

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.04.

Соискатель: Гайнанов Дамир Насибуллович.

Тема диссертации: Математическое и программное обеспечение вычислительных комплексов для решения задач анализа несовместных систем с массивно параллельной обработкой данных.

Специальность: 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»,
05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Решение диссертационного совета по результатам защиты: На заседании 28 сентября 2018 года (протокол № 64) диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Гайнанова Д. Н. «Математическое и программное обеспечение вычислительных комплексов для решения задач анализа несовместных систем с массивно параллельной обработкой данных» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и принял решение присудить Гайнанову Дамиру Насибулловичу ученую степень доктора физико-математических наук.

Присутствовали: Наумов А. В. – *председатель*, Кибзун А. И. – *зам. председателя*, Северина Н. С. – *ученый секретарь*, а также члены диссертационного совета: Битюков Ю. И., Борисов А. В., Бортаковский А. С., Грумондз В. Т., Денисова И. П., Кан Ю. С., Колесник С. А., Короткова Т. И., Котельников М. В., Красильников П. С., Кузнецов Е. Б., Кузнецова Е. Л., Кулагин Н. Е., Куравский Л. С., Липатов И. И., Пантелеев А. В., Ревизников Д. Л., Семенихин К. В., Сиротин А. Н., Формалев В. Ф.

Ученый секретарь диссертационного совета

Д 212.125.04, к.ф.-м.н., доцент

Н. С. Северина

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.04,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 28.09.2018 № 64

О присуждении Гайнанову Дамиру Насибулловичу, гражданину РФ, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Математическое и программное обеспечение вычислительных комплексов для решения задач анализа несовместных систем с массивно параллельной обработкой данных» по специальностям 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите «22» июня 2018 года, протокол № 59, диссертационным советом Д 212.125.04, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования РФ, 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, приказы Минобрнауки РФ: о создании диссертационного совета № 714/нк от 02.11.2012, об изменении состава диссертационного совета № 628/нк от 07.10.2013, 574/нк от 15.10.2014, № 1339/нк от 29.10.2015, № 710/нк от 21.06.2016, № 1403/нк от 01.11.2016, № 1017/нк от 20.10.2017.

Соискатель Гайнанов Дамир Насибуллович, 1954 года рождения, в 1976 году окончил с отличием Уральский политехнический институт им. С. М. Кирова по специальности «Автоматизированные системы управления», и в 1981 году в совете при том же институте защитил

кандидатскую диссертацию по теме «Алгоритмы на графах, порождаемых противоречивыми системами условий, и их применение в задачах управления качеством».

В период подготовки диссертации соискатель Гайнанов Дамир Насибуллович обучался с 01.11.2015 года по настоящее время в докторантуре в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)». С 2017 года по настоящее время работает старшим научным сотрудником кафедры 804 «Теория вероятностей и компьютерное моделирование» факультета «Информационные технологии и прикладная математика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Диссертация выполнена на кафедре 804 «Теория вероятностей и компьютерное моделирование» факультета «Информационные технологии и прикладная математика» в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования РФ.

Научный консультант – заведующий кафедрой 804 «Теория вероятностей и компьютерное моделирование» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», доктор физико-математических наук, профессор Кибзун Андрей Иванович.

Официальные оппоненты:

1. Михайлюк Михаил Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий отделом программных средств визуализации Федерального государственного учреждения «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук»;
2. Лазарев Александр Алексеевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией 68 «Теории расписаний и

дискретной оптимизации» Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук»;

3. Тимофеева Галина Адольфовна, доктор физико-математических наук, профессор, заведующая кафедрой естественнонаучных дисциплин Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения».

Оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт математики и механики им. Н. Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук», г. Екатеринбург.

В положительном отзыве ведущей организации указано, что диссертационная работа представляет собой законченную и целостную научно-исследовательскую работу, выполненную на высоком научном уровне. В ней получены новые результаты, обладающие высокой научной и практической значимостью. Совокупность полученных теоретических результатов можно квалифицировать как решение крупной научной проблемы, а внедрение полученных практических результатов вносит существенный вклад в решение важных прикладных задач в области оптимального управления производственными и транспортными процессами в условиях противоречивости ограничений на использование ресурсов.

Диссертация удовлетворяет всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальностям 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Отзыв на диссертацию официального оппонента, доктора физико-математических наук, профессора Михайлюка Михаила Васильевича.

Отзыв положительный. Замечания по диссертационной работе:

1. Прикладная задача управления транспортными процессами в условиях противоречивости исследуется в своей общей постановке в пятой главе диссертации (раздел 5.1). Для ее решения разрабатываются алгоритм расшифровки МБФ, оптимальный по нормированному критерию, эвристический алгоритм с гарантированной верхней оценкой, а также алгоритм декомпозиции множества путей ориентированного графа на заданном множестве сильно связанных подграфов, реализующий принципы параллельной обработки данных для снижения размерности исходной задачи. Не ясным остается, каким образом формируется конечное решение исследуемой задачи? Множество путей ориентированного графа представляет собой множество попарно бесконфликтных заданий на перевозку, что обеспечивается значением нуль соответствующей МБФ. Результатом реализации алгоритма декомпозиции является набор заданий, подлежащих независимому исполнению в рамках некоторого участка сети. Что касается последующего решения – об этом только упоминается в контексте общей постановки задачи (параграф 5.1.2), но формально не приводится каких-либо алгоритмов для назначения локомотивов на исполнение заданного множества (подмножества) перевозок.

2. В шестой главе (раздел 6.2) приводится схема функционирования вычислительного комплекса в приложении к решению прикладной задачи планирования и организации грузовых железнодорожных перевозок в условиях противоречивости. Из этой схемы и сопутствующего изложения следует, что уже на этапе формирования задания на перевозку в силу особенностей разработанного эвристического алгоритма вычислительные затраты могут быть существенно снижены (рис. 12). Этот факт следовало осветить более подробно на этапе разработки методологии параллельной обработки данных на графах, то есть в четвертой главе.

Отзыв на диссертацию официального оппонента, доктора физико-математических наук, профессора Лазарева Александра Алексеевича.

Отзыв положительный. Замечания по диссертационной работе:

1. В Теореме 3.1 (Глава 3, стр. 133 диссертации) установлен важный результат о взаимосвязи между дополнением семейства МСП несовместной системы линейных неравенств и семейством диагоналей соответствующего

выпуклого многогранника. В действительности речь идет о G -диагоналях, однако в формулировке теоремы понятие G -диагонали переопределено и упоминается как диагональ набора точек пространства. Ввиду особой научной значимости установленного результата и новизны введенного понятия, целесообразным представляется его акцентированное использование.

2. В Теореме 4.1 (Глава 4, стр. 157 диссертации) установлено, что решения, взятые по одному для каждой вершины цикла нечётной длины в графе МСП, образуют комитет исходной системы. Таким образом, каждый цикл нечётной длины соответствует некоторому комитету. Этот результат лежит в основе приближённого алгоритма решения задачи синтеза комитета минимальной мощности несовместной системы линейных неравенств. Интересен вопрос: верно ли обратное? Другими словами, верно ли, что каждому комитету несовместной системы линейных неравенств можно поставить в соответствие некоторый цикл нечётной длины в графе МСП такой, что решения, взятые по одному для каждой вершины цикла нечётной длины в графе МСП образуют заданный комитет исходной системы? В диссертации отсутствуют комментарии по этому вопросу.

3. Для решения задачи распознавания образов в геометрической постановке в диссертации вводится дополнительный критерий классификации комитетов, основанный на понятии мощности соответствующих альтернативных покрытий (Глава 4 Раздел 4.1, стр. 160 диссертации). Ряд примеров демонстрирует работоспособность подхода, однако собственно алгоритм построения альтернативного покрытия для некоторого комитета не представлен.

4. В Главе 4 (Раздел 4.2 Параграф 4.2.3) установлена взаимосвязь между задачей расшифровки МБФ и NP-трудной задачей о наибольшем независимом множестве вершин в неориентированном графе. Для решения последней разработан эвристический алгоритм с абсолютной оценкой точности приближённого решения (стр. 200). Программная реализация этого алгоритма используется в вычислительном комплексе для решения прикладной задачи планирования и организации грузовых железнодорожных перевозок. При таком подходе важную роль начинает играть состав вершин искомого независимого

множества. Однако из описания алгоритма не очевидно, какие из доступных вершин (текущее множество претендентов) следует включать в решение в приоритетном порядке.

5. Во введении приведено достаточное количество ссылок на работы других исследователей, но не указано место полученных автором результатов в этой области. Существует большое количество методов анализа несовместных систем. Хотелось бы видеть более четкую формулировку преимуществ, которые дают предложенные автором подходы.

6. Содержательный смысл результатов, представленных в Таблице 1 (стр. 186) ясен не до конца. Почему близость наборов, полученных разработанным методом и методом полного перебора говорит об эффективности подхода? Кроме того, количество тестовых примеров (100 наборов по 32 точки) представляется недостаточным, чтобы делать вывод об эффективности предлагаемого алгоритма. Интересным было бы также сравнение разработанной эвристики с другими известными эффективными методами, в том числе на задачах различной размерности.

7. Страница 211, Таблица 2. Сравнение по времени предлагаемого подхода с другими тремя известными алгоритмами некорректно, поскольку запуски алгоритмов происходили на разных вычислительных устройствах. Для алгоритмов не представлены данные по размерам найденных клик.

8. В описании разработанного программного комплекса не представлены числовые характеристики границ его эффективной применимости. Задачи анализа несовместных систем какой размерности могут быть решены с его применением за приемлемое время? Интересно также оценить размерность практических задач, рассмотренных автором в диссертации.

9. В работе имеется ряд опечаток, например, «семйств» (стр. 15), «диссертатации» (стр. 30), «подсисте» (стр. 52), «справедливо следующее следующее утверждение» (стр. 78), «Соответствующие» (стр. 85), «классифкацию» (стр. 105), «удовлетворяющий» (стр. 117) и т.д.

Отзыв на диссертацию официального оппонента, доктора физико-математических наук, профессора Тимофеевой Галины Адольфовны.

Отзыв положительный. Замечания по диссертационной работе:

1. В диссертации особое внимание уделяется исследованию структурных и комбинаторных свойств несовместных систем однородных строгих линейных неравенств, что связано с их практическим значением при моделировании противоречивых ограничений. При этом рассмотрение именно однородных и строгих систем обосновано не в полной мере. Какие трудности (или, наоборот, ослабление) влечет рассмотрение систем неоднородных и нестрогих линейных неравенств?

2. В диссертации подробно изучены свойства графов МСП несовместных систем линейных неравенств, характеризующие их локальные свойства, тип связности, оценку диаметра. Хотелось бы иметь более детальное описание того, как используются оценки степени вершин и диаметра графа МСП при построении алгоритмов выделения МСП в главе 4.

3. В разделе 4.1 главы 4 разработаны вычислительные алгоритмы для решения задач анализа несовместных систем на этапе подсчета и выделения всех максимальных совместных (МСП) и минимальных несовместных подсистем. При этом из описания алгоритма ГРАФ-КОМБ не вполне очевидным образом следует приоритет подсистемы, выбираемой в решение на первом шаге. Другими словами, не вполне ясно, с какой подсистемы начинать строить семейство МСП и имеет ли это какое-либо значение.

Отзыв на диссертацию ведущей организации.

Ведущая организация дала положительный отзыв на диссертацию. Отзыв подписан заведующим отделом математического программирования, доктором физико-математических наук, профессором РАН Хачаем Михаилом Юрьевичем. Отзыв утвержден директором Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт математики и механики Уральского отделения Российской академии наук», доктором физико-математических наук, членом корреспондентом РАН Лукояновым Николаем Юрьевичем. Замечания по диссертации:

1. Высокая эффективность предложенной в главе 5 автоматической системы прогнозирования бракованных изделий, основанная на дообучении в

реальном времени комитетного классификатора, представляется крайне любопытной. Подобного типа процедуры являются предметом изучения одного из активно развивающихся разделов современной теории анализа данных — обучения с подкреплением (reinforcement learning). Представляет интерес сравнение полученных в работе результатов с последними результатами в данной области.

2. Приведенные в главе 5 эвристические алгоритмы дихотомии обучающей выборки для решения многоклассовой задачи распознавания образов представляются разновидностью другого широкого класса алгоритмов обучения — решающих деревьев. В этой связи представляется уместным проведение (теоретического или численного) сравнения данных алгоритмов с известными представителями этого класса: C4.5, C5.0, RF др.

3. Утверждение об оптимальности предложенного в главе 4 алгоритма расшифровки монотонной булевой функции, порожденной несовместной системой линейных неравенств представляется не вполне корректным. Традиционно трудоемкость подобных алгоритмов оценивается в терминах т. н. «оракульной» сложности - числа обращений в подпрограмме-оракулу, вычисляющей значение восстанавливаемой функции к конкретной вершине булева куба. Известна простая нижняя оценка такой сложности, совпадающая с числом верхних нулей и нижних единиц функции. Автором показано, что число обращений к оракулу предложенного им алгоритма совпадает с указанной нижней оценкой. Однако оракул, используемый в данном алгоритме, имеет существенно более сложную структуру и предположительно большую трудоемкость, что затрудняет объективную интерпретацию данного результата.

4. В этой же главе представлен быстрый эвристический алгоритм поиска максимального независимого множества графа. Показано, что алгоритм является точным в классе ациклических графов. Предположительно высокая точность в классе произвольных графов подтверждена результатами численных экспериментов на графах из библиотеки DIMACS. Кроме того, утверждается, что данный алгоритм обладает «абсолютной оценкой точности», поскольку для каждого конкретного графа наряду с полученным независимым множеством алгоритм позволяет оценить отклонение его мощности от оптимума задачи. Последнее утверждение представляется терминологически не вполне обоснованным, поскольку термин «алгоритм с оценкой точности» предполагает равномерность данной оценки для некоторого класса графов.

На автореферат диссертации поступило 6 отзывов.

1. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет» (ЮФУ).

Отзыв подписан профессором кафедры высшей математики Института компьютерных технологий и информационной безопасности, доктором физико-математических наук, профессором Каркищенко Александром Николаевичем. Отзыв положительный. Замечания на автореферат:

1. В тексте автореферата используются некоторые понятия, которые не являются общеизвестными и не определяются в тексте (например, понятие одностороннего множества на стр. 19, понятие (k, m) -вершины на астр. 23 и др.), что в некоторых случаях затрудняет понимание математической сути разработанных в диссертации методов.

2. Похоже, что Утверждение 11 представлено в автореферате не в полном виде.

3. В автореферате указано, что были проведены объемные вычислительные эксперименты с использованием алгоритмов, разработанных на основе новых теоретических результатов. Эти эксперименты показали высокую эффективность полученных методов, как с точки зрения вычислительной сложности, так и по критерию качества приближенного решения. Однако из текста автореферата не ясно, проводились ли вычислительные эксперименты в целом в приложении к решению исследуемых прикладных задач.

2. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт математики им. С. Л. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук» (ИМ СО РАН).

Отзыв подписан руководителем лаборатории анализа данных, доктором физико-математических наук, старшим научным сотрудником Кельмановым Александром Васильевичем. Замечания на автореферат:

1. Принципиальные замечания по работе отсутствуют. Вместе с тем, на мой взгляд, в автореферате недостаточно четко раскрыты элементы новизны каждого из защищаемых результатов (недостаточно писать только то, что результат новый; необходимо пояснять, чем он привлекателен по сравнению с другими). При этом чрезмерно много написано об актуальности прикладных задач, а также о сходных по постановке задачах, которые на самом деле имеют весьма опосредованную связь с результатами диссертационной работы. В то же

время, раздел актуальность оказался перенасыщен перечислением фамилий многих известных специалистов, результаты которых также либо имеют слабую связь, либо не имеют связи с защищаемыми результатами. Вероятно, такая же картина в тексте диссертационной работы.

2. Не ясен термин «массивно параллельная обработка данных», может быть, автор имел в виду параллельная обработка массивных (т.е. большеразмерных) данных. Имеет ли смысл термин «массивная обработка данных» (если из авторского словосочетания удалить слово «параллельная»)?

3. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Омский филиал института математики им. С. Л. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук» (ОФ ИМ СО РАН).

Отзыв подписан заместителем директора по научной работе, доктором физико-математических наук, доцентом Еремеевым Антоном Валентиновичем. Отзыв положительный. Замечания на автореферат:

1. В автореферате недостаточно обоснована мотивация разработки приближенных алгоритмов поиска МСП. Кроме того, как следует из краткого обсуждения этого вопроса, приближенность здесь понимается скорее, как незавершенность по сравнению с полным решением. Каждая найденная МСП является максимальной, и, если алгоритм останавливается, как только будет найдено определенное количество МСП, то, по сути, решение точное, с учетом заданных ограничений на выходные данные.

2. Для разработанного в диссертации эвристического алгоритма поиска наибольшего независимого множества вершин приводятся результаты вычислительных экспериментов на дополнительных графах тестовой библиотеки DIMACS. Однако, как известно, указанная библиотека шире, чем это представлено в автореферате. Означает ли это, что для других графов эксперименты не проводились, или полученные результаты не свидетельствуют об эффективности разработанного алгоритма?

3. На стр. 8 в разделе «Апробация работы» имеется неточность: вместо «семинар отдела «Дискретная оптимизация» ОФ ИМ им. С. Л. Соболева СО РАН (Омск, 2017)» должно быть «семинар лаборатории дискретной оптимизации ОФ ИМ СО РАН (Омск, 2017)».

4. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук» (ИСЭ РАН).

Отзыв подписан заведующим отделом прикладной математики, доктором физико-математических наук, старшим научным сотрудником Хамисовым Олегом Валерьевичем. Отзыв положительный. Замечание на автореферат:

1. Недостаточно подробно описаны типичные значения критерия остановки в одном из вариантов алгоритма ГРАФ-КОМБ. На стр. 19 автореферата приводится только пример малых значений, близких к размерности задающих векторов.

5. Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Московский педагогический государственный университет» (МПГУ).

Отзыв подписан профессором кафедры математического анализа, доктором физико-математических наук, доцентом Матвеевым Евгением Михайловичем. Отзыв положительный. Замечания на автореферат:

1. На стр. 23 автореферата приводятся результаты вычислительных экспериментов на тестовом примере с использованием разработанного в диссертации алгоритма расшифровки монотонной булевой функции, связанной с соответствующей несовместной системой. Хотелось бы получить пояснение к вопросу о том в каком смысле в данном случае применена формулировка «приближенный алгоритм», в то время как, по всей видимости, полученное решение точное.

2. Не ясным также остается критерий сравнения алгоритмов расшифровки монотонных булевых функций – речь идет о количестве обращений алгоритма к оракулу в экстремальном (худшем) случае? Но чем в таком случае объясняется факт совпадения значений критерия для разных алгоритмов, а именно 252 обращения для нескольких известных алгоритмов, оптимальных по шенноновскому критерию.

6. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко Российской академии наук» (ИПТ РАН).

Отзыв подписан заведующим отделом прогнозирования развития транспортных систем, доктором технических наук, профессором Цыгановым Владимиром Викторовичем. Отзыв положительный. Замечание на автореферат:

1. В автореферате не приводятся данные о типичных размерностях множества путей ориентированного графа, подлежащего параллельной обработке (декомпозиции) в вычислительном комплексе. Практический пример

задачи, представленный в автореферате представляется экстремальным в этой области исследования. Верно ли, что в общем случае размерность множества путей (то есть размерность множества заданий на перевозку) также измеряется тысячами элементов? Кроме того, никак не обсуждается комбинаторный характер пересечений сильно связанных подграфов: сколько в среднем различных декомпозиций может быть построено для произвольного ориентированного пути? Можно ли предположить, что эта закономерность, если и существует, то некоторым образом связана с длиной (по станциям) соответствующих заданий на перевозку.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в области тем, затрагиваемых в диссертационном исследовании.

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук, профессор Михайлюк Михаил Васильевич работает заведующим отделом программных средств визуализации Федерального государственного учреждения «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук». Область научных интересов – сложность алгоритмов, компьютерная графика, проблемно-ориентированное программное обеспечение для решения прикладных задач моделирования и управления. Автор свыше 100 научных работ, значительная часть которых посвящена разработке программных средств для реализации алгоритмов решения прикладных задач моделирования и управления, а также эвристических методов параллельных и распределенных вычислений.

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук, профессор Лазарев Александр Алексеевич работает заведующим лаборатории 68 «Теории расписаний и дискретной оптимизации» Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук». Область научных интересов – теория расписаний, комбинаторный анализ, методы оптимизации, дискретное программирование, параллельные вычисления. Автор свыше 100 научных работ, значительная часть которых посвящена разработке эффективных методов математического моделирования и численного решения задач управления транспортными процессами на железной дороге, в том числе

в условиях большого числа противоречивых ограничений на использование ресурсов.

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук, профессор Тимофеева Галина Адольфовна работает заведующей кафедрой естественнонаучных дисциплин Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Уральский государственный университет путей сообщения». Область научных интересов – математическое программирование, планирование и управление проектами в условиях неполной информации и риска. Автор свыше 100 научных работ, значительная часть которых посвящена разработке эффективных методов решения задач логистики и маршрутизации.

Выбор ведущей организации – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт математики и механики им. Н. Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук» – обусловлен широким кругом научных исследований, проводимых ее сотрудниками по теме диссертационной работы соискателя. Направления научной деятельности института включают фундаментальные, поисковые и прикладные исследования в областях математической теории управления, математического программирования и распознавания образов, а также развитие методов математического моделирования и создание алгоритмического и программного обеспечения для решения задач управления и оптимизации, в том числе развитие базы ЭВМ высокой производительности и разработку системного программного обеспечения для параллельных и распределенных вычислительных систем.

Соискатель Гайнанов Д. Н. имеет 56 научных работ по теме диссертации, среди которых 2 монографии, 25 статей в ведущих научных журналах (из которых 23 журнала входят в международные базы цитирований Scopus и Web of Science, и 13 – в Перечень ВАК), 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и 4 патента на изобретения. Содержание данных работ в полной мере отражает содержание диссертационной работы, в которой отсутствуют некорректные заимствования и недостоверные ссылки.

Соискатель Гайнанов Д. Н. является лауреатом премии им. Е. А. и М. Е. Черепановых 2000 года по направлению научно-технической

деятельности, а также лауреатом премии Правительства России в области науки и техники 2004 года.

Наиболее значимые научные работы соискателя по теме диссертации:

1. Гайнанов Д. Н., Новокшенов В. Ю., Тягунов Л. И. О графах, порождаемых несовместными системами линейных неравенств // Математические заметки, 1983, т. 33, № 2, с. 293-300.
2. Гайнанов Д. Н. Об одном критерии оптимальности алгоритма расшифровки монотонных булевых функций // ЖВМиМФ, 1984, т. 8(24), с. 1250-1257.
3. Гайнанов Д. Н. Теоретико-графовый алгоритм построения комитета несовместной системы линейных неравенств // ЖВМиМФ, 1986, т. 9 (26), с. 1431-1438.
4. Гайнанов Д. Н., Гусак И. Я. Диагонали выпуклых многогранников // Математические заметки, 1991. т. 49, № 4, с. 20-30.
5. Gainanov D. N. (1992). Alternative covers and independence systems in pattern recognition. *Pattern Recognition and Image Analysis*, 2(2), 147-160.
6. Гайнанов Д. Н. Комбинаторная геометрия и графы в анализе несовместных систем и распознавании образов. М.: Наука. 2014.
7. Гайнанов Д. Н., Коньгин А. В., Рассказова В. А. Математическое моделирование грузовых железнодорожных перевозок методами теории графов и комбинаторной оптимизации // АиТ, 2016, № 11, с. 60-79.
8. Гайнанов Д. Н., Рассказова В. А. Алгоритм расшифровки монотонных булевых функций, порождаемых неориентированными графами // Вестник Южно-уральского государственного университета, 2016, № 9 (3), с. 17-30.
9. Гайнанов Д. Н., Кабаков П. З. Кабаков З. К. Бречалов А. С. Системы управления качеством в металлургии: особенности, подходы и методы // Металлург, 2016, № 8, с. 4-8.
10. Gainanov D. N., Berenov D. A. (2017). Big Data Analytics and Pattern Recognition Methods in the Problem of Optimization of Technological Processes in Metallurgical Production. *Journal of Physics*, 913(1), [012003]. DOI: 10.1088/1742-6596/913/1/012003.

Диссертационный совет отмечает, что в выполненном диссертационном исследовании получены следующие **новые научные результаты:**

– разработано полноценное математическое программное обеспечение вычислительного комплекса специального назначения в составе методов математического моделирования прикладных задач управления технологическими и транспортными процессами для решения их в контексте задач анализа несовместных систем условий и связанных с ними задач расшифровки монотонных булевых функций (МБФ) и распознавания образов в геометрической постановке;

– разработана и реализована в управляющей программе методология параллельной обработки данных на множестве путей ориентированного графа и множестве сильно связных попершинно пересекающихся подграфов, реализующая эвристический алгоритм декомпозиции и позволяющая существенно снизить комбинаторную размерность прикладной задачи управления транспортными процессами в условиях большого числа противоречивых ограничений на использование ресурсов инфраструктуры;

– разработана и реализована в управляющей программе методология параллельной обработки данных на сети задач распознавания образов в геометрической постановке, реализующая эвристические алгоритмы дихотомии и принципы эффективного дообучения системы с учителем и позволяющая существенно повысить качество прогнозного решения в прикладной задаче управления технологическими маршрутами на дискретном производстве в условиях большого объема и непрерывного накопления опытных данных;

– разработан теоретико-графовый метод математического моделирования несовместных систем условий, в основе которого лежит понятие графа системы независимости как обобщение частной конструкции – графа максимальных совместных подсистем (МСП) несовместных систем линейных неравенств; для ряда классов систем независимости установлено фундаментальное свойство связности соответствующего графа, вытекающее непосредственно из связности топологического пространства; для графа МСП установлены необходимые условия более сильных типов связности, а также впервые доказана теорема о существовании в нем цикла нечетной длины и получены оценки для степеней вершин и диаметра;

– впервые доказана теорема о взаимосвязи между циклом минимальной нечетной длины в графе МСП и комитетом соответствующей несовместной системы линейных неравенств, а также разработан дополнительный критерий классификации равномоощных комитетов, основанный на новом понятии альтернативных покрытий; на основе этих результатов разработан эффективный алгоритм синтеза минимального комитета для решения задачи распознавания образов в геометрической постановке, в том числе для реализации этапа классификации в нижнем уровне логического дерева для решения многоклассовой задачи;

– разработан комбинаторно-геометрический метод математического моделирования несовместных систем линейных неравенств, в основе которого лежит новое для комбинаторной геометрии понятие G -диагонали выпуклого многогранника; установлена двойственная взаимосвязь между семейством МСП несовместной системы линейных неравенств и семейством G -диагоналей соответствующего выпуклого многогранника; на основе этой взаимосвязи получены точные нижние оценки для максимального числа МСП;

– для класса МБФ, связанных с несовместными системами условий общего вида, разработан новый нормированный критерий оптимальности алгоритма расшифровки, а также разработан алгоритм расшифровки МБФ, связанных с несовместными системами линейных неравенств, оптимальный по этому нормированному критерию;

– на основе полученных теоретических результатов разработаны и реализованы в вычислительном комплексе алгоритмы решения задач анализа несовместных систем линейных неравенств и связанных с ними задач расшифровки МБФ и распознавания образов в геометрической постановке; эффективность разработанных алгоритмов подтверждается результатами вычислительных экспериментов на тестовых данных специализированной открытой библиотеки, а также на данных характерной большой размерности случайного и прикладного происхождения;

– разработано специализированное программное обеспечение вычислительного комплекса в составе двух пакетов проблемно-

ориентированных программ для реализации отдельных этапов сбора, обработки и представления опытных данных, возникающих в прикладных областях управления технологическими и транспортными процессами в условиях большого числа противоречивых ограничений.

Теоретическая значимость исследования определяется разработкой принципиально нового научного направления, связанного с приложением теории анализа несовместных систем условий для решения практически значимых классов прикладных задач управления и оптимизации. Кроме того, ряд результатов, полученных в области исследования структурных и комбинаторных свойств несовместных систем условий общего вида (и, в частности, несовместных систем линейных неравенств), можно классифицировать как фундаментальные по соответствующему направлению.

Практическая значимость работы заключается в том, что перспектива внедрения разработанного вычислительного комплекса в практику эксплуатации металлургических предприятий и железных дорог представляется эффективной с точки зрения рационального распределения ограниченного множества ресурсов и их эффективного целевого использования, что естественным образом может повлечь существенный подъем уровня автоматизации и, как следствие, экономического развития этих областей производства и техники.

Достоверность результатов обеспечивается строгостью математических формулировок и доказательств теорем, а также подтверждением полученных теоретических результатов вычислительными экспериментами.

Личный вклад. Все результаты диссертационной работы получены лично соискателем в ходе научно-исследовательской деятельности.

Диссертационный совет считает, что диссертационная работа Гайнанова Дамира Насибулловича является самостоятельно выполненной, завершенной научно-квалификационной работой, в которой развивается новое перспективное научное направление, связанное с приложением теории анализа несовместных систем для решения практически значимых классов прикладных задач. В работе получены важные теоретические и практические результаты в

области разработки методов параллельной обработки больших размерных данных в условиях их непрерывного накопления, методов математического моделирования в условиях противоречивости ограничений, а также эффективных методов численного решения сложных задач комбинаторной оптимизации, в том числе эвристических и приближенных методов с гарантированными оценками точности решения. Совокупность полученных результатов можно квалифицировать как научное достижение в области разработки математического и программного обеспечения вычислительных комплексов прикладного назначения, а также в области математического моделирования и численного решения прикладных задач моделирования, управления и оптимизации. **Таким образом, диссертация полностью удовлетворяет пунктам 9-11, 13 и 14 постановления Правительства РФ №842 от 24.09.2013 «О порядке присуждения ученых степеней».**

На заседании «28» сентября 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Гайнанову Д. Н. ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 23 человек, из них 8 докторов наук по специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей» и 6 докторов наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 23, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета
Д 212.125.04, д.ф.-м.н., доцент

А. В. Наумов

Ученый секретарь диссертационного совета
Д 212.125.04, к.ф.-м.н., доцент

Н. С. Северина

28 сентября 2018 г.