

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель директора по научной работе
Института проблем управления
им. В. А. Трапезникова РАН,
доктор технических наук



(Подпись)
(А.О. Калашников)

« 14 » ноября 2022 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию РАЗУМЧИКА Ростислава Валерьевича «Методы анализа и алгоритмы управления частично наблюдаемыми стохастическими системами обслуживания», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Актуальность темы диссертационной работы

Рассмотренные в диссертации Р.В. Разумчика вопросы относятся к хорошо известному направлению повышения качества использования потенциальных возможностей, заложенных или закладываемых в компьютерные системы обработки информации. Пути повышения качества работы систем довольно разнообразны (распараллеливание вычислений, увеличение уровня иерархий, смена дисциплин обслуживания и т.п.). Однако всевозможные особенности системы могут приводить к значениям показателей производительности, значительно отличающимся от максимально возможных. Такими особенностями, свойственными ряду современных технических систем (связанных, главным образом, с компьютерной обработкой информации), являются отсутствие точной априорной информации об одном или нескольких параметрах или невозможность наблюдения ее состояния после запуска (далее – частичная наблюдаемость). В этих условиях большую роль играют оценки и рекомендации, получаемые на стадии проектирования и в процессе эксплуатации. Диссертация Р.В. Разумчика ориентирована на решение именно этих вопросов для частично наблюдаемых стохастических систем обслуживания. В ней предлагается комплекс вероятностных моделей и основанные на них методы анализа и алгоритмы управления такими системами. Учитывая сложность и дороговизну разработки, и создания частично наблюдаемых стохастических систем обслуживания тематика диссертационного исследования является актуальной.

Структура и основное содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Работа изложена на 274 страницах, включая 17 рисунков, 36 таблиц и список литературы из 548 наименований.

Во введении отражены актуальность избранной темы, основные полученные и выносимые на защиту результаты, их новизна, теоретическая и практическая значимость.

Первая глава посвящена изложению результатов аналитического анализа предложенного соискателем нового класса систем массового обслуживания инверсионного типа со специальными дисциплинами обслуживания. Исследованные системы в совокупности составляют комплекс вероятностных моделей, который служит в главе 2 основой для доказательства эффективности нового метода получения оценок стационарных характеристик изолированно функционирующих систем обслуживания с частичной наблюдаемостью.

Центральное место в разработанном комплексе моделей занимает однолинейная СМО с пуассоновским потоком и специальным новым правилом обработки очереди – инверсионный порядок обслуживания с обобщенным вероятностным приоритетом. Отличительной особенностью этой и других СМО главы 1 является то, что они могут не сохранять поступившую в них работу. Здесь соискателем развит аналитический аппарат, позволяющий решать вопросы расчета стационарных распределений основных характеристик очереди СМО этого класса.

Вторая глава посвящена изложению и обоснованию предложенного соискателем метода получения оценок фактических значений стационарных характеристик изолированно функционирующих стохастических систем, частичная наблюдаемость которых связана с тем, что используемые для управления очередями времена обслуживания могут не совпадать с ненаблюдаемыми фактическими. Системы с такими особенностями хорошо известны на практике. Идея метода заключается в преобразовании прогнозных времен обслуживания (которые известны) некоторым вероятностным механизмом. Этим механизмом, по сути, является одна из моделей главы 1. В главе 2 доказано, что такой образ действий приводит к содержательным результатам. При этом распределения прогнозных времен обслуживания должны обладать определенными свойствами и эти свойства выявлены (например, распределения должны быть «молодеющими»).

Главы 3 и 4 посвящены анализу взаимосвязанных частично наблюдаемых систем обслуживания, а именно – решению вопроса диспетчеризации в частично наблюдаемых системах с параллельным обслуживанием произвольной структуры. Здесь показано как для систем, неотъемлемым свойством которых является полное отсутствие какой-либо информации реального времени об их состоянии, можно добиться большего лишь путем применения специальной стратегии управления, не требующей технических

изменений в системе. Идея, благодаря которой это стало возможным, состоит в использовании при диспетчеризации всей доступной предыстории наблюдаемых компонент. Интуитивная же предпосылка заключается в том, что большие промежутки времени между поступлениями заданий повышают вероятность того, что серверы находятся в состояниях с меньшей незаконченной работой и наоборот. В главе 3 описывается аналитический подход к воплощению идеи диспетчеризации по предыстории. Вторая часть этой главы посвящена изложению более универсального, аналитико-имитационного подхода. Наконец, глава 4 посвящена принципиально другому, простому и универсальному подходу к диспетчеризации по предыстории, свободному от тех вычислительных недостатков, которые присущи предыдущим двум подходам.

Будучи основанными на принципиально иной идее, новые диспетчеризации применимы при общих предположениях о распределениях входящих потоков и размерах заданий, в случае наличия нескольких потоков, многопроцессорных серверов и т. п. В силу сложности задачи характеристики алгоритмов не удастся оценить аналитически. Результаты вычислительных экспериментов показывают, что в типичных условиях диспетчеризации по предыстории гарантируют выигрыш, а в наихудших – паритет с наилучшей из ранее известных в научной литературе стратегией. Полученные результаты дают основание утверждать, что впервые предложенная в диссертации Р.В. Разумчика диспетчеризация по предыстории — это именно то, как должны управляться рассматриваемые частично наблюдаемые стохастические системы с параллельным обслуживанием.

В Заключение сформулированы основные итоги проведенных исследований и полученные в работе результаты.

Степень обоснованности научных положений и выводов, новизна результатов

Проведенные исследования описаны в диссертации с достаточной научной строгостью. Теоретические результаты подтверждаются строгими доказательствами с привлечением математического аппарата теории массового обслуживания. Методики проведения вычислений и имитационного моделирования подобраны правильно.

Полученные результаты являются новыми и оригинальными. Они докладывались на профильных российских и международных конференциях с 2010 по 2021 гг.

К главным результатам диссертации относятся:

1. введение нового класса систем массового обслуживания инверсионного типа и развитие аналитического аппарата исследования моделей этого класса;
2. разработка нового метода оценки фактических значений стационарных характеристик частично наблюдаемых систем обслуживания, моделируемых

немарковскими СМО с «молодеющими» или «стареющими» распределениями времен обслуживания;

3. разработка новых методов и алгоритмов диспетчеризации в отсутствие динамической информации для широкого класса стохастических систем с параллельным обслуживанием, основанных на общей идее – использовании при управлении полной предыстории наблюдаемых компонент.

Основные результаты корректно отражены в 27 научных публикациях, включая 14 – в журналах из перечня ВАК. В работах, опубликованных в соавторстве, ключевая роль принадлежит соискателю; она корректно отражена в тексте диссертации и автореферате.

Значимость для науки и практики полученных автором диссертации результатов

Теоретические результаты диссертации имеют значение для теории массового обслуживания в части введения нового широкого класса систем инверсионного типа, допускающих не сохраняющее работу обслуживание.

Результаты диссертации внедрены в учебный процесс в Российском университете дружбы народов на кафедре прикладной информатики и теории вероятностей, и использовались при написании изданного в 2018 году учебника (в соавторстве с заслуженным деятелем науки РФ профессором А.В. Печинкиным) «Системы массового обслуживания в дискретном времени» с грифом НМС по математике Минобрнауки РФ.

Полученные соискателем результаты (главы 1-2, касающиеся метода уточнения оценок фактических значений характеристик) в настоящий момент уже используются в Межведомственном суперкомпьютерном центре Российской академии наук при эксплуатации и развитии суперкомпьютерных систем коллективного пользования МВС-10П ОП1 и МВС-10П ОП2. Что касается результатов глав 3-4, то их практическая значимость состоит в разработке нового подхода к повышению эффективности диспетчеризаций для реально существующих планировщиков стохастических систем с параллельным обслуживанием не требующего изменений их структуры и состава.

Рекомендации по использованию результатов диссертации

В качестве рекомендаций по дальнейшему использованию результатов диссертации следует указать два направления. Первое – это использование их для решения ряда задач системного анализа, опирающихся на математическое моделирование (например, для предсказания быстродействия частично наблюдаемых систем обслуживания, для выработки рекомендаций на стадии их проектирования). Особенно целесообразным это представляется для отраслевых институтов и других учреждений, поддерживающих суперкомпьютерные системы. Второе направление – это внедрение предложенных алгоритмов диспетчеризации по предыстории в программное

обеспечение планировщиков (типа Load Leveler, Maui, Moab и т.п.) для систем распределенных вычислений (и не только частично наблюдаемых). Такие планировщики встречаются в большинстве отечественных центров коллективного пользования. Не требуя аппаратных изменений, предложенное простое (программное) расширение возможностей планировщика – это потенциальная возможность повышения эффективности функционирования системы при незначительных дополнительных затратах.

Замечания

1. В тексте диссертации и автореферата приняты нехарактерные для отечественной научной литературы обозначения для среднего значения (E вместо M), дисперсии (Var вместо D), а также отношения порядка ($\overset{d}{\leq}$ вместо $<$).

2. Следует признать не вполне удачными названия некоторых глав и параграфов. Например, за названием параграфа 3.2 «Примеры и дополнения» (занимающим более 30 страниц!) оказывается скрытым ряд вполне самостоятельных результатов.

3. В диссертации предложен новый общий метод оценки фактических стационарных характеристик систем обслуживания на основе прогнозных распределений времен обслуживания. В диссертации, однако, ничего не говорится о вполне естественной ситуации, когда для интервалов между поступлениями заявок известны только их прогнозные распределения. Быть может, следовало уделить этому некоторое внимание хотя бы на уровне общих рассуждений.

Указанные замечания не влияют на высокую оценку диссертационной работы в целом.

Заключение

Результаты диссертации Р.В. Разумчика являются значимым научным достижением в области системного анализа, в части разработки новых методов анализа и управления стохастическими системами обслуживания с частичной наблюдаемостью с целью повышения эффективности их функционирования. Диссертация соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»:

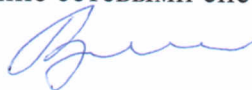
- теоретические основы и методы системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации;
- разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации;
- методы и алгоритмы прогнозирования и оценки эффективности, качества и надежности сложных систем.

Требования ВАК к оформлению диссертаций выполнены; стиль изложения – научный. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа Р.В. Разумчика является научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне, и полностью удовлетворяет требованиям к докторским диссертациям, установленным действующим Положением о присуждении ученых степеней №842. Разумчик Ростислав Валерьевич заслуживает присуждения степени доктора физико-математических наук по специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Диссертационная работа и отзыв рассмотрены и утверждены на расширенном семинаре лабораторий №17 и №69 ИПУ РАН: протокол №17/69-1 от 14.11.2022; присутствовало на заседании 15 чел.; результаты голосования: за – 15, против – нет.

заведующий лабораторией № 69 «Управление сетевыми системами»,
д.т.н., профессор



В.М. Вишневский

Вишневский Владимир Миронович, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией №69 «Управление сетевыми системами», доктор технических наук (специальность: 05.13.13 - Вычислительные машины, комплексы, системы и сети. 05.13.16 - Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях), профессор; email: vishn@ipu.ru; телефон: +7 495 198-17-20, доб. 1205.

заведующий лабораторией № 17 «Автоматизированных систем массового обслуживания и обработки сигналов»,
д.т.н.



М.П. Фархадов

Фархадов Маис Паша Оглы, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией №17 «Автоматизированных систем массового обслуживания и обработки сигналов», доктор технических наук (специальность 05.13.15 - Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети), старший научный сотрудник; email: mais@ipu.ru; телефон: +7 495 198-17-20, доб. 1486.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук; адрес: 117997 Москва, Профсоюзная 65; телефон: +7 495 334-89-10; факс: +7 495 334-93-40; email: dan@ipu.ru; сайт: <https://www.ipu.ru/>.

Подпись

ВЕД. ИНЖЕН.
ГОРДЕЕВА



В.М. Вишневского, М.П. Фархадова