как эффект мертвого времени влечет за собой потери событий потока, что отрицательно сказывается на оценивании как состояний, так и параметров потока. Для того, чтобы оценить потери событий потока, возникающие из-за эффекта мертвого времени, необходимо оценить значение его длительности.

В диссертационной работе Л.А. Нежелской впервые введены и исследованы новые типы дважды стохастических потоков событий, для которых получены новые теоретические и практические результаты:

1) впервые построены математические модели дважды стохастических потоков событий: синхронного, полусинхронного, полусинхронного альтернирующего, обобщенного полусинхронного, обобщенного асинхронного, МАР-потока, модулированного МАР-потока, функционирующих при непродлеваемом и продлеваемом мертвом времени;

2) разработан эвристический пороговый алгоритм оценивания состояний асинхронного потока, учитывающий старение информации и ошибки измерений моментов наступления событий потока;

3) разработан алгоритм оптимальной оценки состояний синхронного, полусинхронного, обобщенного полусинхронного, обобщенного асинхронного, МАР-потока и модулированного МАР-потока событий при полной наблюдаемости потоков, основанный на методе максимума апостериорной вероятности;

4) разработан алгоритм оптимальной оценки состояний обобщенного асинхронного, полусинхронного, обобщенного полусинхронного, МАР-потока и модулированного МАР-потока событий, функционирующих в условиях непродлеваемого мертвого времени фиксированной длительности;

5) разработан алгоритм оценки параметров синхронного, полусинхронного, полусинхронного альтернирующего и обобщенного асинхронного потоков событий, а также алгоритм оценки параметров плотности вероятности значений длительности интервала между соседними событиями в МАР-потоке и модулированном МАР-потоке событий, функционирующих в условиях полной наблюдаемости потоков, основанный на методе моментов, с использованием явных видов одномерной и двумерной плотностей вероятностей;

6) разработан алгоритм оценки параметров синхронного, полусинхронного и полусинхронного альтернирующего потоков событий, функционирующих

в условиях непродлевающегося мертвого времени фиксированной длительности, и длительности мертвого времени, основанный на методе моментов, с использованием явных видов одномерной плотности вероятности значений длительности интервала между соседними событиями в наблюдаемых потоках;

7) разработаны алгоритмы оценки длительности мертвого времени в обобщенном асинхронном, обобщенном полусинхронном и модулированном МАР-потоке событий, основанные на методе максимального правдоподобия и модифицированном методе моментов, с использованием явных видов одномерной и двумерной плотностей вероятностей в наблюдаемых потоках;

8) разработан алгоритм расчета условной вероятности вынесения ошибочного решения о состоянии обобщенного асинхронного потока событий при полной наблюдаемости потока, а также получен явный вид безусловной вероятности ошибочного решения о состоянии рекуррентного обобщенного асинхронного потока событий, функционирующего в условиях полной наблюдаемости;

9) разработан алгоритм оценивания длительности мертвого времени в рекуррентных синхронном и полусинхронном потоках событий, функционирующих в условиях продлевающегося мертвого времени, основанный на методе моментов, с использованием преобразования Лапласа плотности вероятности значений длительности интервала между соседними событиями в наблюдаемых потоках.

Разработанные алгоритмы оценивания состояний, параметров и длительности мертвого времени в дважды стохастических потоках событий, функционирующих в условиях их полной и частичной наблюдаемости (при непродлевающемся и продлевающемся мертвом времени), являются математическим инструментом при исследовании функционирования реальных систем, математическими моделями которых являются СМО и сети массового обслуживания с входящими дважды стохастическими потоками, для решения задач проектирования реальных сетей связи, информационно-телекоммуникационных сетей и их адаптации к реальным информационным потокам сообщений, а также для обработки результатов физических экспериментов при наличии мертвого времени регистрирующих приборов.

Диссертация выполнена на высоком научном уровне и является цельной и логически выстроенной. Основные результаты и выводы обоснованы и достоверны. Основные положения и результаты диссертации докладывались и обсуждались на 27 международных и всероссийских научных конференциях, опубликованы автором в 69 печатных работах, из них 29 опубликованы в журналах, включенных в Перечень ВАК (в том числе 2 статьи в зарубежном научном журнале, индексируемом Web of Science, 9 статей в российских научных журналах, переводные версии которых индексируются Web of Science и/или Scopus).

В процессе работы над докторской диссертацией постоянно осуществляла руководство курсовыми работами специалистов, бакалавров, магистрантов,

дипломными работами специалистов, выпускными работами бакалавров и магистерскими диссертациями. Нежелскую Л.А. отличает организованность, высокий профессионализм, доброжелательное отношение к студентам и коллегам.

Считаю, что представленная к защите работа по форме и содержанию, актуальности, полноте поставленных и решенных задач, совокупности новых научных результатов отвечает требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор по уровню квалификации заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации).

Научный консультант

декан факультета прикладной математики и кибернетики, заведующий кафедрой исследования операций федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36; тел. (3822) 529-852; rector@tsu.ru; <http://www.tsu.ru>), доктор технических наук (05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации), профессор

  
Горцев Александр Михайлович

28 ноября 2016 г.

Подпись А.М. Горцева заверяю:

Ученый секретарь Ученого совета ТГУ



Н.А. Сазонтова