

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

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 исследования

Различные области науки и техники ставят задачи, для решения которых необходимо анализировать и оптимизировать работу систем, наблюдаемых лишь частично. Наибольшее число подобного рода вопросов возникает в сферах, которые связаны с компьютерной обработкой информации.

Если неполнота наблюдений допускает получение дополнительной информации о системе в ходе взаимодействия с ней, то для достижения цели обычно используются методы теории адаптации. Интерес к адаптивному направлению, развитие которого связано с именами как отечественных (Я.З. Цыпкин, А.А. Фельдбаум, В.А. Якубович, В.Г. Срагович, В.Н. Фомин, Б.Т. Поляк, А.Л. Фрадков, А.В. Назин, А.С. Позняк и др.), так и зарубежных ученых (Р. Беллман, Г. Роббинс, К. Острём, Б. Виттенмарк, Р. Саттон, Д. Бертсекас и др.), с 90-х годов прошлого века переживает небывалый подъем.

Помимо адаптивных постановок современные прикладные области являются источниками и других, неадаптивных проблем, в которых частичная наблюдаемость делает невозможным получение откликов от системы. Развитие той ветви исследований, к которой относится диссертация Р.В. Разумчика, связано с такими учеными, как В.В. Калашников, Г.П. Климов, А.Д. Соловьев, А.Н. Дудин, П.П. Бочаров, А.В. Печинкин, В.Г. Ушаков, С.Ф. Яшков, С. Асмуссен, О. Боксма, В. Витт, К. Сигман, А. Хордийк, Б. Хайек, Ш. Сидхам и др. В «неадаптивных» проблемах отсутствует возможность высказывать предпочтение («хуже» - «лучше») и, тем самым, обучаться совершать правильные действия. В этих условиях на первый план выходит умение пользоваться для достижения цели априорной информацией о системе (всегда имеющейся, но быть может, неточной).

Диссертация Р.В. Разумчика лежит в русле фундаментальных исследований неадаптивного характера в области систем с частичной наблюдаемостью, и, таким образом, она относится к кругу проблем последнего типа. В работе внимание уделено разработке вероятностных моделей и созданию на их основе методов анализа и алгоритмов управления частично наблюдаемыми стохастическими системами обслуживания, имеющими своей целью повышение эффективности использования ресурсов. Учитывая важность этих вопросов при организации современных компьютерных комплексов различного масштаба и назначения (о чем дополнительно свидетельствует наличие акта о внедрении результатов работы), тематика диссертационного исследования является актуальной.

Характеристика работы и ее результатов

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК и имеет правильную структуру.

Обстоятельное введение занимает более 30 страниц и содержит сжатое изложение содержания всей диссертации. Здесь автор мотивирует выбор темы, указывает цели, задачи и методологию исследования, а также теоретическую и практическую значимость работы. Надо отметить, что автор не дает в одном каком-то месте обзор публикаций по теме диссертации. Вместо этого, по ходу изложения результатов каждой главы, которых в работе четыре, указывается (и сопровождается ссылками) отличие полученных результатов от известных в научной литературе. Этот не вполне традиционный подход дает полноценное представление о научной новизне. Завершается раздел сведениями об апробации работы, вкладе автора в совместно опубликованные статьи и положениями, выносимыми на защиту.

Первая глава диссертации посвящена анализу нового, предложенного автором на основе анализа и обобщения известных работ в этом направлении проф. А.В. Печинкина, проф. П.П. Бочарова и их учеников класса систем массового обслуживания (СМО) инверсионного типа, допускающих не сохраняющее работу обслуживание. Введена новая дисциплина обслуживания – инверсионный порядок обслуживания с обобщенным вероятностным приоритетом. Все четыре параграфа, составляющие первую главу, содержат новые результаты систематического изучения различных СМО с вариантами введенной дисциплины. Большое число ссылок с комментариями, сопровождающих аналитические выкладки этой главы, указывают на связь полученных результатов с уже известными из теории массового обслуживания (ТМО). Благодаря этому ясна их достоверность, и становится понятным тот вклад, который исследования, проведенные автором, делают в общий багаж накопленных фундаментальных знаний в области ТМО.

Вся вторая глава диссертации по сути раскрывает область применения результатов главы 1. Здесь показано, что развитая в предыдущей главе теория предназначена для задач системного анализа хорошо известного на практике класса частично наблюдаемых СМО, решения которых опираются на математическое моделирование. Центральное место здесь занимает вопрос об уточнении оценок фактических значений характеристик изолированно функционирующих систем обслуживания с ожиданием, в которых планировщик очереди не наблюдает истинные значения размеров поступающих заявок. В параграфе 2.1 автором впервые предложен метод, решающий этот вопрос в общем. В параграфе 2.2 строго доказана его состоятельность для частично наблюдаемых стохастических систем с пуассоновскими входящими потоками и дисциплиной разделения процессора. Заключительный параграф этой главы содержит всевозможные дополнения, показывающие, что лежащий в основе предложенного метода прием обновления остаточных времен позволяет уточнять оценки стационарных характеристик даже неконсервативных частично наблюдаемых стохастических систем обслуживания.

Исчерпав поставленную задачу анализа частично наблюдаемых систем обслуживания одним прибором, автор в главах 3 и 4 переключается на вопрос централизованного управления входящими потоками (или, по-другому, диспетчеризации) между такими системами, работающими параллельно и независимо. Предполагается, что диспетчеризация осуществляется в таких встречающихся на практике условиях, когда не наблюдаемы традиционно важные для решения задач оптимизации характеристики, т.е. недоступны какие-либо наблюдения, отражающие состояния систем. Не наблюдается даже показатель, подлежащий минимизации. Таким образом, отсутствует возможность прямого применения методов теории адаптации. Существующий в научной литературе арсенал подходов к диспетчеризации не дает глубокого понимания того, как оптимально принимать решения при таких жестких ограничениях. В диссертации впервые такое понимание сформировано: показано, что существуют соответствующие стратегии (названные диспетчеризациями по предыстории) и предложено несколько конструктивных способов для их порождения. Все стратегии основаны на общей интуитивно понятной идее: большие промежутки времени между поступлениями заданий повышают вероятность того, что системы находятся в состояниях с меньшей незаконченной работой и наоборот. В первой части главы 3 (параграфы 3.1 и 3.2) излагаются решения для систем, в которых для величин, связанных с целевым функционалом, можно получить вычислительно реализуемые точные или хорошие приближенные формулы расчета. Вторая часть главы (параграфы 3.3 и 3.4) посвящена изложению более универсального, аналитико-имитационного метода, в основе которого лежит прием, известный под названием идентификационный подход. В силу сложности задачи характеристики алгоритмов не удастся оценить аналитически. В параграфах 3.2 и 3.4 на основе большого числа экспериментов делается вывод, что в типичных условиях диспетчеризации по предыстории гарантируют (по крайней мере, по наиболее популярным критериям) выигрыш, а в наихудших — паритет с наилучшими из известных в научной литературе стратегиями. Предложенные решения, в отличие от известных, применимы при общих предположениях о распределениях входящих потоков и размерах заданий, в случае наличия нескольких потоков, многопроцессорных серверов и т. п. Результаты главы 3 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. Важно отметить, что для получения указанных результатов автору все-таки приходится обращаться к адаптивной теории: в параграфах 3.3 и 3.4 существенно используется «имитационно-адаптивная» методика решения общих задач оптимального распределения ресурсов, суть которой в использовании алгоритмов адаптивной оптимизации, которые осуществляют коррекцию управления в соответствии с поставленной целью и на основании наблюдений за траекторией имитационной модели. Это обстоятельство, впрочем, нисколько не умаляет значения полученного в диссертации результата.

Глава 4 посвящена исследованиям того же вопроса диспетчеризации, но уже в больших системах. Последнее ограничение в отсутствие больших вычислительных мощностей ограничивает использование результатов главы 3. Поэтому есть необходимость в простом и универсальном методе диспетчеризации по предыстории, свободном от вычислительных недостатков. В главе 4 впервые предложена соответствующая конструкция, основанная на использовании виртуальных вспомогательных процессов и остающаяся слишком сложной для аналитического анализа. Результаты вычислительных экспериментов параграфов 4.2 и 4.3 показывают, что основанные на новой конструкции параметрические алгоритмы успешно конкурируют со всеми ранее известными в литературе. Это свойство, вместе с тем обстоятельством, что число требующих оценки параметров новых алгоритмов не зависит от размера системы, дают основания назвать их лучшими для крупномасштабных частично наблюдаемых стохастических систем с параллельным обслуживанием.

В заключении кратко подведены итоги проведенного исследования и указаны несколько перспективных на взгляд автора направлений дальнейших исследований.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Достоверность и новизна положений, выводов и рекомендаций

В диссертационной работе строго используются методы теории массового обслуживания, теории вероятностей, исследования операций и оптимизации. Этим обеспечивается достоверность полученных выводов.

Основные новые результаты, полученные в диссертации, заключаются в следующем.

1. предложен ранее не изучавшийся в теории массового обслуживания класс СМО инверсионного типа, допускающий не сохраняющее работу обслуживание и развит аналитический аппарат их стационарного анализа;
2. предложена и обоснована общая методика расчета оценок фактических значений стационарных характеристик частично наблюдаемых стохастическим систем с ожиданием, в которых управление очередями осуществляется по неточным значениям времен обслуживания;
3. предложен и обоснован новый конструктивный подход к диспетчеризации в широком классе стохастических систем с параллельным обслуживанием, в которых диспетчеризация осуществляется в таких условиях частичного наблюдения, что исключают возможность применения адаптивных стратегий.

Материалы диссертации опубликованы в 27 печатных работах, из которых 14 – в журналах из перечня ВАК, и 2 статьи в журналах Web of Science 2-го квартиля. В работах, выполненных в соавторстве, вклад Р.В. Разумчика является определяющим. Результаты диссертации прошли апробацию на международных и российских научных конференциях по тематике исследования, и внедрены в учебный процесс в Российском

университете дружбы народов на факультете физико-математических и естественных наук на кафедре прикладной информатики и теории вероятностей.

Замечания по работе

По диссертации имеются следующие замечания:

1. В диссертации исследуются стационарные режимы работы СМО. Однако хорошо известно, что бывают ситуации, когда система с лучшими показателями в стационарном режиме может иметь худшую динамику выхода на этот режим. Для практических применений полученных результатов было бы интересно сравнить динамические характеристики систем с различными алгоритмами диспетчеризации, хотя бы в отдельных случаях. Также отметим, что вывод уравнений, описывающих стационарное поведение СМО в главе 1, подсказывает, как можно было бы получить уравнения, описывающие динамику этой системы.
2. В главе 2 сравнительно немного теоретических результатов. Можно ли в качестве одного из возможных обобщений рассмотреть входной поток, который объединяет последовательно поступающие заявки в пакеты небольшого объема и уже эти пакеты передает на обработку?
3. В диссертации стоило повторить ряд графиков, иллюстрирующих то, что механизм использования прогнозных времен обслуживания естественен для реально существующих систем, тем более что на соответствующие работы автор ссылается. Это значительно облегчило бы понимание материала главы 2.
4. Недостаточно внимания уделено обоснованию существования предельных средних типа (3.1). Понятно, что существование пределов обусловлено структурой последовательности, которая выбирается из «разумных соображений» достаточно регулярной. Стоило об этом написать.
5. В диссертации много говорится об алгоритмах диспетчеризации. Но в автореферате в описании содержания работы не дается наглядный пример или наглядное описание. Особенно это касается алгоритмов главы 4, подробный механизм работы которых по автореферату понять почти невозможно.

Заключение

Сделанные выше замечания не влияют на общую положительную оценку работы. Диссертация Р.В. Разумчика является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена фундаментальная научная проблема разработки комплекса вероятностных моделей и создания на их основе методов анализа и алгоритмов управления для стохастических систем обслуживания с частичной наблюдаемостью. Работа выполнена на профессиональном уровне и имеет практическую ценность.

С учетом вышесказанного, диссертация Р.В. Разумчика «Методы анализа и алгоритмы управления частично наблюдаемыми стохастическими системами обслуживания» полностью соответствует требованиям ВАК к диссертациям на соискание

ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика. Считаю, что Р.В. Разумчик заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по указанной специальности.

14.11.2022

А.В. Колногоров

Официальный оппонент: Колногоров Александр Валерианович – доктор физико-математических наук (05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации), профессор, профессор кафедры прикладной математики и информатики Новгородского государственного университета имени Ярослава Мудрого

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»; адрес: 173003, Великий Новгород, ул. Большая Санкт-Петербургская, д.41; телефон: (8162) 62-72-44; факс: (8162) 97-45-26; e-mail: novsu@novsu.ru; сайт: <http://portal.novsu.ru/>

Подпись А.В. Колногорова заверяю.

Проректор по научной работе НовГУ



/А.Б. Ефременков/