

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.02

Соискатель: Игнатов Алексей Николаевич

Тема диссертации: Математическое и алгоритмическое обеспечение для принятия решений на графовых структурах

Специальность: 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Решение диссертационного совета по результатам защиты: На заседании 18 апреля 2025 года (протокол № 36) диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Игнатова Алексея Николаевича «Математическое и алгоритмическое обеспечение для принятия решений на графовых структурах» 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 Игнатову Алексею Николаевичу ученую степень доктора физико-математических наук.

Присутствовали: Наумов А.В. – *председатель*, Кибзун А.И. – *зам. председателя*, Рассказова В.А. – *ученый секретарь*, а также члены диссертационного совета: Бардин Б.С., Битюков Ю.И., Борисов А.В., Босов А.В., Гидаспов В.Ю., Грумондз В.Т., Иванов С.В., Колесник С.А., Котельников М.В., Красильников П.С., Красинский А.Я., Кузнецов Е.Б., Кузнецова Е.Л., Кулагин Н.Е., Куравский Л.С., Пантелеев А.В., Ревизников Д.Л., Семенихин К.В.

Председатель диссертационного совета
24.2.327.02, д.ф.-м.н., профессор

А.В. Наумов

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.2.327.02, к.ф.-м.н.

В.А. Рассказова

Проректор по научной работе
д.т.н., доцент



А.В. Иванов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.02, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 18.04.2025 № 36

О присуждении Игнатову Алексею Николаевичу, гражданину РФ, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Математическое и алгоритмическое обеспечение для принятия решений на графовых структурах» по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика принята к защите 13 января 2025 года (протокол заседания № 33) диссертационным советом 24.2.327.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, приказы Минобрнауки России: 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, № 272/нк от 27.03.2019, № 1097/нк от 03.10.2022, № 1215/нк от 12.10.2022.

Соискатель Игнатов Алексей Николаевич, 06 августа 1991 года рождения. В 2014 г. окончил с отличием федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный

институт (национальный исследовательский университет)» по специальности «Прикладная математика» (диплом специалиста с отличием № 107718 0139435, регистрационный номер 2014/8О-29Д). В 2016 г. защитил диссертацию «Синтез оптимальных стратегий в двухшаговых задачах стохастического оптимального управления билинейной моделью с вероятностным критерием» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)» (диплом кандидата наук КНД № 033198). В 2017 г. окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по направлению 02.06.01 Компьютерные и информационные науки (диплом № 107718 0962417, регистрационный номер 2017/8О-170Д).

В период подготовки диссертации соискатель Игнатов Алексей Николаевич работал в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» на кафедре 804 «Теория вероятностей и компьютерное моделирование» Института № 8 «Компьютерные науки и прикладная математика» в должности доцента.

Диссертация выполнена на кафедре 804 «Теория вероятностей и компьютерное моделирование» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – Кибзун Андрей Иванович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой 804 «Теория вероятностей и компьютерное моделирование» Института № 8 «Компьютерные науки и прикладная математика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

1. **Назин Александр Викторович**, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории №7 «Адаптивных

и робастных систем им. Я.З. Цыпкина» федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук (ИПУ РАН), г. Москва;

2. **Горяинов Владимир Борисович**, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры «Математическое моделирование» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ имени Н.Э. Баумана), г. Москва;
3. **Каркищенко Александр Николаевич**, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник НИИ Робототехники и процессов управления федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» (ЮФУ), г. Таганрог

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского» (ОмГУ им. Ф.М. Достоевского)

– в своем положительном отзыве, подписанным профессором кафедры фундаментальной и прикладной математики, доктором физико-математических наук Сервахом Владимиром Вицентьевичем и утвержденным ректором ОмГУ им. Ф.М. Достоевского кандидатом технических наук, доцентом Замятиным Сергеем Владимировичем, указала, что представленная диссертация представляет собой целостную научную работу, рассматривающую перевозочный процесс как систему и исследующую все аспекты принятия решений при перевозках. Совокупность разработанных в диссертации алгоритмов и математических методов можно квалифицировать как научное достижение в области системного анализа. Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы. Диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям пунктов 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г., а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по

специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Замечания по диссертации:

1. Приведенные в первой главе алгоритмы не содержат временных оценок сложности.

2. На 9-м шаге алгоритма формирования расписания в первой главе (стр. 51) объединение по p избыточно.

3. Хотелось бы видеть более подробное (теоретическое и практическое) исследование точности алгоритмов, предложенных в первой главе.

4. Автором в пятой главе при формировании методологии сравнения задач смешанного целочисленного линейного программирования показывается, что незначительное изменение начальных данных может существенно повлиять на скорость получения решения решателем. В этой связи все примеры из главы 1 следовало бы дополнить подобным образом: исследовать вопрос времени работы алгоритмов при некотором изменении начальных данных.

Отзыв ведущей организации принят по результатам обсуждения диссертационной работы на заседании кафедры фундаментальной и прикладной математики 07 марта 2025 г., протокол № 20.

Соискатель по теме диссертации имеет 30 научных работ, среди которых 10 статей в журналах из перечня рецензируемых научных изданий ВАК, проиндексированных в Web of Science или Scopus, 1 статья в трудах конференции, проиндексированная в Scopus, 4 статьи из перечня рецензируемых научных изданий ВАК. Получено 4 государственных свидетельства о регистрации программ для ЭВМ, сделано 11 публикаций в других научных изданиях и материалах конференций.

Содержание данных работ в полной мере отражает содержание диссертационной работы, в которой отсутствуют некорректные и недостоверные ссылки, соискателем в данных работах получены основные теоретические и практические результаты.

Наиболее значимые научные работы соискателя по теме диссертации.

Статьи в журналах из перечня рецензируемых научных изданий ВАК РФ, проиндексированные в Web of Science и/или Scopus:

1. Ignatov A.N., Kibzun A.I., Platonov E.N. Estimating collision probabilities for trains on railroad stations based on a Poisson model // Automation and Remote Control. — 2016. — Vo. 77. — No. 11. — P. 1914–1927. /WoS, Scopus/ (Игнатов А.Н., Кибзун А.И., Платонов Е.Н. Оценка вероятности столкновения железнодорожных составов на железнодорожных станциях на основе пуассоновской модели // Автоматика и телемеханика. — 2016. — № 11. — С. 43–59.) *Личный вклад автора заключается в постановке задачи, получении аналитических оценок для компонент вероятности бокового столкновения, проведении расчетов.* (Уровень 2 «Белого списка»)
2. Bosov A.V., Ignatov A.N., Naumov A.V. Model of transportation of trains and shunting locomotives at a railway station for evaluation and analysis of side-collision probability // Informatics and applications. — 2018. — Vo. 12. — No. 3. — P. 107–114. /Scopus/ (Босов А.В., Игнатов А.Н., Наумов А.В. Модель передвижения поездов и маневровых локомотивов на железнодорожной станции в приложении к оценке и анализу вероятности бокового столкновения // Информатика и ее применения. — 2018. — Т. 12. — № 3. — С. 107–114.) *Личный вклад автора заключается в формировании системы ограничений, задающей движение по транспортной сети, разработке алгоритма поиска времени и маршрута следования элементов транспортной сети.* (Уровень 3 «Белого списка», K1 ВАК)
3. Ignatov A.N., Naumov A.V. On time selection for track possession assignment at the railway station // Bulletin of the South Ural State University. Series Mathematical Modelling, Programming & Computer Software». — 2019. — Vo. 12. — No. 3. — P. 5–16. /WoS, Scopus/ *Личный вклад автора заключается в разработке постановок задач поиска «технологического окна», получении, формализации этих задач в виде задач смешанного целочисленного линейного программирования.* (Уровень 3 «Белого списка»)
4. Gainanov D.N., Ignatov A.N., Naumov A.V., Rasskazova V.A. On Track Procession Assignment Problem at the Railway Network Sections // Automation and Remote Control, — 2020. — Vo. 81. — No. 6. — P. 967–977. /WoS, Scopus/ (Гайнанов Д.Н., Игнатов А.Н., Наумов А.В., Рассказова В.А. О задаче назначения “технологического окна” на участках железнодорожной сети // Автоматика и телемеханика. — 2020. — № 6. —

- С. 3–16.) *Личный вклад автора заключается в формировании системы ограничений, задающей движение по транспортной сети, разработке критерия оптимальности, а также разработке ограничений, необходимых для поиска “технологического окна”.* (Уровень 2 «Белого списка»)
5. Ignatov A.N. On the scheduling problem of cargo transportation on a railway network segment and algorithms for its solution // Bulletin of the South Ural State University. Series «Mathematical Modelling, Programming & Computer Software». — 2021. — Vo. 14. — No. 3. — P. 61–76. /WoS, Scopus/ *Статья посвящена идее декомпозиции множества грузов на части и ее реализации в форме алгоритма, основанного на последовательном решении ряда задач смешанного целочисленного линейного программирования.* (Уровень 3 «Белого списка»)
 6. Bosov A.V., Ignatov A.N., Naumov A.V. Algorithms for an approximate solution of the track possession problem on the railway network segment // Informatics and applications. — 2021. — Vo. 15. — No. 4. — P. 3–11. /Scopus/ (Босов А.В., Игнатов А.Н., Наумов А.В. Алгоритмы приближенного решения задачи назначения «технологического окна» на участках железнодорожной сети // Информатика и ее применения. — 2021. — Т. 15. — № 4. — С. 3–11.) *Личный вклад автора заключается в формировании алгоритма приближенного решения задачи назначения «технологического окна» на участках железнодорожной сети и его подвидов.* (Уровень 3 «Белого списка», K1 ВАК)
 7. Bosov A.V., Ignatov A.N. On the problem of assessing and analyzing traffic accidents risk on the rail transport // Informatics and applications. — 2023. — Vo. 17. — No. 1. — P. 73–82. /Scopus/ (Босов А.В., Игнатов А.Н. О задаче оценки и анализа риска транспортных происшествий на рельсовом транспорте // Информатика и ее применения. — 2023. — Т. 17. — № 1. — С. 73–82.) *Личный вклад автора заключается в нахождении закона распределения ущерба на всем пути следования транспортного средства, разработке функций интегрального риска, концепции оценки компонент функций интегрального риска на всем пути следования грузового поезда.* (Уровень 3 «Белого списка», K1 ВАК)
 8. Ignatov A.N. On the General Problem Statement of Cargo Carriages Scheduling and Ways to Solve It // Automation and Remote Control. — 2023. — Vo. 84. — No. 4. — P. 443–455. /WoS, Scopus/ (Игнатов А.Н. Об общей постановке задачи формирования расписания грузоперевозок и способах ее решения // Автоматика и телемеханика. — 2023. — № 4. — С. 145–165.) *Статья посвящена решению задачи финитности горизонта планирования, разработке универсального критерия оптимальности перевозок.* (Уровень 2 «Белого списка»)

9. Ignatov A.N. On the Algorithm of Cargoes Transportation Scheduling in the Transport Network // Automation and Remote Control. — 2023. — Vo. 84. — No. 9. — P. 993–1004. /WoS, Scopus/ (Игнатов А.Н. Об алгоритме формирования расписания грузоперевозок в транспортной сети // Автоматика и телемеханика. — 2023. — № 9. — С. 135–152.) *Статья посвящена разработке алгоритма поиска расписания в транспортных сетях с фиксированным временем движения между вершинами с учетом декомпозиции множества транспортировок. (Уровень 2 «Белого списка»)*
10. Ignatov A.N., Ivanov S.V. Comparing the solvers for the mixed integer linear programming problems and the software environments that call them // Bulletin of the South Ural State University. Series «Mathematical Modelling, Programming & Computer Software». — 2024. — Vo. 17. — No. 3. — P. 57–72. /WoS, Scopus/ *Личный вклад автора заключается в формировании статистического метода, позволяющего сравнить качество работы решателей задач смешанного целочисленного линейного программирования, выделении компонент времени, требуемого на решение задач смешанного целочисленного линейного программирования, разработке программного обеспечения, необходимого для тестирования решателей. (Уровень 3 «Белого списка»)*

Статьи в трудах конференций, индексируемых в Web of Science и/или Scopus:

11. Ignatov A.N. On the resource allocation problem to increase reliability of transport systems // Lecture Notes in Computer Science. — 2023. — Vo. 13930. — P. 169–180. /Scopus/ *Статья посвящена постановке задачи управления ресурсами в вероятностной и квантильной постановках с дальнейшим поиском детерминированных эквивалентов в этих задачах.*

Статьи в журналах из перечня рецензируемых научных изданий ВАК РФ:

12. Кибзун А.И., Игнатов А.Н. Организация мониторинга и оптимальной профилактики по предупреждению транспортного происшествия на заданном уровне надежности // Надежность. — 2013. — № 4(47). — С. 137–149. *Личный вклад автора заключается в формализации задачи управления надежностью, постановках задач оптимизации и нахождении их детерминированных эквивалентов. (К2 ВАК)*
13. Замышляев А.М., Игнатов А.Н., Кибзун А.И., Новожилов Е.О. Функциональная зависимость между количеством вагонов в сходе из-за

- неисправностей вагонов или пути и факторами движения // Надежность. — 2018. — № 1. — С. 53–60. *Личный вклад автора заключается в обработке протоколов сходов с рельсов и крушений грузовых поездов, формализации необходимых данных для оценки распределения количества подвижных единиц грузового поезда в сходе с рельсов, типизации сходов и крушений грузовых поездов, оценке закона распределения количества подвижных единиц грузового поезда в сходе с рельсов, разработке специализированного программного обеспечения.* (K2 ВАК)
14. Кибзун А.И., Игнатов А.Н. О задаче распределения инвестиций в установку средств, предотвращающих несанкционированный проезд автотранспортом железнодорожных переездов, для различных статистических критериев // Надежность. — 2018. — № 2. — С. 31–37. *Личный вклад автора заключается в формализации задачи оптимального распределения инвестиций в установку средств, предотвращающих несанкционированный проезд автотранспортом железнодорожных переездов, разработке критериев оптимальности, поиске детерминированных эквивалентов.* (K2 ВАК)
15. Замышляев А.М., Игнатов А.Н., Кибзун А.И., Новожилов Е.О. О нарушении безопасности движения, связанном с выходом в габарит соседнего пути подвижных единиц грузового поезда, сошедших с рельсов // Надежность. — 2018. — № 3. — С. 39–45. *Личный вклад автора заключается в обработке протоколов сходов с рельсов и крушений грузовых поездов, постановке задачи оценки вероятности нарушения габарита соседнего пути в виде задачи бинарного выбора.* (K2 ВАК)

Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ:

16. Игнатов А.Н., Кибзун А.И., Платонов Е.Н. Программно-алгоритмический комплекс расчета вероятности бокового столкновения пассажирского поезда с маневровым составом на станции. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2017617690 от 11.07.2017. *Личный вклад автора заключается в разработке программного комплекса.*
17. Игнатов А.Н., Кибзун А.И., Платонов Е.Н. Программно-алгоритмический комплекс обеспечения безопасности движения на станции с учетом заданного суточного расписания движения поездов. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2018617668 от 28.06.2018. *Личный вклад автора заключается в разработке программного комплекса.*
18. Азанов В.М., Игнатов А.Н., Кибзун А.И., Наумов А.В., Торишный Р.О. Программно-алгоритмический комплекс обработки статистической информации для назначения «технологического окна» на железнодорожной

станции. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2019616791 от 29.05.2019. *Личный вклад автора заключается в разработке программного комплекса на языке Matlab, который впоследствии был переписан с соавторами на язык программирования R.*

- 19.Игнатов А.Н. Программно-алгоритмический комплекс автоматического формирования расписания движения в задачах логистики. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2022664267 от 15.07.2022. *Программно-алгоритмический комплекс реализует алгоритм решения задачи поиска транспортировок в сетях с фиксированным временем движения между вершинами.*

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Отзыв на диссертацию официального оппонента, д.ф.-м.н., профессора Назина Александра Викторовича.

Отзыв положительный. Замечания по диссертационной работе:

1) В первой главе приводится алгоритм поиска приближенного решения в задаче поиска времени и маршрута движения грузов через транспортную сеть. Этот алгоритм основан на декомпозиции горизонта планирования (декомпозиции множества транспортировок) и декомпозиции множества грузов. Полагаю, что можно было бы осуществить еще одну декомпозицию: при поиске расписания для нового субгоризонта планирования меньшее общее число транспортировок, чем наперед заданное значение J .

2) В диссертации не указано, как априорно выбирать параметры P и J алгоритма поиска расписания в первой главе.

3) В работе, начиная с первой главы, формируются критериальные функции, предназначенные для поиска оптимального расписания движения, и приводятся алгоритмы поиска приближенного решения. Однако нет верхних оценок получаемых ошибок этих критериальных функций. Также отсутствуют оценки вычислительной сложности предложенных алгоритмов.

4) Доказанные в первой главе теоремы 1.1 и 1.2 говорят о корректности соответствующих задач (смешанного целочисленного линейного программирования), но они не упоминаются в списке основных результатов главы 1. Какова роль этих теорем?

5) В пятой главе приводится ряд задач (в том числе прикладных), на которых проводится тестирование решателей и вызывающих их программных

сред. Однако размерность этих задач относительно невелика (не более 2000 переменных). Было бы любопытно увидеть исследование, как с ростом количества переменных изменяются предлагаемые для сравнения характеристики: среднее медианное время, максимальное медианное время и другие.

6) В пятой главе предлагается варьировать ключевые параметры задач смешанного целочисленного линейного программирования, однако как выявить именно ключевые параметры для той или иной задачи смешанного целочисленного линейного программирования не указывается.

7) На стр. 119 написано: “Хотя разрозненные наблюдения свидетельствуют о том, что, по-видимому, законы распределения длин составов и их скоростей движения являются нормальными”. Но длины состава суть величины неотрицательные и не могут быть нормальными.

8) Термин “принятие решений”, который фигурирует в названии диссертации, почти не используется в тексте работы. Значительно чаще говорится об управлении движением.

9) В целом работа написана аккуратно, почти без опечаток. Замечена одна формула (3.3) в автореферате с опечаткой – пропала латинская буква u . Соответствующая формула (3.36) написана правильно.

Отзыв на диссертацию официального оппонента, д.ф.-м.н., доцента Горяинова Владимира Борисовича.

Отзыв положительный. Замечания по диссертационной работе:

1) В разделе 3.2 отсутствует сравнение предложенного подхода к оцениванию количества подвижных единиц в сходе с рельсов через отрицательную биномиальную регрессию, например, с марковскими цепями.

2) Предположения о пуассоновости потоков маневровых локомотивов обсуждаются и справедливо критикуются самим же автором в разделе 3.3. Возникает вопрос о способах получения других оценок искомой вероятности, который автором не освещается.

3) Использованное для оценки квантили неравенство Чернова, как отмечено в примере к разделу 3.4, приводит к длительному времени поиска. В этой связи кажется, что было бы рационально рассмотреть неравенство Чебышева. Возможно, его точности в этой задаче оказалось бы достаточно.

4) На значение функции интегрального риска в виде среднего ущерба влияет не только количество подвижных единиц в сходе с рельсов (которое оценивается), но и эвристическая функция $M[C_{si}(v_s)]$, введенная в разделе 4.2.2, которая линейна по скорости. Хотелось бы увидеть сравнение значений функций интегрального риска, например, при квадратичной по скорости функции $M[C_{si}(v_s)]$.

Отзыв на диссертацию официального оппонента, д.ф.-м.н., профессора Каркищенко Александра Николаевича.

Отзыв положительный. Замечания по диссертационной работе:

1) Название диссертации недостаточно точно характеризует предмет исследования. Под таким названием можно понимать задачи принятия решений при моделировании организационных структур, структур, отражающих поведение социальных групп, принятие решений в геоинформационных системах и др. Транспортные системы – это лишь частный случай структур, с учетом которых требуется принимать обоснованные решения.

2) В тексте используются “железнодорожные” термины, которые не всегда четко определены и содержательно понятны для неспециалистов в железнодорожной тематике, например, “выход в габарит соседнего пути”, “боковое столкновение”, “маневровый состав”.

3) Поскольку модели смешанного целочисленного линейного программирования являются основным инструментом решаемых в диссертации задач, следовало бы в отдельном небольшом подразделе описать основные факторы, определяющие сложность решения задач такого типа (целочисленность некоторых переменных, комбинаторный характер оптимизационных процессов, ветвление при поиске оптимальных решений, чувствительность к данным и пр.).

4) Почти все модели, которые строятся и исследуются в диссертации, оказываются очень сложными при непосредственном использовании для отыскания оптимальных решений. В связи с этим в диссертации обоснованно предлагаются методы поиска приближенных решений при некоторых управляющих ограничениях. Это приводит к уменьшению области поиска решения, при котором с некоторой вероятностью может быть потеряно наилучшее. По этой причине представляется, что следует говорить не о приближенных, а о субоптимальных решениях. Кроме того, было бы

целесообразно также описать в общем виде идею поиска таких решений и, по возможности, получить хотя бы грубые, но теоретические оценки их отклонения от оптимальных.

5) В диссертации комментируется сведение в единую свертку критериев, имеющих отличающиеся характеристики в размерности (например, в формуле (1.21) на стр. 42). Вместе с тем требуются дополнительные пояснения о том, как при этом разумным образом согласовать различие шкал в каждом из частных критериев. В этом случае недостаточно приписать подходящие размерности коэффициентам свертки, необходимо дать более обоснованные рекомендации и по определению величины этих коэффициентов.

6) В описаниях задач смешанного целочисленного линейного программирования ради формальной строгости следует подчеркнуть, что неравенства для векторов понимаются в покомпонентном смысле.

7) В начале раздела 2.1 дается описание построения вспомогательного графа по исходному графу транспортной сети. На самом деле это построение сводится к определению классического в теории графов понятия реберного графа, о чем следовало бы сказать в тексте. Веса на вершинах этого графа индуцированы весами на ребрах исходного графа.

8) В определении транспортировки представляется неудачным использование термина “вектор”. Следует говорить о кортеже, поскольку речь идет об упорядоченной совокупности объектов разных типов.

9) Не везде имеются ссылки на источники статистических данных о железнодорожных происшествиях и иных событиях, на основе которых строятся математические модели и параметрические оценки.

Отзывы на автореферат.

1. **Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»».**

Отзыв подписан профессором-исследователем департамента Прикладной математики Каштановым Виктором Алексеевичем, доктором физико-математических наук, профессором. Отзыв положительный. Замечания к автореферату:

1. Критерий качества плана перевозок из первой главы не содержит комментариев, как смешивать разнородные компоненты критерия или, иными словами, как задавать при таком смешении константы $c_1, \dots, c_6$.

2. Из текста автореферата неясно, каков порядок задач (количество грузов, транспортировок), которые могут быть быстро решены предложенным в первой главе алгоритмом поиска расписания.

3. По тексту автореферата непонятно, насколько большим следует выбирать S в четвертой главе.

4. При $S=1$, что допустимо согласно предложенной автором постановке, получается произведение по пустому множеству.

2. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»

Отзыв подписан профессором кафедры «Вычислительные системы и технологии» института радиоэлектроники и информационных технологий Мисевичем Павлом Валерьевичем, доктором технических наук, профессором. Отзыв положительный. Замечания к автореферату:

1. Из текста автореферата неясно, каков порядок задач, которые могут быть решены, скажем, менее чем за 10 минут алгоритмом поиска расписания в первой главе.

2. Автор в первой главе использует ожидаемое время до доставки, которое считается на основании реализации выборочного среднего, однако не указывается, за какой период времени следует брать наблюдения.

3. Автором заявляется, что разработан «комплекс» программ. Однако если разработан именно комплекс, то следовало бы указать процедуру или хотя бы блок-схему взаимодействия частей этого комплекса.

3. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет им. Петра Великого»

Отзыв подписан профессором Института компьютерных наук и безопасности Козловым Владимиром Николаевичем, доктором технических наук, профессором. Отзыв положительный. Замечаний нет.

4. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук (ИППИ РАН)

Отзыв подписан главным научным сотрудником лаборатории № 2 Миллером Борисом Михайловичем, доктором физико-математических наук, профессором. Отзыв положительный. Замечания к автореферату, которые автор отзыва отмечает как рекомендации к дальнейшим исследованиям, следующие:

1. Представленные в автореферате алгоритмы, по сути дела, описывают сведение исходной задачи к некоторым известным, для которых существуют так называемые решатели.

2. Сложность типовой задачи никак не отражена, в автореферате не даются оценки количества переменных оптимизации, количество ограничений и типовых критериев.

3. Нет также оценок времени решения типовых задач и требуемой производительности ЭВМ для решения этих задач.

4. Сами алгоритмы решения задач оптимизации также не рассматриваются, хотя совокупность детерминированных и вероятностных переменных относит эти задачи к весьма нетривиальным.

5. В автореферате отсутствуют сведения о решении какой-либо конкретной задачи, по-видимому их нет и в диссертации. Конечно, для работы математического плана это не является необходимым, но для описанной тематики это было бы весьма желательно.

5. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Отзыв подписан директором Передовой медицинской инженерной школы доктором технических наук, профессором. Отзыв положительный. Замечания:

1. Автореферат не содержит ни одного расчета.

2. Если сумма по пустому множеству автором в автореферате задается (говорится, что это ноль), то произведение по пустому множеству – нет. Такое произведение может возникать при $S=1$ в функции $R2$ (см. стр. 31 автореферата).

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

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук Назин Александр Викторович работает ведущим научным сотрудником лаборатории №7 «Адаптивных и робастных систем им. Я.З. Цыпкина» федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук (ИПУ РАН), Назин Александр Викторович защитил диссертацию по специальности 01.01.11 «Системный анализ и автоматическое управление», которая соответствует современной специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика», по которой проходила защита диссертации Игнатова Алексея Николаевича. Назин Александр Викторович является автором 72 научных работ, которые опубликованы в журналах и сборниках, реферируемых в международных базах Scopus и Web of Science, число публикаций в РИНЦ – 88.

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук, доцент Горяинов Владимир Борисович работает профессором кафедры «Математическое моделирование» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)». Область его научных интересов включает различные вопросы теории оценивания и статистических методов. Горяинов Владимир Борисович является автором 22 научных работ, которые опубликованы в журналах и сборниках, реферируемых в международных базах Scopus и Web of Science, число публикаций в РИНЦ – 52. Горяинов Владимир Борисович – автор учебника по математической статистике.

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук, профессор Каркищенко Александр Николаевич работает главным научным сотрудником НИИ Робототехники и процессов управления федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет». Его научные интересы лежат в области дискретной математики, математической теории искусственного интеллекта, классификации и распознавания образов. В результате научных исследований внес существенный

вклад в развитие теории пороговых функций, формальных нейронов и нейронных сетей, адаптивной оптимизации экспертных систем. Каркищенко Александр Николаевич является автором 31 научной работы, которые опубликованы в журналах и сборниках, реферируемых в международных базах Scopus и Web of Science, число публикаций в РИНЦ – 98.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского» (ОмГУ им. Ф.М. Достоевского) – является одним из лидеров в России в области комбинаторной оптимизации и разработке приближенных алгоритмов задач целочисленного программирования. Основное направление исследований кафедры фундаментальной и прикладной математики, подготовившей отзыв на диссертацию, – разработка и анализ генетических и гибридных алгоритмов для решения задач дискретной оптимизации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований на защиту были вынесены следующие результаты, которые соответствуют паспорту специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика:

- системный подход к решению задачи управления движением на графовых структурах: формализация задач поиска времени и маршрута движения в транспортных сетях, представляемых графами, задачи оценки риска движения на выбранном маршруте следования (*пункт 2 паспорта специальности 2.3.1.*);
- математическое и алгоритмическое обеспечение для поиска расписания движения в транспортных сетях с фиксированным временем движения между вершинами: система ограничений, задающая движение по мультиграфу транспортной сети, критериальная функция, алгоритм поиска решения в поставленной задаче – учитывающее возможность движения по окончании горизонта планирования (*пункты 2-5, 9, 10 паспорта специальности 2.3.1.*);
- математическое и алгоритмическое обеспечение для поиска расписания движения в транспортных сетях с нефиксированным временем движения между вершинами на основе системы ограничений, учитывающей графовую структуру сети и ряд технологических особенностей движения.

Алгоритм поиска промежутка времени, в которое часть ребер графа можно сделать недоступным для движения в таких транспортных сетях (*пункты 2-5, 9, 10 паспорта специальности 2.3.1.*);

- математические методы для решения задач управления надежностью на железнодорожном транспорте: метод оценивания закона распределения количества подвижных единиц грузового поезда в сходе с рельсов; метод оценивания вероятности бокового столкновения на железнодорожной станции; метод уменьшения количества происшествий на железнодорожных переездах (*пункты 2-5, 9-11, 17 паспорта специальности 2.3.1.*);
- математические утверждения о свойствах интегрального (на всем пути следования транспортного средства) риска: теорема о виде закона распределения ущерба при движении; явный вид функций интегрального риска: среднего ущерба и вероятности возникновения неблагоприятных событий (*пункты 3, 5, 10, 11 паспорта специальности 2.3.1.*);
- статистический метод сравнения решателей задач смешанного целочисленного линейного программирования (*пункты 3, 17 паспорта специальности 2.3.1.*).

Теоретическая значимость работы заключается в разработке алгоритмов для решения задач смешанного целочисленного линейного программирования специального вида, имеющих высокую размерность, нахождении детерминированных эквивалентов и границ критериальных функций для некоторого класса задач стохастического программирования с вероятностным и квантильным критериями, явных выражений для функций интегрального риска для произвольного количества и типов неблагоприятных случайных событий.

Практическая значимость работы состоит в том, что разработанные в работе процедуры и алгоритмы ориентированы на применение в различных транспортных компаниях для формирования расписания движения, а также для выбора скоростного режима беспилотного рельсового транспорта.

Достоверность обеспечивается строгостью математических постановок и доказательств утверждений, корректным использованием методов системного анализа, подтверждением теоретических результатов численными экспериментами.

