

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и
исследовательской деятельности
ФГАОУ ВО «Южный федеральный
университет», доктор химических
наук



А.В. Метелица
«20» мая 2022 г.

Отзыв ведущей организации

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» о диссертационной работе Токаревой Виктории Андреевны «Математические модели и алгоритмы для формирования расписания в распределённых системах обработки данных с агрегированным доступом к информационным ресурсам», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

1. Актуальность избранной темы диссертации

Динамика развития математических методов исследования операций показывает, что задачи составления расписаний в системах с ограниченными ресурсами за практически приемлемое время не только не теряют своей актуальности, но и приобретают большее прикладное значение, развиваются в целые семейства задач за счёт выявления новых постановок, учитывающих особенности современного состояния науки.

При этом возникающие задачи зачастую являются NP-полными и не могут быть решены точными методами, например, такими, как метод ветвей и границ, за практически приемлемое время. Наряду с ослаблением ограничений задачи для снижения её вычислительной сложности, наиболее эффективным подходом является разработка эвристических (приближённых) алгоритмов и вычислительных схем.

В работе В.А. Токаревой сформулированы дискретные и дискретно-непрерывные математические модели, учитывающие использование информационных ресурсов в современных распределённых вычислительных системах, не исследованные ранее в научной литературе. Использование алгоритмов, основанных на приоритето-порождающих функционалах и принципе двухуровневых перестановок, позволяет получать допустимые расписания за практически приемлемое время.

Важнейшей задачей также является сравнительное исследование свойств алгоритмов для различных конфигураций вычислительных систем и моделирование функционирования этих систем с целью дальнейшей оптимизации их работы или синтеза их структуры.

Таким образом, тема диссертационной работы В.А.Токаревой, посвящённой вопросам построения математических моделей, быстрых вычислительных алгоритмов и комплексов параллельных программ для составления расписаний в распределённых системах обработки данных с агрегированным поиском и ограниченными ресурсами, актуальна.

2. Научная новизна исследования и полученных результатов

В работе лично автором получен ряд новых результатов, позволяющих классифицировать её как законченное научное исследование по специальности 05.13.18:

а) в области математического моделирования:

1. Предложено формальное описание класса распределённых систем обработки данных с агрегированным поиском, отличающихся наличием дополнительных информационных ресурсов, ограниченных в терминах качественной доступности. Сформулирована математическая задача поиска оптимального расписания в рассмотренном классе систем.

2. Разработаны оптимизационные дискретная и дискретно-непрерывная математические модели составления расписаний для нескольких приборов, отличающиеся учётом дополнительных ограничений на качественную доступность ресурсов и функцией цели, заключающейся в минимизации времени выполнения агрегированной работы. Проведено исследование существования аналитического решения для случаев дискретных ограничений на ресурсы и различных видов функции расхода ресурса для модели с непрерывными ограничениями на ресурсы.

б)) в области численных методов:

3. Сформированы новые алгоритмы решения задач составления расписаний в многоприборных системах с ресурсами, обладающими ограниченной качественной доступностью, основанные на приоритетопорождающих функционалах для различных соотношений числа приборов к числу ресурсов. Для предложенных алгоритмов исследована асимптотическая сходимость для худшего случая выполнения.

в) в области разработки комплексов программ:

4. Разработаны комплексы программ для направленного численного эксперимента по исследованию свойств разработанных алгоритмов,

имитационного моделирования поведения систем агрегации при различных заданных параметрах.

5. Разработанные численные методы и алгоритмы реализованы в виде комплекса программ для работы с пользовательскими заявками и диспетчеризации задач в центре сбора и анализа данных экспериментальной астрофизики частиц GRADLCI.

Основные формально-теоретические утверждения диссертации доказаны с надлежащей полнотой и использованием современного математического аппарата теории расписаний, теории массового обслуживания, математических методов исследования операций, статистики, теории вероятностей, теории алгоритмов, численных методов, математического моделирования и программирования. Все защищаемые положения проиллюстрированы достаточным количеством вычислительных экспериментов.

В качестве методологической основы исследования использован системно-аналитический подход с фокусом на структурном, функциональном и динамическом аспектах, численные методы, методы математического моделирования и программирования. В качестве вспомогательных методологических средств использованы контент-анализ, методы интеллектуальной схемотехники, сравнение, систематизация. Работа основывается на принципах системности, комплексности, детерминированности.

Пункты научной новизны соответствуют паспорту специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» по следующим пунктам: п. 4 «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента», п. 5 «Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента», п. 8 «Разработка систем компьютерного и имитационного моделирования».

3. Значимость полученных автором диссертации результатов

Теоретическая значимость работы определяется её вкладом в развитие математических моделей, численных методов и алгоритмов в области формирования эффективных расписаний в современных распределённых системах обработки данных.

Практическая значимость заключается в построении комплекса дискретных и дискретно-непрерывных математических моделей и

алгоритмов, позволяющих сформировать расписание обслуживания информационных запросов в широком классе систем с дополнительными информационными ресурсами за практически приемлемое время, а также в реализации комплексов программ, позволяющих осуществлять моделирование и практическое осуществление различных сценариев составления расписаний в многоприборных распределённых системах с ограниченными информационными ресурсами, что позволяет повысить удовлетворённость конечных пользователей и снизить расходы на эксплуатацию оборудования.

Результаты диссертационного исследования внедрены в центре обработки и анализа данных экспериментов астрофизики частиц GRADLCI и в ряде учебных курсов, преподаваемых на факультете прикладной математики, информатики и механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет».

4. Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

Достоверность результатов обусловлена корректным выбором методики исследования и подтверждена данными, полученными в ходе апробации алгоритмов на полученных математических моделях.

5. Анализ содержания диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Содержание диссертации изложено на 175 страницах текста. Список литературы включает 159 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, основные результаты, выносимые на защиту, приведён обзор современного состояния исследований изучаемых процессов.

Первая глава посвящена задачам составления расписаний в системах с ресурсными ограничениями различной структуры. Автор исследует существующие подходы к классификации ресурсных ограничений и постановке задач составления расписаний для дискретных и непрерывных моделей. Исследуется вопрос о принадлежности различных формулировок задач с ресурсными ограничениями к тому или иному классу разрешимости. Предложено расширение данных классификаций для учёта категории ресурсов, названных «качественно ограниченными». Введён в рассмотрение крупный класс промышленно-информационных систем «Системы агрегации», предлагается концептуальный подход и направления для математического моделирования составления адаптивных расписаний в таких системах.

Во второй главе рассматриваются модели многолинейных систем с ограниченными восполнимыми ресурсами для систем агрегации. В части 1 главы излагается построение и исследование дискретной модели, в части 2 — дискретно-непрерывной. Часть 3 посвящена построению приоритетопорождающих функционалов для значимых частных случаев данных моделей. Доказывается ряд теорем о свойствах расписаний для исследуемых моделей.

В третьей главе разрабатываются алгоритмы построения расписаний для многоприборных систем с ограниченными восполнимыми ресурсами. Исследуются свойства предложенных алгоритмов, проводится анализ предела худшего времени выполнения и доказываются теоремы о его значениях.

В четвёртой главе излагается проведение вычислительных экспериментов с помощью специально разработанных для данной задачи комплексов программ. Было разработано две программы для проведения вычислительных экспериментов, а также программа составления расписаний для агрегированной обработки распределённых данных в центре анализа данных астрофизики частиц GRADLCI. Для этих трёх программ автором были получены свидетельства о регистрации ПО ЭВМ. На основе результатов численных экспериментов сравниваются алгоритмы, предложенные в главе 3, и даются рекомендации по их прикладному применению.

Результаты выполненного исследования сформулированы в заключении. Список литературы (159 источников) включает в себя классические и современные работы отечественных и зарубежных авторов. Автореферат диссертации полностью отражает её содержание.

6. Рекомендации по использованию результатов

Результаты диссертационного исследования рекомендуются к использованию в центрах обработки и анализа данных с приложениями в науке, технологиях и цифровой экономике. Разработанные модели и алгоритмы позволяют производить более точные расчёты расписания обработки данных для задач, включающих использование данных в качестве дополнительного ресурса. Моделирование поведения таких систем при различных конфигурациях может быть использовано для анализа и оптимизации их работы, а также для решения задач синтеза их оптимальной структуры, что позволит снизить издержки на закупку и обслуживание оборудования. Программное обеспечение, предназначенное для обработки научных данных в дата-центре, специализирующемся на данных

астрофизики частиц, может быть адаптировано для решения сходных задач в других областях науки, таких как биология, химия, экономика, социальные и гуманитарные науки. Все эти результаты представляют большой интерес как для дальнейших исследований в области теории расписаний, так и для развития отечественных науки и технологий.

7. Общая оценка диссертационной работы

Основные результаты диссертации достаточно полно отражены в опубликованных работах автора (всего 15 работ, в том числе 11 работ, проиндексированных базами Scopus / Web of Science). Результаты представлены на более чем 20 научных мероприятиях, а также подтверждены 3 свидетельствами о регистрации ПО ЭВМ.

По работе имеются следующие замечания.

1. Реализация всех программных комплексов является параллельной, при этом не приводятся сведений о том, какого ускорения по сравнению с однопоточной версией позволяет добиться параллельная реализация.

2. При доказательстве теоремы 2.1 (стр. 56) недостаточно аккуратно прописана база индукции.

3. В доказательстве теоремы 2.3 (стр. 64) при преобразовании функции $v(t)$ вместо нестрогих неравенств $0 \leq v(t) \leq U$, по всей видимости, должны стоять строгие.

4. В главе 4 таблицы 16 и 17 содержат терминологию и значения, относящиеся к прикладной области применения программы, для которых не дано пояснения в тексте работы (Energy, Electron number, Zenithangle, Showerage, GeomagneticAngleG и т.д.).

5. В тексте диссертации присутствуют опечатки.

Изложенные выше замечания не умаляют теоретической и практической значимости работы. Диссертационная работа Виктории Андреевны Токаревой «Математические модели и алгоритмы для формирования расписания в распределённых системах обработки данных с агрегированным доступом к информационным ресурсам» соответствует критериям актуальности темы, новизны и достоверности результатов, отвечает требованиям Положения о присуждении учёных степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Отзыв подготовлен профессором кафедры прикладной математики и программирования, доктором технических наук (05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ) Анатолием Борисовичем Усовым (344090, Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова, 8А, тел. раб. +7(863)2975411, эл. почта: abusov@sfedu.ru).

Отзыв обсуждён и утверждён на заседании кафедры прикладной математики и программирования Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича Южного федерального университета от 19 мая 2022 г., протокол №9. Присутствовало на заседании 7 чел.

Результаты голосования: «за» — 7 чел., «против» — нет, «воздержались» — нет.

Заведующий кафедрой прикладной математики и программирования
Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
д.ф.-м.н., профессор

344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова, 8А,
тел. раб. +7(863)2975411, e-mail: gaugomickiy@sfedu.ru



G. A. Ugolnitskiy

Г.А. Угольницкий

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Личную подпись *Угольницкого Г.А.*

ЗАВЕРЯЮ:

Ведущий специалист по управлению персоналом
Дир. Подшивалова М.И.
«20» мая 2022 г.