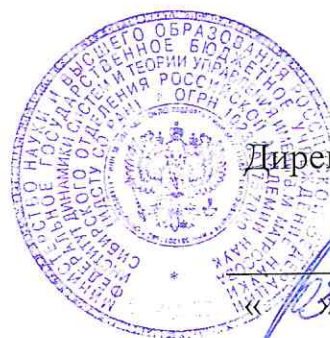


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова
Сибирского отделения Российской академии наук

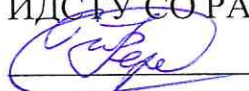


УТВЕРЖДАЮ
Директор ИДСТУ СО РАН
академик
И.В. Бычков
«18» февраля 2025 г.

ИТОГОВЫЙ ОТЧЕТ

*о научной и научно-организационной работе
за 2024 год*

Одобен Ученым советом
ИДСТУ СО РАН
Протокол № 1 от 03.02.2025

Ученый секретарь
ИДСТУ СО РАН к.т.н.
 Е.С. Фереферов



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук

Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences

Создан 1 ноября 1980 г.

Адрес: 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 134, а/я 292.

Тел.: (3952) 42-71-00. Факс: (3952) 51-16-16.

E-mail: idstu@icc.ru <http://www.idstu.irk.ru>

Директор – ак. Бычков Игорь Вячеславович.

Советники – чл.-к. РАН Толстоногов Александр Александрович, к.т.н. Максимкин Николай Николаевич.

Заместитель директора по научной работе – д.т.н. Феоктистов Александр Геннадьевич.

Заместитель директора по научной работе – д.ф.-м.н. Щеглова Алла Аркадьевна.

Ученый секретарь – к.т.н. Фереферов Евгений Сергеевич.

Заместитель директора по общим вопросам – Бабанин Дмитрий Геннадьевич.

Руководитель Центра коллективного пользования «Иркутский суперкомпьютерный центр СО РАН» – к.т.н. Новопашин Алексей Петрович.

Руководитель Центра коллективного пользования «Интегрированная информационно-вычислительная сеть Иркутского научно-образовательного комплекса» – к.т.н. Маджара Тарас Игоревич.

Общая численность института – 138 чел., в т.ч. н.р. – 73. Из них ак. – 1, чл.-к. РАН – 1, д.н. – 22, к.н. – 41.

Основные научные направления:

- теория и методы исследования эволюционных уравнений и динамических систем с приложениями;
- качественная теория и методы управления с приложениями;
- методы математической физики в задачах теории поля, газовой и плазменной динамики;
- теория, алгоритмы и вычислительные технологии решения задач оптимизации и исследования операций;
- теоретические основы и технологии организации распределенных и высокопроизводительных вычислительных систем;
- теоретические основы, технологии и прикладные вопросы создания и развития информационно-телекоммуникационных инфраструктур и сетевых программно-аппаратных систем обеспечения научно-образовательной деятельности;
- методы, технологии и сервисы формирования информационно-аналитических, геоинформационных, вычислительных и программно-аппаратных систем в различных предметных областях (в том числе для поддержки комплексных междисциплинарных научных исследований).



Научные подразделения

Отделение 1. Эволюционных уравнений и управляемых динамических систем (чл.-к. РАН, д.ф.-м.н. А.А. Толстоногов)

Лаборатория 1.1. Дифференциальных уравнений и управляемых систем

(к.ф.-м.н. С.В. Свинина)

Лаборатория 1.2. Оптимального управления (к.ф.-м.н. С.П. Сорокин)

Отделение 2. Прикладных проблем математической физики и теории поля (д.ф.-м.н. Ю.А. Марков)

Отделение 3. Динамических свойств и управления сложными объектами в пространстве (д.ф.-м.н. А.В. Лакеев)

Отделение 4. Информационных технологий и систем (к.т.н. А.Е. Хмельнов)

Лаборатория 4.1. Комплексных информационных систем (к.т.н. Р.К. Фёдоров)

Лаборатория 4.2. Информационно-телекоммуникационных технологий исследования техногенной безопасности (к.т.н. А.Ю. Юрин)

Отделение 5. Вычислительных и управляющих систем (д.т.н. Г.А. Опарин)

Лаборатория 5.1. Параллельных и распределенных вычислительных систем

(д.т.н. А.Г. Феоктистов)

Лаборатория 5.2. Информационно-управляющих систем (к.ф.-м.н. Н.В. Нагул)

Отделение 6. Методов невыпуклой и комбинаторной оптимизации (д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский)

Лаборатория 6.1. Невыпуклой оптимизации (к.ф.-м.н. А.В. Орлов)

Лаборатория 6.2. Логических и оптимизационных методов анализа сложных систем
(к.ф.-м.н. А.А. Лемперт)

Молодежная лаборатория искусственного интеллекта, обработки и анализа данных (к.т.н. А.А. Михайлов)



ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ	4
ВВЕДЕНИЕ	6
ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ.....	10
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОЕКТАМ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАДАНИЯ..	28
Проект «Теория и методы исследования эволюционных уравнений и управляемых систем с их приложениями».....	28
Проект «Аналитические и численные методы математической физики в задачах томографии, квантовой теории поля и механике жидкости и газа»	38
Проект «Качественный анализ динамических свойств и синтез управлений механическими системами с развитием средств компьютерной алгебры и средств численной реализации с приложением к проблемам управления и динамики космических аппаратов».....	40
Проект «Технологии разработки и анализа предметно-ориентированных интеллектуальных систем группового управления в недетерминированных распределенных средах».....	42
Проект «Методы и технологии облачной сервис-ориентированной цифровой платформы сбора, хранения и обработки больших объёмов разноформатных междисциплинарных данных и знаний, основанные на применении искусственного интеллекта, модельно-управляемого подхода и машинного обучения»	46
Проект «Теоретические основы, методы и высокопроизводительные алгоритмы непрерывной и дискретной оптимизации для поддержки междисциплинарных научных исследований»	54
Проект «Методы и технологии обучения представлений данных (representation learning) и само-обучения (self-supervised learning) для задач обработки изображений и естественного языка»	57
ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ РОССИЙСКОГО НАУЧНОГО ФОНДА.....	59
ГРАНТЫ МИНОБРНАУКИ	64
ГРАНТЫ, СТИПЕНДИИ ПРЕЗИДЕНТА И ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ	68
РАБОТЫ, ВЫПОЛНЕННЫЕ ПО ПРОГРАММАМ РАЗВИТИЯ ЦЕНТРОВ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ (ЦКП)	69
Работы по развитию инфраструктуры интегрированной информационно-вычислительной сети Иркутского научно-образовательного комплекса (ИИВС ИРНОК).....	69
Обеспечение функционирования и развитие ЦКП «Иркутский суперкомпьютерный центр СО РАН» (ИСКЦ).....	70



ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	71
НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	73
Ученый совет	73
Диссертационный совет	73
Научные кадры	73
Конференции и семинары	74
Связи с вузами	74
Членство в советах РАН и СО РАН	74
Членство в национальных и международных научных организациях	75
Членство в редколлегиях научных изданий	76
Членство в научно-технических советах и комиссиях органов власти	76
Экспертная деятельность	78
МЕЖДУНАРОДНЫЕ НАУЧНЫЕ СВЯЗИ И СОВМЕСТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ С ЗАРУБЕЖНЫМИ НАУЧНЫМИ УЧРЕЖДЕНИЯМИ	79
ПЕРЕЧЕНЬ ПУБЛИКАЦИЙ И ПОЛУЧЕННЫХ ПАТЕНТОВ	83
Монографии и главы в монографиях	83
Статьи в российских журналах	83
Статьи в зарубежных и переводных журналах	87
Статьи в сборниках трудов конференций	94
Тезисы докладов	100
Свидетельства о государственной регистрации объектов интеллектуальной собственности	112



ВВЕДЕНИЕ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук (далее Институт) функционирует как самостоятельный институт с 1 ноября 1980 года.

В соответствии с Уставом Института, утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования от 06.07.2018 № 237, основными направлениями фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований ИДСТУ СО РАН являются:

- теория и методы исследования эволюционных уравнений и динамических систем с приложениями;
- качественная теория и методы управления с приложениями;
- методы математической физики в задачах теории поля, газовой и плазменной динамики;
- теория, алгоритмы и вычислительные технологии решения задач оптимизации и исследования операций;
- теоретические основы и технологии организации распределенных и высокопроизводительных вычислительных систем;
- теоретические основы, технологии и прикладные вопросы создания и развития информационно-телекоммуникационных инфраструктур и сетевых программно-аппаратных систем обеспечения научно-образовательной деятельности;
- методы, технологии и сервисы формирования информационно-аналитических, геоинформационных, вычислительных и программно-аппаратных систем в различных предметных областях (в том числе для поддержки комплексных междисциплинарных научных исследований).

В 2024 году в Институте работали 138 человек, из них 73 – научные работники, в том числе 1 действительный член РАН, 1 член-корреспондент РАН, 22 доктора наук и 41 кандидата наук, молодых научных работников (до 39 лет) – 17, проходили обучение 10 аспирантов.

В 2024 году Институт проводил фундаментальные исследования в соответствии с Планом научно-исследовательской работы и Государственным заданием по 6 научным (базовым) темам в рамках двух приоритетных направлений Программы фундаментальных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021-2030 годы):

- Теория и методы исследования эволюционных уравнений и управляемых систем с их приложениями, № гос регистрации 121041300060-4 (руководитель – чл.-к. РАН А.А. Толстоногов).
- Аналитические и численные методы математической физики в задачах томографии, квантовой теории поля и механике жидкости и газа, № гос регистрации 121041300058-1 (руководитель – д.ф.-м.н. Ю.А. Марков).
- Качественный анализ динамических свойств и синтез управлений механическими системами с развитием средств компьютерной алгебры и средств численной реализации с приложением к проблемам управления и динамики космических аппаратов, № гос регистрации 121041300056-7 (руководитель – д.ф.-м.н. А.В. Лакеев).



- Технологии разработки и анализа предметно-ориентированных интеллектуальных систем группового управления в недетерминированных распределенных средах, № гос регистрации 121032400051-9 (руководитель – ак. И.В. Бычков).
- Методы и технологии облачной сервис-ориентированной цифровой платформы сбора, хранения и обработки больших объёмов разноформатных междисциплинарных данных и знаний, основанные на применении искусственного интеллекта, модельно-управляемого подхода и машинного обучения, № гос. регистрации 121030500071-2 (руководитель – к.т.н. А.Е. Хмельнов).
- Теоретические основы, методы и высокопроизводительные алгоритмы непрерывной и дискретной оптимизации для поддержки междисциплинарных научных исследований, № гос регистрации 121041300065-9 (руководитель – д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский).
- Методы и технологии обучения представлений данных (representation learning) и само-обучения (self-supervised learning) для задач обработки изображений и естественного языка, № гос регистрации 124051500067-7 (руководитель – к.т.н. А.А. Михайлов)

В 2024 году в качестве головной организации ИДСТУ СО РАН проводил исследования и координировал работу консорциума исполнителей по крупному научному проекту по приоритетным направлениям научно-технического развития «Фундаментальные исследования Байкальской природной территории на основе системы взаимосвязанных базовых методов, моделей, нейронных сетей и цифровой платформы экологического мониторинга окружающей среды», соглашение № 075-15-2024-533 от 23 апреля 2024 г (научный руководитель проекта – ак. И.В. Бычков). Проект выполняется за счет средств гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках ведомственного проекта «Развитие институтов грантовой поддержки исследований, научных и творческих коллективов» государственной программы «Научно-технологическое развитие Российской Федерации».

Кроме того, в 2024 году проводились фундаментальные исследования по 5 проектам РНФ.

Все задания 2024 года выполнены в полном объёме.

В 2024 году Институтом проведены следующие научные мероприятия:

1. VIII Международная школа-семинар «Нелинейный анализ и экстремальные задачи» (VIII International School-seminar «Nonlinear Analysis and Extremal Problems», NLA-2024). 24-28 июня 2024 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН (смешанный формат).
2. VI Международный семинар по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (VI International Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments, ICCS-DE 2024), 1-5 июля 2024 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН (смешанный формат).
3. 40-я Международная конференция «Ляпуновские чтения», 2-6 декабря 2024 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН (смешанный формат).

Сотрудниками Института в 2024 году опубликована 362 работы, из них 38 – в изданиях, включенных в международную базу цитирования Web of Science, 73 – в изданиях, включенных в международную базу цитирования Scopus, 77 – в изданиях из «Белого списка», 236 – в



изданиях, включенных в базу РИНЦ, получено 13 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ в Российском агентстве по патентам и товарным знакам.

Медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» I степени по Указу Президента РФ награжден ак. Бычков И.В.

Лауреатом премии Правительства Российской Федерации 2024 года в области науки и техники за создание атласа «Байкальский регион: общество и природа» стал ак. Бычков И.В.

Почетное звание «Заслуженный деятель науки СО РАН» с вручением нагрудного знака «Золотая сигма» присвоено ак. Бычкову И.В., чл.к. РАН, д.ф.-м.н. Толстоногову А.А.

Медалью ак. Лаврентьева награжден к.ф.-м.н. Косов А.А.

Медаль Николая Масалова вручена ак. Бычкову И.В.

Памятной медалью «90 лет со дня рождения Ю.А. Гагарина» награжден главный специалист по работе с госорганами и организациями реального сектора экономики Шелехов В.А.

Почетной грамотой СО РАН награждены д.ф.-м.н. Булатов М.В., д.ф.-м.н. Дыхта В.А., инспектор Зеленова Л.Ф., д.ф.-м.н. Казаков А.Л., начальник отдела делопроизводства и организационного обеспечения Кононенко Г.Б., д.т.н. Николайчук О.А., д.ф.-м.н. Стрекаловский А.С., инженер отдела инженерно-технического обеспечения Столбова Г.Н., к.т.н. Фёдоров Р.К., к.т.н. Юрин А.Ю.

Звание «Заслуженный ветеран Сибирского отделения РАН» присвоено Давыдову А.В., программисту Малтугуевой Г.С., к.ф.-м.н. Нагул Н.В., к.т.н. Шигарову А.О.

Благодарность Губернатора Иркутской области объявлена д.м.-ф.н. Булатову М.В.

Благодарственные письма Губернатора Иркутской области вручены к.ф.-м.н. Косову А.А., д.ф.-м.н. Новикову М.А., начальнику отдела аспирантуры Починской Н.В.

Почетную грамоту Губернатора Иркутской области получил к.т.н. Хмельнов А.Е.

Почетную грамоту Думы г. Иркутска получил к.ф.-м.н. Косов А.А.

Благодарность Думы г. Иркутска вручена к.т.н. Черкашину Е.А.

Благодарность мэра г. Иркутска объявлена к.ф.-м.н. Лемперт А.А.

Благодарственное письмо мэра г. Иркутска вручено к.т.н. Парамонову В.В.

Юбилейная медаль «300 лет Российской академии наук» вручена ак. Бычкову И.В., д.ф.-м.н. Казакову А.Л., начальнику отдела делопроизводства и организационного обеспечения Кононенко Г.Б., к.т.н. Максимкину Н.Н., д.т.н. Опарину Г.А., чл.к. РАН, д.ф.-м.н. Толстоногову А.А., д.т.н. Тятюшкину А.И., д.ф.-м.н. Чистякову В.Ф., главному специалисту по работе с госорганами и организациями реального сектора экономики Шелехову В.А., д.ф.-м.н. Щегловой А.А.

Жарков М.Л. стал победителем Областного конкурса в сфере науки и техники 2024 года.

Именную стипендию Губернатора Иркутской области получил Марков Н.Ю.

Итоги конкурса теоретических работ, представленных на Ляпуновские чтения в 2024 г.

Первое место поделили чл.-к. Толстоногов А.А. с циклом статей «Связанная система, состоящая из эволюционного включения с максимально монотонными операторами и прох-регулярного процесса выметания» и д.ф.-м.н. Марков Ю.А., д.ф.-м.н. Маркова М.А. с циклом



статей «Гамильтонов формализм для мягких и жестких возбуждений неабелевой плазмы. Параферми-статистика порядка 2».

Победителями конкурса теоретических работ молодых ученых стали Баркова М.В. за цикл статей «Глобальный поиск в невыпуклых задачах квадратичной оптимизации», Юмашев Е.А. – «Сервис-ориентированное приложение получения, обработки и анализа метеорологических данных» и Толстихин А.А. – «Организация движения мобильных роботов в среде с препятствиями на основе метода поведенческой структуры».



ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. BV-процесс выметания, включающий проксимальные множества и составное возмущение

В гильбертовом пространстве изучены вопросы существования и свойств решений для разрывного процесса выметания, включающего проксимально-регулярные множества. Изменение движущегося множества управляется положительной мерой Радона, а возмущение является суммой двух многозначных отображений. Значениями первого из них являются замкнутыми, ограниченными, не обязательно выпуклыми множествами. Они измеримы по времени, непрерывны по Липшицу по фазовой переменной и удовлетворяют стандартному условию роста. Значениями второго являются замкнутыми, выпуклыми, не обязательно ограниченными множествами. Доказано существование непрерывных справа решений ограниченной вариации для рассматриваемого включения. Если значения первого включения являются замкнутыми выпуклыми множествами, то множество решений является замкнутым подмножеством пространства непрерывных справа функций ограниченной вариации с соответствующей нормой. Если, кроме того, значения движущих множеств являются компактными, то множество решений является компактным в пространстве непрерывных справа функций ограниченной вариации с топологией равномерной сходимости на интервале.

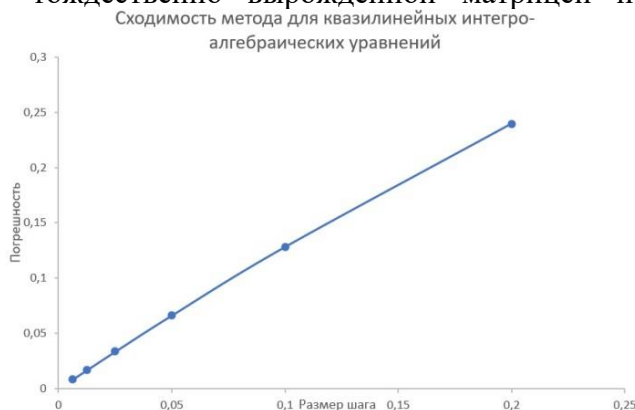
Автор: д.ф.-м.н. Толстоногов А.А.

Публикация по результату:

1. Tolstonogov A.A. BV Sweeping Process Involving Prox-Regular Sets and a Composed Perturbation // Set-Valued and Variational Analysis. 2024. Vol. 32(2). DOI: 10.1007/s11228-024-00705-7.

2. Об одном алгоритме численного решения квазилинейных интегро-алгебраических уравнений

Были исследованы взаимосвязанные интегральные нелинейные уравнения Вольтерра первого и второго рода. Объединяя их, получаем систему интегральных уравнений с тождественно вырожденной матрицей перед главной частью (интегро-алгебраические



уравнения). Получены условия существования единственного достаточно гладкого решения в терминах матричных пучков, предложен и обоснован алгоритм их численного решения, основанный на простейшей квадратурной формуле и линеаризации нелинейного подынтегрального выражения. Приведены наглядные примеры и результаты численных расчетов тестовых примеров.

Авторы: д.ф.-м.н. Булатов М.В., Индуцкая Т.С., к.ф.-м.н. Соловарова Л.С.



Публикация по результату:

1. Bulatov M., Indutskaya T., Solovarova L. On an algorithm for the numerical solution of quasilinear integral-algebraic equations // Applied Numerical Mathematics. 2024. DOI: 10.1016/j.apnum.2024.10.008.

3. Устойчивость по линейному приближению нелинейных вырожденных систем с дискретным временем

Рассмотрена общая нелинейная дескрипторная система с дискретным временем. Такие системы широко используются в качестве математических моделей во многих прикладных областях: биологии, экономике, робототехнике, астрофизике, моделировании летательных аппаратов, электрических сетях, механике и др. Большинство известных результатов по устойчивости получены для линейного случая. Нелинейная постановка представлена квазилинейными системами с существенными структурными ограничениями. Для рассматриваемой системы построена структурная форма и доказана локальная теорема существования решений. Предположения теоремы обеспечивают для системы первого

$$g(k, x^{[k-1]}, x^{[k]}) = 0$$



приближения наличие обратимого слева линейного оператора, преобразующего ее к удобной для анализа структурной форме. Получены достаточные условия устойчивости нелинейной системы по линейному приближению в предположениях приводимости и правильности соответствующей части системы первого приближения. Попутно рассмотрены вопросы о приводимости и правильности линейных дискретных дескрипторных систем.

Автор: д.ф.-м.н. Щеглова А.А.

Публикации по результату:

1. Щеглова А.А. Устойчивость по линейному приближению нелинейных вырожденных систем с дискретным временем // Сибирский математический журнал. 2024. Т. 65, № 2. С. 407-427. DOI: 10.33048/smzh.2024.65.213 (Web of Science Q2, Белый список Y2).

4. Позиционный принцип минимума для задач оптимального управления при наличии терминальных ограничений типа равенства

Необходимое условие глобальной оптимальности – позиционный принцип минимума – доказан для задач оптимального управления обыкновенными дифференциальными системами при наличии жестких терминальных ограничений типа равенства. Содержательный смысл этого результата (в задаче минимизации): если исследуемая траектория оптимальна, то с неё невозможен спуск по модифицированному лагранжиану с помощью экстремальной стратегии (управления с обратной связью) из позиционного принципа минимума для задач без терминальных ограничений (который, собственно, и подлежал обобщению). Доказательство опирается на новый метод опорных мажорант.

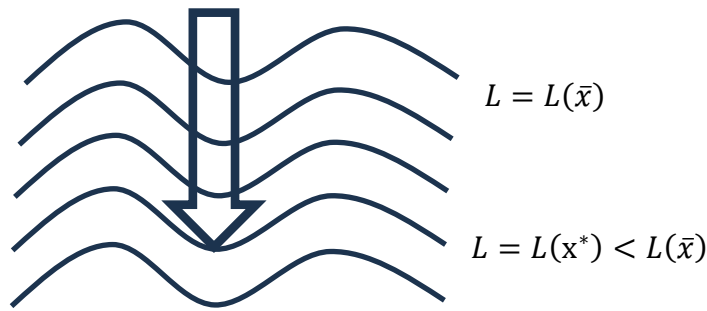


Рис. 1. Схема дискриминирующего спуска

На рис. 1 $\bar{x}$ – исследуемая траектория; $L(\bar{x}), L(x^*)$ – поверхности уровня модифицированного лагранжиана, соответствующие исследуемой траектории $\bar{x}$ и траектории спуска x^* , бракующей $\bar{x}$ (указывающей на её неоптимальность); стрела символизирует «бурение» поверхностей уровня лагранжиана с помощью экстремальной стратегии.

Автор: д.ф.-м.н. Дыхта В.А.

5. Позиционные усиления качественных и конструктивных методов решения задач оптимального управления с терминальными ограничениями

Разработан метод поиска глобального решения задач оптимального управления с общими терминальными ограничениями, базирующийся на позиционном усилении достаточных условий абсолютной оптимальности Кротова (безальтернативных в настоящее время для нелинейных, невыпуклых задач). Усиление достигается применением позиционного спуска к кротовскому лагранжиану задачи и существенно повышает эффективность подхода, а также расширяет границы его применимости (свободы выбора разрешающей функции). Эти свойства подтверждены серией нетривиальных примеров с особенностями (с бесчисленным множеством экстремалей, с аномальными решениями, скользящими режимами).

Пример с бесчисленным множеством экстремалей и магистральным свойством (см. рис. 2):

$$\dot{x} = u, \quad x(0) = x(3\pi) = 0, \quad |u| \leq 1, \quad J = \int_T \cos x(t) dt \rightarrow \min, \quad T = [0, 3\pi].$$

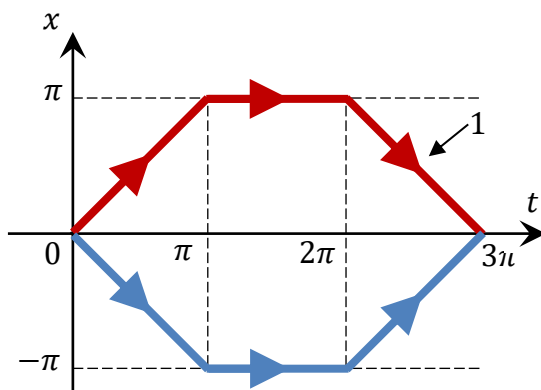


Рис. 2. Траектории пары оптимальных процессов

Разрешающая функция Кротова $\varphi(x) = \cos(x)$ порождает экстремальную стратегию

$$v(x) = \begin{cases} 1, & \sin x > 0, \\ -1, & \sin x < 0, \\ [-1, 1], & \sin x = 0. \end{cases}$$

Автор: д.ф.-м.н. Дыхта В.А.



6. Условия оптимальности с бипозиционным лагранжианом для задач оптимального управления с терминальными ограничениями

Получены необходимые и достаточные условия глобальной оптимальности для нелинейных, невыпуклых задач оптимального управления с гладкими терминальными ограничениями. Эти условия являются неотъемлемым атрибутом (сопутствующим следствием) позиционного варианта принципа максимума Понтрягина – метода решения задачи, поставленной сразу на множестве экстремалей Понтрягина. Эта идея конструктивно реализуется введением бипозиционного лагранжиана задачи $\mathcal{K}_S$, который порождается бипозиционной гладкой функцией фаз и импульсов $S(t, x, \psi)$ по образцу метода Кротова, т.е.

$$\mathcal{K}_S[\gamma] = l(x(t_1)) - S(t, x(t), \psi(t))|_{t_0}^{t_1} + \int_T \dot{S}(t, x(t), \psi(t), u(t)) dt.$$

Здесь $l(x)$ – целевая функция задачи Майера, функции $(x(\cdot), \psi(\cdot))$ удовлетворяют канонической системе принципа максимума, $\dot{S}$ – производная в силу этой системы, γ – обозначение экстремалей задачи, которые образуют множество Γ .

Задача минимизации $\mathcal{K}_S$ на множестве Γ при выбранной S решается позиционно, с использованием стратегии $w(t, x, \psi)$ из условия минимума понтрягиана H по $u \in U$.

Эта схема метода оказалась весьма эффективной даже с функциями S элементарной структуры – билинейной $S_1 = \langle \psi, x \rangle$ или билинейно-квадратичной $S_2 = \langle \psi, x \rangle + \frac{1}{2} x' \Psi(t) x$. Это подтверждено серией нетривиальных примеров.

Пример. $\dot{x}_1 = u_1, \dot{x}_2 = u_1 u_2 x_1, x(0) = (0, 0), x_1(1) = 0, |u_i| \leq 1, i = 1, 2, J = -x_2(1) \rightarrow \min$.

С использованием $S = \psi_1 x_1 - x_2$ получаем задачу $\mathcal{K}_S = \int_T \psi_1 u_1 dt \rightarrow \min$, для которой стратегия спуска копозиционна:

$w_1(\psi_1) = -\text{sign } \psi_1$, а w_2 требует перебора вариантов $w_2 = \pm 1 \vee 0$. Несложный анализ дает сразу 5 (!) глобально оптимальных экстремалей, две из которых изображены на рис. 3.

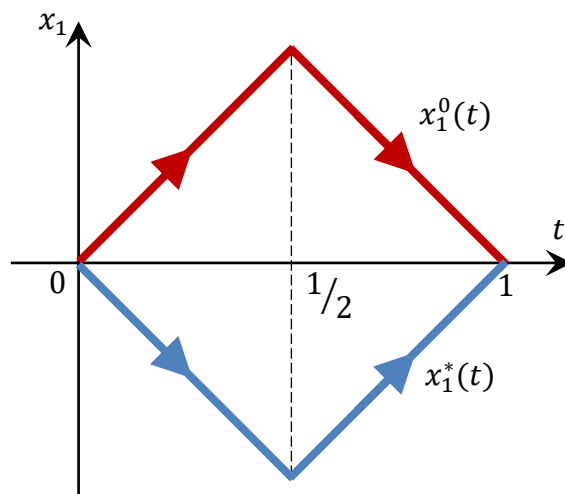


Рис. 3. Два оптимальных процесса

Автор: д.ф.-м.н. Дыхта В.А.



7. Обратная задача рассеяния с помощью использования вихревых пучков Бесселя

Основным применением методов обратного рассеяния и томографии является получение изображений всех типов структурных, физических, химических и биологических свойств вещества. Термин «vortex beam» относится к пучку электромагнитного излучения различной длины волны, пучку электронов, фотонов и т.д., фаза которых изменяется подобно «штопору» в направлении распространения. В работе рассмотрено использование скалярных бесселевых пучков целого и дробного порядков для восстановления потенциала рассеяния. На практике в приложениях, естественно, приходится иметь дело с пучками Бесселя, усеченными в радиальном направлении. В работе также получена формула обращения для усеченных бесселевых пучков. Найдены соотношения, связывающие рассеянное поле и потенциал рассеяния в пространстве Фурье.

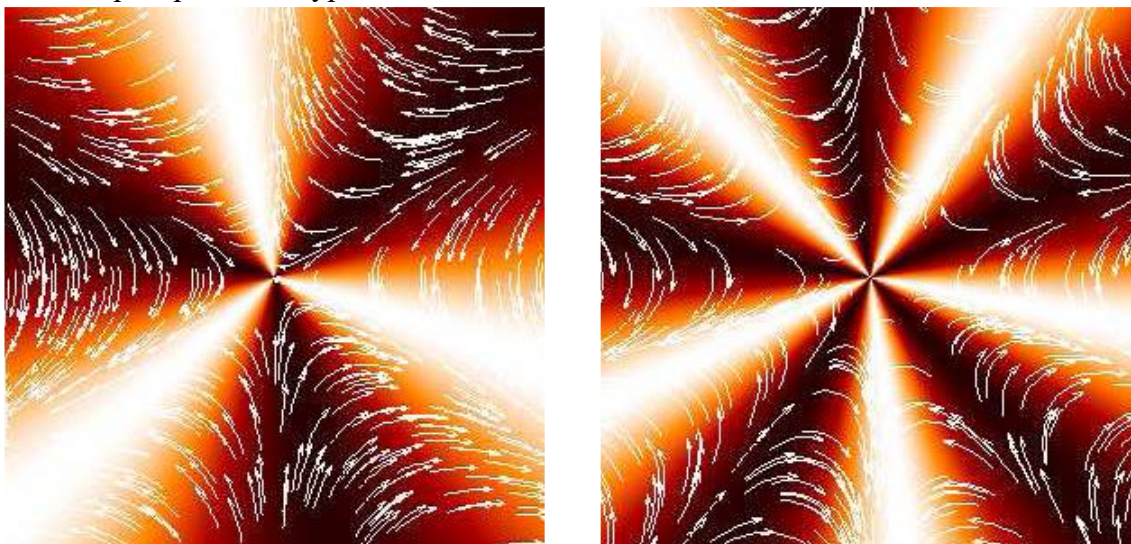


Рис. 4. Изображение цилиндрических бесселевых пучков порядка $n = 3$, $n = 5$ в плоскости $z = 0$

Автор: д.ф.-м.н. Баландин А.Л.

Публикация по результату:

1. Balandin A.L., Kaneko A. Inverse scattering problem by the use of vortex Bessel beams // Zeitschrift fur Angewandte Mathematik und Physik. 2024. Vol. 75, P. 1-13. DOI: 10.1007/s00033-023-02164-w.

8. Решения с нулевым фронтом для квазилинейного параболического уравнения второго порядка

Для нелинейного эволюционного параболического уравнения второго порядка, являющегося математической моделью ряда диффузионных и фильтрационных процессов, исследованы нетривиальные решения, которые имеют нулевой фронт и описывают возмущения, распространяющиеся по покоящемуся фону с конечной скоростью. Доказана новая теорема существования и единственности решения с искомыми свойствами с построением его в виде специального ряда с рекуррентно вычисляемыми коэффициентами, причем для раскрытия особенности применяется вырожденная замена независимых



переменных. Обосновано утверждение, являющееся аналогом примера С.В. Ковалевской в рассмотренном случае. Получены условия, при выполнении которых исходная задача редуцируется к задаче Коши для обыкновенного дифференциального уравнения с особенностью перед старшей производной. Проведено исследование свойств последнего с использованием методов качественного анализа дифференциальных уравнений (рис. 5).

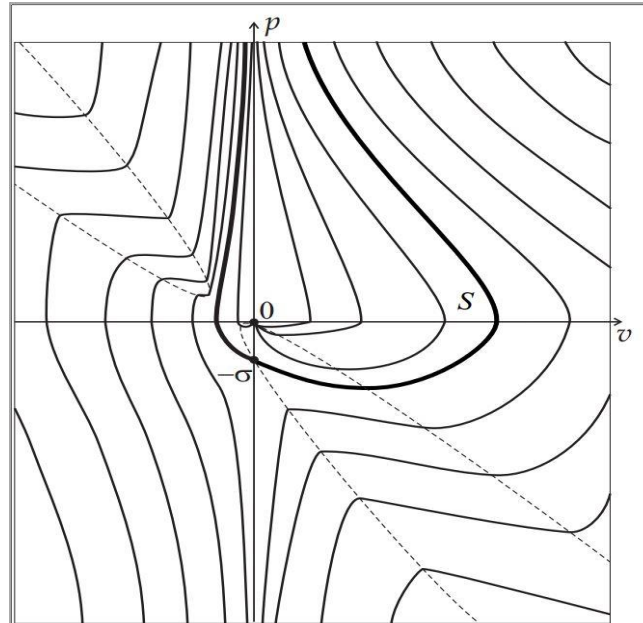


Рис. 5. Качественный анализ исследуемых дифференциальных уравнений

Предложен численный алгоритм построения решения, основанный на методе граничных элементов, методе коллокаций и разностной аппроксимации по времени, при этом использована специальная замена переменных типа преобразования годографа. Численный алгоритм реализован в виде программы, проведен комплексный вычислительный эксперимент. Сравнение построенных численных решений с точными решениями и отрезками рядов (см. выше) показало хорошее соответствие результатов (рис. 6), установлена численная сходимость относительно шага по времени и числа точек коллокации.

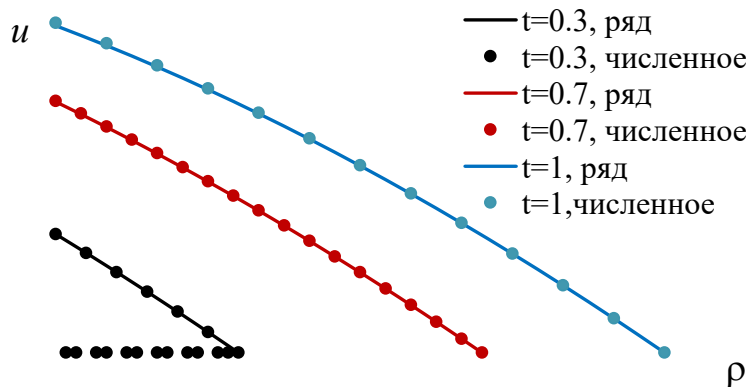


Рис. 6. Сравнение результатов расчетов различными методами

Автор: д.ф.-м.н. Казаков А.Л.



Публикации по результату:

1. Kazakov A., Lempert A. Multidimensional Diffusion-Wave-Type Solutions to the Second-Order Evolutionary Equation // Mathematics. 2024. Vol. 12, №2 DOI: 10.3390/math12020354.
2. Казаков А.Л. Решения с нулевым фронтом для квазилинейного параболического уравнения теплопроводности // Труды Института математики и механики УРО РАН. 2024. Т. 30, №2. С. 86-102. DOI: 10.21538/0134-4889-2024-30-2-86-102.
3. Казаков А.Л., Нефедова О.А., Спевак Л.Ф. Решение двумерного нелинейного параболического уравнения теплопроводности при краевом режиме, заданном на подвижном многообразии // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2024. Т. 64, №2. С. 283-303. DOI: 10.31857/S00444466924020081

9. Точные решения с неодинаковыми фронтами для одномерной системы «хищник-жертва»

Рассмотрена нелинейная эволюционная система типа «хищник-жертва»

$$\begin{aligned} u_t - c_1 u_x &= h_1 (uv_{xx} + u_x v_x) + f(u, v) \\ v_t - c_2 v_x &= -h_2 (vu_{xx} + v_x u_x) + g(v, u) \end{aligned}$$

Параболический тип системы вырождается при $u=0$ или $v=0$. Вырождения подобного вида допускают наличие решений с нулевыми фронтами

$$u(t, x)|_{x=a(t)} = 0, \quad v(t, x)|_{x=b(t)} = 0.$$

Отметим, что, согласно биологическому смыслу, фронты $x=a(t)$, $x=b(t)$ очерчивают границы ареалов обитания жертв и хищников, соответственно. Для данной задачи построены новые точные решения в виде полиномов

$$u = -[x - a(t)]^2 + \alpha(t), \quad v = -[x - b(t)]^2 + \beta(t).$$

Ниже (рис. 7, 8) приводятся такие решения при различных значениях входных данных:

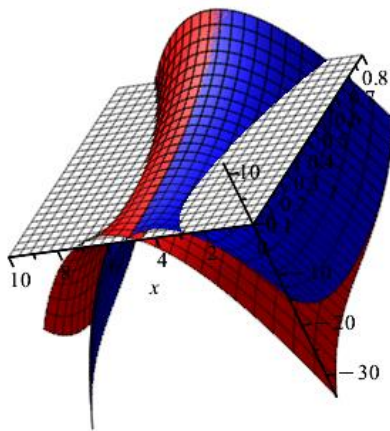


Рис. 7

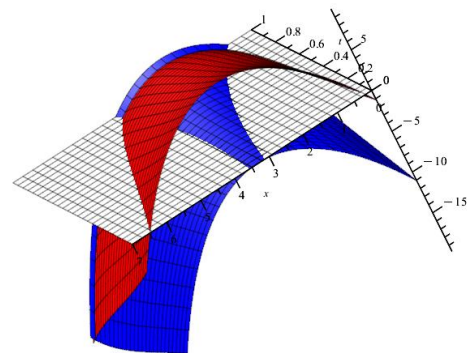


Рис. 8

Автор: к.ф.-м.н. Кузнецов П.А.



Публикации по результату:

1. Kuznetsov P.A. On Exact Solutions with Zero Fronts to the Parabolic Predator-Prey System // Proc. of the 8th Intern. School-Seminar on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2024). Irkutsk, Russia, June 24-28, 2024. P. 149-150.

2. Кузнецов П.А. О некоторых точных решениях типа волн для нелинейной параболической системы «хищник-жертва» // Матер. 6-ой Междунар. конф. «Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения (DYSC 2024)». Иркутск, 16-20 сентября 2024 г. С. 41-42.

10. Характеристические условия разрешимости задачи билинейной дифференциальной реализации бесконечномерной динамической системы, описываемой восьмивариантным нестационарным эволюционным уравнением второго порядка

В рамках тензорного анализа произведения гильбертовых пространств построены аналитические основания в изучении условий существования нелинейной дифференциальной реализации бесконечномерной динамической системы в классе билинейных нестационарных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка в сепарабельном гильбертовом пространстве. Билинейная восьмивариантная структура дифференциальных уравнений исследуемой динамической системы моделирует комбинированную нелинейность, как от самой траектории, так и от скорости движения на этой траектории. В рамках геометрического решения данной задачи обосновываются тополого-метрические условия непрерывности проективизации нелинейного функционального оператора Релея–Ритца с вычислением фундаментальной группы его образа. Полученные результаты имеют потенциал для развития теории нелинейного анализа коэффициентно-операторных обратных задач неавтономных дифференциальных моделей полилинейных динамических систем высших порядков.

Авторы: д.ф-м.н. Лакеев А.В., д.ф-м.н. Русанов В.А.

Публикация по результату:

1. Лакеев А.В., Линке Ю.Э., Русанов В.А. К геометрической теории реализации нелинейных управляемых динамических процессов в классе билинейных моделей второго порядка // Дальневосточный математический журнал. 2024. Т. 24. № 2. С. 200–219.

11. Технология построения цифровых моделей рельефа по контурам береговых линий со спутниковых изображений Sentinel-2

Впервые разработана технология построения цифровых моделей рельефа по контурам береговых линий, получаемых со спутниковых изображений Sentinel-2 с субпиксельной точностью. Для решения этой задачи разработаны оригинальные алгоритмы: алгоритм взаимной регистрации изображений с субпиксельной точностью и алгоритм согласования изолиний, которые могут содержать ошибки, с использованием триангуляций. На рисунках показаны: соответствующие друг другу фрагменты вспомогательной и результирующей триангуляций; полученная трёхмерная модель рельефа прибрежных территорий участка Братского водохранилища в пределах одного тайла.

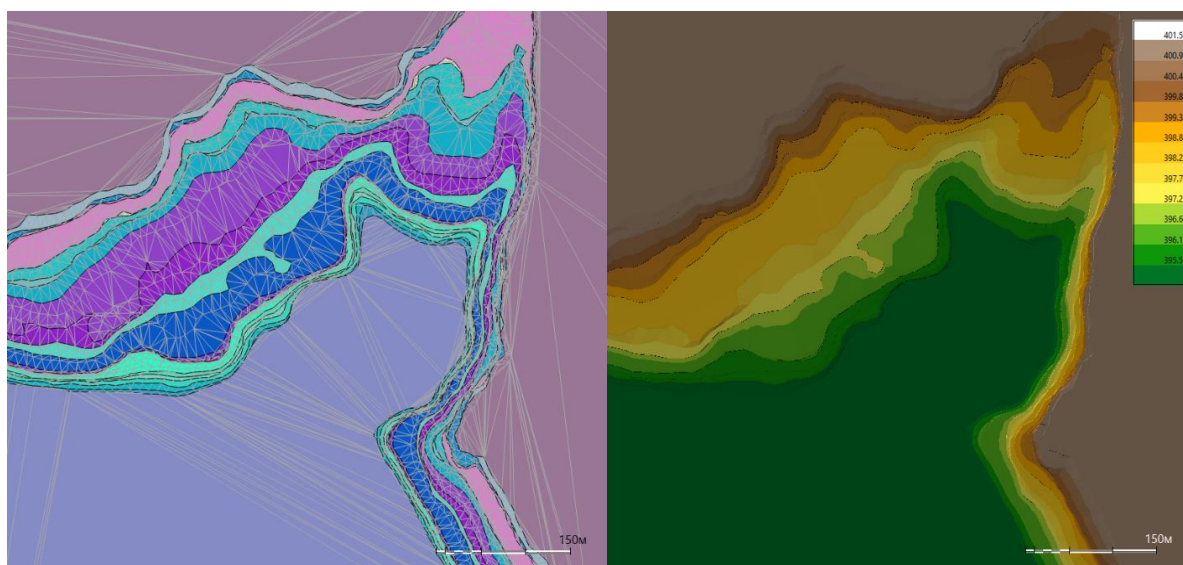


Рис. 9. Сопоставление вспомогательной и результирующей триангуляций

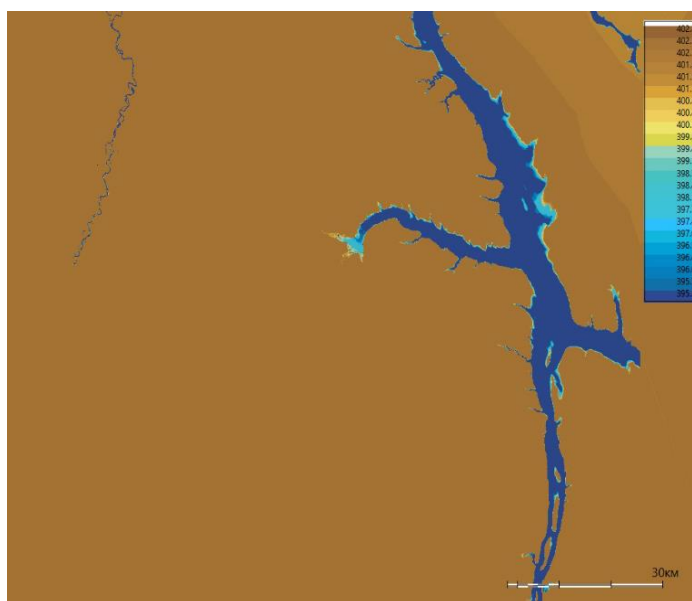


Рис.10. ЦМР прибрежного рельефа Братского водохранилища для трапеции 48UUE

Авторы: к.т.н. Хмельнов А.Е., к.т.н. Гаченко А.С., Хмельнова Т.Ф.

Публикации по результату:

1. Hmelnov A.E., Gachenko A.S., Abasov N.V., Osipchuk E.N. Methods and algorithms for creating relief models of hydrological modelling for assessing the impact of water level fluctuations on coastal objects and territories // J. of Computational Technologies. 2024. Vol. 29, № 3. P. 25-37. DOI: 10.25743/ICT.2024.29.3.003.

2. Хмельнов А.Е. Построение модели прибрежного рельефа в диапазоне наблюдаемых колебаний уровня воды по контурам береговых линий, выделяемых на спутниковых изображениях среднего разрешения // Матер. XXII междунар. конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва, ИКИ РАН, 11–15 ноября 2024 г.



12. Метод картирования риска лесных пожаров на территории Иркутской области на основе алгоритмов машинного обучения и данных о метеорологических и социальных факторах, рельефе и растительности региона

Разработан метод картирования, основанный на алгоритме машинного обучения Random Forest. Особенностью метода является модель предметной области, описывающая информацию о погодных условиях, типе растительности и инфраструктуре региона в контексте возможного риска возникновения лесных пожаров. С использованием модели была подготовлена база данных о лесных пожарах в Иркутской области за период с 2017 по 2020 гг. и произведен анализ факторов, вызывающих лесные пожары, а также оценка риска на основе отдельных лесных массивов в виде картирования пожарной опасности. Использование данного метода при составлении карт риска лесных пожаров Иркутской области позволило достичь следующих показателей оценки риска: точность (accuracy) – 0,89, F1-мера (F1-score) – 0,88 и AUC – 0,96. Сравнение этих результатов с более ранними, полученными на основе прецедентного подхода, показало их более высокую точность.

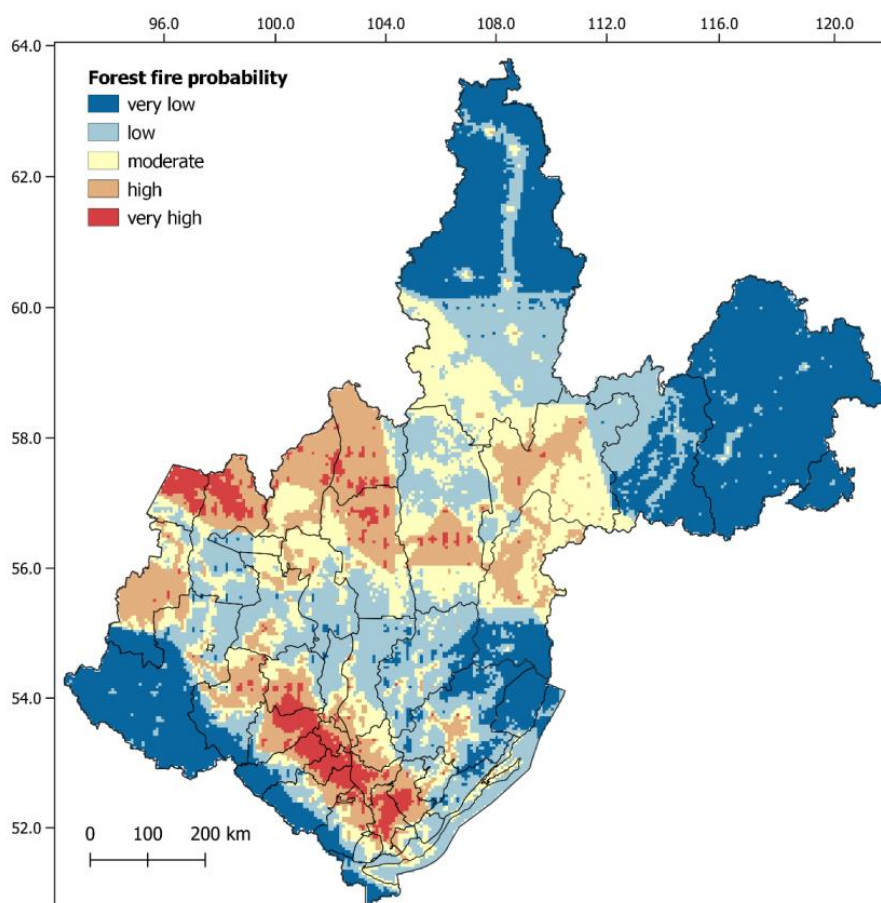


Рис. 11. Карта пожарной опасности (риска) в Иркутской области на основе средних климатических показателей за летний период: очень высокая вероятность 0,8—1, высокая вероятность 0,6—0,8, средняя вероятность 0,4—0,6, низкая вероятность 0,2—0,4, очень низкая вероятность 0-0,2

Авторы: Пестова Ю.В., д.т.н. Николайчук О.А., к.т.н. Дородных Н.О., д.т.н. Юрин А.Ю.



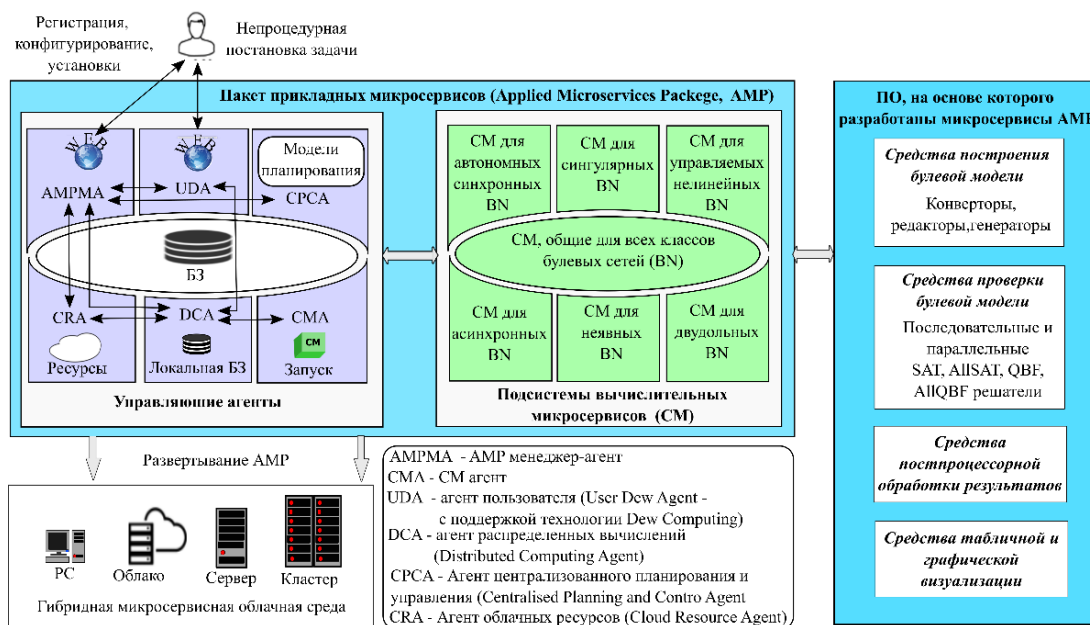
Публикации по результату:

1. Nikolaychuk O.A., Pestova J.V., Yurin A.Yu. Wildfire Susceptibility Mapping in Baikal Natural Territory Using Random Forest // *Forests*, 2024, Vol. 15, No. 1, 170. DOI: 10.3390/f15010170.

2. Пестова Ю.В., Николайчук О.А., Дородных Н.О., Юрин А.Ю. Картографирование пожароопасности Иркутской области с использованием метода машинного обучения Random Forest // *Материалы 22-ой международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»*, 11–15 ноября, Москва, ИКИ РАН. DOI: 10.21046/22DZZconf-2024a.

13. Пакет прикладных микросервисов для качественного исследования динамических свойств логических сетей

С использованием платформы HPCSOMAS-MSC разработан пакет прикладных микросервисов (AMP) для качественного анализа и структурно-параметрического синтеза логических сетей на основе метода булевых ограничений в гибридной микросервисной вычислительной инфраструктуре (рис. 12). Управление решением задач качественного анализа переносится на уровень вычислительных агентов, которым передаются права на выполнение прикладных модулей, реализованных в виде микросервисов. С помощью метода булевых ограничений построена двоичная динамическая модель двудольной логической сети с асинхронным блочно-последовательным обновлением векторов состояний каждой доли. Средствами AMP для таких сетей, функционирующих на конечном интервале времени, получено конструктивное решение задач исследования динамических свойств существования, изолированности и притяжения циклических траекторий заданной длины. Практическая значимость разработанных средств обусловлена широким применением двудольных моделей в вычислительной биологии, при анализе поведения социальных, медицинских, сотовых и других сетей.



Авторы: д.т.н. Опарин Г.А., к.т.н. Богданова В.Г., Пашинин А.А.



Публикации по результату:

1. Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A. Qualitative analysis of the dynamics of controlled singular logic networks // Mathematics in Engineering, Science and Aerospace. 2024. Vol. 15, no. 1. P. 31-41.
2. Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A. Dynamics of controlled asynchronous Boolean networks // Mathematics in Engineering, Science and Aerospace. 2024. Vol. 15, no. 1. P. 43-55.
3. Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A. Technology of logical synthesis of periodic trajectory in a controlled Boolean network // Mathematics in Engineering, Science and Aerospace. 2024. Vol. 15, no. 1. P. 57-69.
4. Oparin G. A., Bogdanova V. G., Pashinin A. A. Dynamics of Bipartite Logical Networks // Proc. of the 47th ICT and Electronics Convention (MIPRO 2024). IEEE, 2024. P. 13-18. DOI: 10.1109/MIPRO60963.2024.10569248.

14. Технология построения цифровых двойников компонентов информационно-вычислительных систем

Разработана технология построения цифровых двойников (ЦД) компонентов информационно-вычислительных систем (ИВС). Она интегрирует методы и средства разработки сервис-ориентированных рабочих процессов в единую технологическую цепочку построения и применения ЦД компонентов ИВС (рис. 13) в гетерогенной распределенной вычислительной среде (ГРВС). В отличие от известных технологий, она обеспечивает настройку и тестирование компонентов исследуемых систем и их отдельных программно-аппаратных инфраструктур с помощью специализированных испытательных стендов. Технология успешно применена для исследования микросетей, представляющих важный класс природно-технических систем и охватывающих широкий спектр взаимоотношений (технических, экономических, экологических и др.) инженерных инфраструктур с компонентами природной среды.

*Авторы: д.т.н. Бычков И.В., д.т.н. Феоктистов А.Г., к.т.н. Костромин Р.О.,
к.т.н. Башарина О.Ю., Воскобойников М.Л.*

Публикация по результату:

1. Bychkov I.V., Feoktistov A.G., Chekan M.A. Modeling Agent Behavior in Interacting Microgrids // Proc. of the 10th Intern. Conf. on Information Technology and Nanotechnology (ITNT 2024). IEEE, 2024. P. 1-5.
2. Voskoboinikov M., Feoktistov A., Tchernykh A. Framework for Development and Execution of Scientific WorkFlows: Designing Service-oriented Applications // Programming and computer software. 2024. Vol. 49, no. 8. P. 897-910.
3. Edeleva O., Edelev A., Voskoboinikov M., Feoktistov A. Scientific Workflow-Based Synthesis of Optimal Microgrid Configurations // Energies. 2024. Vol. 17, no. 23. P. 6138. DOI: 10.3390/en17236138.

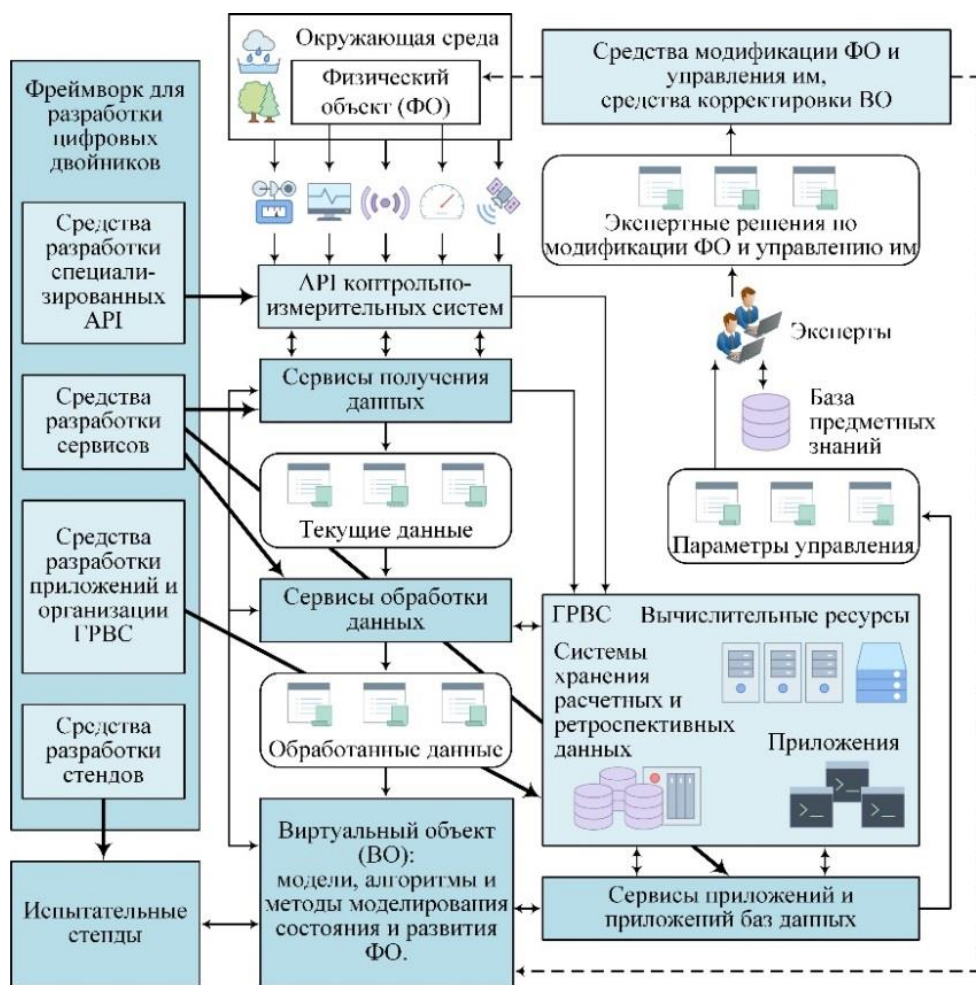


Рис. 13. Схема разработки и применения цифровых двойников

15. Решение задач теории супервизорного управления дискретно-событийными системами с помощью позитивно-образованных формул

Разработан подход к решению основных задач теории супервизорного управления логическими дискретно-событийными системами (ДСС), основанный на представлении их в виде позитивно-образованных формул (ПОФ). Язык ПОФ представляет собой полный язык первого порядка, формулы которого имеют регулярную структуру из чередующихся типовых кванторов и не содержат в синтаксисе оператора отрицания. Показано, как исчисление ПОФ позволяет решать такие задачи как проверка критериев существования супервизорного управления, автоматическая модификация ограничений на поведение управляемой системы и реализация супервизора, в том числе для частично-наблюдаемых ДСС. Продемонстрировано, как ПОФ позволяют выполнять дополнительную обработку событий во время логического вывода. Разработана программная система Bootfrost, или так называемый прувер, для опровержения ПОФ, моделирующих ДСС. На примере задачи планирования роботом пути в неизвестной среде показано применение подхода на одном из уровней иерархической системы управления.

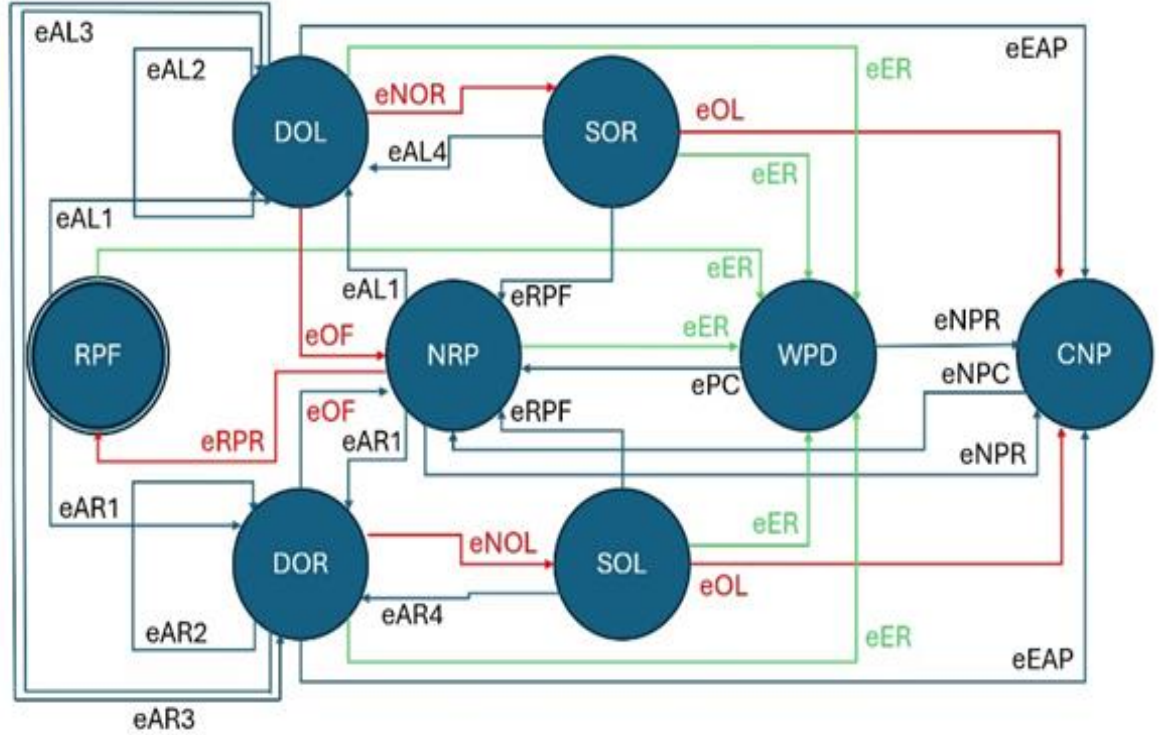


Рис. 14. ДСС в задаче следования роботом по пути в неизвестной среде.
События $eALi$, $eARi$ являются составными, т.е. определяются несколькими атомарными событиями, eER – ненаблюдаемое событие

$$\mathcal{F}_{BSCOP}^{T\#} = \exists B_{BSCOP} \cup \left\{ T(\bar{\sigma}^{\#}) \right\} \left\langle \begin{array}{l} \forall \sigma T^{\#}(\bar{\sigma}) \text{ ————— } \exists E(\sigma) \\ \forall \sigma, s, q, q', \bar{q}_J, \bar{q}'_J L^{I_P/G}(s, q), E^*(\sigma) \\ \delta^G(q, \sigma, q'), \delta^{H'_{Obs}}(\bar{q}_J, \sigma, \bar{q}'_J), q \in \bar{q}_J \text{ ————— } \exists L^{I_P/G}(s \cdot \sigma, q') \end{array} \right.$$

Рис. 15. ПОФ $\mathcal{F}_{BSCOP}^{T\#}$ позволяет не только обрабатывать события, поступающие извне, но и учитывать имеющиеся в системе знания с помощью вычисляемого предиката $T()$

Авторы: Давыдов А.В., Ларионов А.А., к.ф.-м.н. Нагул Н.В.

Публикации по результату:

1. Davydov A, Larionov A, Nagul N. Analysis and Control of Partially Observed Discrete-Event Systems via Positively Constructed Formulas. *Computation*. 2024; 12(5):95. DOI: 10.3390/computation12050095.
2. Davydov A, Larionov A, Nagul N. On the Application of the Calculus of Positively Constructed Formulas for the Study of Controlled Discrete-Event Systems // *Automatic Control and Computer Sciences*, 2024, Vol. 58, No. 7, pp. 298–318.



16. Новый вариационный метод решения систем нелинейных алгебраических уравнений

Для решения классической проблемы численного решения СНАУ с непрерывными данными разработан новый метод, основанный на сведении исходной задачи к минимизации негладкого невыпуклого функционала – суммы модулей функций из СНАУ, каждая из которых представлена разностью двух выпуклых функций (DC функцией). Целевая функция вариационной задачи также оказывается DC функцией, что позволяет с помощью Теории глобального поиска построить алгоритм глобального поиска (АГП), состоящий из двух этапов: локального поиска и процедур выхода (основанных на условиях глобальной оптимальности) из критических точек (стационарных и локальных решений целевого функционала).

Численное тестирование разработанного АГП продемонстрировало его значительное превосходство перед популярными зарубежными программными комплексами, специализированными для решения СНАУ: STRSCNE и Fsolve (см. рис. 16). Сравнительная эффективность разработанного подхода доказана успешным решением всех тестовых квадратичных СНАУ размерности до 1000 (рис. 16).

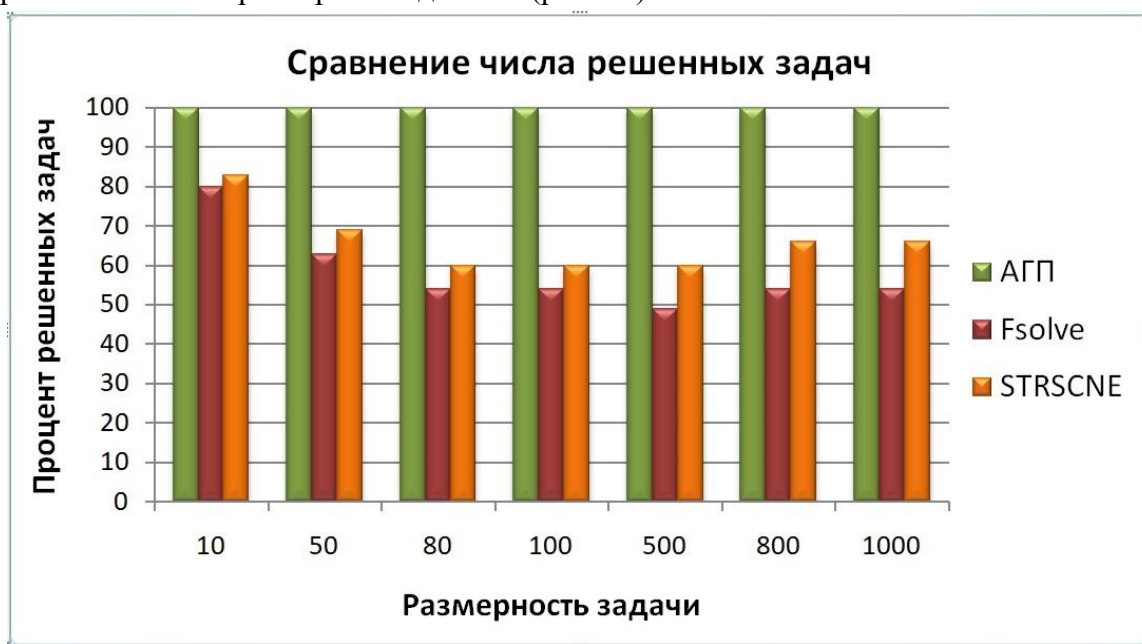


Рис. 16. Сравнительные результаты тестирования АГП
со специализированными программными комплексами

Авторы: д.ф.-м.н. Стрекаловский А.С., Баркова М.В.

Публикация по результату:

1. Стрекаловский А.С., Баркова М.В. О решении систем квадратичных уравнений // Труды Института математики и механики УРО РАН. 2024. Т. 30, №2. С. 173-187. DOI: 10.21538/0134-4889-2024-30-2-173-187. (перевод: Strekalovsky A.S., Barkova M.V. On the solution of systems of quadratic equations // Trudy Instituta Matematiki i Mekhaniki UrO RAN. 2024. Vol. 30, №2. P. 173-187).



17. Нахождение прообраза 24-шаговой функции сжатия SHA-1 при помощи параметризованного SAT-решателя.

Функция Secure Hash Algorithm 1 (SHA-1) в течение несколько лет была главной криптографической хеш-функцией в мире. Она до сих пор широко используется для проверки целостности данных и для хеширования паролей. Её главный компонент, функция сжатия, состоит из 80 шагов и генерирует 160-битный выход по 512-битному входу. Функция сжатия является труднообратимой, т.е. выход по известному входу вычисляется за долю секунды, а по известному выходу найти прообраз (вход) за разумное время не представляется возможным. В 2012 году был найден прообраз усечённой версии функции сжатия, состоящей из 23 первых шагов. Данная задача была сведена к экземпляру проблемы булевой выполнимости (SAT), а для решения этого экземпляра был использован SAT-решатель, основанный на алгоритме Conflict-Driven Clause Learning (CDCL). В рамках настоящего исследования для поиска прообраза 24-шаговой функции сжатия SHA-1 был предложен подход к формированию 32 промежуточных задач поиска прообразов между шагами i и $i+1$ функции сжатия. При этом сложность промежуточных задач постепенно возрастает от шага i до шага $i+1$. На рис. 17 представлена статистика времени решения по 10 экземпляров каждой из промежуточных задач между шагами 22 и 23 функции сжатия SHA-1.

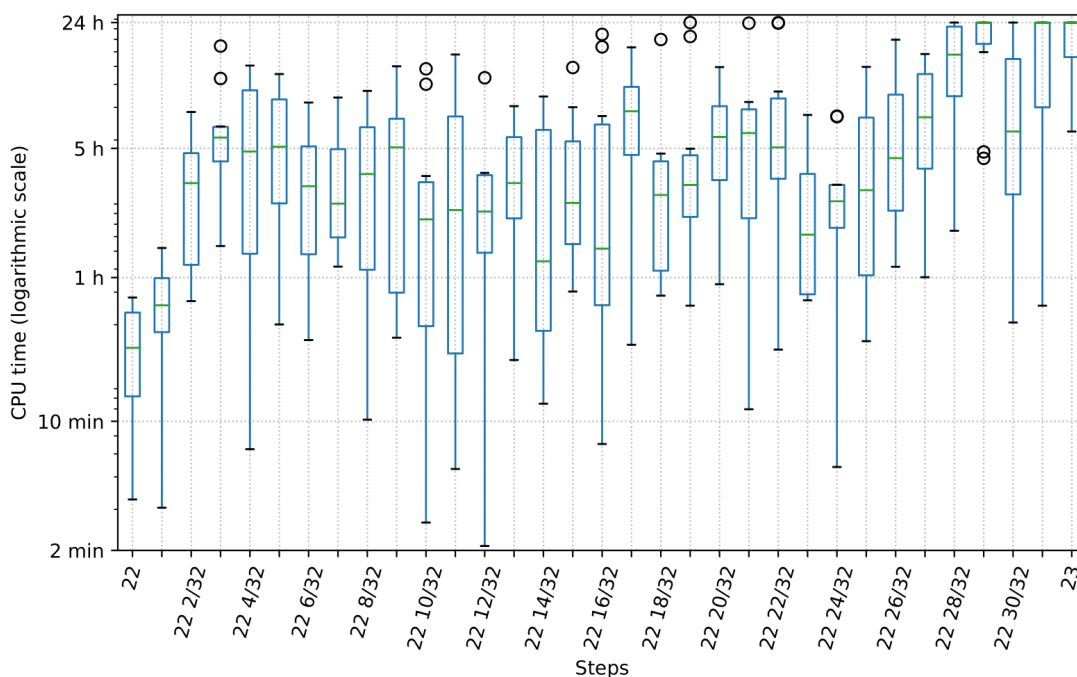


Рис. 17. Усиковые диаграммы времени нахождения прообразов промежуточных задач между шагами 22 и 23 функции сжатия SHA-1

С помощью промежуточных задач между шагами 22 и 23 функции сжатия SHA-1 была проведена параметризация современного CDCL-решателя. Конкретнее, была минимизирована целевая функция, значение которой является суммарное время работы решателя на наборе значений его параметров и на множестве промежуточных задач. Данная целевая функция является дискретной функцией типа «черный ящик». Пространство поиска при этом было сформировано на основе всевозможных допустимых значений целочисленных параметров решателя. В результате был найден набор значений, на которых промежуточные задачи были решены в несколько раз быстрее, чем на значениях «по умолчанию». С помощью этого



параметризованного решателя был впервые найден прообраз единичного хеша (т.е. хеша, состоящего из 160 единиц) 24-шаговой функции сжатия SHA-1. Вычисления проводились на суперкомпьютере ИСЦ СО РАН «Академик В.М. Матросов». Найденный прообраз представлен в табл. 1.

Таблица 1. Прообраз единичного хеша, сгенерированного
24-шаговой функцией сжатия SHA-1

M[0] = 0ха6с5с463	M[1] = 0х182655е0	M[2] = 0х2с5ba5f0	M[3] = 0хе0028033
M[4] = 0х8с3779b1	M[5] = 0х98635880	M[6] = 0хс5b822е	M[7] = 0х297efce7
M[8] = 0х59987038	M[9] = 0хd764eca9	M[10] = 0х7ed9801d	M[11] = 0хdde4f1e0
M[12] = 0х524е678	M[13] = 0ха8се47dc	M[14] = 0ха813fd76	M[15] = 0х8b58е09f

Автор: к.т.н. Заикин О.С.

Публикация по результату:

1. Zaikin O. Inverting Step-Reduced SHA-1 and MD5 by Parameterized SAT Solvers // Leibniz Intern. Proc. in Informatics. 2024. Vol. 307. P. 31:1-31:19. DOI: 10.4230/LIPICS.CP.2024.31.

18. Семантическое аннотирование русскоязычных таблиц на основе предварительно обученной языковой модели.

Разработан новый фреймворк RuTaBERT, который позволяет изучать глубокие контекстуальные представления русскоязычных таблиц. Это первый случай применения предварительно обученных языковых моделей для анализа крупного русскоязычного корпуса таблиц с целью семантического аннотирования столбцов.

Предложены и реализованы два метода сериализации русскоязычных таблиц, что позволило добиться наилучшего качества семантического аннотирования столбцов. Экспериментальная оценка производительности фреймворка показала высокую эффективность.

Результаты имеют большое значение для области автоматического понимания табличной информации, особенно для работы с таблицами на языках, отличных от английского. Они могут быть использованы в различных программных системах для маркировки столбцов таблиц и способствовать развитию технологий обработки табличных данных.

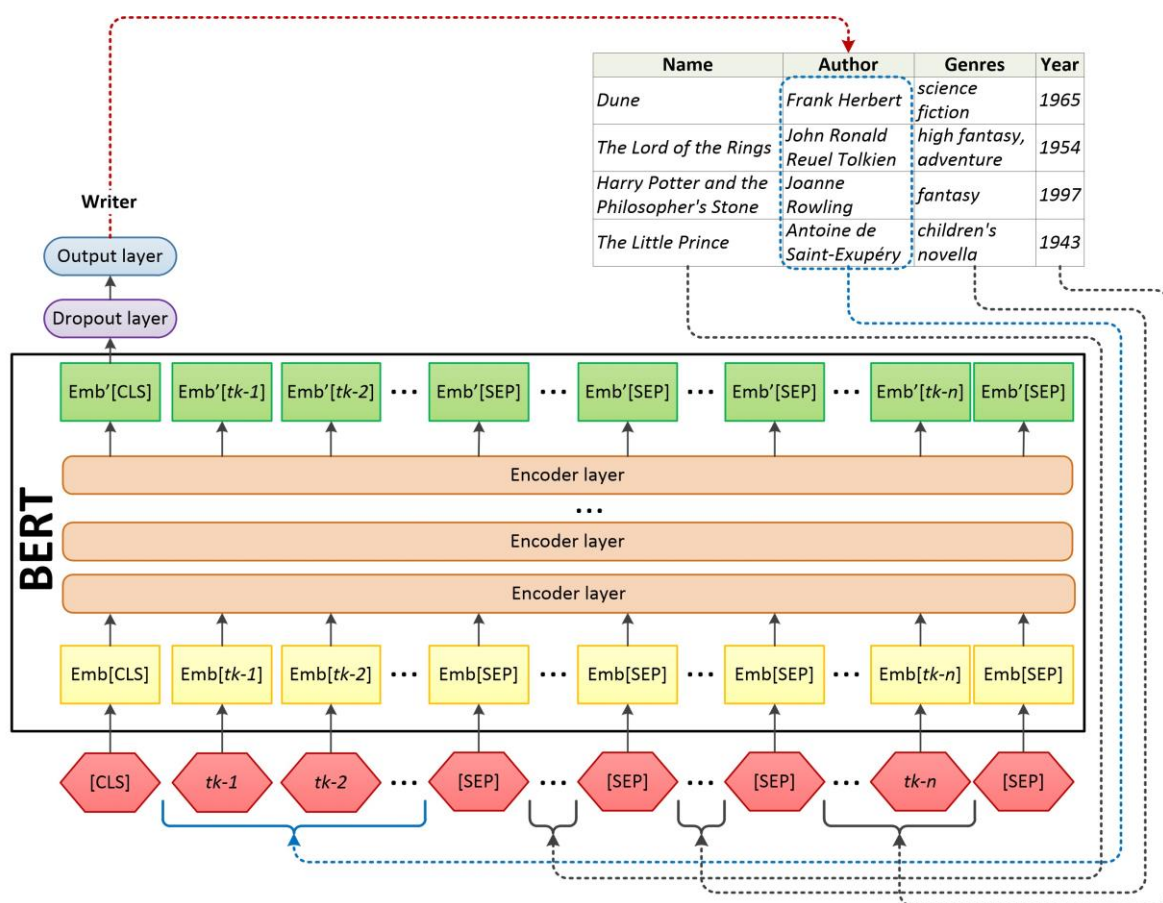


Рис18. Архитектура модели RuTaBERT с многостолбцовой сериализацией.

Авторы: Тобола К.В., к.т.н. Дородных Н.О., к.т.н. Михайлов А.А.

Публикации

1. Tobola Kirill & Dorodnykh Nikita. Semantic Annotation of Russian-Language Tables Based on a Pre-Trained Language Model //2024 Ivannikov Memorial Workshop (IVMEM). – IEEE. 2024. 62-68. DOI: 10.1109/IVMEM63006.2024.10659709.



РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОЕКТАМ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАДАНИЯ

В соответствии с Планом НИР и Государственным заданием на 2024 год выполнялись исследования по 7 научным (базовым) темам в рамках трех приоритетных направлений программы фундаментальных научных исследований в РФ на 2021–2030 гг.

Проект «Теория и методы исследования эволюционных уравнений и управляемых систем с их приложениями»

Направление науки: 1.1. Математические науки

№ гос. регистрации: 121041300060-4

Научный руководитель – чл.-к. РАН А.А. Толстоногов

1. Рассмотрено эволюционное включение, определенное в сепарабельном гильбертовом пространстве и содержащее зависящий от времени максимальный монотонный оператор и возмущение. Возмущение задается суммой двух членов. Первый член является полунепрерывным однозначным оператором с зависящей от времени областью определения. Он измерим вдоль непрерывной функции, заданной в области максимального монотонного оператора, и удовлетворяет условиям нелинейного роста. Сумма этого оператора с единичным оператором, умноженная на интегрируемую с квадратом неотрицательную функцию, является монотонным оператором. Второй член представляет собой измеримое многозначное отображение с замкнутыми, невыпуклыми значениями, удовлетворяющим обычным условиям Липшица и условиям линейного роста. Наряду с исходным включением, рассмотрено овыпукленное включение, полученное из исходного путем взятия выпуклой оболочки исходного многозначного возмущения. Доказано существование решений для исходного включения и установлена плотность (теорема о релаксации) множества решений исходного включения в множестве решений овыпукленного включения. Приведены необходимые и достаточные условия замкнутости множества решений исходного включения в случае, когда значения возмущения являются замкнутыми невыпуклыми множествами. (чл.-к. РАН Толстоногов А.А., к.ф.-м.н. Тимошин С.А.).

2. Рассмотрен процесс выметания с тройным возмущением, определенный в сепарабельном гильбертовом пространстве. Значения движущегося множества зависят от времени и состояния. Возмущение задается суммой трех многозначных отображений, имеющих различные свойства полунепрерывности относительно переменной состояния. Первое отображение с замкнутыми, возможно, невыпуклыми значениями является полунепрерывным снизу. Второе отображение с замкнутыми выпуклыми значениями имеет секвенциально слабо замкнутый график. Значения третьего отображения могут быть как выпуклыми, так и невыпуклыми замкнутыми множествами. Это отображение имеет замкнутый график в точках, где оно выпукло. В точках, в которых его значение является невыпуклым множеством, отображение является полунепрерывным в окрестностях данных точек. Обычно последнее отображение называется отображением со смешанными свойствами полунепрерывности. Доказано существование решения для данного процесса выметания. Для этого предложен новый метод, основанный на априорных оценках и теореме о неподвижной



точке для многозначных отображений (чл.-к. РАН Толстоногов А.А., к.ф.-м.н. Тимошин С.А.).

3. В гильбертовом пространстве доказано существование абсолютно непрерывного решения дифференциального включения, правая часть которого содержит зависящий от времени и состояния максимально монотонный оператор и невыпуклозначное возмущение. В основу доказательств положены принадлежащие автору теоремы сравнения для включений с максимально монотонными операторами и теорема о неподвижной точке для многозначных отображений. Такой подход позволяет расширить класс включений с максимально монотонными операторами, для которых справедливы теоремы существования, и, как следствие, получить существенные результаты подобного типа (чл.-к. РАН Толстоногов А.А.).

4. Рассмотрена нелинейная дескрипторная система с дискретным временем. Для такой системы построена структурная форма и доказана локальная теорема существования решений. Предположения теоремы обеспечивают для системы первого приближения наличие обратимого слева линейного оператора, преобразующего ее к удобной для анализа структурной форме. Получены достаточные условия устойчивости нелинейной системы по линейному приближению в предположениях приводимости и правильности соответствующей части системы первого приближения. Попутно рассмотрены вопросы о приводимости и правильности линейных дискретных дескрипторных систем (д.ф.-м.н. Щеглова А.А.).

5. Рассмотрены нестационарные линейные и нелинейные дескрипторные системы управления с дискретным временем. В линейном случае получены критерии управляемости по состоянию и по выходу на конечном горизонте, а также найдены условия робастной управляемости. Для нелинейных систем с использованием свойств линейного приближения доказана теорема о локальной управляемости по состоянию (д.ф.-м.н. Щеглова А.А.).

6. Предложен и развит подход перенесения основных результатов и методов общей теории обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) с разрывной частью на функционально-дифференциальные уравнения (ФДУ) с разрывной правой частью с использованием специального класса инвариантно дифференцируемых функционалов при описании многообразий точек разрыва и скользящих режимов систем с последействием (д.ф.-м.н. Финогенко И.А.).

7. Рассмотрены линейные системы обыкновенных дифференциальных уравнений произвольного порядка с тождественно вырожденной в области определения матрицей при старшей производной искомой вектор-функции с нагружениями в виде интегральных операторов Вольтерры и Фредгольма. Такие системы называют вырожденными системами интегро-дифференциальных уравнений (ИДУ). Частным случаем являются системы, включающие в себя взаимосвязанные обыкновенные дифференциальные уравнения различных порядков, уравнения в частных производных, алгебраические уравнения, интегральные уравнения Вольтерры и Фредгольма I и II рода. Под решениями вырожденных систем ИДУ понимаются любые k -раз дифференцируемые в области определения вектор-функции, которые обращают системы в тождество при подстановке, где k – наибольший порядок ОДУ, входящего в систему. Под особыми точками вырожденных систем ИДУ неформально понимаются любые точки в области определения, при наличии которых система не имеет решений в области определения, теряется единственность, меняется размерность



многообразия решений и т.д. В продолжение начатых ранее исследований предложен новый способ формализации особых точек вырожденных ИДУ, который является обобщением понятия левого регуляризирующего оператора (ЛРО). На основе многопараметрических матричных многочленов, поставленных в соответствие исходной задаче, в терминах входных данных получен критерий существования ЛРО и конструктивный метод обнаружения особых точек заданной системы. Показано, что существование бесконечномерного пространства решений вырожденного ИДУ не позволяет выбрать компоненты решения в виде произвольных функций. Построен пример системы с наперед заданной размерностью пространства решений (д.ф.-м.н. Чистяков В.Ф., к.ф.-м.н. Чистякова Е.В.).

8. Рассмотрен класс нестационарных дифференциально-алгебраических уравнений (ДАУ) с гистерезисом (моделируемым процессом выметания). Такие системы возникают при моделировании различных физических процессов, в частности, при описании нерегулярных электрических схем. На основе построенной ранее эквивалентной структурной формы для рассматриваемых уравнений доказаны необходимые и достаточные условия управляемости (полной, дифференциальной, R-) систем индекса 1 и 2 (к.ф.-м.н. Петренко П.С.).

9. Рассмотрены ДАУ с возмущениями, заданными в виде параметров. При этом неопределенность присутствуют как при искомой вектор-функции, так и при вектор-функции управления. Задача робастной управляемости заключается в нахождении условий, при которых свойство управляемости сохраняется на указанном отрезке для возмущенной системы. Анализ основывается на преобразовании исходной системы к структурной форме с разделенными дифференциальной и алгебраической подсистемами. Получены достаточные условия робастной полной и R-управляемости ДАУ индекса 1 и 2 с параметрической неопределенностью (к.ф.-м.н. Петренко П.С.).

10. Были исследованы взаимосвязанные интегральные нелинейные уравнения Вольтерра первого и второго рода. Объединяя их, получаем систему интегральных уравнений с тождественно вырожденной матрицей перед главной частью (интегро-алгебраические уравнения (ИАУ)). Получены условия существования единственного достаточно гладкого решения в терминах матричных пучков, предложен и обоснован алгоритм их численного решения, основанный на простейшей квадратурной формуле и линеаризации нелинейного подынтегрального выражения. Приведены наглядные примеры и результаты численных расчетов тестовых примеров (д.ф.-м.н. Булатов М.В., к.ф.-м.н. Соловарова Л.С.).

11. Проанализировано применение коллокационно-вариационных разностных схем для дифференциально-алгебраических уравнений с сингулярными точками на тестовых примерах. Если через сингулярную точку в рассматриваемых примерах проходит несколько решений, то коллокационно-вариационный подход может преодолевать эту точку, т.е. выделять единственное непрерывное решение. Расчеты показали, что требуется дополнительный анализ на предмет устойчивости данных разностных схем (д.ф.-м.н. Булатов М.В., к.ф.-м.н. Соловарова Л.С.).

12. Точные формулы приращения функционала и условия оптимальности для задачи управления со свободным правым концом.

Представлены элементы теории локального экстремума в задаче оптимального управления со свободным правым концом и, вообще говоря, неопределенной начальной



позицией траекторий на основе точных формул приращения (вариаций бесконечного порядка) целевого функционала. Получены необходимые условия оптимальности «позиционного» типа: их формулировки содержат вспомогательные управления с обратной связью, порождающие программные управления спуска (в задаче на минимум). Предложенные условия составляют альтернативу классическому принципу Понтрягина (в некоторых частных случаях – усиливают последний), и открывают возможность построения непрямых методов локального поиска без процедур настройки параметров «глубины спуска» (к.ф.-м.н. Погодаев Н.И., к.ф.-м.н. Старицын М.В.).

13. Оптимальное управление разрывными процессами выметания.

Для задачи оптимального управления процессом выметания, описанного дифференциальным включением с мерой, получены условия существования и единственности решения, соответствующего заданному импульсному управлению (векторной борелевской мере со значениями в выпуклом замкнутом конусе), доказана теорема существования оптимального решения и рассмотрены условия оптимальности, сформулированные для вспомогательной пространственно-временной задачи.

Изучаемая задача оптимального импульсного управления процессами выметания является релаксационным расширением задачи оптимального управления (P_0) :

$$\begin{aligned} J_0 = l(x(b), y(b)) &\rightarrow \inf, \\ \dot{x}(t) &= f(t, x(t), y(t)) + G(t, x(t))v(t), \quad x(a) = x_0, \\ v(t) &\in K \quad \text{для п.вс. } t \in T. \end{aligned}$$

Задача (P_0) рассматривается на фиксированном промежутке времени $T = [a, b]$. Управление описывается функцией $v(\cdot) \in L^\infty(T, \mathbb{R}^m)$, траектории – абсолютно непрерывными вектор-функциями $x(\cdot)$ и $y(\cdot)$, $x(t) \in \mathbb{R}^n$, $y(t) \in \mathbb{R}^r$. Множество $K \subset \mathbb{R}^m$ задает поточечные ограничения на управление. Начальное значение $x_0 \in \mathbb{R}^n$ задано. Предполагается, что K – выпуклый замкнутый конус, функции $l(x, y)$, $f(t, x, y)$, $G(t, x)$ непрерывны по всем переменным и, дополнительно, функции f и G локально липшицевы по переменным x , y и удовлетворяют условию не более чем линейного роста по этим переменным. Функция $y(\cdot)$ играет особую роль, она задает траекторию процесса выметания с движущимся множеством $(t, x) \rightarrow C(t, x)$, зависящим от x . Функция $y(\cdot)$ является решением дифференциального включения:

$$\begin{aligned} -\dot{y}(t) &\in N_{C(t, x(t))}^P(y(t)) \quad \text{для п.вс. } t \in T, \\ y(a) &= y_0 \in C(a, x_0), \end{aligned}$$

где $N_C^P(y)$ – проксимальный нормальный конус к множеству C в точке y . Предполагается, что многозначное отображение $(t, x) \rightarrow C(t, x)$ имеет непустые замкнутые значения и является локально липшицевым относительно метрики Хаусдорфа, т. е. для любого компактного множества $Q \subset \mathbb{R}^n$ найдется такое число $L_Q > 0$, что неравенство

$$d_H(C(s_1, x_1), C(s_2, x_2)) \leq L_Q(|s_1 - s_2| + \|x_1 - x_2\|)$$



выполняется для всех $(s_1, x_1), (s_2, x_2) \in T \times Q$. Здесь через $d_H(A, B)$ обозначено расстояние Хаусдорфа между замкнутыми множествами A и B . Кроме этого, предполагается, что $C(t, x)$ является δ -проксимально регулярным для всех $(t, x) \in T \times \mathbf{R}^n$ при некотором $\delta > 0$.

Задача (P_0) является вырожденной и, в общем случае, у нее отсутствует оптимальное решение с абсолютно непрерывными траекториями и управлениями из $L^\infty(T, \mathbf{R}^m)$. Полученные результаты гарантируют существование оптимального решения в расширенной задаче на множестве импульсных процессов. Например, рассмотрим задачу минимизации функционала J_0 :

$$J_0(v(\cdot)) = \int_0^\pi |v(t)| dt + \alpha |y_1(\pi) - R| + \beta |y_2(\pi) - R|$$

на процессах выметания, заданных управляемой системой:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1(t) &= -y_1(t) + y_2(t), \quad x_1(0) = 0, \\ \dot{x}_2(t) &= x_1(t)v(t), \quad x_2(0) = 0, \\ -\dot{y}(t) &\in N_{C(x(t))}(y(t)), \quad y(0) = (0, R). \end{aligned}$$

Здесь $x = (x_1, x_2)$, $y = (y_1, y_2)$, $T = [0, \pi]$, $v(\cdot) \in L^\infty(T, \mathbf{R})$, $\alpha, \beta \geq 1$. Движущееся множество C задано правилом:

$$C(x) = \{z \in \mathbf{R}^2 \mid r^2 \leq (z_1 - x_1)^2 + (z_2 - x_2)^2 \leq R^2\}, \quad r, R > 0.$$

Данная задача не имеет оптимального решения. Действительно, нетрудно убедиться, что на каждом управлении $v(\cdot) \in L^\infty(T, \mathbf{R})$ значение функционала больше 1, $J_0(v(\cdot)) > 1$. Однако существует минимизирующая последовательность управлений $\{v_n(\cdot)\}$, на которой $\lim_{n \rightarrow \infty} J_0(v_n(\cdot)) = 1$. При этом последовательность $\{v_n(t)dt\}$ сходится в смысле распределений к мере $\mu = \delta(t - \pi/2)$, а соответствующая последовательность траекторий поточечно сходится к разрывной функции с ограниченной полной вариацией:

$$\begin{aligned} x_1(t) &= \begin{cases} R \sin(t), & t \in [0, \pi/2], \\ R - R \sin(t - \pi/2), & t \in [\pi/2, \pi], \end{cases} & x_2(t) &= \begin{cases} 0, & t \in [0, \pi/2], \\ R, & t \in [\pi/2, \pi], \end{cases} \\ y_1(t) &= \begin{cases} 0, & t \in [0, \pi/2], \\ R, & t \in [\pi/2, \pi], \end{cases} & y_2(t) &= \begin{cases} R \cos(t), & t \in [0, \pi/2], \\ R - R \cos(t - \pi/2), & t \in [\pi/2, \pi]. \end{cases} \end{aligned}$$

Релаксационное расширение задачи приводит к соответствующей задаче оптимального импульсного управления с разрывными решениями ограниченной вариации и борелевскими мерами в качестве управления (к.ф.-м.н. Самсонык О.Н.).

14. Условия оптимальности для нелинейных импульсных процессов.

Получены необходимые и достаточные условия оптимальности для нелинейных задач оптимального управления с разрывными траекториями и управлениями, заданными векторными борелевскими мерами. Условия основаны на применении функций типа Ляпунова, обладающих свойствами сильной и слабой монотонности относительно импульсной управляемой системы или свойствами сильной и слабой инвариантности, обобщающими монотонность. Предложены конструктивные критерии проверки свойств



монотонности и инвариантности. Для задачи специального вида с промежуточными фазовыми ограничениями, для которой множество достижимости можно описать при помощи составных функций типа Ляпунова, предложены необходимые и достаточные условия оптимальности и реализована численная схема нахождения оптимального решения, основанная на этих условиях оптимальности (к.ф.-м.н. Самсонок О.Н.).

15. Вариационный принцип максимума для импульсных процессов.

Получены необходимые условия оптимальности первого порядка в форме вариационного принципа максимума для задачи оптимального импульсного управления с траекториями ограниченной вариации. Условия включают экстремальное условие, имеющее вариационный характер – условие максимума некоторого функционала на множестве функций. Метод доказательства основан на применении нелинейного преобразования Гоха и требует выполнения условия корректности при замыкании множества обычных процессов и переходе к импульсным. Необходимые условия оптимальности соответствуют импульсно-понтрягинскому типу минимума, они сильнее, чем условия обобщенного принципа максимума, основанного на методе разрывной замены времени. Условия обобщают вариационный принцип максимума, полученный В.А. Дыхтой для частного класса задач с импульсным управлением, заданным распределением первого порядка сингулярности (к.ф.-м.н. Самсонок О.Н.).

16. Приложение: задачи оптимального транспорта в математической лингвистике.

Изучаются приложения теории оптимального транспорта к задачам математической лингвистики об определении семантической близости текстов. Представлен обзор математических моделей теории оптимального транспорта (ОТ), описывающих задачи анализа семантического сходства текстов и основанных на сравнении текстов с использованием распределений составляющих их слов. Такие модели используются при обработке текстов на естественном языке (NLP) и связаны с методами машинного обучения. В настоящее время качественное и численное исследование таких моделей на основе методов математической теории оптимального транспорта активно развивается и уже имеет многочисленные приложения, связанные с применением в больших языковых моделях. В задачах измерения сходства текстов ключевую роль играет выбор функции расстояния между представляющими их объектами. Во многих приложениях эффективной оказалась ОТ метрика Монжа-Канторовича-Вассерштейна (также ее называют Earth Mover's distance (EMD)), задающая расстояние между текстовыми документами через расстояние между соответствующими распределениями вероятностей. Актуальны модификации этой метрики, решающие проблему масштабируемости и учитывающие иерархию распределений текстов по темам и тем по словам, что позволяет измерять семантическое сходство между словами и небольшими фрагментами текстов (к.ф.-м.н. Самсонок О.Н.).

17. Приложение: применение метода позиционных вариаций к задаче оптимального управления с терминальным ограничением в модели Парка.

Для некоторых частных вариантов модели противодействию распространения огня Г.М. Парка была применена численно-реализованная версия позиционного принципа минимума для задач с терминальными ограничениями. Проиллюстрирована процедура нелокального спуска по функционалу задачи, также найдены подозрительные на экстремум процессы, подлежащие дальнейшему анализу (к.ф.-м.н. Сорокин С.П.).



18. Методика численного решения начально-краевой задачи в системе с распределенным запаздыванием.

Дифференциальные уравнения с распределенным запаздыванием являются, по-видимому, одним из самых сложных и малоизученных типов систем с отклоняющимся аргументом. Задачи такого типа относятся к классу функционально-дифференциальных уравнений, кроме того, можно также классифицировать их как интегро-дифференциальные уравнения; задачи считаются сложными как для теоретического, так и для численного анализа. Однако модели такого типа имеют довольно обширную сферу приложений, включающую исследование электрических цепей, моделирование взаимодействующих нейронов, исследование нелинейных дисперсионных волн в гидродинамике, моделирование динамики эпидемий, радиационный перенос, поиск уязвимостей методик страхования, финансовая аналитика и другие. Представляется, что проблема создания надежных численных методов для такого класса задач пока еще далека от полного разрешения.

Для исследования подобных задач предложена трехэтапная методика решения начально-краевых задач с точечными и распределенными запаздываниями. На первом этапе формируется расширенный временной интервал, включающий как основной интервал, фигурирующий в постановке задачи, так и стартовый интервал, на котором задается начальная функция. Для аппроксимации решения на расширенном интервале используется неравномерная в общем случае сетка дискретизации и кубические сплайны специального типа, т.н. «управляемые сплайны», краевые условия которых варьируются в процессе расчета. Неравномерность сетки может оказаться необходимой в случае наличия интервалов резкого изменения траекторий. Опираясь на сплайновую аппроксимацию и исходное уравнение, формируется экстремальная задача по минимизации невязок; варьируемыми параметрами в ней являются значения дискретной функции, определенной в каждом узле сетки. Для решения на третьем этапе сформированной конечномерной задачи оптимизации используются глобализующие алгоритмы Лууса–Яколы и Пауэлла, дополненные локальными квазиньютоновскими алгоритмами.

Выполнена проверка работоспособности представленного подхода путем численного исследования линейного уравнения, включающего как точечное, так и распределенное запаздывание.

Динамика объекта описывается уравнением

$$\frac{d}{dt}(y(t) + y(t - \tau)) = 0.5y(t) + \alpha \int_{t-\tau}^t y(s)ds,$$

здесь $t \in [0, 2]$, $y(t) = \cos(t)$, $t \in [-1, 0]$, $\tau = 1$, $y(0) = 1$. Коэффициент α меняется от 0 до 2.2. Расширенный интервал времени в этой задаче был равен $[-1, 2]$, что позволило охватить всю исследуемую динамику. Число узлов дискретизации было выбрано равным 90. Решение, полученное с помощью предложенной трехэтапной методики при разных значениях параметра α , представлено на рис. 19.

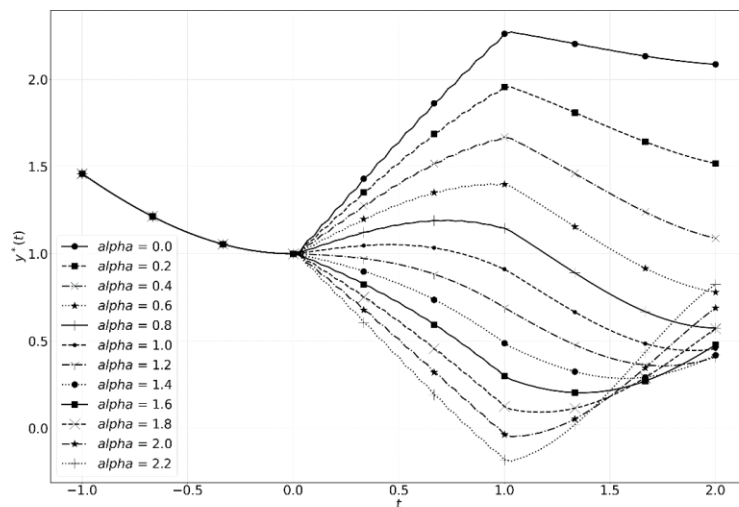


Рис. 19. Результаты численного решения рассматриваемой задачи при разных значениях параметра $\alpha = 0, 0.2, 0.4, \dots, 2.2$

Проведенные вычислительные эксперименты позволили продемонстрировать применимость разработанной вычислительной технологии при исследовании дифференциальных уравнений с распределенным запаздыванием (д.т.н. Горнов А.Ю., к.т.н. Зароднюк Т.С., к.ф.-м.н. Аникин А.С.).

19. Технология исследования предельных возможностей «велосипедной» модели автомобиля.

Задача создания систем управления автомобилем, способных функционировать практически без участия человека, в настоящее время, бесспорно, является одной из самых актуальных технических проблем. В качестве основного математического аппарата для расчетов траекторий движения практикующими инженерами определены «задачи управления с прогнозирующими моделями». Среди большого множества предложенных в различных работах моделей динамики автомобиля особое место занимают, на наш взгляд, модели Дубинса, Ридса–Шеппа и так называемая «велосипедная» модель. Авторами проведены исследования «велосипедной» модели на предмет оценки ее предельных возможностей.

В основе подобной модели лежат три ключевых предположения: а) вся динамика укладывается в одну плоскость без возможности изменить высоту машины; б) передние и задние колеса соединены жесткой балкой; в) оба передних колеса движутся синхронно, что позволяет охватить их одним модельным компонентом. При таких предположениях динамика автомобиля становится во многом похожей на динамику велосипеда. Считается, что такая модель неплохо работает в случаях, когда можно пренебречь пробуксовыванием – характеристики сцепления правых и левых колес одной оси заметно не различаются.

Входами модели являются мгновенная скорость – линейная и угловая; мгновенное ускорение; пространственное и угловое положения в одной из систем координат (карта или глобальная) и угол поворота передних колёс. Выходы модели: желаемое ускорение



автомобиля, которое будет отрабатываться встроенным в автомобиль контуром управления; желаемый угол поворота колёс либо рулевого колеса.

Динамика системы задается уравнениями

$$\begin{aligned}\dot{x} &= v \cdot \cos \theta, \dot{y} = v \cdot \sin \theta, \dot{\theta} = \frac{v}{b} \cdot \operatorname{tg} \gamma, \\ \dot{v} &= a, \dot{\gamma} = k_1(u_1(t) - \gamma), \dot{a} = k_2(u_2(t) - a).\end{aligned}$$

Заданы ограничения на управления

$$-0.5 \leq u_1(t) \leq 0.5, -2.8 \leq u_2(t) \leq 2.8, t \in [t_0, t_1].$$

Начальный фазовый вектор фиксирован – (7.0, –220.0, –1.5, 0.8, –0.025, 0.0); определены значения коэффициентов модели – $b = 2.0$, $k_1 = 4.2$, $k_2 = 5.1$.

Принципиальная возможность оценить реалистичность какого-либо маневра автомобиля открывается при наличии адекватной модели и методик фазового оценивания. Задача аппроксимации множества достижимости, одна из ключевых задач теории фазового оценивания, может быть приближенно решена для нелинейных систем с линейным вхождением управляющих воздействий; представленная система обладает этим свойством. Для оценки реалистичности маневра автомобиля за указанное время используется алгоритм аппроксимации множества достижимости, основанный на методике квазиравномерного заполнения. В качестве примера построен набор множеств достижимости с увеличением времени, выделяемого на маневр, – t_1 изменяется от 1 до 3.5 с шагом 0.5 (рис. 20).

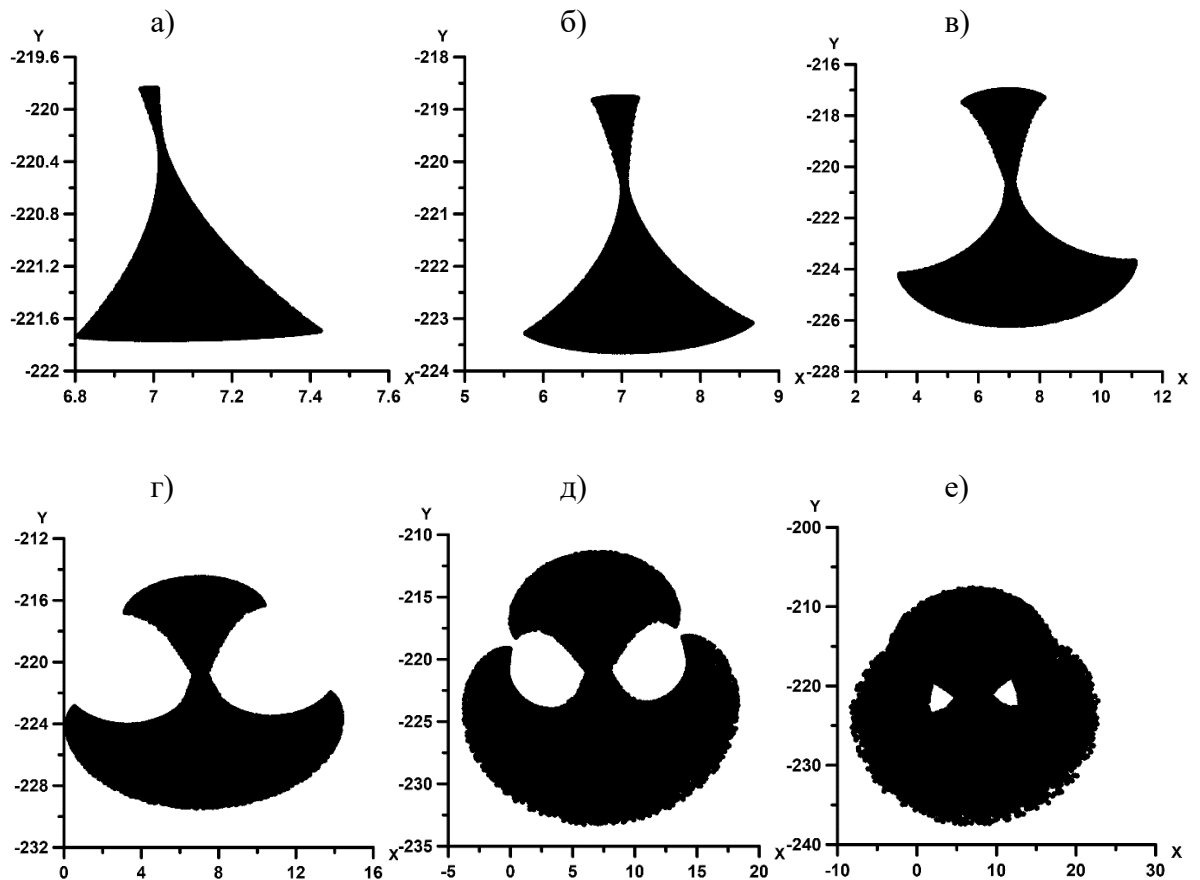


Рис. 20. Проекция множества достижимости на плоскость (x, y) с растущим интервалом времени: а) $t \in [t_0, t_1] = [0, 1.0]$, б) $[0, 1.5]$, в) $[0, 2.0]$, г) $[0, 2.5]$, д) $[0, 3.0]$, е) $[0, 3.5]$



На рис. 20 отражены проекции множества достижимости на плоскость (x, y) – геометрических переменных, при различной длительности процесса. Динамика множества достижимости хорошо отражает рост возможностей автомобиля с увеличением времени, выдаваемого на маневр. При недостатке времени многие точки в ближайшей окрестности текущего состояния недоступны. Но затем заполненность окрестности растет и, в конечном итоге, остаются только небольшие островки недоступности, которые тоже в конце концов исчезают.

Разработанная вычислительная технология фазового оценивания может быть использована для решения задач аппроксимации множества достижимости нелинейных управляемых динамических систем (д.т.н. Горнов А.Ю., к.ф.-м.н. Аникин А.С., к.т.н. Зароднюк Т.С., к.т.н. Сорокиных П.С., д.т.н. Тятюшкин А.И.).

20. Параллельная реализация метода криволинейного варьирования для невыпуклых экстремальных задач.

Разработаны и реализованы численные методы криволинейного варьирования с использованием технологий параллельного программирования. Линейное варьирование управления, доминирующее в численных методах, неизбежно приводит, пройдя через дифференциальный оператор, к криволинейным отображениям на множествах достижимости. Использование удобных свойств криволинейного варьирования позволяет строить эффективные алгоритмы решения задач оптимального управления. Разработанная параллельная технология опирается на формирование кривых, исходящих из текущей точки по касательной к градиенту и направленных к заранее сгенерированной достаточно удаленной опорной точке, и использование метода «сжимающихся сеток»: на каждой итерации генерируется случайная сетка на допустимом интервале, значения функции в узлах которой вычисляются в параллельном режиме; затем выбирается новая сетка в малой окрестности наилучшего найденного приближения и т.д.

Параллельное вычисление значений функции в узлах генерируемых сеток, реализованное с использованием технологии OpenMP на многоядерных процессорах, позволило в несколько раз ускорить вычислительный процесс, что открывает новые возможности для повышения эффективности многометодных подходов к решению задач оптимального управления и аппроксимации множества достижимости управляемых динамических систем. Проведенные вычислительные эксперименты подтвердили работоспособность предложенного подхода. (д.т.н. Горнов А.Ю., к.ф.-м.н. Аникин А.С., к.т.н. Зароднюк Т.С.).



Проект «Аналитические и численные методы математической физики в задачах томографии, квантовой теории поля и механике жидкости и газа»

Направление науки: 1.3. Физические науки

№ гос. регистрации: 121041300058-1

Научный руководитель – д.ф.-м.н. Ю.А. Марков

1. В рамках подхода Захарова-Шульмана, в близкой аналогии с методами квантовой теории поля, определена классическая матрица рассеяния для простейшего процесса взаимодействия жестких и мягких возбуждений в кварк-глюонной плазме. S-матрица рассеяния выбрана в виде наиболее общего интегро-степенного ряда по степеням асимптотических значений нормальных бозонных переменных $c_k^{-a}(t)$ и $(c_k^{-a})^*(t)$, описывающих мягкие глюонные возбуждения системы, и цветного заряда $Q^{-a}(t)$ жесткой частицы при $t \rightarrow -\infty$. Квантовый коммутатор от квантово-полевых операторов полей заменен на так называемую скобку Ли-Пуассона от классических асимптотических переменных. Разработанный подход использован для вывода общей формулы для потери энергии быстрой цветозаряженной частицы при её рассеянии на мягких бозонных возбуждениях кварк-глюонной плазмы в рамках классического гамильтонова формализма. Для этой цели введено понятие некоторого эффективного тока рассматриваемого процесса рассеяния и определяется его связь с классической S-матрицей. С помощью известного вида классической матрицы рассеяния восстановлен искомый эффективный ток, что позволило в свою очередь определить формулу для потерь энергии высокоэнергичной цветной частиц (д.ф.-м.н. Марков Ю.А., д.ф.-м.н. Маркова М.А., Марков Н.Ю.).

2. Была рассмотрена двумерная нелинейная система типа «хищник-жертва»

$$u_t = \nabla \cdot [u(\bar{\alpha}_1 + \beta_1 \nabla v)] + f(u, v), \quad v_t = \nabla \cdot [v(\bar{\alpha}_2 - \beta_2 \nabla u)] + g(v, u)$$

с краевыми условиями

$$u(t, x, y)|_{x=a(t,y)} = 0, \quad v(t, x, y)|_{x=b(t,y)} = 0.$$

Краевые условия предполагают наличие фронтов $x=a(t,y)$, $x=b(t,y)$, на которых происходит вырождение параболического типа системы. Для рассмотренной краевой задачи в частном случае $a(t,y)=b(t,y)$ доказана новая теорема существования и единственности аналитического решения. Решение построено в виде ряда Тейлора по степеням $z=x-a(t,y)$ с ненулевым радиусом сходимости (к.ф.-м.н. Кузнецов П.А.).

3. Для моделирования конфайнмента кварков в литературе предлагался способ представления кваркового пропагатора в виде целой функции. В таком случае отсутствуют пороги, соответствующие свободным кваркам. Тем не менее, ранее в подобного рода подходах оказывалось, что данную методику невозможно расширить на случай конечных температур или плотностей, как в модели конфайнированных кварков Ефимова-Иванова или подходе уравнений Дайсона-Швингера к квантовой хромодинамике (Робертс и др.), где пропагатор был выбран в виде целых функций, параметры которых выбирались в рамках фитирования. Нами был предложен способ моделирования кваркового пропагатора на основе модификации оригинала после преобразования Лапласа, а также способ расширения данного подхода на случай свободных кварков в фазе деконфайнмента (д.ф.-м.н. Раджабов А.Е.).



4. Рассмотрена задача обратного электромагнитного рассеяния для сред с диэлектрически-анизотропными и магнито-изотропными свойствами. Характеристики таких сред представляют собой тензорные функции. Получена в аналитическом виде дифракционная теорема Фурье, связывающая Фурье-преобразование рассеянного поля и Фурье-преобразование характеристик рассеивающей среды. Приведены результаты численного моделирования (д.ф.-м.н. Баландин А.Л.).

5. Найдены точные решения некоторых многомерных обобщённых уравнений Монжа–Ампера в виде суперпозиции квадратичной формы пространственных переменных и решений нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений, порождаемых исходными уравнениями Монжа–Ампера. Исследовано многомерное уравнение нелинейной диффузии типа пантографа с линейно растущим запаздыванием по времени и масштабированием по пространственным переменным в источнике (стоке). Предложено строить точные решения методом редукции с использованием двух анзацев с квадратичной зависимостью от пространственных переменных. Зависимость решения от пространственных переменных находится из системы алгебраических уравнений, а зависимость от времени – из системы обыкновенных дифференциальных уравнений с линейно растущим запаздыванием аргумента (к.ф.-м.н. Семенов Э.И.).

6. Проведен феноменологический анализ модели темного фотона с учетом возможного нарушения лептонного числа. Расчеты выполнены для распадов, а также для процесса, аналогичного тормозному излучению $eN \rightarrow A' N \mu$ с нарушением лептонного числа. Проведены расчеты сечения рождения нейтральных мезонов в процессе перезарядки отрицательного пионного пучка при рассеянии на мишени. С использованием данного сечения оценен выход рождения нейтральных мезонов для характеристик эксперимента NA64 в ЦЕРН. Получены ограничения для будущей статистики эксперимента NA64 с использованием отрицательного пионного пучка.

Проведен анализ потенциала эксперимента NA64 в CERN SPS для поиска процессов Новой физики, включающих переходы $e \rightarrow \mu$ после столкновения электронов с энергией 100 ГэВ с ядрами-мишенями. Новый лептонный портал Темного сектора, в котором скалярный бозон ϕ может быть получен в реакции, подобной тормозному излучению с изменением аромата лептона, $eN \rightarrow \mu N \phi$, используется в качестве эталонного процесса. Результаты показывают, что при незначительной оптимизации настройки NA64 можно исследовать большую часть доступного пространства параметров, совместимого с аномалией мюона $g-2$ и предсказаниями реликта Темной Материи в контексте нового лептонного портала Темного Сектора с 10^{11} ЕОТ. Этот результат прокладывает путь к исследованию переходов, изменяющих аромат лептона в NA64 (к.ф.-м.н. Жевлаков А.С.).

7. Проведено исследование связи билинейной системы дискретных уравнений, возникающих в рамках теории кластерных алгебр, с известными (трехчленными) уравнениями Гейла-Робинсона. Для исследуемой системы построен 2-инвариант и соответствующая ему пара инвариантов. Доказана теорема, о том, что каждая компонента $(t_0(n), t_1(n))$ общего решения системы удовлетворяет хорошо известному и в достаточной степени изученному уравнению Сомос-5 с коэффициентами, которые однозначно выражаются как многочлены от построенного инварианта и матричных коэффициентов, определяющих систему уравнений. В качестве следствия этой теоремы строится аналитическое решение исследуемой системы и доказана теорема о свойстве Лорана для исследуемой системы уравнений (к.ф.-м.н. Свинин А.К.).



Проект «Качественный анализ динамических свойств и синтез управлений механическими системами с развитием средств компьютерной алгебры и средств численной реализации с приложением к проблемам управления и динамики космических аппаратов»

Направление науки: 1.1. Математические науки, 2.3. Механика и машиностроение.

№ гос. регистрации: 121041300056-7

Научный руководитель – д.ф.-м.н. А.В. Лакеев

1. На базе модифицированной конструкции нелинейного оператора Релея–Ритца исследованы тополого-алгебраические условия конечного характера (удовлетворяющее лемме Тейхмюллера–Тьюки), позволяющее ослаблять условия существования неавтономной дифференциальной модели второго порядка в гильбертовом пространстве в задаче разрешимости дифференциальной реализации континуального семейства управляемых динамических процессов, а также разработан алгоритм идентификации дифференциальной модели свободных демпфированных поперечных колебаний защепленной штанги-балки спутника-гиростата в форме многомерных уравнений Лагранжа II рода первого приближения (д.ф.-м.н. Лакеев А.В., д.ф.-м.н. Русанов В.А., к.ф.-м.н. Банщиков А.В.).

2. Определены общие геометрические положения, лежащие в основе алгоритмических процедур реализации Калмана–Месаровича с уравнениями состояния в классе линейных стационарных обыкновенных дифференциальных уравнений для моделирования распределенных управляемых динамических систем. В данном контексте интерпретируются ключевые подходы к решению вопросов идентификации дискретного спектра эллиптического оператора моделируемой диссипативной системы нормально-гиперболического типа (д.ф.-м.н. Русанов В.А.).

3. Проведен анализ стационарных решений и инвариантных многообразий (ИМ) уравнений движения уравновешенного динамически несимметричного шара с многосвязной полостью, заполненной идеальной жидкостью. Шар катится без проскальзывания по горизонтальной плоскости под действием силы тяжести. Методом Рауса–Ляпунова найдены стационарные решения и ИМ, соответствующие перманентным вращениям и положениям равновесия тела, проведен их анализ на устойчивость по Ляпунову. Для перманентных вращений получены достаточные условия устойчивости и сопоставлены с необходимыми. Для положений равновесия доказана неустойчивость в линейном приближении. Доказана устойчивость по части переменных ИМ, которому эти положения равновесия принадлежат. Показано, что наличие еще одного потенциального силового поля приводит к появлению маятниковых колебаний системы и устойчивых положений равновесия (д.ф.-м.н. Иртегов В.Д., к.т.н. Титоренко Т.Н.).

4. Создана программа для построения в символьном виде на компьютере линеаризованных уравнений движения (уравнений возмущенного движения в первом приближении). Пользователь задаёт символьное описание конкретной системы, используя формализм Лагранжа. Например, вводит вектора обобщённых координат и квазискоростей, количество неголономных связей, выражение кинетической энергии и другие данные. Среди



обобщённых координат программа находит позиционные и циклические, формирует стационарное движение (решение), в окрестности которого происходит линеаризация, а также получает условия существования этого решения. В качестве подлежащих линеаризации нелинейных уравнений движения используются ранее полученные на компьютере дифференциальные уравнения в форме Эйлера–Лагранжа в квазикоординатах. Программа представляет собой набор интерактивных модулей (пакетов), выполняемых в режиме интерпретации в среде системы компьютерной алгебры (СКА) «Mathematica» (к.ф.-м.н. Банщиков А.В.).

5. Представлены возможности символьных вычислений при исследовании динамики вращательного движения по круговой орбите гиростата в ньютоновском центральном поле сил. В соответствии с задачей устойчивости по Ляпунову из уравнений возмущенного движения в первом приближении, в пространстве введенных параметров найдены области, в которых имеется гироскопическая стабилизация неустойчивых равновесий. Результаты получены с помощью прикладного программного обеспечения и функций символьно-численного моделирования СКА «Mathematica» (к.ф.-м.н. Банщиков А.В.).

6. Методом Рауса-Ляпунова найдены стационарные движения механической системы, допускающей существование частного интеграла Стеклова. Установлен ряд свойств, относящихся к вычислительному процессу отыскания решений стационарности и составления стационарных движений. Одним из наиболее важных свойств является использование условий постоянства решений уравнений движения к найденным решениям стационарности. Другое свойство заключается в формировании связки из наименьшего числа первых интегралов, состоящей из общих интегралов энергии, кинетического момента и Пуассона. Это позволяет сократить вычислительный процесс нахождения стационарных движений (д.ф.-м.н. Новиков М.А.).



Проект «Технологии разработки и анализа предметно-ориентированных интеллектуальных систем группового управления в недетерминированных распределенных средах»

Направление науки: 1.2. Компьютерные и информационные науки

№ гос. регистрации 121032400051-9

Научный руководитель – ак. И.В. Бычков

1. Стратегии и эвристики поиска выводов в исчислении позитивно-образованных формул с темпоральными операторами.

Разработаны стратегии поиска выводов в исчислении позитивно-образованных формул (ПОФ) с использованием темпоральных операторов, доказаны их дедуктивные свойства. Исследования проводились в контексте дискретно-событийных систем (ДСС) с применением оригинального подхода к представлению ДСС с помощью ПОФ в задачах управления. Для автоматизации исследований были использованы разработанные ранее программные инструменты: пружер «Bootfrost», обеспечивающий поиск выводов ПОФ, и система «DES-PCF tools» для моделирования и анализа ДСС.

Основной результат данного этапа – создание обновленной модели планирования действий для роботов с временным компонентом. Новая модель учитывает временные зависимости между действиями, фиксируя состояние системы на каждом этапе, что позволило более точно моделировать и оптимизировать процессы взаимодействия в системе. В исследовании рассматривается платформа с тремя роботами и двумя блоками, которые необходимо переместить в целевую область (рис. 21). Для этой задачи разработаны правила и эвристики, формализованные в виде нехорновской ПОФ. Исходная база фактов содержит данные о начальном положении объектов, а правила определяют цели и последовательность действий роботов. Поиск вывода завершается при совпадении текущих координат блоков с координатами целевой области.

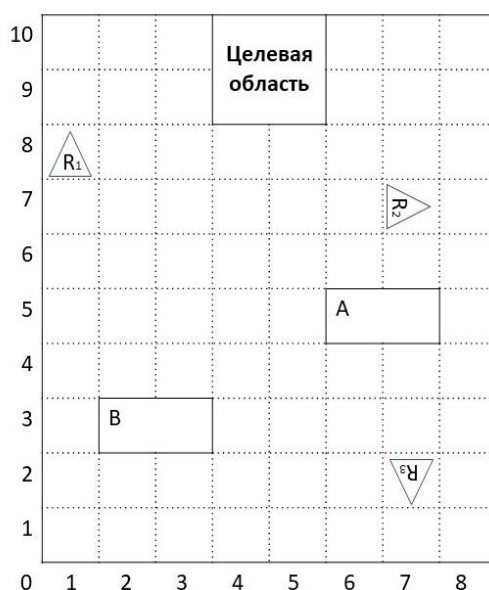


Рис. 21. Начальное расположение блоков и цель роботов на платформе



В модели используются временные предикаты для фиксации каждого состояния системы. Это позволяет не только оптимизировать процессы планирования, но и значительно сократить объем поиска за счет применения эвристик. Например, учёт расстояния до цели и последовательность событий с минимальными временными затратами. Введение временного компонента позволило улучшить управление последовательностью действий и учитывать их продолжительность. Несмотря на увеличение сложности поиска выводов, разработанные эвристики позволили минимизировать затраты времени и ресурсов машины поиска выводов прувера Bootfrost (Давыдов А.В., Ларионов А.А.).

2. Подход к решению задачи иерархического супервизорного управления дискретно-событийными системами, основанный на логических и логико-алгебраических методах.

Разработан подход к решению основных задач теории супервизорного управления логическими ДСС, основанный на представлении их в виде ПОФ. На примере задачи планирования роботом пути в неизвестной среде показано применение подхода на одном из уровней иерархической системы управления. На основе эквивалентности по наблюдению разработан подход, который позволит существенно улучшить масштабируемость системы управления. Первый шаг процесса планирования в автономном режиме генерирует план на основе формальной абстракции глобального поведения, возвращая последовательность команд из подмножества высокоуровневых действий робота. Абстракция автомата генерируется путем слияния тех состояний, которые эквивалентны по наблюдению, что можно интерпретировать как разбиение множества состояний на подмножества эквивалентных состояний, как показано на рис. 22.

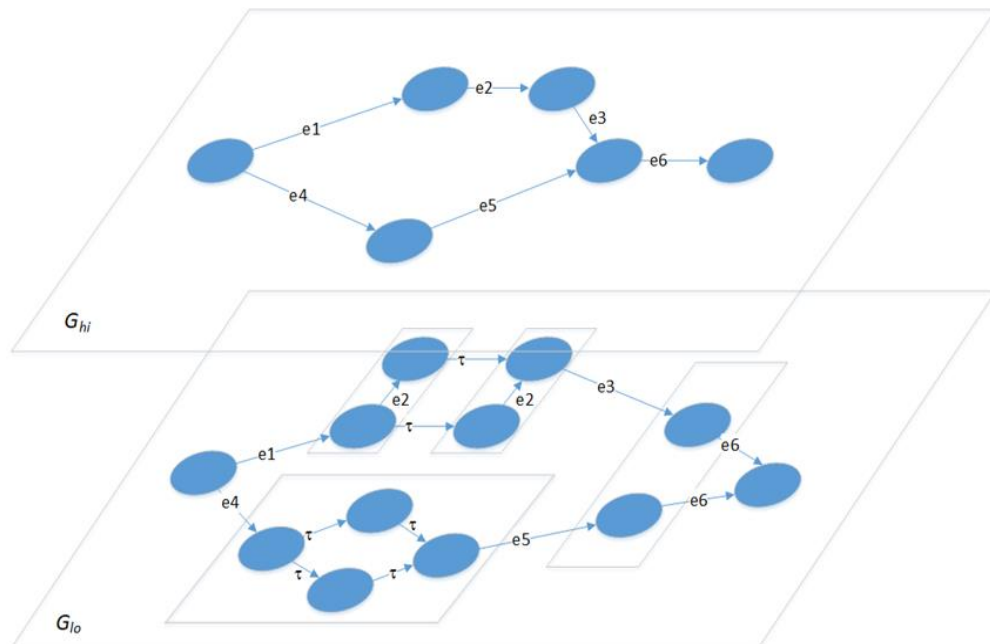


Рис. 22. Пример построения высокоуровневой абстракции конечного автомата

Высокоуровневая строка является основой для управления роботами, где низкоуровневая часть процесса планирования затем выбирает дискретные действия, которые должны быть выполнены между появлениями высокоуровневых событий. В основанном на



ПОФ подходе условия срабатывания переходов формализуются в виде ПОФ, эквивалентных, в общем случае, нехорновским формулам логики предикатов первого порядка, что выходит за рамки формализации, доступной, например, в широко известном языке логического программирования Пролог (Давыдов А.В., Ларионов А.А., к.ф.-м.н. Нагул Н.В.).

3. Точные решения уравнений с частными производными, используемых при моделировании распространения распределенных формаций подвижных объектов

В неделимом соавторстве с Семеновым Э.И. найдены точные решения некоторых многомерных обобщённых уравнений Монжа–Ампера в виде суперпозиции квадратичной формы пространственных переменных и решений нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений, порождаемых исходными. Исследовано многомерное уравнение нелинейной диффузии типа пантографа с линейно растущим запаздыванием по времени и масштабированием по пространственным переменным в источнике (стоке). Предложено строить точные решения методом редукции с использованием двух анзацев с квадратичной зависимостью от пространственных переменных. Зависимость решения от пространственных переменных находится из системы алгебраических уравнений, а зависимость от времени находится из системы обыкновенных дифференциальных уравнений с линейно растущим запаздыванием аргумента (к.ф.-м.н. Косов А.А.).

4. Развитие способов исследования устойчивости сложных многокомпонентных систем с переключениями и синтеза стабилизирующих управлений.

Предложен аналог принципа сведения Ляпунова применительно к задаче об устойчивости относительно части переменных. Выделены две различных ситуации, различающиеся характером вхождения критических переменных в уравнения для некритических переменных. Предложены признаки устойчивости, асимптотической устойчивости и неустойчивости относительно части переменных, устанавливаемые на основе аналогичных свойств вспомогательных систем меньшей размерности, по сравнению с исходной.

Для линейных управляемых систем с неполным измерением состояния и возможными отказами датчиков предложен способ реконфигурации динамических регуляторов, обеспечивающий устойчивость системы при любых переключениях. Для класса нелинейных потенциальных систем с потенциалом и кинетической энергией специального вида предложен способ выбора гироскопических сил, обеспечивающих стабилизацию неустойчивого равновесия (к.ф.-м.н. Косов А.А.).

5. Метод построения многоуровневой распределенной модели внешней среды

Разработана распределенная модель внешней среды для задач управления автономными мобильными роботами (АМР), состоящая из трех уровней: уровня препятствий, уровня скалярного поля и уровня внешних воздействий. Уровень препятствий описывает непроходимые объекты или области обследуемой зоны, посещение которых запрещено, а также формат их представления с точки АМР. Второй уровень определяет некоторое скалярное, которое может представлять из себя цель проведения исследовательской миссии, например, поле солёности или термальные аномалии, а также карту высот подстилающей поверхности. На последнем уровне реализуются внешние силы, воздействующие на АМР, но, зачастую, не поддающиеся прямому измерению. Их примерами являются подводные течения, воздушные потоки или иные воздействия, влияющие на движение роботов в пространстве.



Предложенные уровни модели имеют несколько реализаций, каждая из которых обладает своими преимуществами при моделировании определенного спектра объектов, явлений и процессов реального мира. На рис. 23 представлены примеры работы модели в рамках программного комплекса для тестирования стратегий управления АМР.

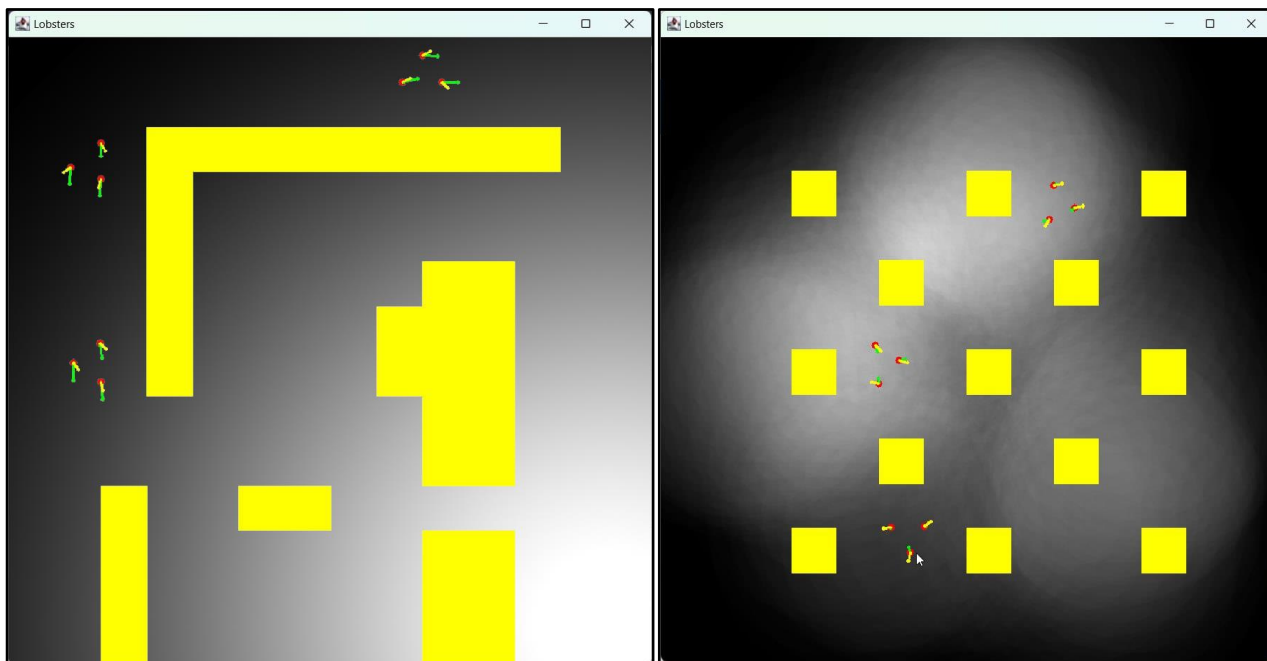


Рис.23. Визуализация примеров работы распределенной модели внешней среды

Предложенная модель обладает тремя ключевыми особенностями, отличающими ее от работ отечественных и зарубежных ученых. Во-первых, в отличие от многих аналогов, модель позволяет описывать как стационарные явления, так и изменяющиеся во времени. Во-вторых, присутствует возможность отключения одного или нескольких уровней, если они не используются по условиям задачи. В-третьих, разработанная модель позволяет использовать несколько экземпляров одного уровня для описания разных типов взаимодействия гетерогенных роботов со средой, а также взаимного влияния разных элементов модели друг на друга. Все это в совокупности приводит к высокой точности получаемой модели реальной среды, что крайне необходимо при тестировании и отладке стратегий управления мобильными роботами на ранних этапах разработки (Толстихин А.А., к.т.н. Максимкин Н.Н.).



Проект «Методы и технологии облачной сервис-ориентированной цифровой платформы сбора, хранения и обработки больших объёмов разноформатных междисциплинарных данных и знаний, основанные на применении искусственного интеллекта, модельно-управляемого подхода и машинного обучения»

Направление науки: 1.2. Компьютерные и информационные науки.

№ гос. регистрации: 121030500071-2

Научный руководитель – к.т.н. А.Е. Хмельнов

1. Методы выполнения композиции сервисов для обработки больших объёмов разноформатных междисциплинарных данных.

Разработан оригинальный программный компонент выполнения сервисов обработки пространственных данных, который позволяет распределять задания по вычислительным ресурсам, повышает надежность выполнения сервисов. Распределение вычислительных ресурсов основывается на модификации спискового эвристического алгоритма составления расписания HEFT (Heterogeneous Earliest Finish Time). Ставится цель минимизации времени выполнения. Программный компонент учитывает изменения состояния вычислительной среды, например, сбой работы узлов, изменение времени выполнения задания, добавление новых заданий, автоматическую конвертацию данных, обеспечение безопасности вызовов сервисов и т. д. С целью упрощения создания композиций сервисов предложено использование процедурного языка программирования для вызова сервисов и обработки промежуточных данных с помощью средств языка и его библиотек. Вызов сервисов производится через подсистему выполнения WPS сервисов, что позволяет впервые сочетать использование существующих методов планирования выполнения композиций и параллельной обработки пространственных данных и гибкость создания на процедурном языке композиций сервисов. Разрабатываемые методы будут масштабировать выполнение сервисов под имеющиеся вычислительные ресурсы (к.т.н. Федоров Р.К., к.т.н. Попова А.К., к.т.н. Авраменко Ю.В.).

2. В построителе пользовательских запросов клиентских приложений для доступа к БД с использованием спецификаций приложений баз данных поддержано интерактивное формирование и дальнейшее использование сложных выражений над значениями полей таблиц. Построитель пользовательских запросов в расширенном режиме ранее поддерживал интерактивное формирование произвольных логических выражений только над условиями на отдельные поля таблиц и итоги по подчинённым таблицам. Важным преимуществом интерактивного построения запросов является исключение ошибок, которые могли бы поставить в тупик пользователя: здесь всё, что может ввести пользователь, приводит к созданию корректного SQL-запроса, что позволяет сравнить результат с ожидаемым и, при необходимости, изменить запрос. В новой версии построителя запросов стало возможно использовать более сложные условия, в которых сравниваются между собой значения двух полей или значение произвольного выражения с константой или значением поля таблицы. На рисунке 24 показан пример такого запроса к таблице из примера данных MS SQL - БД AdventureWorks: здесь сравнивается значение поля LineTotal с выражением, которое, предположительно, должно было использоваться для вычисления значения этого поля. Для редактирования выражений над полями таблиц реализован отдельный диалог, который в



дальнейшем можно будет использовать и в других местах, например, для добавления вычисляемых полей в список, возвращаемых запросом.

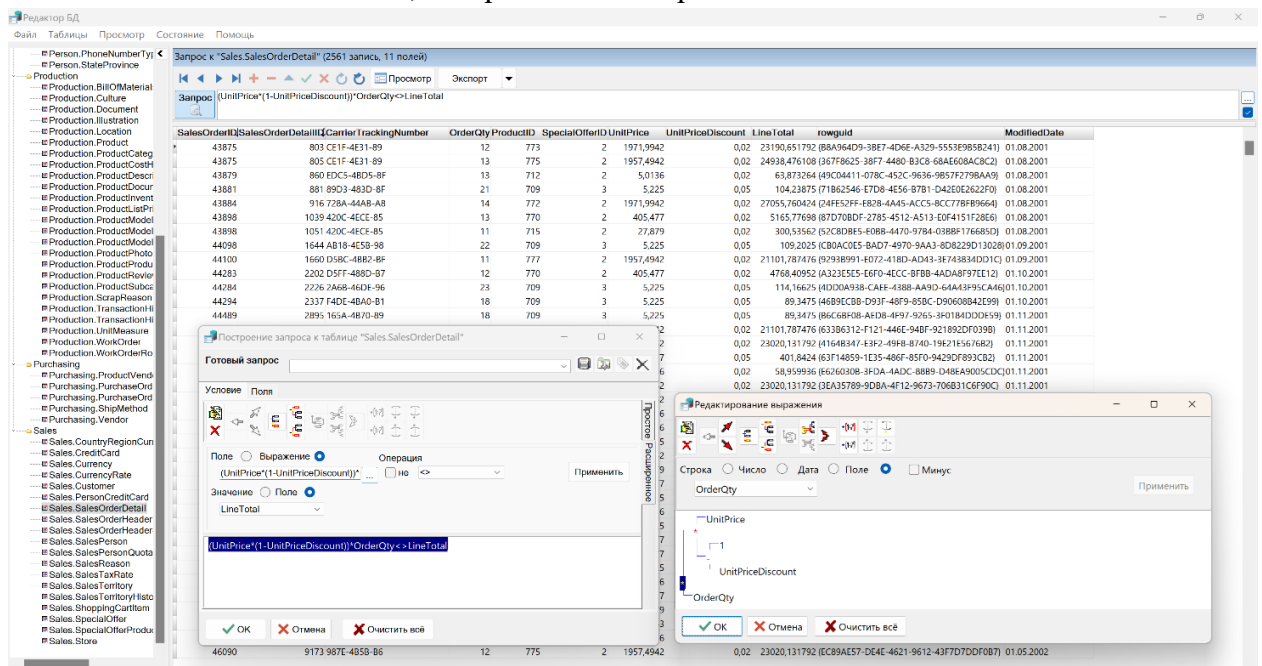


Рис. 24 Построение условия запроса с использованием выражений над значениями полей.

В построителе запросов Web-версии клиента для доступа к БД реализованы основные возможности построителя запросов предыдущей версии клиент-серверных приложений: формирование произвольных логических выражений над условиями на отдельные поля таблиц и итоговые значения, вычисленные по подчинённым таблицам. При помощи ряда служебных запросов Web-клиент получает информацию об имеющихся таблицах, их полях, а также имеющихся подчинённых таблицах. С использованием этих сведений настраивается диалог построителя запроса. Для формирования условий на подчинённые таблицы этот диалог может вызываться рекурсивно. Результирующее условие запроса передаётся на сервер в том же промежуточном текстовом формате, в котором пользовательские запросы могут сохраняться для повторного использования в клиент-серверных приложениях. (к.т.н. Хмельнов А.Е., к.т.н. Гаченко А.С., к.т.н. Фереферов Е.С.)

3. В редакторе спецификаций языка FlexT реализовано интерактивное редактирование языковых конструкций. Разработана технология синтеза подсистем каркаса программного обеспечения для порождения программного кода, позволяющая публиковать семантически размеченные документы, причем семантическая информация внедряется в документ на уровне платформонезависимой модели, абстрактной модели информационной системы. Эта же информация используется для синтеза каркасных объектов информационной системы (структуры базы данных, процедуры импорта данных и т.п.), также эта информация учитывается при реализации процедуры трансформации исходных визуальных платформонезависимых UML-моделей, в частности распознаются свойства disjoint, functional, symmetric и т.д. (к.т.н. Хмельнов А.Е., Хмельнова Т.Ф.)

4. Разработана методика проектирования трансформации платформонезависимой модели информационной системы средствами языка объектно-ориентированного логического



программирования Logtalk, позволяющая порождать программные объекты, генерирующие представления данных в документах с использованием семантической разметки по требованиям LOD пятого уровня. Согласно методике на уровне представления документа в платформонезависимой модели разработчик должен публикуемые элементы структур данных соотносить с сущностями используемых онтологий (например, задавать идентификаторы элементов UML-диаграммы в виде универсальных идентификаторов ресурсов, URI), дополнительно, для специальных предметных областей необходимо спроектировать онтологии, описывающие, минимально, классификации классов и отношений, в том числе с фиксированным набором стандартизованных онтологий. Данная информация используется процедурами трансформации на этапе распознавания свойств элементов исходной модели.

Для поддержки семантической разметки модули трансформации модифицированы таким образом, чтобы (а) выполнять все манипуляции с элементами модели только через интерфейс элемента, (б) сценарии трансформации реорганизованы из иерархии прототипов объектов в иерархии прототипов категорий. Данное усовершенствование позволяет разделять общую часть сценария трансформации и специальную, а также комбинировать сценарии при помощи импорта и наследования категорий. Полученная методика представляет собой вариант трансформации, реализующей аспектно-ориентированное проектирование ПО. Разработан минимально работоспособный экспериментальный набор объектов и категорий для представления трансформаций, порождающий формы ввода и отчетов в формате HTML, размеченные при помощи стандарта RDFa (к.т.н. Черкашин Е.А.).

5. RegTab API: инструментальное средство разработки прикладного программного обеспечения для извлечения реляционных данных из машиночитаемых таблиц с произвольной структурой на основе паттернов.

Разработано инструментальное средство «RegTab API», предназначенное для разработки прикладного программного обеспечения извлечения реляционных данных из машиночитаемых таблиц с произвольной структурой (т.е. неизвестно то каким образом представленные там данные составляют записи и атрибуты). Инструментальное средство предоставляет интерпретируемую модель таблицы (ИМТ) и проблемно-ориентированный язык паттернов «Regular Table Language» (RTL). ИМТ расширяет возможности представления произвольных таблиц, обеспечиваемые популярными машиночитаемыми форматами, за счет добавления семантики, которая позволяет автоматически выводить из них наборы однотипных записей. RTL является способом формального выражения паттернов, позволяющих описывать закономерности размещения компонентов записей и схем внутри таблиц с произвольной структурой. Предполагается, что класс таблиц, разделяющих общие закономерности, может быть соответствовать одному RTL-паттерну. Произвольная таблица, представленная в виде экземпляра ИМТ, сопоставляется с RTL-паттерном, в результате чего экземпляр ИМТ дополняется семантикой, отсутствующей в исходном представлении, а именно взаимосвязанными компонентами записей и схем. Данная семантика делает экземпляр ИМТ доступным для автоматического вывода соответствующего ему набора однотипных записей. Инструментальное средство реализовано в виде библиотеки для платформы разработки программного обеспечения Java, что позволяет внедрять RTL-паттерны в исходный код программ, компилируемых в Java байт-код. В настоящее время ИС используется для извлечения реляционных данных из таблиц, представленных в различных открытых



ресурсах по экологическому мониторингу Байкальской природной территории (БПТ) и озера Байкал (к.т.н. Шигаров А.О.).

6. Методика очистки табличных данных по результатам конвертации из PDF в Excel.

Предложена методика очистки табличных данных из PDF-документов и представления в виде Excel-таблиц. Основными этапами технологии являются 1) конвертирование PDF-документа в формат Excel-таблицы; 2) обнаружение таблиц 3) очистка от пустых строк и столбцов, метаинформации, обработка текстового содержимого ячеек; 4) сохранение таблиц в соответствии с классификацией (если таковая имеется). PDF документ выгружается конвертируется в электронную таблицу Excel через любое программное средство (Adobe Acrobat, Excel и т.п.). Для очистки и корректировки табличных данных был разработан набор макросов VBA-Excel. Подобный подход позволяет непосредственно взаимодействовать с объектной моделью электронной таблицы и получить доступ ко всем её элементам. Обнаружение таблиц ведется с учетом их разграфки, оценки заполненности ячеек. Решение о возможности удаления столбца или строки, не содержащих данные основывается на последовательном переборе всех ячеек экстрагированной таблицы. Благодаря высокому уровню интеграции со средой Excel реализована возможность удаления строк/столбцов даже в объединенных ячейках без необходимости их разделения и повторного слияния после удаления. Процедура очистки данных может изменить размеры ячеек, однако это не оказывает какое-либо влияние последующие автоматизированные операции обработки. Структура и возможная иерархичность данных сохраняются. Методика позволяет провести предобработку табличных данных, и представить их в виде, подходящим для перевода в реляционную форму. Продолженная методика апробирована для подготовки данных экологического мониторингу Байкальской природной территории (БПТ) и озера Байкал на основе Государственных докладов (к.т.н. Парамонов В.В.).

7. Обзор и сопоставление таксономий веб-таблиц.

Современные исследования срезов содержимого сети Интернет обнаружили наличие там большого количества веб-таблиц, содержащих реляционные данные. В свою очередь веб-таблицы могут иметь различную структуру организации взаимосвязанных элементов, определяющую её тип. Множество типов таблиц составляет таксономию. Таксономии используются для классификации таблиц. Понимание типа, в свою очередь, делает возможным автоматизированное проведение ролевого и структурного анализа данных. В настоящее время исследователями предложены различные таксономии, отличающиеся как терминологией, так и содержанием. Были изучены и сопоставлены наиболее распространенные таксономии веб-таблиц. Установлено, что существующие таксономии отличаются наименованиями типов таблиц. Например, следующие термины: «вертикальный список», «горизонтальная веб-таблица», «реляционная таблица» и «горизонтальный список» обозначают один и тот же тип таблицы. Также различные таксономии содержат отличное количество типов таблиц, от трех до пяти. Это приводит к терминологической запутанности. Отмечено, что существующие таксономии не являются исчерпывающими. Так, в частности, они не выделяют иерархические заголовки, не учитывают сходство некоторых из табличных представлений, таких как список, сущность, матрица, перечисление. Понимание и корректная



идентификация типа таблиц способствует более эффективному автоматизированному преобразованию данных в реляционный вид (к.т.н. Шигаров А.О., к.т.н. Парамонов В.В.).

8. Создан сервис автоматизации поддержки принятия решений, реализующий принципы модельно-управляемого подхода при решении задач диагностики и прогнозирования на основе продукций и прецедентов. (Knowledge Modeling System – KMS). Веб-сервис ориентирован на экспертов и системных аналитиков и обеспечивает возможность построения визуальных концептуальных моделей в форме диаграмм переходов состояний, деревьев событий и отказов, а также автоматического получения кода баз знаний на основе их преобразования. Полученные таким способом базы знаний могут быть применены в качестве прототипов при дальнейшей разработке интеллектуальных систем. Сервис основан на принципах визуального моделирования и модельных трансформаций. Последний принцип обеспечивает возможность описания соответствия между элементами различных моделей (нотаций) и их преобразования. Для формирования операторов преобразования (трансформации) концептуальных моделей описаны их модели (метамодел), включающие основные элементы и отношения. Трансформации наглядно представлены в виде набора соответствий между элементами моделей и реализованы на языке общего назначения PHP. В качестве целевых языков определены CLIPS и OWL2 DL. (д.т.н. Юрин А.Ю., к.т.н. Дородных Н.О., д.т.н. Николайчук О.А., Малтугова Г.С.)

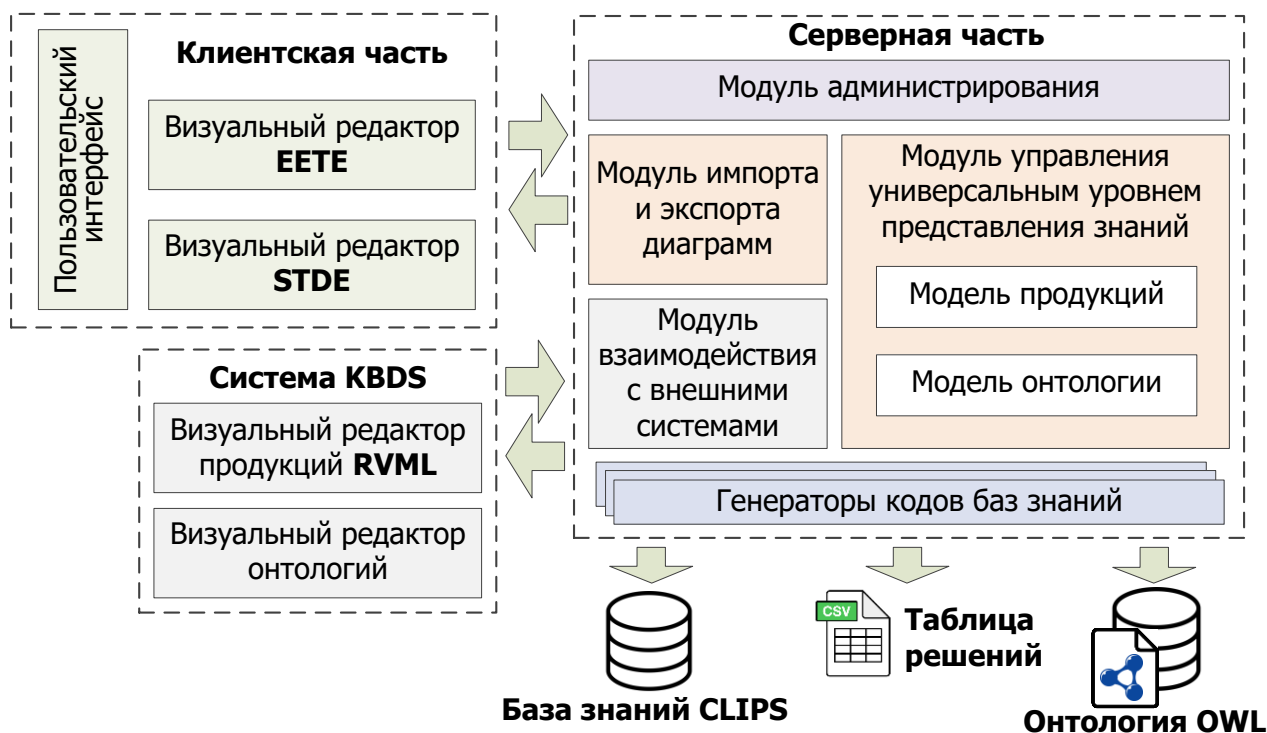


Рис. 25. Архитектура веб-сервиса автоматизации поддержки принятия решений

9. Разработаны предметные баз знаний для решения задач управления риском техногенных катастроф на основе предложенной специализации модельно-управляемого подхода и принципов самоорганизации. (д.т.н. Николайчук О.А., д.т.н. Берман А.Ф.).



Причиной техногенных катастроф является недопустимое изменение свойств и состояний механических объектов. Разработка адекватных моделей и алгоритмов управления этим процессом обеспечив снижение риска техногенных катастроф. Изменение прочности и ресурса механических объектов, обусловлено протеканием в них механо-физико-химических деградиационных процессов. Существующая формализация этих процессов не всегда обеспечивает достаточную точность при прогнозировании и обосновании методов и средств диагностирования событий повреждения, неисправности и катастрофических отказов. Подобные события обусловлены некоторой неопределенностью воздействующих факторов и свойств объекта. Одним из методов решения проблемы неопределенности является использование всех опытно-экспериментальных знаний об изменении соответствующих свойств и состояний объектов. Знания необходимо выявить и систематизировать для отражения причинно-следственных связей между воздействующими факторами, свойствами объекта и обуславливаемыми ими деградиационными процессами и явлениями. В работе обоснованы дополнительные понятия и классификационные признаки, отражающие основные факторы, свойства и события, обуславливающие и сопровождающие этапы изменения свойств и состояний объектов. Совокупность воздействующих факторов, свойств материала и конструкции определены как механизм деградации, обуславливающий события повреждения, неисправности, отказов и соответствующих им состояний объектов. В свою очередь события представлены признаками, а состояния параметрами, обеспечивающими управление техногенным риском. В рамках предложенной модели определены и выявлены данные и знания, соответствующие этим признаками и параметрам.

10. Произведено проектирование и программная реализация платформы автоматизации создания интеллектуальных систем как сервиса (AI PaaS). (к.т.н. Павлов А.И.).

Выполнена апробация размещения платформы автоматизации создания интеллектуальных систем как сервиса (PaaS) в рамках инфраструктуры Яндекс.Облака. Непосредственная реализация осуществлена на основе API Gateway (рис. 26) и «облачных функций» как основного способа реализации функциональности. Хранение данных организовано на базе кластера PostgreSQL (Managed Service for PostgreSQL). В качестве преимуществ выбранного варианта реализации можно выделить минимальные затраты при организации доступа к функциональности программного комплекса по схеме platform as a service; наличие микросервисной архитектуры; возможность использования модулей, написанных на разных языках программирования; упрощение технических вопросов (обеспечение безопасности и обработки меняющейся нагрузки).

Для обеспечения стандартным UI как самой платформы, так и разрабатываемых с ее помощью интеллектуальных систем реализован компонент формирования пользовательского интерфейса, обеспечивающий отображение обрабатываемых данных от общего к частному по аналогии с табличным режимом файловых менеджеров.



<pre>openapi: 3.0.0 info: title: KBS Platform version: 1.0.0 servers: - url: https://d5dv0rhg35775jt1vh8m.apigw.yandexcloud.net paths: /RetrieveInitializationParameters: get: x-yc-apigateway-integration: type: cloud_functions function_id: d4e21p3tolc0h0mvjipf tag: \$latest service_account_id: ajeesfqv5m33t3ap6811 operationId: kbs-platform-retrieve-ui-parameters-get post: x-yc-apigateway-integration: type: cloud_functions function_id: d4e21p3tolc0h0mvjipf tag: \$latest service_account_id: ajeesfqv5m33t3ap6811 operationId: kbs-platform-retrieve-ui-parameters-post /RetrieveData: get: x-yc-apigateway-integration:</pre>	<pre>paths: /{file+}: get: x-yc-apigateway-integration: operationId: common-ui-components parameters: - explode: false in: path name: file required: true schema: type: string style: simple components: securitySchemes: httpBearerAuth: x-yc-apigateway-authorizer: type: function function_id: d4empde63oljiugnfv09 authorizer_result_ttl_in_seconds: 7200 scheme: bearer type: http x-yc-apigateway: service_account_id: ajehcaavm4u23qqor6lj</pre>
--	---

Рис. 26. Фрагменты спецификации *API Gateway*, слева реализация функциональности на основе «облачной функции», справа использование «*Object Storage*» для хранения элементов UI и настройки авторизации.

11. Определены закономерность формирования техногенных катастроф (д.т.н. Берман А.Ф.).

Разработана модель состава и структуры соответствующих данных и знаний, отражающая процесс деградации в виде последовательности событий, состояний и их взаимосвязи (рис. 27). Разработанные модели обеспечивают информационно-аналитическую основу для планирования дополнительных испытаний и уточнения свойств создаваемых объектов, методов и средств прогнозирования и диагностирования для предотвращения техногенных катастроф вследствие возможных неопределенностей.

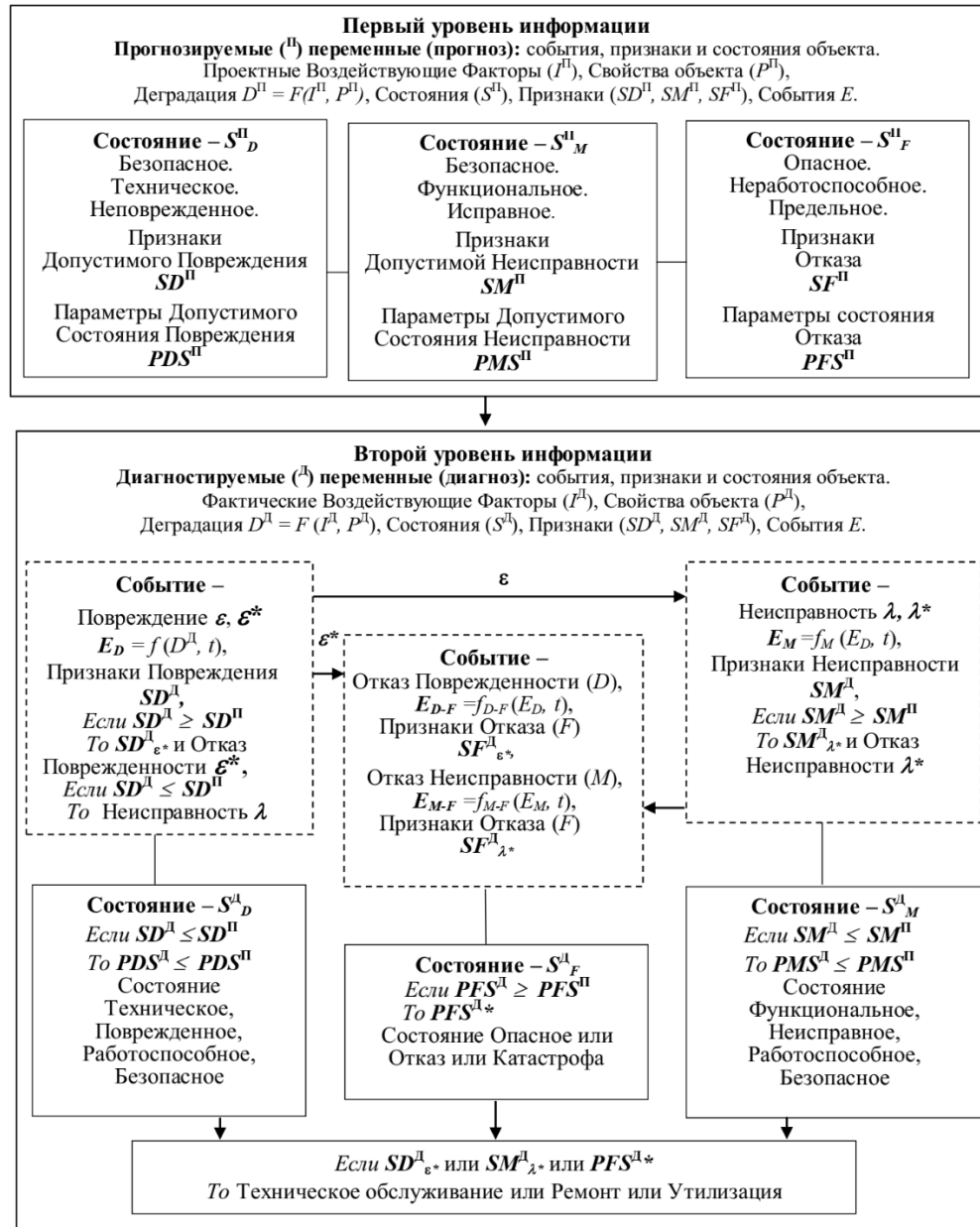


Рис. 27. Модель знаний о деградации объекта: события, признаки и состояния, где ϵ^* , признаки повреждения, которые не проявляются в виде неисправностей или не выявляются, то есть приводят к отказу без предвестников; ϵ , признаки повреждения, которые проявляются в виде неисправностей λ , являющихся предвестниками отказа, и требуют устранения в соответствии с регламентом, иначе отказ; λ^* , признаки неисправности, которые не были устранены в соответствии с регламентом и обусловили отказ.



Проект «Теоретические основы, методы и высокопроизводительные алгоритмы непрерывной и дискретной оптимизации для поддержки междисциплинарных научных исследований»

Направление науки: 1.1. Математические науки, 1.2. Компьютерные и информационные науки.

№ гос. регистрации: 121041300065-9

Научный руководитель – д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский

1. Алгоритм решения систем нелинейных алгебраических уравнений (СНАУ) повышенной размерности. Разработан новый метод решения СНАУ, основанный на сведении исходной задачи к минимизации негладкого невыпуклого функционала – суммы модулей функций из СНАУ, каждая из которых представлена разностью двух выпуклых функций (DC функцией). Целевая функция вариационной задачи также оказывается DC функцией, что позволяет с помощью Теории глобального поиска построить алгоритм глобального поиска (АГП). Численное тестирование разработанного АГП продемонстрировало его значительное превосходство перед популярными зарубежными программными комплексами, специализированными для решения СНАУ: STRSCNE и Fsolve. Сравнительная эффективность разработанного подхода доказана успешным решением всех тестовых квадратичных СНАУ размерности до 1000 (д.ф.-м.н. Стрекаловский А.С., Баркова М.В.).

2. Метод глобального поиска в задаче двухуровневой оптимизации с биматричной игрой на нижнем уровне. Для одного класса двухуровневых задач (ДУЗ) с равновесием на нижнем уровне, где сформулирована параметрическая биматричная игра, разработана схема глобального поиска, базирующаяся на Теории точного штрафа и Теории глобального поиска А.С. Стрекаловского и включающая в качестве основного модуля специальный штрафной метод локального поиска. После проведения двухэтапной редукции исходной ДУЗ к задаче невыпуклой оптимизации строится д.с. разложение целевой функции последней, агрегирующее все невыпуклости исходной задачи. Главной особенностью разработанной схемы является возможность варьирования параметра штрафа в процессе вычислений (к.ф.-м.н. Орлов А.В.).

3. Оптимизационный подход к задачам машинного обучения с дивергенциями Брэгмана и частичным привлечением учителя. Рассмотрено обобщение базовой модели кластеризации, в котором расстояния между заданными элементами и ближайшими центрами кластеров вычисляются с использованием дивергенций Брэгмана, а также введены дополнительные ограничения, позволяющие учитывать экспертные знания о метках данных или заранее известных свойствах кластеров (semi-supervised clustering). Это обобщение относится к моделям кластеризации, основанным на поиске центров кластеров (center-based clustering) с ограничениями, и представляет собой задачу минимизации невыпуклой функции над невыпуклым допустимым множеством, для решения которой разработан подход, основанный на условиях глобальной оптимальности для задач DC оптимизации (к.ф.-м.н. Груздева Т.В., к.ф.-м.н. Ушаков А.В.).

4. Быстрые эвристические алгоритмы для задачи планирования персонала с временным интервалом спроса. Рассмотрена задача планирования персонала, возникающая в промышленном производстве, где спрос на персонал является высоко динамичным и меняется



в течение временных интервалов в течение дня. Необходимо определить каждому сотруднику смену на каждый день горизонта планирования так, чтобы минимизировать сумму неудовлетворенного спроса за все временные интервалы. При этом каждый сотрудник обладает личным набором предопределенных смен и ограничений на правила работы. Задача планирования сформулирована как задача линейного программирования с непрерывными и целочисленными переменными. Для ее решения разработано несколько быстрых двухэтапных эвристических алгоритмов, включающих конструктивный шаг для поиска начального решения, за которым следуют быстрые процедуры локального поиска. Численная эффективность предложенных подходов продемонстрирована в ходе вычислительных экспериментов на реальных задачах планирования высокой размерности, включающих тысячи сотрудников (к.ф.-м.н. Васильев И.Л., к.ф.-м.н. Ушаков А.В.).

5. Нахождение прообраза 24-шаговой функции сжатия криптографической хеш-функции SHA-1. Впервые был найден прообраз 24-шаговой функции сжатия криптографической хеш-функции SHA-1. Ранее подобный результат был получен максимум для 23-шаговой версии данной функции. Результат был достигнут путем введения промежуточных задач поиска прообразов между двумя произвольными шагами функции сжатия SHA-1. С помощью промежуточных задач между шагами 22 и 23 был параметризован SAT-решатель, который позволил найти прообраз 24 шагов. (к.т.н. Заикин О.С.)

6. Перечисление пар ортогональных диагональных латинских квадратов порядка 10, находящихся в одном главном классе эквивалентности. Были найдены новые пары ортогональных диагональных латинских квадратов порядка 10, таких что оба квадрата в паре находятся в одном и том же главном классе эквивалентности. Данная задача была сведена к SAT и решена при помощи параллельного SAT-решателя, основанного на методе Cube-and-Conquer. (к.т.н. Заикин О.С.)

7. Новые атаки на некоторые функции низкоресурсной криптографии. Предложен новый класс алгебраических атак на ряд шифров, используемых в низкоресурсной криптографии. Конкретно, предложенный метод подходит для построения нетривиальных атак на следующие шифры: Trivium и его модификации, Grain, Simon. Базовая идея предлагаемых атак состоит в обращении специальных функций, построенных на основе исходных шифров, имеющих существенно меньшее в сравнении с исходными число бит выхода. Для шифра Grain с 80-битным ключом и 100 шагами стадии инициализации полученная атака, по-видимому, является рекордной по эффективности (Антонов К.В., к.т.н. Семёнов А.А., к.т.н. Отпущенников И.В., Павленко А.Л.).

8. Алгоритм динамического подбора параметров разбиения трудных примеров SAT, кодирующих булевы схемы. Предложен новый метод генерации ограничений, ослабляющих трудные варианты задачи проверки эквивалентности булевых схем (LEC). В основе метода лежат техники декомпозиции сложных примеров SAT, использующие для ослабления исходной задачи псевдобулевы ограничения специального вида. Основную новизну полученных результатов составляет стратегия дополнительных разбиений трудных интервалов на интервалы меньшей длины с последующей обработкой полученных декомпозиций в параллельной среде (Кондратьев В.С.).

9. Методика математического моделирования работы транспортно-пересадочного узла (ТПУ). Предложена методика математического моделирования работы ТПУ, в котором



стыкуются разные виды транспорта и имеется два и более маршрутов движения пассажиров. Для описания поступающих пассажиропотоков применяется модификация ВМАР-потока, позволяющая учесть изменение интенсивности поступления групп заявок со временем. Работа каждого структурного элемента ТПУ описывается отдельным узлом сети массового обслуживания (СеМО). В нем интенсивность обслуживания заявок меняется в зависимости от времени. Получаемая в результате СеМО является нестационарной и требует разработки имитационной модели. (к.ф.-м.н. Лемперт А.А., к.т.н. Жарков М.Л.)

10. Имитационная модель работы СеМО с входящим ВМАР-потоком заявок и нестационарным временем их обслуживания. Имитационная модель построена на основе дискретно-событийного подхода моделирования и методов Монте-Карло, и реализована на языке программирования Object Pascal. Программа позволяет определить показатели эффективности СеМО, в которой допустимо наличие до 20 отдельных ВМАР-потоков и до 100 узлов. (Авторы: Лемперт А.А., к.т.н. Жарков М.Л.)

11. Моделирование работы ТПУ Соколиная гора (Россия) и Thuong Dinh (Вьетнам). С помощью предложенного модельно-алгоритмического аппарата (см. пп. 5, 6) построены и исследованы модели работы ТПУ Соколиная гора (Россия) и Thuong Dinh (Вьетнам). На основе результатов численного исследования моделей были установлены текущий и максимальный допустимый уровень загрузки этих систем. В частности, пересадка в ТПУ Соколиная гора остается комфортной при увеличении пассажиропотока до 30%, а в ТПУ Thuong Dinh – до 200%. (к.ф.-м.н. Лемперт А.А., к.т.н. Жарков М.Л.)

12. Алгоритм построения оптимальных покрытий поверхностей вращения и сферических сегментов шарами равного радиуса. Для задачи построения оптимальных покрытий поверхностей вращения и сферических сегментов шарами равного радиуса, где мерой удаленности точек служит минимально возможное время перемещения между ними, разработан эвристический алгоритм, основанный на построении сферической диаграммы Вороного и оптико-геометрической аналогии, позволяющий находить локально оптимальные решения. Отдельно рассмотрен случай геодезического расстояния по сфере (геодезическая метрика). Предложен алгоритм построения наилучшего покрытия, который основан на отыскании чебышевских центров зон Дирихле, доказана теорема, позволяющая оценить эффективность его работы. (к.ф.-м.н. Лемперт А.А.)

13. Численный метод построения минимального остовного дерева в неоднородной динамической среде. Разработан численный метод построения минимального остовного дерева неориентированного графа в условиях, когда вес ребер существенно зависит от времени. Метод основан на комбинации оптико-геометрического подхода и алгоритма Крускала. (к.ф.-м.н. Лемперт А.А., Мадаев И.А.)

14. Прототип метода и программного средства проектирования сценариев для анализа сложных объектов с использованием подхода компонентно-ориентированного моделирования. Выполнена модификация авторского программного обеспечения для формирования комплексной модели из моделей-компонентов с учётом их содержательного смысла. Разработан метод, который определяет многоэтапную последовательность действий по созданию комплексной модели и сценариев её исследования с использованием семантически значимых моделей-компонентов. Иллюстративные примеры применения предложенного метода осуществляются на основе типовых блоков, описывающих эколого-экономические процессы, изучаемые в рамках комплексного моделирования окружающей среды. (к.т.н. Столбов А.Б.).



Проект «Методы и технологии обучения представлений данных (representation learning) и само-обучения (self-supervised learning) для задач обработки изображений и естественного языка»

Направление науки: 1.2. Компьютерные и информационные науки.

№ гос. регистрации: 124051500067-7

Научный руководитель – к.т.н. А.А. Михайлов

1. Кросс модальный метод извлечения данных из документов. Разработан кросс модальный метод извлечения данных из документов, включающий детекцию текста, распознавание текста и классификацию ограничивающих рамок на классы. Точность метода составила 51%. Определены направления для дальнейшего развития и улучшения метода. (к.т.н. Михайлов А.А.)

2. Метод классификации сегментов документов. Разработан новый метод классификации сегментов документов (рис. 28), основанный на графовом представлении и использовании нейронных сетей. В качестве информативных признаков для каждого узла графа были определены углы между соседними словами, расстояния до соседних слов, жирность текста и высота слова. Точность классификации составила 79 %. (к.т.н. Михайлов А.А., Копылов Д.Е., Трифионов Р.И.)

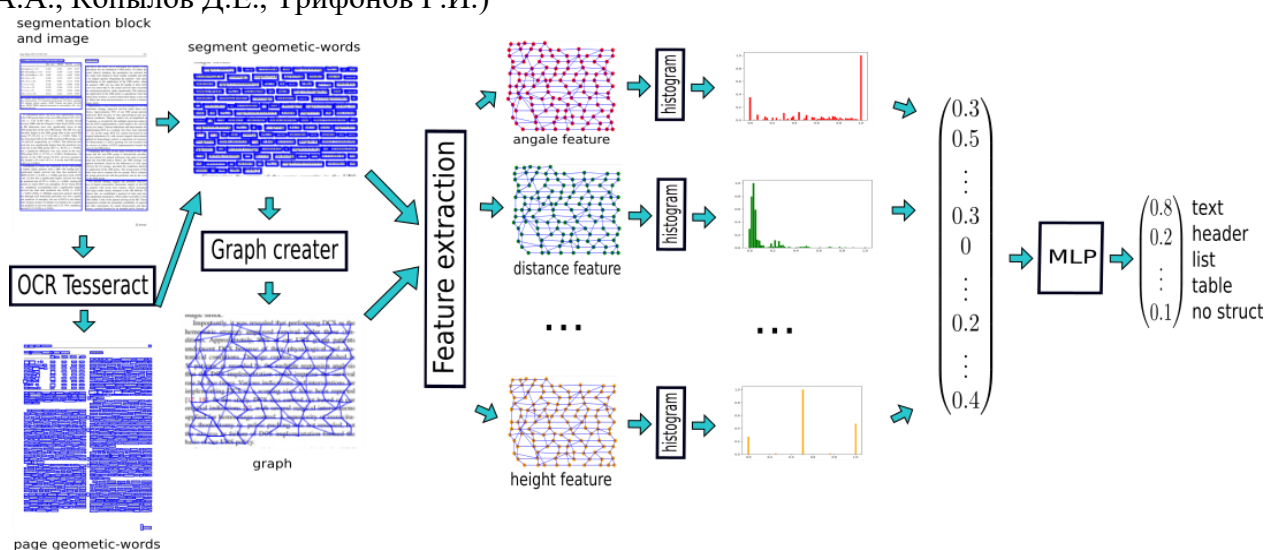


Рис. 28. Схема метода классификации сегментов документов.

3. Метод обучения представлений электронных документов. Разработана метод обучения представлений электронных документов с использованием методов самообучения и инвариантной кластеризации. Предложенный подход показал высокую эффективность и точность в задачах классификации и анализа документов. Точности классификации составила 91%. (к.т.н. Михайлов А.А., Кузнецов А.А., Алексеев А.Е.)

4. Библиотека для восстановления текстового слоя из PDF-документов. Разработана библиотека для восстановления текстового слоя из PDF-документов, содержащих сложный фон. Метод основан на использовании информации, содержащейся в самом PDF-документе, и включает пять этапов: извлечение шрифтов, глифов, распознавание изображений глифов с помощью свёрточной нейронной сети, сопоставление глифов с символами в тексте и восстановление текста. Результаты тестирования показали, что предложенный подход в



среднем на 45% эффективнее по сравнению с аналогом Dedoc, который использует технологию оптического распознавания символов (OCR) для документов такого типа. (к.т.н. Михайлов А.А., Загородников М.В.)

5. Фреймворк RuTaBERT. Разработан новый фреймворк RuTaBERT, включающий модель и метод для изучения глубоких контекстуальных представлений русскоязычных таблиц посредством предварительного обучения с самоконтролем и тонкой настройки (fine-tuning) для конкретных задач (downstream tasks). (к.т.н. Дородных Н.О.)

6. Метод для автоматизированного извлечения фактов из семантически аннотированных табличных данных. Разработан новый метод для автоматизированного извлечения фактов из семантически аннотированных табличных данных и пополнения ими целевого графа знаний на программной платформе Talisman. Полученные результаты показывают перспективность использования разработанного подхода и обработчика для поддержки процесса пополнения предметно-ориентированных графов знаний на основе семантически аннотированных табличных данных. (к.т.н. Дородных Н.О., Тобола К.В.)

7. Анализ современного состояния исследований в области автоматического ответа на вопросы с использованием данных из таблиц. Проведён анализ современного состояния исследований в области автоматического ответа на вопросы с использованием данных из таблиц. Разработана новая концепция OmniGraph для построения вопросно-ответных систем, которая объединяет два успешных подхода к тонкой настройке предварительно обученной языковой модели BART: Partial Exes и OmniTab. (к.т.н. Дородных Н.О., Поддубный И.А.)

8. Метод автоматического выявления заголовков таблиц. Разработан метод автоматического выявления заголовков таблиц, основанный на классических подходах машинного обучения. Он представляет собой совокупность моделей в виде случайного леса (Random Forest), градиентного бустинга (XGBoost) и метода опорных векторов (Support Vector Machine). Для использования обученных моделей создано специальное программное средство, которое осуществляет предобработку входных CSV-таблиц и передаёт данные в модель. В результате формируется CSV-файл с метками предсказаний модели, где «1» обозначает строки заголовка, а «0» — строки с данными. (к.т.н. Дородных Н.О., Охотин И.И.)

9. Программная реализация. Все инструменты, которые были созданы в процессе работы над проектом, выложены в репозиторий с открытыми исходными кодами молодёжной лаборатории по адресу: <https://github.com/YRL-AIDA>. (к.т.н. Михайлов А.А., к.т.н. Дородных Н.О.)

10. Апробация. Разработанное программное обеспечение использовано в исследовательском проекте для Института системного программирования имени В.П. Иванникова РАН. Решена задача автоматизированного наполнения графов знаний платформы Talisman новыми фактами из табличных данных. (к.т.н. Михайлов А.А., к.т.н. Дородных Н.О.)



ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ РОССИЙСКОГО НАУЧНОГО ФОНДА

Проект РНФ № 22-11-00173 «Исследование и создание численных методов для интегральных и интегро-алгебраических уравнений с приложением к задачам энергетики»

№ гос. регистрации: 122080200026-9

Руководитель проекта – д.ф.-м.н. М.В. Булатов

1. В терминах матричных пучков были сформулированы достаточные условия существования единственного непрерывно дифференцируемого решения линейных интегро-алгебраических уравнений (ИАУ) с переменным нижним пределом интегрирования равным $c \cdot t$, где $0 < c < 1$. Для данного класса уравнений и при достаточно гладких входных данных были сконструированы численные методы решения, основанные на явных квадратурных формулах Адамса для интегрального слагаемого и на экстраполяционных формулах для главной части (д.ф.-м.н. Булатов М.В., к.ф.-м.н. Ботороева М.Н.).

2. Были исследованы на предмет существования и единственности непрерывного решения квазилинейные ИАУ – линейные относительно главной части и нелинейные относительно интегрального слагаемого. Для таких систем были получены достаточные условия существования и единственности решения в окрестности начальной точки. Алгоритм основан на простейшей экстраполяционной формуле первого порядка для главной части и на квадратурной формуле левых прямоугольников для нелинейной интегральной части с дальнейшей линеаризацией. Метод предназначен для ИАУ, содержащих жесткие компоненты (д.ф.-м.н. Булатов М.В., к.ф.-м.н. Соловарова Л.С.).

3. Были рассмотрены специальные двухстадийные многошаговые алгоритмы, которые основаны на квадратурных формулах высокого порядка для интегрального слагаемого и специальной аппроксимации главной части для выделенного класса ИАУ. Были проведены численные расчеты модельных жестких задач, с которыми предлагаемые методы хорошо справились. Для интегральных уравнений Вольтерра первого рода построены области устойчивости (д.ф.-м.н. Булатов М.В., к.ф.-м.н. Будникова О.С.).

4. Для численного решения интегральных уравнений Вольтерра первого рода с ядром на диагонали не равном нулю для любой точки отрезка интегрирования и имеющим единственное решение предложено семейство коллокационно-вариационных методов третьего порядка. Результаты проиллюстрированы численными расчетами тестовых задач, которые хорошо согласуются с теоретическими выкладками (д.ф.-м.н. Булатов М.В.).

5. Для численного решения выделенного класса полиномиальных ИУВ применены алгоритмы, основанные на применении метода Ньютона-Канторовича. Предложенные алгоритмы исследованы на устойчивость и скорость сходимости, проведены многовариантные расчеты (д.т.н. Солодуша С.В., к.ф.-м.н. Маркова Е.В., Коконова Ю.И.).

6. Исследована применимость интегральной модели, сформированной на основе полиномов Вольтерра в задачах восстановления входных сигналов. Получены мажорантные оценки области существования непрерывного решения выделенного класса нелинейных интегральных уравнений Вольтерра (ИУВ) (д.т.н. Солодуша С.В., Антипина Е.Д.).



Проект РНФ № 23-21-00161 «Непрямые численные методы решения задач оптимального управления в пространствах мер»

№ гос. регистрации 123032700009-5

Руководитель проекта – к.ф.-м.н. Старицын М.В.

Основные полученные результаты:

1. Впервые получен вариант классического принципа Понтрягина (ПМП) для линейной по состоянию задачи оптимального управления транспортным уравнением с источником на пространстве конечных знакопеременных борелевских мер (Задача 1).

2. Для Задачи 1 получены точные представления приращения целевого функционала на любой паре управлений (точные формулы приращения). Формулы приращения полностью выражаются в терминах сопряженной траектории и содержат явную конструкцию управлений спуска в форме обратной связи.

Доказаны необходимые условия оптимальности неклассического “позиционного” типа. Им отвечает новое для теории управления понятие экстремальности, основанное на принципе сравнения.

Как следствие необходимых условий построен не прямой детерминированный алгоритм монотонного спуска по функционалу, свободный от параметров “шага” и существенно более эффективный по сравнению с традиционными методами первого порядка на основе ПМП.

3. Для классической задачи управления с фазовыми ограничениями глубины 2 (Задача 2) получены оценки скачка производной функции – множителя Лагранжа в задаче оптимального управления.

Доказан ПМП с усиленным (поточечным) условием нетривиальности для задачи оптимального управления с фазовым ограничением k -го порядка (где k - натуральное число).

Рассмотрен пример задачи с фазовым ограничением k -го порядка. Доказано существование экстремалей со счетным накоплением контакта с границей допустимой области.

4. Изучена задача Коши с параметром, возмущенная линейным функционалом. Получены необходимые и достаточные условия на значения параметра, в окрестности которых существуют нетривиальные решения в классе вещественных непрерывных функций. Указан способ построения таких решений.

Проект РНФ № 23-28-00844 «Мониторинг сферы регионального туризма на основе анализа данных из открытых источников»

№ гос. регистрации: 123031500008-3

Руководитель проекта – д.т.н. Николайчук О.А.

Основные полученные результаты:

1. Методы анализа и представления гетерогенных и неструктурированных данных из открытых источников о региональной сфере туризма:

- поддержки принятия решений для туристов при выборе места отдыха на основе прецедентного подхода,



- поддержки принятия решений по развитию и повышению эффективности туристического бизнеса на основе метода экспертных систем.

2. Информационная технология и инструментальное средство мониторинга социально-эколого-экономических показателей развития регионального туризма.

3. Результаты апробации разработанных онтологических моделей, методов и инструментального средства мониторинга социально-эколого-экономических показателей развития регионального туризма на примере Байкальского региона (Ольхонского района).

Проект РНФ № 24-21-00264 «Моделирование работы инфраструктурных объектов водного транспорта на основе теории массового обслуживания»

№ гос. регистрации: 124070100030-6

Руководитель проекта – к.ф.-м.н. Лемперт А.А.

1. Были разработаны математические модели работы угольного и контейнерных морских терминалов в виде сетей массового обслуживания с неординарными входящими потоками заявок. Модели были идентифицированы для угольного терминала АО «Дальтрансуголь» (Россия) и международного контейнерного терминала Хайфонг (НСТ, Вьетнам). На основе численного исследования полученных моделей были определены текущая загрузка, максимальная пропускная способность объектов и узкие места в их структуре (к.ф.-м.н. Лемперт А.А., к.т.н. Жарков М.Л.).

2. Предложен алгоритм построения маршрутов без столкновений для транспортных средств в акватории морского порта с учетом конфигурации фарватера и при наличии движущихся препятствий (к.ф.-м.н. Лемперт А.А., Мадаев И.А.).

Проект РНФ № 24-41-03004 «Решение прикладных задач равновесно-иерархической и динамической структуры на основе теории и методов ДС оптимизации»

№ гос. регистрации: 124061900005-4

Руководитель проекта – д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский

1. Построены и исследованы различные постановки задачи конкуренции при поставках угольных ресурсов в Китай из других стран. В качестве основных стран-экспортёров рассматриваются Монголия и Россия, а также ряд стран Азиатско-Тихоокеанского региона. Предложены первые варианты математических моделей для нескольких вариантов исследуемой задачи. В частности, указанный конфликт трактуется как равновесная задача с обобщенным равновесием по Нэшу, двухуровневая задача со смешанными (непрерывными и целочисленными) переменными, а также как двухуровневые непрерывные модели с оптимизационной задачей или задачей равновесия по Курно на нижнем уровне. Проведены первые вычислительные эксперименты на тестовых данных, позволяющие оценить построенные математические модели (д.ф.-м.н. Хамисов О.В., к.ф.-м.н. Ушаков А.В., к.ф.-м.н. Груздева Т.В., к.ф.-м.н. Батбилэг С., Минарченко И.М.).

2. Построена двухуровневая задача оптимизации электроэнергетической сети, описывающая взаимодействие системного оператора (верхний уровень, лидер) с компаниями, осуществляющими генерацию электроэнергии (на нижнем уровне). Предложена первая



математическая модель сформулированного конфликта в виде двухуровневой задачи с билинейными целевыми функциями на верхнем и нижнем уровнях. Разработаны методы решения построенной двухуровневой задачи, базирующиеся на ее редукции к невыпуклой одноуровневой задаче оптимизации и применении к последней Теории глобального поиска А.С. Стрекаловского (т.е., в частности, методов специального локального и глобального поисков). Проведенные вычислительные эксперименты на специально построенных тестовых задачах продемонстрировали работоспособность предложенной методики и возможность дальнейшего усложнения модели (Минарченко И.М., к.ф.-м.н. Орлов А.В., к.ф.-м.н. Груздева Т.В.).

3. Аппарат конечных гексаматричных игр (ГМИ) (полиматричных игр трех игроков) применен для моделирования ряда прикладных трехсторонних конфликтов. В частности, для одной экономической задачи построен пример с конкретными числовыми данными. С помощью ранее разработанных методов локального и глобального поисков в ГМИ, использующих редукцию игры к невыпуклой задаче оптимизации с билинейной структурой и Теорию глобального поиска, в построенных примерах найдены ситуации равновесия по Нэшу. Проведена интерпретация полученных решений (к.ф.-м.н. Орлов А.В.).

4. Продолжено развитие Теории глобального поиска в задачах ДС оптимизации, в частности, для обоснования практического значения теоремы сходимости новой схемы (стратегии) глобального поиска (СГП) для общей задачи, где целевая функция и ограничения типа неравенства и равенства заданы ДС функциями. С этой целью ослаблено определение разрешающего набора и доказана новая приближенная форма Условий глобальной оптимальности (УГО), что позволило доказать, тем не менее, сходимость в смысле построения минимизирующей последовательности для предельной оштрафованной задачи (когда параметр штрафа стремится к верхней границе значений), решая при этом на каждой итерации СГП вспомогательные оштрафованные задачи с текущим параметром штрафа.

5. Кроме того, установлены взаимосвязи между такими параметрами, как точность решения текущей оштрафованной задачи, приближенное выполнение условий оптимальности и точность решения линеаризованных задач и т.п. Наконец, предложены новые критерии останова и новая методика построения аппроксимаций поверхностей уровня функции, аккумулирующей все невыпуклости исходной задачи. Все эти новшества будут протестированы во время решения равновесных и двухуровневых задач в «угольной» и «электрической» задачах проекта РНФ (д.ф.-м.н. Стрекаловский А.С.).

6. С целью экспериментального обоснования СГП произведено численное тестирование алгоритма глобального поиска (реализации теоретически обоснованной СГП из п.4) в общей задаче ДС оптимизации на широком спектре специально сконструированных тестовых квадратичных задач оптимизации повышенной размерности ($n \leq 1000$) с ограничениями-неравенствами. Отметим, что к подобным задачам сводятся задачи поиска равновесий (скажем, по Нэшу), а также иерархические задачи управления, играющие важнейшую роль в настоящем проекте РНФ. При этом новизна СГП из п. 4 состоит, в частности, в том, что параметр штрафа варьируется от итерации к итерации, за что «ответственен» метод локального поиска, взаимодействие которого с процедурами глобального поиска (основанными на УГО) несколько обновлено. Поэтому было осуществлено также тестирование новых критериев останова СГП.



7. Одной из особенностей СГП является возможность использования на ее этапах классических методов выпуклой оптимизации, и в некоторых случаях здесь была применена новая модификация известного метода выпуклой оптимизации – двойственного алгоритма активного множества. Был проведен отдельный вычислительный эксперимент на специальных тестовых примерах, продемонстрировавший эффективность предложенной модификации.

8. В результате, новая СГП показала рекордные результаты как по отношению к размерности и времени решения тестовых задач, так и по сравнению с известными пакетами computational software (IPOPT, CONOPT, SCIP), которые на больших размерностях ($n > 300$) оказались не способны отыскивать именно глобальные решения тестовых квадратичных задач (Баркова М.В., д.ф.-м.н. Стрекаловский А.С., к.ф.-м.н. Груздева Т.В.).

9. Проведен сравнительный анализ математических моделей распространения эпидемий. Для групповой эпидемической модели SIIR (от Восприимчивый, Зараженный¹, Зараженный², Выздоровевший) предложена модификация, учитывающая процессы вакцинации и изоляции. Сформулирована соответствующая задача оптимального управления (ОУ) нелинейной системой. Для линейной одновиральной модели SIRD (Восприимчивый, Зараженный, Выздоровевший, Умерший) на примере распространения малярии построена и исследована математическая модель в виде задачи ОУ. Для построенной задачи ОУ разработан специальный метод решения на основе принципа Понтрягина Л.С. Проведены первые численные эксперименты по решению тестовой «малярийной» задачи маленькой размерности ($n=r=1$) с линейной по состоянию системой управления и выпуклыми (по состоянию) функционалами Майера и Больца. При этом тестировались различные критерии останова и согласование точностей (Косьянов Н.О.).

10. Разработан новый специальный метод локального поиска в задачах невыпуклого оптимального управления вдоль линейной (по состоянию) системы управления с целевым функционалом и ограничениями типа неравенства, заданными интегро-терминальными функционалами (типа Больца), использующими DC функции. С помощью теории точного штрафа И.И. Еремина и В. Зангвилла эта задача ОУ с ограничениями сводится к задаче ОУ без ограничений. Затем целевой функционал оштрафованной задачи представляется в виде разности двух выпуклых по состоянию интегро-терминальных функционалов (DC-декомпозиция). Идея специального метода локального поиска заключается в последовательном решении задач ОУ, линеаризованных по базовой невыпуклости DC задачи минимизации (д.ф.-м.н. Стрекаловский А.С.).

11. В качестве развития инструментария, предназначенного для решения невыпуклых задач оптимального управления, разработаны методы отыскания локального и глобального решений для задачи с линейной управляемой системой и терминальным нелинейным невыпуклым функционалом, имеющим опорные выпуклые функции-мажоранты и опорные вогнутые функции-миноранты. Эти методы будут в дальнейшем адаптированы к решению равновесных динамических задач (д.ф.-м.н. Хамисов О.В.).



ГРАНТЫ МИНОБРНАУКИ

Соглашение с Минобрнауки России № 075-15-2024-533 от 23.04.2024. Крупный научный проект «Фундаментальные исследования Байкальской природной территории на основе системы взаимосвязанных базовых методов, моделей, нейронных сетей и цифровой платформы экологического мониторинга окружающей среды»

№ гос. регистрации: 124052100088-3

Научный руководитель проекта – академик Бычков И.В.

1. Проведён анализ моделей окружающей среды и программных средств их реализации, который выявил широкий спектр математических инструментов, потенциально пригодных для поддержки открытых стандартов моделирования. Были рассмотрены более 400 моделей, ключевыми критериями отбора которых стали доступность документации, наличие исходного кода и примеров для реальных данных, а также поддержка со стороны разработчиков. Начата разработка информационной системы комплексного моделирования окружающей среды для Байкальской природной территории, предназначенная для создания базы данных характеристик математических моделей и анализа их совместимости с открытыми стандартами, такими как BMI, OpenMI и WMT. Приоритетное внимание уделяется стандарту BMI, который поддерживается большим числом моделей и обеспечивает функции управления вычислениями, данными и сетками. На примере моделей MOSART и MOSART-WM была изучена номенклатуры входных переменных и возможности интеграции моделей-компонентов. Проведенный анализ в дальнейшем позволит сформировать множество моделей, пригодных для сценарного анализа, будут созданы прототипы сервисов сценарного анализа экологической обстановки БПТ. (к.т.н. Столбов А.Б.)

2. Разработана вычислительная модель композиции сервисов, которая позволяет создавать композиции сервисов. Модель впервые позволяет формировать композиции сервисов и их обмен на основе статистических данных использования сервисов пользователями, метаданных сервисов и онтологий. Реализованы методики создания композиций сервисов в разных предметных областях. Разработаны инфраструктурные компоненты и сервисы, поддерживающие создание и выполнение композиций сервисов. Использование разработанных методик позволяет значительно упростить работу пользователя и автоматизирует часто повторяющиеся его действия. В результате применения модели, метода и методик создания композиций опыт применения пользователем сервисов автоматически распространяется среди всех пользователей. Результаты сравнения показывают, что предлагаемая реализация на основе предложенной модели, алгоритмов и методов имеет ряд преимуществ при создании композиции сервисов и позволяют значительно ускорить проведение комплексных научных исследований в целом. (к.т.н. Фёдоров Р.К.)

3. С использованием имеющихся источников информации о наземном и подводном рельефе (топографические карты, глобальные цифровые модели рельефа (ЦМР), аэрофотосъёмка, воздушное лазерное сканирование, батиметрическая съёмка и т.д.) созданы совмещённые (наземный+подводный рельеф) ЦМР озера Байкал, Иркутского водохранилища и нижнего бьефа Иркутской ГЭС. Модели рельефа, полученные в результате аэрофотосъёмки



и воздушного лазерного сканирования были использованы для уточнения фрагментов ЦМР на участках, где находятся объекты, которым может угрожать затопление при колебаниях уровня воды. Разработан метод создания модели прибрежного рельефа, основанный на применении ряда оригинальных алгоритмов: выделения контуров береговых линий с субпиксельной точностью, поиска с субпиксельной точностью сдвига, минимизирующего отклонение растровых изображений, совмещения контуров, полученных с ошибками. Созданы и сопоставлены несколько совмещённых ЦМР на основе данных из альтернативных источников. Разработан алгоритм выполнения гидрологической коррекции ЦМР, представленных триангуляциями, что позволит применять эти ЦМР для решения задач гидрологического моделирования. Полученные модели рельефа обеспечат создание базовых гидродинамические моделей, учитывающих особенности процессов в озере Байкал и Иркутском водохранилище и обеспечивающих основу для комплексного анализа и прогнозирования экологического состояния озера Байкал. (к.т.н. Хмельнов А.Е., к.т.н. Гаченко А.С.)

4. Выполнен обзор алгоритмов и открытого программного обеспечения, предназначенного для построения трёхмерных термо-гидродинамических моделей, в результате которого принято решение по использованию пакета открытого программного библиотечки Delft3D. Программы пакета Delft3D были скомпилированы из исходных текстов и для этих моделей выполнены пробные запуски на подготовленных совмещённых моделях рельефа. В результате сделан вывод о том, что данная модель и рассмотренный программный комплекс пригодны для моделирования термо-гидродинамики водных объектов БПТ и создания базовых гидродинамических моделей, учитывающих особенности процессов в озере Байкал и Иркутском водохранилище, которые позволят в дальнейшем проводить комплексный анализ и прогнозирование экологического состояния озера Байкал. (к.т.н. Хмельнов А.Е., к.т.н. Гаченко А.С.)

5. Выполнен анализ условий распространения и возможной трансформации загрязняющих веществ в ландшафтах ключевых участков БПТ и их поступления в оз. Байкал. Исследована миграция и аккумуляция загрязняющих элементов в основных компонентах ландшафтов и возможность их поступления в озеро в районе юго-западного побережья (Слюдянский район). Определены основные источники и приоритетные загрязнители. Выявлены превышающие ПДК загрязнения тяжелыми металлами снега, почв и растительности в рекреационных и промышленных зонах, а также фосфатами, аммиачным азотом, нитратами и нитритами в воде устьев рек и прибрежных водах озера. Выявлены биогеохимические барьеры на пути миграции загрязняющих веществ. Рассмотренные материалы свидетельствуют о существенном воздействии промышленных производств на окружающую среду оз. Байкал, проявляющемся на региональном и локальном уровнях. Загрязнение атмосферного воздуха акватории оз. Байкал по результатам снегомерных съемок и химико-аналитических работ отмечается вблизи населенных пунктов побережья оз. Байкал (Листвянка, Култук, Байкальск, Слюдянка, Усть-Баргузин, Северобайкальск, Нижнеангарск и др.) и в устье р. Селенги. Вследствие аккумуляции загрязняющих веществ на геохимических барьерах почв и аллювиальных отложений, а также ее разбавления, вода оз. Байкал соответствует санитарным нормам. Однако имеются локальные участки с повышенным содержанием токсичных элементов и веществ в прибрежных водах оз. Байкал и почвах вблизи



населенных пунктов. Выявлены высокие содержания загрязняющих веществ в реках, впадающих в озеро. Самые освоенные и загрязненные территории побережья оз. Байкал находятся в устьях рек, расположенных в н.п. Северобайкальск, Листвянка, Култук, Байкальск, Новоснежная, Сарма и др. Обнаружены повышенные концентрации ТМ и нефтепродуктов в почвах вблизи населенных пунктов побережья Байкала. Загрязнение имеет локальный характер. На северном и западном побережье Байкала загрязнение имеет не только антропогенный, но и природный источник (почвообразующие породы). Территория входит в зону тектонических разломов, с которыми связаны месторождения и проявления рудной минерализации. ()

6. Анализ и разработка модели динамики лесных ресурсов. Выполнен анализ существующих подходов к классификации лесных ресурсов на основе данных ДЗЗ и нейросетевых алгоритмов, определены лесные классы БПТ, разработаны модели динамики лесного покрова, включающие в себя определение различных характеристик древостоев. Проведенный анализ подходов к классификации лесных ресурсов позволил выбрать алгоритмы для классификации лесов БПТ, подобрать набор вспомогательных данных для повышения точности классификации (включая вегетационные индексы, данные о топографии, почве, климате, высоте деревьев), определить набор лесных классов БПТ. Разработанные модели апробированы на примере Слюдянского лесничества (к.т.н. Попова А.К.).

7. Разработан алгоритм для подготовки обучающей выборки сельскохозяйственных земель, который использует LSTM архитектуру нейронной сети для обработки фенологических изменений. Это позволяет эффективно различать культуры и оценивать их состояние на основе временных данных. Проведены первичные эксперименты, подтверждающие работоспособность LSTM на мультимодальных данных. Новый подход к мониторингу сельскохозяйственных земель интегрирует традиционные методы сбора данных с современными технологиями спутникового наблюдения и машинного обучения. Мультимодальное слияние данных значительно повышает точность прогнозирования урожайности, позволяя выявлять ключевые факторы, влияющие на производительность культур. В дальнейшем полученный набор разнородных данных будет использован для создания классификатора сельскохозяйственных земель, что обеспечит более эффективные методы ведения сельского хозяйства, повысит производительность и устойчивость сектора. (к.т.н. Фёдоров Р.К., к.т.н. Авраменко Ю.В.).

8. Произведен аналитический обзор методов анализа спектральных индексов данных дистанционного зондирования Земли для идентификации гарей и оценки постпожарного восстановления растительности (к.т.н. Дородных Н.О., д.т.н. Николайчук О.А., Пестова Ю.В., к.т.н. Юрин А.Ю.).

9. Построены модели прогнозирования риска возникновения пожаров на основе метода машинного обучения Random Forest (к.т.н. Дородных Н.О., д.т.н. Николайчук О.А., Пестова Ю.В., д.т.н. Юрин А.Ю.).

10. Произведено картирование факторов и рисков пожароопасности территории Иркутской области (к.т.н. Дородных Н.О., д.т.н. Николайчук О.А., Пестова Ю.В., д.т.н. Юрин А.Ю.)

11. Создана база данных гидроклиматических параметров, характеризующих условия формирования, величины максимальных паводков и экстремальных наводнений в



бассейне оз. Байкал. Для выбора экстремальных наводнений на реках собраны и систематизированы данные по максимальным расходам воды половодья и дождевых паводков на 26 гидропостах в бассейне оз. Байкал за период с 1966 по 2021 гг. Для выбора максимальных по величине и продолжительности атмосферных осадков определены 34 репрезентативные метеостанции с различными периодами наблюдений (с 1896-2021 гг.) пространственно соответствующие выбранным гидропостам. Созданная БД является основой для моделирования последствий наводнений на БПТ, а также анализа паводкоопасности БПТ при решении задач планирования строительства инфраструктурных объектов (предприятий, туристических баз) на БПТ.

12. Выполнены экспедиционные работы, которые позволили выбрать ключевые участки исследований и собрать материал для общего обзора ландшафтно-геохимического и гидролого-геоморфологического состояния на отдельных ключевых участках БПТ. Результаты экспедиционных и, выполненных по этим материалам химико-аналитических работ, выявили наиболее уязвимые участки современной и перспективной миграции загрязняющих веществ в оз. Байкал; показали необходимость проведения дальнейших исследований территорий, прилегающих к г. Байкальску, промышленной площадке и отстойникам БЦБК, устьям рек юго-западного побережья озера. Полученные гидролого-геоморфологические данные, выбранные ключевые участки будут использованы при анализе пространственно-морфометрических и гидрологических особенностей территории для более точной геоморфологической интерпретации картографических моделей рельефа, определения условий формирования и последствий паводков и половодий. Данные о частных гидрометрических и морфометрических показателях, крупности аллювия являются необходимыми показателями для моделирования эрозионно-аккумулятивных процессов в руслах и речных долинах.

13. Разработаны специализированные инструментальные средства организации и применения сервис-ориентированных приложений. Данные средства чрезвычайно востребованы для решения больших ресурсоемких задач исследования функционирования и развития ПТС в высокопроизводительной вычислительной среде специалистами разных предметных областей (д.т.н. Феоктистов А.Г., к.т.н. Костромин Р.О., Воскобойников М.Л., Чекан М.А., Юмашев Е.А.).

14. Разработаны новые модели, алгоритмы и прикладное ПО для моделирования ПТС с упором на детализацию технологических процессов и анализ чувствительности разрабатываемых моделей к степени неопределенности пространственно-распределенных данных, представляющих внутренние и внешние условия функционирования ПТС. Научная новизна определяется интеллектуализацией управления ПТС, которое предъявляет повышенные требования к детализации моделируемых технологических процессов и качеству получаемых данных об условиях функционирования и развития ПТС (Карамов Д.Н., Еделев А.В., к.т.н. Башарина О.Ю., Боднюк М.Е., Юмашев Е.А.).

15. Разработана математическая модель движения поездов по однопутному участку БАМа в виде полукоткрытой сети массового обслуживания (СеМО) с неординарными входящими потоками заявок. В такой СеМО часть заявок поступает из внешнего источника и покидает ее после обслуживания, а вторая часть циркулирует внутри системы. В результате, в модели возможно учесть кольцевые маршруты движения поездов. Конкретным объектом



изучения выбран Северобайкальский участок БАМа, который в настоящее время имеет однопутную систему движения, расположен на особо охраняемой природной территории и имеет четыре маршрута движения поездов, два из которых кольцевые. На основе результатов численного исследования построенной модели установлены текущая и максимальная допустимая нагрузка участка, а также оценен ряд мероприятий по повышению его пропускной способности (к.т.н. Жарков М.Л., к.ф.-м.н. Лемперт А.А.).

ГРАНТЫ, СТИПЕНДИИ ПРЕЗИДЕНТА И ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ

Проект СП-978.2022.5 – «Методы и средство создания графов знаний на основе семантической интерпретации веб-таблиц в контексте обработки больших данных».

Руководитель – к.т.н. Дородных Н.О.

Основные результаты:

- 1) Разработан метод и модель RuTaBERT для семантического аннотирования столбцов русскоязычных таблиц.
- 2) Получена экспериментальная оценка предлагаемых методов и программного средства на известных коллекциях табличных данных с получением оценок точности, полноты, F-меры.
- 3) Выполнено количественное и качественное сравнение полученных экспериментальных результатов с современными конкурентными решениями.
- 4) Произведена апробация программного средства при решении практической задачи в области поддержки проведения экспертизы промышленной безопасности объектов нефтехимии.



РАБОТЫ, ВЫПОЛНЕННЫЕ ПО ПРОГРАММАМ РАЗВИТИЯ ЦЕНТРОВ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ (ЦКП)

Работы по развитию инфраструктуры интегрированной информационно-вычислительной сети Иркутского научно-образовательного комплекса (ИИВС ИРНОК)
(академик Бычков И.В., к.т.н. Маджара Т.И.)

Центр коллективного пользования

В отчетном году продолжал функционировать Телекоммуникационный центр коллективного пользования «Интегрированная информационно-вычислительная сеть Иркутского научно-образовательного комплекса» (ИрНОК). Фактическая загрузка оборудования ЦКП по данным официального Отчета о деятельности ЦКП в 2024 г. составила 100 %.

Развитие инфраструктуры

Сетевая инфраструктура. В рамках проведения работ по усилению информационной безопасности создана централизованная система журналирования сетевого трафика виртуальных серверов. Система позволяет собирать и хранить в течение 45 дней информацию (штамп времени, ip-адреса и порты источников и получателей, объемы tcp/udp-сессий) обо всем сетевом трафике виртуального (и части реального) сегментов сети, что позволяет сократить сроки отработки рекомендаций по информационной безопасности, поступающих на регулярной основе от Минобрнауки РФ и Национального координационного центра по компьютерным инцидентам. Дополнительно внедрен ряд инструментов поиска по информационной базе системы журналирования с подготовкой соответствующих выкопировок, что позволяет эффективнее реагировать на инциденты безопасности.

Инженерная инфраструктура.

В качестве дополнительного компонента мониторинга инженерной инфраструктуры создан telegram-бот, позволяющий в интерактивном режиме осуществлять запросы и передавать оповещения пользователям о некоторых технических параметрах работы инженерного и сетевого оборудования серверной, в частности – режимах работы источников бесперебойного питания и температуры с нескольких датчиков, расположенных в серверной.

Техническое обслуживание, сопровождение и информационно-консультационное обеспечение

В течение года проводилось плановое техническое обслуживание, модернизация и сопровождение локально-вычислительных и телефонных сетей, каналов связи, серверов, программно-аппаратных комплексов, систем и сетей хранения данных, виртуальной инфраструктуры, систем видеоконференц-связи, а также инженерно-технического оборудования.

Осуществлялась информационно-консультационная поддержка пользователей программно-аппаратных комплексов, сетей хранения данных и виртуальной инфраструктуры.



Обеспечение функционирования и развитие ЦКП «Иркутский суперкомпьютерный центр СО РАН» (ИСКЦ)

(академик Бычков И.В., к.т.н. Новопашин А.П., к.т.н. Костромин О.Р., Марданшин В.М.)

1. Совместно с представителями ХФИЦ ДВО РАН, ИВМиМГ СО РАН, ИАПУ ДВО РАН и других учреждений, на базе которых функционируют суперкомпьютерные ЦКП научно-исследовательского профиля, проведены организационные мероприятия и подписано соглашение о создании Консорциума «Распределенная научная суперкомпьютерная инфраструктура», целью которого является координация усилий, направленных на комплексное развитие и поддержку деятельности региональных суперкомпьютерных ЦКП. В рамках консорциума подготовлены и направлены в Правительство РФ, Минобрнауки РФ предложения по развитию и поддержке функционирования соответствующих ЦКП.
2. Подготовлены предложения в план Комплексного развития Сибирского отделения РАН по строительству на базе ИДСТУ СО РАН второй очереди ЦКП ИСКЦ с целью обеспечения исследователей современным вычислительным оборудованием для перспективных научных исследований и разработок с применением технологий высокопроизводительных вычислений и искусственного интеллекта.
3. На средства Крупного научного проекта «Фундаментальные исследования Байкальской природной территории на основе системы взаимосвязанных базовых методов, моделей, нейронных сетей и цифровой платформы экологического мониторинга окружающей среды» закуплены и введены в эксплуатацию в ЦКП ИСКЦ три высокопроизводительных сервера с 96-ядерными процессорами AMD EPYC Zen4 суммарной реальной / пиковой производительностью 26 / 33 Tflops.
4. Проведен комплекс мероприятий по обеспечению бесперебойного функционирования оборудования ЦКП ИСКЦ, в том числе: сопровождение системного программного обеспечения вычислительного кластера «Академик В.М. Матросов»; плановое техническое обслуживание оборудования вычислительной и инженерной инфраструктуры; текущий ремонт оборудования; модернизация отдельных подсистем, в т.ч. дисковой подсистемы управляющих узлов кластера.
5. Выполнены работы по обращениям пользователей ЦКП ИСКЦ: регистрация и инструктаж новых пользователей, подготовка договоров об оказании вычислительных услуг, обработка обращений пользователей в службу технической поддержки центра.
6. Проведены экскурсии в ЦКП ИСКЦ в рамках Дня науки и научных мероприятий ИДСТУ СО РАН.





Дооснащение ЦКП ИСКЦ



**Вычислительные серверы
с центральными процессорами
AMD EPYC Zen4 «Genoa» (2024)**

3x CRUSADER Squire 1245R

- 1U Server: GIGABYTE R183-Z92
- 2x CPU **AMD EPYC 9654** 96C 2.4GHz
- 24x 32GB RDIMM DDR5-4800
- 0.96TB SSD SATA
- 2x 6.4TB SSD NVMe
- EDR Infiniband card

Суммарно:
576 CPU-ядер
Rpeak (FP64, All Core Boost): **~33 Tflops**
Rmax (HPL): **~25 Tflops**

7. Проведены работы по поддержанию в актуальном состоянии сайта ЦКП ИСКЦ и документов, регламентирующих деятельность центра.
8. Выполнен сбор и анализ отчетов пользователей ЦКП ИСКЦ, подготовлен отчет о деятельности ЦКП ИСКЦ по запросу Минобрнауки РФ.

ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В 2024 г. получено 13 свидетельств о государственной регистрации результатов интеллектуальной деятельности:

1. Банщиков А.В. Символьная линеаризация уравнений движения неголономных механических систем: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024680301 от 26.08.2024. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.
2. Воскобойников М.Л., Феоктистов А.Г. Библиотека программных агентов организации распределенной базы данных в оперативной памяти: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024668180 от 02.08.2024. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.
3. Горнов А.Ю., Дыхта В.А., Тятюшкин А.И., Зароднюк Т.С., Аникин А.С. PRIVGRAD: программа для численного решения нелинейной задачи оптимального управления с параллелепипедными ограничениями на управление и терминальным функционалом: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024689576 от 08.12.2024. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.
4. Горнов А.Ю., Толстоногов А.А., Зароднюк Т.С., Аникин А.С. Программа MD03. MONOWAVE APPROXIMATION для построения аппроксимации границы множества достижимости нелинейной управляемой системы со скалярным управляющим



- воздействием: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024689576 от 07.12.2024. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.
5. Еделев Я.А., Феоктистов А.Г. Библиотека программ поддержки дискретного многокритериального выбора: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024668181 от 02.08.2024. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.
 6. Костромин Р.О. Системный модуль автоматизированной диагностики и восстановления узлов распределенной вычислительной системы: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024668178 от 03.08.2024. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.
 7. Нгуен Д.М., Лемперт А.А., Казаков А.Л. Построение покрытий трехмерных поверхностей шарами: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024613801 от 13.02.2024. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.
 8. Хмельнов А.Е., Гаченко А.С. Программный комплекс для создания локальной копии фрагментов БД ГАР ФИАС (GetFIAS): Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024610229 от 05.01.2024. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.
 9. Шигаров А.О. TABBYXL: программный комплекс извлечения данных из таблиц рабочих книг форматов Excel/Sheets: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024682185 от 16.09.2024. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.
 10. Шигаров А.О., Михайлов А.А. TABBYPDF: программный комплекс распознавания таблиц нередактируемых печатно-ориентированных документов формата PDF: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024682186 от 17.09.2024. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.
 11. Шигаров А.О., Парамонов В.В. HEADRECOG: программа распознавания структуры заголовков таблиц рабочих книг (модуль расширения программного комплекса TABBYXL): Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024682187 от 16.09.2024. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.
 12. Юрин А.Ю., Дородных Н.О. TABBYLD2: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024668183 от 04.08.2024. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.
 13. Юрин А.Ю., Дородных Н.О., Шпаченко Д.Н. Knowledge modeling system: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024668182 от 04.08.2024. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.

НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Ученый совет

Ученый совет Института утвержден приказом директора ИДСТУ СО РАН № 15 от 27.05.2022 г. В 2024 году проведено 8 заседаний, на которых рассматривались вопросы научной и научно-организационной деятельности. Заслушаны отчеты о результатах НИР по плановым темам Института за 2024 г.; рассмотрены заявки, поданные на замещение должностей научных работников; утверждены темы НИР, выдвигаемые для участия в конкурсах.

Диссертационный совет

Диссертационный совет 24.1.060.01 утвержден при ИДСТУ СО РАН приказом Министерства науки и высшего образования РФ № 1324/нк от 22.06.2023 с правом принимать к защите диссертации по специальностям:

1.1.2 – Дифференциальные уравнения и математическая физика (физико-математические науки);

2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (физико-математические науки);

2.3.5 – Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей (технические науки).

В 2024 г. диссертационный совет провел 3 заседания. В совете защищена диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук Р.К. Фёдоровым на тему «Сервис-ориентированная информационно-аналитическая среда композиции сервисов обработки пространственных данных» по специальности 2.3.5.

Научные кадры

По состоянию на 31 декабря 2024 г. в Институте работали 138 человек, из них 73 – научные работники, в том числе 1 действительный член РАН, 1 член-корреспондент РАН, 22 доктора наук и 41 кандидата наук.

Возрастная структура кадров по категории штатных научных работников приведена в таблице

Научные работники	до 39 лет	40–60 лет	61–64 лет	65 лет и старше
Академики	–	–	1	–
Чл.-к. РАН	–	–	–	1
Доктора наук	–	8	–	14
Кандидаты наук	11	25	2	3
Без ученой степени	7	1	–	–
Всего	21	33	6	17

Средний возраст:	докторов наук	– 67,7
	кандидатов наук	– 47,0
	научных работников без степени	– 34,4

Всего в 2024 году (по состоянию на 31.12.2024) в Институте обучалось 10 аспирантов.



Конференции и семинары

Институтом в 2024 году организованы и проведены:

1. VIII Международная школа-семинар «Нелинейный анализ и экстремальные задачи» (VIII International School-seminar «Nonlinear Analysis and Extremal Problems», NLA-2024). 24-28 июня 2024 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН (смешанный формат).
2. VI Международный семинар по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (VI International Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments, ICCS-DE 2024), 1-5 июля 2024 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН (смешанный формат).
3. 40-я Международная конференция «Ляпуновские чтения», 2-6 декабря 2024 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН (смешанный формат).

Связи с вузами

В целях интеграции высшего образования и фундаментальной науки для повышения эффективности подготовки научных и научно-педагогических кадров, закрепления молодежи в сфере науки и образования, сохранения преемственности поколений в науке и образовании в ИДСТУ СО РАН функционирует Научно-образовательный центр «Информационно-вычислительные технологии и системы» (НОЦ ИВТС).

Сотрудники Института возглавляют 1 кафедру (кафедра Информационных технологий – базовая ИДСТУ СО РАН) и преподают в Институте математики, экономики и информатики Иркутского государственного университета, Иркутском национальном исследовательском техническом университете, Иркутском государственном университете путей сообщения, на факультете бизнес-коммуникаций и информатики Иркутского государственного университета, в Бурятском государственном университете, в Балтийском федеральном университете имени Иммануила Канта.

Членство в советах РАН и СО РАН

- Президиум РАН – ак. И.В. Бычков.
- Президиум СО РАН – ак. И.В. Бычков.
- Совет по сотрудничеству Сибирского отделения РАН с Академией наук Монголии ак. И.В. Бычков.
- Объединенный ученый совет СО РАН по нанотехнологиям и информационным технологиям – ак. И.В. Бычков, д.ф.-м.н. Казаков А.Л.
- Бюро ОНИТ РАН – ак. И.В. Бычков.
- Научный совет СО РАН по проблемам озера Байкал – ак. И.В. Бычков (зам. председателя).
- Приборная комиссия СО РАН – ак. И.В. Бычков.
- Совет СО РАН по программе «Цифровая экономика» – ак. И.В. Бычков (председатель).
- Комиссия РАН по научно-организационной поддержке базовых школ РАН – ак. И.В. Бычков.



- Рабочая группа (научно-технического совета) СО РАН по научному сопровождению исполнения пункта 4 перечня поручений Президента РФ от 02.07.2019 № Пр-1186 – ак. И.В. Бычков.
- Совет по региональной политике РАН – ак. И.В. Бычков.
- Бюро Совета РАН по координации научных исследований по направлению «стратегические информационные технологии, включая вопросы создания суперкомпьютеров и разработки программного обеспечения» – ак. И.В. Бычков.
- Объединенный совет научной молодежи ИрФ СО РАН – к.т.н. А.А. Михайлов.
- Комитет РАН по Программе Организации Объединенных наций по окружающей среде – ак. И.В. Бычков.
- Научный совет РАН «Информационная безопасность» – ак. И.В. Бычков.
- Экспертный совет при президиуме СО РАН по проблематике Парижского соглашения по климату – ак. И.В. Бычков.
- Объединенный ученый совет СО РАН по математике и информатике – чл.-к. РАН А.А. Толстоногов.
- Президиум Иркутского филиала СО РАН – ак. И.В. Бычков, чл.-к. РАН А.А. Толстоногов.
- Совет профессоров РАН, работающих на территории СО РАН – д.ф.-м.н. Казаков А.Л.
- Объединенный ученый совет СО РАН (ОУС СО РАН) по машиностроению, механике, энергетике и процессам управления – к.т.н. Н.Н. Максимкин.

Членство в национальных и международных научных организациях

- Бюро Российского Национального Комитета по Автоматическому Управлению – д.ф.-м.н. Лакеев А.В.
- Научный совет Российского научного общества анализа риска, председатель Иркутского отделения научного общества анализа риска – д.т.н. Берман А.Ф.
- Почётный профессор Национального университета Монголии Society – д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский.
- Программный комитет международной олимпиады Non-stop University Crypto (NSUCRYPTO) – к.т.н. Заикин О.С.
- Российская ассоциация искусственного интеллекта – к.т.н. Столбов А.Б.
- Российское научное общество анализа риска (РНОАР) – д.т.н. Берман А.Ф., д.т.н. Николайчук О.А., к.т.н. Павлов А.И., к.т.н. Юрин А.Ю., Малтугуева Г.С.
- Российский национальный комитет по автоматическому управлению – д.ф.-м.н. Финогенко И.А.
- Mathematical Optimization Society (MOS) – д.ф.-м.н. Стрекаловский А.С.
- Mongolian Mathematical Society – д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский.
- The International Physics and Control Society (IPACS) – д.ф.-м.н. Иртегов В.Д.
- Association for Computing Machinery (ACM) – к.т.н. Заикин О.С., Кочемазов С.Е.
- Межакадемический совет по проблемам развития Союзного государства – ак. И.В. Бычков.
- Научно-техническая сфера РИНКАЦе РФ – д.т.н. Берман А.Ф.



Членство в редколлегиях научных изданий

- Автометрия – ак. И.В. Бычков.
- Актуальные проблемы прикладной дискретной математики – д.т.н. Опарин Г.А.
- Вестник Бурятского государственного университета, серия «Математика, информатика» – д.ф.-м.н. Лакеев А.В.
- Вестник компьютерных и информационных технологий – ак. И.В. Бычков.
- Вестник НГУ. Информационные технологии – ак. И.В. Бычков.
- Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления – д.ф.-м.н. Стрекаловский А.С.
- Вестник Уральского государственного университета путей сообщения – д.ф.-м.н. Казаков А.Л.
- Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии – д.т.н. Опарин Г.А.
- Вычислительные технологии – ак. И.В. Бычков.
- Известия Байкальского государственного университета – ак. И.В. Бычков.
- Известия Иркутского государственного университета. Серия «Математика» – ак. И.В. Бычков, д.ф.-м.н. В.А. Дыхта, д.ф.-м.н. А.Л. Казаков, чл.-к. РАН А.А. Толстоногов (гл. редактор).
- Информационные технологии – ак. И.В. Бычков.
- Информационные и математические технологии в науке и управлении – д.т.н. А.Ю. Горнов, д.ф.-м.н. А.Л. Казаков.
- Искусственный интеллект и принятие решений – ак. И.В. Бычков.
- Подводные исследования и робототехника – ак. И.В. Бычков.
- Программные системы: теория и приложения – ак. И.В. Бычков.
- Системы управления, связи и безопасности – д.т.н. Феокистов А.Г.
- Современные технологии. Системный анализ. Моделирование – ак. И.В. Бычков.
- Управление большими системами – ак. И.В. Бычков, д.ф.-м.н. А.В. Лакеев.
- Экология и защита окружающей среды (КНР) – д.т.н. Берман А.Ф.
- Discussiones Mathematicae, ser. Differential Inclusions, Control and Optimization – чл.-к. РАН А.А. Толстоногов
- Chinese Journal of Artificial Intelligence – ак. И.В. Бычков.
- Industry 4.0 – ак. И.В. Бычков.
- Journal of Optimization Theory and Applications – д.ф.-м.н. Стрекаловский А.С.
- System Analysis and Mathematical Modeling – д.ф.-м.н. Казаков А.Л.

Членство в научно-технических советах и комиссиях органов власти

- Советник Губернатора Иркутской области – ак. И.В. Бычков.
- Координационный научный совет при Губернаторе Иркутской области – ак. И.В. Бычков (зам. председателя), д.ф.-м.н. А.Л. Казаков.



- Член регионального экспертного совета Иркутской области (ученый секретарь) – д.ф.-м.н. А.Л. Казаков.
- Координационный совет по развитию цифровой экономики при Губернаторе Иркутской области – ак. И.В. Бычков.
- Экспортный совет при Губернаторе Иркутской области – ак. И.В. Бычков.
- Рабочая группа для формирования предложений и замечаний в проект Федерального закона «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране озера Байкал» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» – ак. И.В. Бычков.
- Межведомственная рабочая группа по проблемным вопросам постановки на кадастровый учет границ населенных пунктов, расположенных в центральной экологической зоне Байкальской природной территории в Иркутской области – ак. И.В. Бычков.
- Межведомственная рабочая группа по вопросу доработки проекта постановления Правительства РФ «Об утверждении перечня видов деятельности, запрещенных в центральной экологической зоне Байкальской природной территории» – ак. И.В. Бычков.
- Межведомственная рабочая группа по организации работ по ликвидации накопленного вреда окружающей среде, образовавшегося в процессе деятельности ОАО «Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат» – ак. И.В. Бычков.
- Научно-консультационный совет при Байкальской межрегиональной природоохранной прокуратуре – ак. И.В. Бычков.
- Градостроительный совет при Губернаторе Иркутской области – ак. И.В. Бычков.
- Правление Торгово-промышленной палаты Восточной Сибири – ак. И.В. Бычков.
- Правление Иркутского регионального отделения Российского союза промышленников и предпринимателей – ак. И.В. Бычков.
- Комитет по вопросам искусственного интеллекта при Комиссии Российской Федерации по делам ЮНЕСКО – ак. И.В. Бычков.
- Комитет Всемирного Русского Народного Собора по научно-технологическому развитию – ак. И.В. Бычков.
- Научно-технический совет при Главном управлении МЧС по Иркутской области – ак. И.В. Бычков, д.т.н. А.Ф. Берман.
- Научно-технический совет при Комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности Правительства Иркутской области – д.т.н. Берман А.Ф.
- Научный совет Российского научного общества анализа риска – д.т.н. А.Ф. Берман.
- Российское научное общество анализа риска (РНОАР) – д.т.н. А.Ф. Берман, д.т.н. О.А. Николайчук, к.т.н. А.И. Павлов., к.т.н. А.Ю. Юрин, Г.С. Малтугуева.
- Иркутское отделение Российского научного общества анализа риска – д.т.н. А.Ф. Берман (председатель).
- Иркутское отделение Российской ассоциации искусственного интеллекта – д.т.н. О.А. Николайчук (председатель).
- Российская ассоциация искусственного интеллекта (РАИИ) – д.т.н. А.Ф. Берман, д.т.н. О.А. Николайчук, к.т.н. А.Ю. Юрин.



- Молодежная секция Координационного совета по науке при губернаторе Иркутской области – к.ф.-м.н. М.В. Старицын.
- Совет молодых учёных и специалистов (СМУС) при губернаторе Иркутской области – к.т.н. А.А. Михайлов, к.ф.-м.н. С.П. Сорокин.
- Научно-технический совет при Минобрнауки по вопросам проведения научных исследований по влиянию изменений уровня воды озера Байкал на состояние его уникальной экосистемы, рассмотрению результатов указанных научных исследований – ак. И.В. Бычков.
- Управляющий совет по комплексному развитию Байкальского муниципального образования при Губернаторе Иркутской области – ак. И.В. Бычков.
- Координационный совет по развитию профессиональных квалификаций и внедрению регионального стандарта кадрового обеспечения промышленного роста при Губернаторе Иркутской области – ак. И.В. Бычков.
- Правление Экологического фонда Иркутской области «Сохрани Байкал» – ак. И.В. Бычков.

Экспертная деятельность

Пятеро научных сотрудников ИДСТУ СО РАН являются экспертами РАН, четверо научных сотрудников – эксперты РНФ, один научный сотрудник – эксперт РИНКЦЭ.



МЕЖДУНАРОДНЫЕ НАУЧНЫЕ СВЯЗИ И СОВМЕСТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ С ЗАРУБЕЖНЫМИ НАУЧНЫМИ УЧРЕЖДЕНИЯМИ

1. Выезд в зарубежные командировки.

В 2024 году сотрудниками ИДСТУ СО РАН совершено 27 выездов в зарубежные командировки в Монголию, Китай, Турцию и Узбекистан для участия в работе международных конференций и семинаров, проведения совместных научных исследований и решения научно-организационных вопросов.

2. Сотрудничество с зарубежными научными центрами.

Проводились научные исследования по договорам между ИДСТУ СО РАН и представительством компании Huawei в России ООО «Техкомпания Хуавэй» (Huawei Technologies Co. Ltd) на выполнение научно-исследовательских работ:

1) «Решение задач управления энергетическими системами», руководитель проекта – главный научный сотрудник лаборатории 6.1 Невыпуклой оптимизации д.ф.-м.н. Сидоров Д.Н.;

2) «Методы декодирования МПП-кодов, основанные на задачах оптимизации», руководитель проекта – старший научный сотрудник лаборатории 6.1 Невыпуклой оптимизации к.ф.-м.н. Ушаков А.В.

Проводились исследования, поддержанные международным грантом Российского научного фонда (конкурс РНФ-MES совместно с Министерством образования и науки Монголии), проект № 24-41-03004 «Решение прикладных задач равновесно-иерархической и динамической структуры на основе теории и методов DC оптимизации», научный руководитель проекта – заведующий отделением 6, главный научный сотрудник лаб. 6.1 Невыпуклой оптимизации д.ф.-м.н. Стрекаловский А.С.

Ак. Бычковым И.В. выполнялись работы по грантовому соглашению с Яньтайским университетом (Китай) по созданию Китайско-Российского математического центра.

В настоящее время ИДСТУ СО РАН имеет 13 действующих соглашений и договоров о научном и образовательном сотрудничестве, в том числе с:

- Институтом национального развития при Администрации Президента Монголии и МАН (Монголия);
- Приштинским университетом в Косовской Митровице (Республика Сербия);
- Школой бизнеса Монгольского государственного университета (Монголия);
- Caton Global Technology Co Ltd (Китай);
- Институтом математики Вьетнамской академии наук и технологий (Вьетнам) и Институтом математики Национального университета Монголии (Монголия);
- K.N. Toosi University of Technology (Иран).
- Научно-исследовательским и инновационным центром Университета Седжонг (Республика Корея);
- Xiamen Kuaishangtong Technologies Co., Ltd (Китай);



- Объединенным институтом проблем информатики НАН Беларуси (Республика Беларусь);
- Институтом математики и цифровых технологий Академии наук Монголии (Монголия);
- Институтом астрономии и геофизики Академии наук Монголии (Монголия);
- Институтом географических наук и исследований природных ресурсов Академии наук Китая (Китай);
- Шаньдунским институтом искусственного интеллекта (Китай).

3. Приём иностранных учёных.

№ п/п	ФИО	Страна	Место работы, должность	Дата визита	Цель визита
1.	Шугуан Ли (Shuguang Li)	Китай	Даляньский морской университет, профессор	23-29 июня 2024 г.	Участие в работе VIII Международной школы-семинара «Нелинейный анализ и экстремальные задачи» (НЛА-2024)
2.	Ма Синь (Ma Xin)	Китай	Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, аспирант	23-28 июня 2024 г.	
3.	Дун Вэнцян (Dong Wenqiang)	Китай	Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, аспирант	23-28 июня 2024 г.	
4.	Лунцзе Лу (Longjie Lyu)	Китай	Даляньский морской университет, аспирант	23-29 июня 2024 г.	
5.	Бу Хоанг Линь (Vu Hoang Linh)	Вьетнам	Ханойский университет, профессор	21-27 июня 2024 г.	
6.	Зенхай Лиу (Zhenhai Liu)	Китай	Guangxi Minzu University, профессор	23-30 июня 2024 г.	
7.	Мингнаров Санжар (Mingnarov Sanjar)	Узбекистан	Новосибирский государственный университет, инженер-исследователь	23-28 июня 2024 г.	
8.	Нурмахматов Вахоббиддин (Nurmakhmatov Vakhobbiddin)	Узбекистан	Новосибирский государственный университет, младший научный сотрудник	23-28 июня 2024 г.	



Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2024 г.

9.	Баротов Бахтовар (Barotov Bakhtovar)	Таджикиста н	Новосибирский государ- ственный университет, преподаватель	23-28 июня 2024 г.	
10.	Стоянов Желько (Stojanov Zeljko)	Республика Сербия	Нови-Садский университет, технический факультет «Михайло Пупин», профессор	29 июня – 8 июля 2024 г.	Участие в работе VI Междунар. семинара по
11.	Вонг Иньцzie (Wang Yingjie)	Китай	Яньтайский университет, профессор	29 июня – 3 июля 2024 г.	информацион ным, вычисли- тельным и управляющи м системам для распределенн ых сред (ICCS-DE 2024)
12.	Щербаков Сергей Сергеевич	Республика Беларусь	Национальная академия наук Республики Беларусь, академик- секретарь Отделения физико-технических наук	29 августа 2024 г.	Ознакомлени е с научным потенциалом ИДСТУ СО РАН в рамках визита в Сибирское отделение РАН и Иркутский филиал СО РАН
13.	Шумилин Александр Геннадьевич	Республика Беларусь	Национальная академия наук Республики Беларусь, академик- секретарь Отделения физики, математики и информатики		
14.	Труханов Алексей Валентинович	Республика Беларусь	Национальная академия наук Республики Беларусь, академик- секретарь Отделения химии и наук о Земле		



4. Проведение международных конференций.

1. VIII Международная школа-семинар «Нелинейный анализ и экстремальные задачи» (VIII International School-seminar «Nonlinear Analysis and Extremal Problems», NLA-2024). 24-28 июня 2024 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН (смешанный формат).

2. VI Международный семинар по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (VI International Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments, ICCS-DE 2024), 1-5 июля 2024 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН (смешанный формат).

3. 40-я Международная конференция «Ляпуновские чтения», 2-6 декабря 2024 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН (смешанный формат).

5. Членство в международных академиях, работа в международных организациях, полученные награды международных научных организаций.

Членство в международных научных организациях:

- Mathematical Optimization Society (MOS) – д.ф.-м.н. Стрекаловский А.С.
- Mongolian Mathematical Society – д.ф.-м.н. Стрекаловский А.С.
- The International Physics and Control Society (IPACS) – д.ф.-м.н. Иртегов В.Д.
- International Society of Difference Equations (ISDE) – к.ф.-м.н. Свинин А.К.
- Association for Computing Machinery (ACM) – к.т.н. Заикин О.С., Кочемазов С.Е.

Д.ф.-м.н. Стрекаловский А.С. – почётный профессор Национального университета Монголии.

Д.т.н. Берман А.Ф. – приглашённый профессор Китайского университета геологических наук (факультет промышленной безопасности и защиты окружающей среды).

Членство в редколлегиях международных научных изданий:

- Discussiones Mathematicae, Differential Inclusions, Control and Optimization – чл.-к. РАН Толстоногов А.А.
- Journal of Nonlinear Analysis and Differential Equations – чл.-к. РАН Толстоногов А.А.
- Safety and Environmental Engineering – д.т.н. Берман А.Ф.
- Journal of Optimization Theory and Applications (Springer) – д.ф.-м.н. Стрекаловский А.С.
- Communications in Optimization Theory (Mathematical Research Press, London, UK) – д.ф.-м.н. Стрекаловский А.С.
- Numerical Algebra, Control and Optimization, USA – д.т.н. Горнов А.Ю.
- Industry 4.0 – ак. РАН Бычков И.В.
- Chinese Journal of Artificial Intelligence – ак. РАН Бычков И.В.



ПЕРЕЧЕНЬ ПУБЛИКАЦИЙ И ПОЛУЧЕННЫХ ПАТЕНТОВ

Монографии и главы в монографиях

1. Берман А.Ф., Николайчук О.А., Павлов А.И., Юрин А.Ю. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Тематический блок «Региональные проблемы безопасности». Раздел II. Территориальные риски регионов Сибири. Кузбасс. Енисейская Сибирь. Байкал: моногр. 2024. 624 С.
2. Костюшкина Г.М., Свердлова Н.А., Барбина Н.С., Ефимова Н.Н., Мустафин А.А., Черкашин Е.А., Зырянова И.Н., Падерина Т.С., Фан Ч., Будаева Д.А. Лингвосомиотические основания изучения научного дискурса коллективная монография: часть книги. 2024.
3. Фереферов Е.С., Ружников Г.М., Юрин А.Ю., Павлов А.И., Николайчук О.А., Бычков И.В., Берман А.Ф. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Тематический блок «Региональные проблемы безопасности» Раздел I. Мониторинг, риски и безопасность Сибирского федерального округа: моногр. Москва. 2024. 644 С.

Статьи в российских журналах

4. Антонов К.В., Семёнов А.А., Отпущенников И.В., Павленко А.Л. Алгебраические атаки на некоторые низкоресурсные шифры на основе функций с малым числом выходных бит // Прикладная дискретная математика. Приложение. 2024. № 17. С. 57-63. DOI: 10.17223/2226308X/17/14.
5. Берман А.Ф. Некоторые понятия и связь знаний в науке о прочностной надежности и безопасности // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2024. № 3. С. 9-20. DOI: 10.36535/0869-4176-2024-03-2.
6. Бычков И.В., Хмельнов А.Е., Фёдоров Р.К., Фереферов Е.С., Гаченко А.С. Исследования ИДСТУ СО РАН в области геоинформатики: прошлое, настоящее, будущее // География и природные ресурсы. 2024. № 4. С. 49-60. DOI: 10.15372/GIPR20240405.
7. Бычков И.В., Тасейко О.В., Постникова У.С., Москвичев В.В., Шокин Ю.И. Управление территориальными рисками развития и защищённость социально-природно-техногенных систем // Вестник Российской академии наук. 2024. Т. 94, № 11. С. 989-1002. DOI: 10.31857/S0869587324110039.
8. Бычков И.В., Никитин В.М. Регулирование уровня озера Байкал: результаты исследований // География и природные ресурсы. 2024. Т. 45, № 3. С. 17-25. DOI: 10.15372/GIPR20240302.
9. Бычков И.В., Давыдов А.В., Кензин М.Ю., Нагул Н.В. Иерархическое планирование действий разнородной группы автономных мобильных роботов // Проблемы искусственного интеллекта. 2024. Т. 2(33). С. 4-20.
10. Бычков И.В., Чубаров Л.Б. Об издательской деятельности академика Юрия Ивановича Шокина // Вычислительные технологии. 2024. Т. 29, № 6. С. 10-15.
11. Воскобойников М.Л. Диспетчер научных рабочих процессов: методы и средства визуализации данных // Современные наукоемкие технологии. 2024. № 1. С. 16-21. DOI: 10.17513/snt.39902.



12. Воскобойников М.Л., Феоктистов А.Г. Сравнительный анализ систем управления научными рабочими процессами // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2024. № 3 (35). С. 102-111. DOI: 10.25729/ESI.2024.35.3.009.
13. Ву Х.З., Жарков М.Л., Казаков А.Л. Моделирование работы транспортно-пересадочного узла в Ханое с использованием сети массового обслуживания // Развитие территориальных социально-экономических систем: вопросы теории и практики: сборник научных статей. 2024. С. 112–115.
14. Давыдов А.В., Ларионов А.А., Нагул Н.В. О применении исчисления позитивно-образованных формул для исследования управляемых дискретно-событийных систем // Моделирование и анализ информационных систем. 2024. Т. 31, № 1. С. 54-77. DOI: 10.18255/1818-1015-2024-1-54-77.
15. Данеев Р.А., Русанов В.А. К апостериорному моделированию спектра эллиптического оператора нормально-гиперболической системы // Известия Самарского научного центра РАН. 2024. Т. 26, №3 (119). С. 122-129. DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-3-122-129.
16. Дородных Н.О., Юрин А.Ю. Разработка предметных графов знаний на основе семантического аннотирования табличных данных // Онтология проектирования. 2024. Т. 14, № 4(54). С. 555-568. DOI: 10.18287/2223-9537-2024-14-4-555-568.
17. Дородных Н.О., Юрин А.Ю. Использование диаграмм переходов состояний для автоматизированного создания баз знаний // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2024. Т. 2, № 34. С. 69-81. DOI: 10.25729/ESI.2024.34.2.007.
18. Дородных Н.О., Юрин А.Ю. Автоматизированное извлечение фактов из табличных данных на основе семантического аннотирования таблиц // Труды ИСП РАН. 2024. Т. 36, №3. С. 93-104. DOI: 10.15514/ISPRAS-2024-36(3)-7.
19. Дрегла Сидоров Л.Д., Сидоров Н.А. Задача Коши с параметром, возмущенная линейным функционалом // Итоги науки и техники. Современная математика и ее приложения. Тематические обзоры. 2024. Т. 237. С. 10-17. DOI: 10.36535/2782-4438-2024-237-10-17.
20. Дыхта В.А. Опорные мажоранты и позиционные принципы минимума для дискретных задач оптимального управления // Итоги науки и техники. Современная математика и ее приложения. Тематические обзоры. 2024. Т. 234. С. 43-49. DOI: 10.36535/2782-4438-2024-234-43-49.
21. Еделев А.В., Карамов Д.Н., Башарина О.Ю., Огородников В.А., Каргаполова Н.А., Акентьева М.С. Интеграция стохастических «Генераторов погоды» в структурно-параметрическую оптимизацию микросетей // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2024. № 4 (36). С. 85-97. DOI: 10.25729/ESI.2024.36.4.009.
22. Еделев А.В., Карамов Д.Н., Башарина О.Ю. Анализ уязвимости автономных микросетей // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2024. — №1 (33). С. 112-121. DOI: 10.25729/ESI.2024.33.1.010.
23. Загородников М.В., Михайлов А.А. Восстановление текстового слоя PDF документов со сложным фоном // Труды Института системного программирования РАН. 2024. Т. 36, №3. С. 189-202. DOI: 10.15514/ISPRAS-2024-36(3)-13.



24. Заикин О.С. Нахождение прообраза 44-шаговой функции сжатия md4 при ослабленном последнем шаге // Прикладная дискретная математика. Приложение. 2024. № 17. С. 90-93. DOI: 10.17223/2226308X/17/20.
25. Заикин О.С., Давыдов В.В., Кирьянова А.П. Применение алгоритмов решения проблемы булевой выполнимости для анализа финалистов конкурса SHA-3 // Вычислительные методы и программирование. 2024. Т. 25, № 3. С. 259-273. DOI: 10.26089/NumMet.v25r320.
26. Игнатьев И.Н., Башарина О.Ю. Методы и средства веб-поддержки научно-организационной деятельности // Современные наукоемкие технологии. 2024. № 11. С. 33-39. DOI: 10.17513/snt.40207.
27. Казаков А.Л. Решения с нулевым фронтом для квазилинейного параболического уравнения теплопроводности // Труды Института математики и механики УРО РАН. 2024. Т. 30, № 2. С. 86-102. DOI: 10.21538/0134-4889-2024-30-2-86-102.
28. Казаков А.Л., Спевак Л.Ф. Об одном классе точных решений многомерного нелинейного уравнения теплопроводности с нулевым фронтом // Итоги науки и техники. Современная математика и ее приложения. Тематические обзоры. 2024. Т. 234. С. 59-66. DOI: 10.36535/2782-4438-2024-234-59-66.
29. Казаков А.Л., Спевак Л.Ф. Задача об инициировании диффузионной волны для нелинейной параболической системы в случаях сферической и цилиндрической симметрии // Прикладная механика и техническая физика. 2024. Т. 65, № 4. С. 97-108. DOI: 10.15372/PMTF202315414.
30. Казаков А.Л., Лемперт А.А., Нгуен Д.М. О покрытии поверхности цилиндра и конуса равными шарами // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Математика». 2024. Т. 48. С. 34-48. DOI: 10.26516/1997-7670.2024.48.34.
31. Казаков А.Л., Нефедова О.А., Спевак Л.Ф. Решение двумерного нелинейного параболического уравнения теплопроводности при краевом режиме, заданном на подвижном многообразии // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2024. Т. 64, № 2. С. 283-303. DOI: 10.31857/S0044466924020081.
32. Казаков А.Л., Спевак Л.Ф. Аналитические и численные решения задачи об инициировании диффузионной волны для квазилинейной параболической системы // Прикладная механика и техническая физика. 2024. DOI: 10.15372/PMTF202415542.
33. Карамзин Д.Ю. Некоторые оценки для скачка производной функции-множителя лагранжа в задачах оптимального управления с фазовыми ограничениями второго порядка // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Математика». 2024. Т. 49. С. 3-15. DOI: 10.26516/1997-7670.2024.49.3.
34. Косов А.А. Об устойчивости относительно части переменных в некоторых критических случаях // Журнал Средневолжского математического общества. 2024. Т. 26, № 4. С. 376-391. DOI: 10.15507/2079-6900.26.202404.376-391.
35. Косов А.А., Семенов Э.И. О многомерных точных решениях уравнения нелинейной диффузии типа пантографа с переменным запаздыванием // Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки. 2024. Т. 34, № 3. С. 359-374. DOI: 10.35634/vm240304.



36. Косов А.А., Семенов Э.И. О точных решениях многомерного обобщенного уравнения Монжа-Ампера // Дифференциальные уравнения. 2024. Т. 60, № 10. С. 1334-1349. DOI: 10.31857/S0374064124100046.
37. Лакеев А.В., Линке Ю.Э., Русанов В.А. К геометрической теории реализации нелинейных управляемых динамических процессов в классе билинейных моделей второго порядка // Дальневосточный математический журнал. 2024. Т. 24, № 2. С. 200-219. DOI: 10.47910/FEMJ202419.
38. Лемперт А.А., Жарков М.Л., Казаков А.Л., Ву Х.З. Моделирование морского контейнерного терминала с использованием сети массового обслуживания // Управление большими системами. 2024. № 112. С. 310-337.
39. Лемперт А.А., Лебедев П.Д., Нгуен Д.М. О задаче покрытия сферических фигур равными сферическими сегментами // Труды Института математики и механики УРО РАН. 2024. Т. 30, № 1. С. 142-155. DOI: 10.21538/0134-4889-2024-30-1-142-155.
40. Марков Ю.А., Маркова М.А., Марков Н.Ю. Гамильтонов формализм для жестких и мягких возбуждений в плазме с неабелевым взаимодействием // Итоги науки и техники. Современная математика и ее приложения. Тематические обзоры. 2024. Т. 234. С. 143-158. DOI: 10.36535/2782-4438-2024-234-143-158.
41. Марков Ю.А., Маркова М.А., Марков Н.Ю. О точном решении уравнений эволюции для двух взаимодействующих узких волновых пакетов, распространяющихся в неабелевой плазме // Итоги науки и техники. Современная математика и ее приложения. Тематические обзоры. 2024. Т. 234. С. 159-169 DOI: 10.36535/2782-4438-2024-234-159-169.
42. Новиков М.А. О стационарных движениях механической системы с частным интегралом Стеклова // Вестник Бурятского Государственного университета. Математика, информатика. 2024. № 3. С. 19-30. DOI: 10.18101/2304-5728-2024-3-19-30.
43. Опарин Г.А., Богданова В.Г., Пашинин А.А. Инструментальные средства автоматизации разработки и применения пакета прикладных микросервисов // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2024. Т. 2, № 34. С. 155-168. DOI: 10.25729/ESI.2024.34.2.015.
44. Орлов А.В. Треугольники конфликтов и гексаматричные игры // Математическая теория игр и ее приложения. 2024. Т. 16, № 4. С. 69-94.
45. Погодаев Н.И., Старицын М.В. Точные формулы приращения функционала и необходимые условия оптимальности, альтернативные принципу Понтрягина // Математический сборник. 2024. Т. 215, № 6. С. 77-110. DOI: 10.4213/sm9967.
46. Солодуша С.В., Коконова Ю.И. Задача идентификации входного сигнала динамических систем, моделируемых полиномами Вольтерра // Итоги науки и техники. Современная математика и ее приложения. Тематические обзоры. 2024. Т. 234. С. 83-90. DOI: 10.36535/2782-4438-2024-234-83-90.
47. Стрекаловский А.С., Баркова М.В. О решении систем квадратичных уравнений // Труды Института математики и механики УРО РАН. 2024. Т. 30, № 2. С. 173-187. DOI: 10.21538/0134-4889-2024-30-2-173-187.
48. Толстоногов А.А. Эволюционные включения с зависящими от состояния максимально монотонными операторами // Труды института математики и механики УРО РАН. 2024. Т. 30, № 3. С. 241-254. DOI: 10.21538/0134-4889-2024-30-3-241-254.



49. Феоктистов А.Г., Воскобойников М.Л., Черных А.Н. Разработка и применение сервис-ориентированных научных приложений в инструментальном комплексе FDE-SWFS // Труды Института системного программирования РАН. 2024. Т. 36. С. 195-214. DOI: 10.15514/ISPRAS-2024-36(6)-11.
50. Хмельнов А.Е., Гаченко А.С., Абасов Н.В., Осипчук Е.Н. Методы и алгоритмы создания моделей рельефа и гидрологического моделирования для оценки влияния колебаний уровня воды на прибрежные объекты и территории // Вычислительные технологии. 2024. Т. 29, № 3. С. 25-37. DOI: 10.25743/ICT.2024.29.3.003.
51. Чэнь Ц., Ван Л., Дрегля А., Чистякова Е.В., Юй Ч. Оценка эквивалентных параметров ветроэлектростанций с асинхронными генераторами во время порывов ветра: подход на основе анализа данных // iPolytech Journal. 2024. Т. 28, № 4. С. 597-611.
52. Шигаров А.О. Распознавание таблиц неаннотированных PDF-документов на основе использования PDF-специфичных свойств // Вычислительные технологии. 2024. Т. 29, № 6. С. 125-146. DOI: 10.25743/ICT.2024.29.6.008.
53. Щеглова А.А. Устойчивость по линейному приближению нелинейных вырожденных систем с дискретным временем // Сибирский математический журнал. 2024. Т. 65, № 2 (384). С. 408-428. DOI: 10.33048/smzh.2024.65.213.
54. Юрин А.Ю., Дородных Н.О. Программная реализация алгоритмов для создания прототипов баз знаний на основе визуального моделирования и трансформаций // Программные продукты и системы. 2024. № 3. С. 324-333. DOI: 10.15827/0236-235X.147.324-333.

Статьи в зарубежных и переводных журналах

55. Antonov K.V., Semenov A.A., Otpushchennikov I.V., Pavlenko A.L. Constructing algebraic attacks on lightweight symmetric ciphers using functions with small number of output bits // Prikladnaya Diskretnaya Matematika. 2024. № 17. P. 57-63. DOI: 10.17223/2226308X/17/14.
56. Balandin A. Inverse scattering problem for the tensor fields in a coordinate-free representation // Intern. J. of Applied and Computational Mathematics. 2024. Vol. 10, № 162. P. 1-13. DOI: 10.1007/s40819-024-01781-x.
57. Balandin A. Inverse scattering problem for the tensor fields in a coordinate-free representation // J. of Computational and Applied Mathematics. 2024. Vol. 441. P. 115697. DOI: 10.1016/j.cam.2023.115697.
58. Balandin A.L. Inversion Formulas by the Use of Bessel Beams of Integer and Fractional Orders // Intern. J. of Applied and Computational Mathematics. 2024. Vol. 10. P. 162. DOI: 10.1007/s40819-024-01781-x. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40819-024-01781-x>.
59. Balandin A.L. Erratum to Fourier diffraction theorem for the tensor fields // Applications of Mathematics. 2024. Vol. 69, № 2. P. 287. DOI: 10.21136/AM.2024.0056-24. URL: <https://link.springer.com/article/10.21136/AM.2024.0056-24>.
60. Balandin A.L., Kaneko A. The Weyl expansion for the scalar and vector spherical wave functions // Mathematical Methods in the Applied Sciences. 2024. DOI: 10.1002/mma.10180.



61. Balandin A.L., Kaneko A. Inverse scattering problem by the use of vortex Bessel beams // *Zeitschrift fur Angewandte Mathematik und Physik*. 2024. Vol. 75, № 1. DOI: 10.1007/s00033-023-02164-w.
62. Bulatov M., Indutskaya T., Solovarova L. On an algorithm for the numerical solution of quasilinear integral-algebraic equations // *Applied Numerical Mathematics*. 2024. Vol. 208. P. 348-355. DOI: 10.1016/j.apnum.2024.10.008. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168927424002745?via%3Dihub>.
63. Bulatov M., Solovarova L. Solvability of Quasilinear Integral–Algebraic Equations // *Journal of Mathematical Sciences*. 2024. № 279. P. 756-762. DOI: 10.1007/s10958-024-07057-5.
64. Bulatov M.V., Botoroeva M.N. Integral-algebraic equations with variable limits of integration. The case when the lower limit is at // *Applied Numerical Mathematics*. 2024. Vol. 203. P. 225-234. DOI: 10.1016/j.apnum.2024.05.005. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168927424001107>.
65. Bychkov I.V., Fedorov R.K. Technology for developing web services for publishing spatial data // *Geography and natural resources*. 2024. Vol. 45, №S1. P. S30-S34. DOI: 10.1134/S1875372824700458. URL: <https://link.springer.com/article/10.1134/S1875372824700458>.
66. Bychkov I.V., Taseiko O.V., Postnikova U.S., Moskvichev V.V., Shokin YU.I. Management of territorial risks of development and security of social-natural-technogenic systems // *Vestnik Rossijskoj Akademii Nauk*. 2024. Vol. 94, №11. P. 989-1002. DOI: 10.31857/S0869587324110039.
67. Bychkov I.V., Chubarov L.B. On publishing activities of academician Yurii Ivanovich Shokin // *Computational Technologies*. 2024. Vol. 29, № 6. P. 10-15.
68. Bychkov I.V., Hmelnov A.E., Fedorov R.K., Fereferov E.S., Gachenko A.S. Research by the Matrosov institute for system dynamics SB RAS in the field of geoinformatics: past, present, and future // *Geography and Natural Resources*. 2024. Vol. 45, № 4. P. 374-383. DOI: 10.1134/S1875372824700690. URL: https://link.springer.com/article/10.1134/S1875372824700690?utm_source=rct_congratemail&utm_medium=email&utm_campaign=nonoa_20250309&utm_content=10.1134/S1875372824700690.
69. Bychkov I.V., Nikitin V.M. Regulating the Level of Lake Baikal: Research Results // *Geography and Natural Resources*. 2024. Vol. 45. P. 221-228. DOI: 10.1134/S187537282470029X. URL: <https://link.springer.com/article/10.1134/S187537282470029X>.
70. Chen J., Wang L., Dreglea A., Chistyakova E.V., Yu CH. An approach to estimate the equivalent parameters of a wind farm with dfigs during wind gusts based on data-driven analysis // *iPolytech Journal*. 2024. Vol. 28, № 4. P. 597-611. DOI: 10.21285/1814-3520-2024-4-597-611.
71. Daneev R.A., Rusanov V.A. To aposterior modeling of the spectrum of an elliptical operator of a normal-hyperbolic system // *Izvestia of samara scientific center of the Russian academy of sciences*. 2024. Vol. 26, № 3 (119). P. 122-129. DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-3-122-129.
72. Davydov A., Larionov A., Nagul N. Analysis and Control of Partially Observed Discrete-Event Systems via Positively Constructed Formulas // *Computation*. 2024. Vol. 12, № 5. P. 95. DOI: 10.3390/computation12050095. URL: <https://www.mdpi.com/2079-3197/12/5/95>.



73. Davydov A., Larionov A., Nagul N. On the Application of the Calculus of Positively Constructed Formulas for the Study of Controlled Discrete-Event Systems // *Automatic Control and Computer Sciences*. 2024. Vol. 58, № 7. P. 1042-1062. DOI: 10.3103/S0146411624700445.
74. Dorodnykh N.O., Yurin A.Y. Development of domain knowledge graph based on semantic annotation of tabular data // *Ontology of Designing*. 2024. Vol. 14, №4 (54). P. 555-568. DOI: 10.18287/2223-9537-2024-14-4-555-568.
75. Dorodnykh N.O., Yurin A.Y. Using state transition diagrams for automated creation of knowledge bases // *Information and mathematical technologies in science and management*. 2024. № 2 (34). P. 69-81. DOI: 10.25729/ESI.2024.34.2.007.
76. Dorodnykh N.O., Nikolaychuk O.A., Stolbov A.B., Yurin A.Y. Creating Virtual Assistants Based on Model Transformations // *Pattern Recognition and Image Analysis*. 2024. Vol. 34, № 3. P. 692-701. DOI: 10.1134/S1054661824700548.
77. Dorodnykh N.O., Yurin A.Y. Using State Transition Diagrams for Automated Knowledge Base Construction // *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2024. Vol. 1209. P. 21-32. DOI: 10.1007/978-3-031-77688-5_3.
78. Dorodnykh N.O., Yurin A.Yu. Automated Extraction of Facts from Tabular Data based on Semantic Table Annotation // *Proc. of ISP RAS*. 2024. Vol. 36, № 3. P. 93-104. DOI: 10.15514/ISPRAS-2024-36(3)-7.
79. Dykhta V.A. Support majorants and feedback minimum principles for discrete optimal control problems // *Journal of Mathematical Sciences*. 2024.
80. Edeleva O., Edelev A., Voskoboinikov M., Feoktistov A. Scientific Workflow-Based Synthesis of Optimal Microgrid Configurations // *Energies*. 2024. Vol. 17, № 23. P. 6138. DOI: 10.3390/en17236138.
81. Edeleva O., Edelev A., Voskoboinikov M., Feoktistov A. Scientific Workflow-Based Synthesis of Microgrids // *Preprints*. 2024. P. 2024110275. DOI: 10.20944/preprints202411.0275.v1.
82. Efimova N.V., Paramonov V.V., Fedorov R.K., Rukavishnikov V.S. Using geoinformation services to make operational decisions to minimize health risks to populations in areas of wildfires // *Geography and natural resources*. 2024. Vol. 45, № S1. P. S132-S138. DOI: 10.1134/S1875372824700574. URL: <https://link.springer.com/article/10.1134/S1875372824700574>.
83. Efimova N.V., Bobkova E.V., Zarodnyuk T.S., Gornov A.Yu. Age trend in the mortality from diseases of the circulatory system during the pandemic under a decrease in air pollution // *Gigiena i Sanitariya*. 2024. Vol. 103, № 9. P. 925-931. DOI: 10.47470/0016-9900-2024-103-9-925-931.
84. Gninenko S.N., Kirpichnikov D.V., Kuleshov S., Lyubovitskij V.E., Zhevlakov A.S. Test of the vector portal with dark fermions in the charge-exchange reactions in the NA64 experiment at CERN SPS // *Physical Review D*. 2024. Vol. 109, № 7. P. 075021. DOI: 10.1103/PhysRevD.109.075021.
85. Guo Dong, Jiang Peng, Liu Jun, Cai Jianping, Bychkov I., Hmelnov A. Adaptive backstepping control for a class of uncertain systems with actuator delay and faults // *Transactions of the Institute of Measurement and Control*. 2024. Vol. 46, № 9. DOI: 10.1177/01423312231200054.
86. Hmelnov A.E., Gachenko A.S., Abasov N.V., Osipchuk E.N. Methods and algorithms for creating relief models of hydrological modelling for assessing the impact of water level fluctuations on



- coastal objects and territories // Journal of Computational Technologies. 2024. Vol. 29, № 3. P. 25-37. DOI: 10.25743/ICT.2024.29.3.003.
87. Kazakov A., Lempert A. Multidimensional Diffusion-Wave-Type Solutions to the Second-Order Evolutionary Equation // Mathematics. 2024. Vol. 12, № 2. P. 354. DOI: 10.3390/math12020354.
88. Kazakov A., Lempert A., Zharkov M. Modeling of a Coal Transshipment Complex Based on a Queuing Network // Applied Sciences. 2024. Vol. 14, № 16. DOI: 10.3390/app14166970.
89. Kazakov A., Vu G., Zharkov M. A Stochastic Model of a Passenger Transport Hub Operation Based on Queuing Networks // Information Technologies and Mathematical Modelling. Queueing Theory and Applications (ITMM 2023, WRQ 2023). 2024. Vol. 2163. P. 48-62. DOI: 10.1007/978-3-031-65385-8. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-65385-8_4.
90. Kazakov A.L. Solutions with a zero front to the quasilinear parabolic heat equation // Trudy Instituta Matematiki i Mekhaniki UrO RAN. 2024. Vol. 30, № 2. P. 86-102. DOI: 10.21538/0134-4889-2024-30-2-86-102.
91. Kazakov A.L., Spevak L.F. On one class of exact solutions of the multidimensional nonlinear heat equation with a zero front // Journal of Mathematical Sciences. 2024
92. Kazakov A.L., Lempert A.A., Nguyen D.M. On covering of cylindrical and conical surfaces with equal balls // The Bulletin of Irkutsk State University. Series: Mathematics. 2024. Vol. 48. P. 34-48. DOI: 10.26516/1997-7670.2024.48.34.
93. Kazakov A.L., Nefedova O.A., Spevak L.F. Solution to a Two-Dimensional Nonlinear Parabolic Heat Equation Subject to a Boundary Condition Specified on a Moving Manifold // Computational Mathematics and Mathematical Physics. 2024. Vol. 64, № 2. P. 266-284. DOI: 10.1134/S0965542524020052.
94. Kazakov A.L., Spevak L.F. Diffusion wave initiation problem for a nonlinear parabolic system in the cases of spherical and cylindrical symmetry // Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. 2024. Vol. 65, № 4. P. 677-687. DOI: 10.1134/S0021894424040102.
95. Kazakov A.L., Spevak L.F. Analytical and numerical solutions to the problem of a diffusion wave initiating for a quasilinear parabolic system // Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. 2024. DOI: 10.15372/PMTF202415542.
96. Khartikova A.; Shaikhislamov I., Kostromin R., Muratov V., Demakov A., Belov M., Teplov A. BigThrill: MPI-based Data Processing Engine // 2024 IEEE 31st International Conference on High Performance Computing, Data, and Analytics (HiPC). 2024. P. 45-56. DOI: 10.1109/HiPC62374.2024.00014.
97. Korytny L.M., Amosova I.YU., Bashalkhanova L.B., Gagarinova O.V., Ilyicheva E.A., Kichigina N.V., Maksyutova E.V., Pavlov M.V., Sorokovoi A.A. Hydroclimatic mapping in geographical atlases of the baikal region // Geography and natural resources. 2024. Vol. 45, № S1. P. S139-S146. DOI: 10.1134/S1875372824700586.
98. Kosov A.A., Semenov E.I. On Exact Solutions of the Multidimensional Generalized Monge-Ampere Equation // Differential Equations. 2024. Vol. 60, № 10. P. 1404-1418. DOI: 10.1134/S0012266124100057.
99. Kosov A.A., Semenov E.I. On multidimensional exact solutions of the nonlinear diffusion equation of the pantograph type with variable delay // Vestnik Udmurtskogo Universiteta:



- Matematika, Mekhanika, Komp'yuternye Nauki. 2024. Vol. 34, № 3. P. 359-374. DOI: 10.35634/vm240304.
100. Lakeyev A.V., Rusanov V.A., Banshchikov A.V., Daneev R.A. On finite character geometrical property of the differential realization of nonstationary hyperbolic systems // Advances in Differential Equations and Control Processes. 2024. Vol. 31, № 2. P. 187-205. DOI: 10.17654/0974324324010.
101. Lempert A.A., Lebedev P.D., Nguyen D.M. On the problem of covering spherical figures with equal spherical caps // Trudy Instituta Matematiki i Mekhaniki UrO RAN. 2024. Vol. 30, № 1. P. 142-155. DOI: 10.21538/0134-4889-2024-30-1-142-155.
102. Lyubovitskij V.E., Zhevlakov A.S., Anikin I.U.A. Transverse momentum dependence of the T-EVEN hadronic structure functions in the Drell-Yan process // Physical review D. 2024. Vol. 110, № 7 DOI: 10.1103/physrevd.110.074028.
103. Markov Yu.A., Markova M.A., Markov N.Yu. Hamiltonian formalism for Bose excitations in a plasma with a non-Abelian interaction II: plasmon – hard particle scattering and energy loss // e-print ArXiv of Cornell University Library: hep-th/ 2412.05581. 2024.
104. Markov Y.A., Markova M.A., Markov N.Y. On the exact solution of the evolution equations for two interacting narrow wave packets propagating in a non-abelian plasma // Journal of Mathematical Sciences. 2024. № 234. P. 159-169. DOI: 10.36535/2782-4438-2024-234-159-169.
105. Markov Y.A., Markova M.A., Markov N.Y. Hamiltonian formalism for Bose excitations in a plasma with a non-Abelian interaction I: Plasmon – hard particle scattering // Nuclear Physics A. 2024. Vol. 1048. P. 122903. DOI: 10.1016/j.nuclphysa.2024.122903.
106. Markov Yu.A., Markova M.A., Markov N.Yu. Hamiltonian formalism for hard and soft excitations in a plasma with a non-abelian interaction // Journal of Mathematical Sciences. 2024. Vol. 234. P. 143-158. DOI: 10.36535/2782-4438-2024-234-143-158.
107. Nikolaychuk O., Pestova J., Yurin A. Wildfire Susceptibility Mapping in Baikal Natural Territory Using Random Forest // Forests. 2024. № 15 DOI: 10.3390/f15010170.
108. Nikolaychuk O., Pestova Y., Kosogorov D., Pavlov A., Poddubnyy I. Case-Based Decision Support System in the Field of Tourism // Lecture Notes in Networks and Systems. 2024. Vol. 1209. P. 163-173. DOI: 10.1007/978-3-031-77688-5_16.
109. Oparin G., Bogdanova V., Pashinin A. Qualitative analysis of the dynamics of controlled singular logic networks // Mathematics in Engineering, Science and Aerospace. 2024. Vol. 15, № 1. P. 31-41.
110. Oparin G., Bogdanova V., Pashinin A. Dynamics of controlled asynchronous Boolean networks // Mathematics in Engineering, Science and Aerospace (MESA). 2024. Vol. 15, № 1.
111. Oparin G., Bogdanova V., Pashinin A. Technology of logical synthesis of periodic trajectory in a controlled Boolean network // Mathematics in Engineering, Science and Aerospace. 2024. Vol. 15, № 1. P. 57-69.
112. Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A. Automating tools for the development and application of an applied microservices package // Information and mathematical technologies in science and management. 2024. № 2 (34). P. 155-168. DOI: 10.25729/ESI.2024.34.2.015.
113. Orlov A.V. On a Global Search in Bilevel Optimization Problems with a Bimatrix Game at the Lower Level // Lecture Notes in Computer Science: Mathematical Optimization Theory and



- Operations Research. MOTOR 2024. 2024. Vol. 14766. P. 272-287. DOI: 10.1007/978-3-031-62792-7_19.
114. Pogodaev N.I., Staritsyn M.V. Exact formulae for the increment of the objective functional and necessary optimality conditions, alternative to Pontryagin's maximum principle // Sbornik: Mathematics. 2024. Vol. 215, № 6. P. 790-822. DOI: 10.4213/sm9967.
115. Ponten A., Sieber H., Oberhauser B.B., Crivelli P., Kirpichnikov D., Gninenko S.N., Hosgen M., Bueno L.M., Mongillo M., Zhevlakov A. Probing hidden leptonic scalar portals using the NA64 experiment at CERN // European Physical Journal C. 2024. Vol. 84, № 10. P. 1035. DOI: 10.1140/epjc/s10052-024-13421-1.
116. Radzhabov A.E., Shang X.L. Confining modeling of quark propagator // e-Print: arxiv 2407.21718. 2024. DOI: 10.48550/arXiv.2407.21718.
117. Savkova N.A., Radzhabov A.E. Analysis of $1/N_c$ Corrections in the Quark Model for the Pion Transition Form Factor // Physics of Particles and Nuclei Letters. 2024. Vol. 21. P. 564-566. DOI: 10.1134/S1547477124700596.
118. Shcheglova A.A. The Stability by Linear Approximation of Discrete-Time Nonlinear Singular Systems // Siberian Mathematical Journal. 2024. Vol. 65, № 2. P. 392-410. DOI: 10.1134/S0037446624020137.
119. Shigarov A.O. Table recognition in untagged PDF documents using PDF-specific features // Journal of Computational Technologies. 2024. Vol. 29, № 6. P. 125-146. DOI: 10.25743/ICT.2024.29.6.008.
120. Shikhovtsev M.Y., Molozhnikova Y.V., Obolkin V.A., Potemkin V.L., Lutskin E.S., Khodzher T.V. Features of Temporal Variability of the Concentrations of Gaseous Trace Pollutants in the Air of the Urban and Rural Areas in the Southern Baikal Region (East Siberia, Russia) // Applied Sciences. 2024. Vol. 14, № 18. P. 8327. DOI: 10.3390/app14188327.
121. Solodusha S.V., Kokonova Y.I. The problem of identifying the input signal of dynamic systems modeled by volterra polynomials // Journal of Mathematical Sciences. 2024.
122. Somov Ye. I., Oparin G.A., Somov S. Ye. Methods and software for automated research and design of spacecraft attitude and orbit control systems // Mathematics in Engineering, Science and Aerospace. 2024. Vol. 15, № 4. P. 1077-1093.
123. Sorokovikov P., Gornov A., Zarodnyuk T. Numerical investigation of the swarm intelligence algorithm obtained using ChatGPT for univariate global optimization // Communications in Computer and Information Science. 2024. Vol. 2239. P. 361-375. DOI: 10.1007/978-3-031-73365-9_25.
124. Strekalovsky A.S., Barkova M.V. On the solution of systems of quadratic equations // Trudy Instituta Matematiki i Mekhaniki UrO RAN. 2024. Vol. 30, № 2. P. 173-187. DOI: 10.21538/0134-4889-2024-30-2-173-187.
125. Svinin A. K. Somos-4 equation and related equations // Advances in Applied Mathematics. 2024. Vol. 153. P. 102609. DOI: org/10.1016/j.aam.2023.102609.
126. Timoshin S.A., Tolstonogov A.A. Density and co-density of the solution set of an evolution inclusion with maximal monotone operators // Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation. 2024. Vol. 132. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2024.107907>.



127. Tolstonogov A.A. BV Sweeping Process Involving Prox-Regular Sets and a Composed Perturbation // Set-Valued and Variational Analysis. 2024. Vol. 32. DOI: 10.1007/s11228-024-00705-7.
128. Tolstonogov A.A. Evolution inclusions with state-dependent maximal monotone operators // Trudy Instituta Matematiki i Mekhaniki UrO RAN. 2024. Vol. 30, № 3. P. 241-254. DOI: 10.21538/0134-4889-2024-30-3-241-254.
129. Tolstonogov A.A. Evolution Inclusions with State-Dependent Maximal Monotone Operators // Proceedings of the Steklov Institute of Mathematics. 2024. Vol. 327, № Suppl. P. S226-S238. DOI: 10.21538/0134-4889-2024-30-3-241-254.
130. Vasilyev I., Gruzdeva T., Barkova M., Boyarkin D., Iakubovskii D. On Active-Set Methods for Quadratic Problems with Positive Semidefinite Matrices // Communications in Computer and Information Science. 2024. Vol. 2239. P. 46-58. DOI: 10.1007/978-3-031-73365-9_3.
131. Vasilyev I., Ushakov A.V., Arkhipov D., Davydov I., Muftahov I., Lavrentyeva M. Fast Heuristics for a Staff Scheduling Problem with Time Interval Demand Coverage // Lecture Notes in Computer Science: Mathematical Optimization Theory and Operations Research. MOTOR 2024. 2024. Vol. 14766. P. 212-228. DOI: 10.1007/978-3-031-62792-7_15.
132. Voskoboinikov M., Feoktistov A., Tchernykh A. Framework for Development and Execution of Scientific WorkFlows: Designing Service-oriented Applications // Programming and computer software. 2024. Vol. 50, № 8. P. 900-913. DOI: 10.1134/S0361768824700828.
133. Voskoboinikov M.L., Feoktistov A.G. Comparative analysis of scientific workflow management systems // Information and mathematical technologies in science and management. 2024. № 3 (35). P. 102-111. DOI: 10.25729/ESI.2024.35.3.009.
134. Yurin A.Y., Dorodnykh N.O. Software implementation of algorithms for knowledge base prototyping with visual modelling and transformations // Journal "Software & Systems". 2024. Vol. 3. P. 324-333. DOI: 10.15827/0236-235X.147.324-333.
135. Zagorodnikov M.V., Mikhailov A.A. Recovering Text Layer from PDF Documents with Complex Background // Proceedings of the Institute for System Programming. 2024. Vol. 36, № 3. P. 189-202. DOI: 10.15514/ISPRAS-2024-36(3)-13.
136. Zaikin O. Inverting Step-Reduced SHA-1 and MD5 by Parameterized SAT Solvers // Leibniz International Proceedings in Informatics. 2024. Vol. 307. P. 31:1-31:19. DOI: 10.4230/LIPIcs.CP.2024.31.
137. Zaikin O.S. Preimage attack on 44-step md4 compression function with weakened last step // Prikladnaya Diskretnaya Matematika. 2024. № 17. P. 90-93. DOI: 10.17223/2226308X/17/20.
138. Zaikin O.S. Inverting Cryptographic Hash Functions via Cube-and-Conquer // Journal of Artificial Intelligence Research. 2024. Vol. 81. P. 359-399. DOI: 10.48550/arXiv.2212.02405.
139. Zaikin O.S., Davydov V.V., Kiryanova A.P. Sat-based analysis of sha-3 competition finalists // Numerical Methods and Programming. 2024. Vol. 25, № 3. P. 259-273. DOI: 10.26089/NumMet.v25r320.
140. Zhevlakov A.S., Kirpichnikov D.V., Lyubovitskij V.E. Lepton flavor violating dark photon // Physical Review D. 2024. Vol. 109. DOI: 10.1103/PhysRevD.109.015015.



Статьи в сборниках трудов конференций

141. Banshchikov A.V. Symbolic computation in the analysis of the dynamics of an orbital gyrostatt // Матер. VI междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. P. 30-36.
142. Ву Х.З., Жарков М.Л., Казаков А.Л., Лемперт А.А. О применении сетей массового обслуживания для моделирования работы морского контейнерного терминала // Матер. XXIII Междунар. конфю им. А.Ф. Терпугова "Информационные технологии и математическое моделирование" (ИТММ-2024). 2024. С. 147-152.
143. Bychkov I., Feoktistov A., Chekan M. Modeling Agent Behavior in Interacting Microgrids // Proc. of the 10th Intern. Conf. on Information Technology and Nanotechnology (ITNT 2024).. 2024. P. 1-5. DOI: 10.1109/ITNT60778.2024.10582380.
144. Bychkov I.V., Fereferov E.S., Fedorov R.K. Digital monitoring of the environmental situation of the baikal natural territory // Матер. VI междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. P. 8-13. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2024.25.
145. Cherkashin E. , Nagul N. , Wang Y. , Bychkov I. Hierarchical Control Development Environment: Requirements and Cases // Матер. VI междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024).. 2024. P. 37-44. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2024.05.
146. Ignatev I.N., Abdollahzadeh M. Framework for developing web portals to support scientific and organizational activities // Materials of IV International Student Scientific and Practical Conference "Current trends in multidisciplinary research". Irkutsk, 2024. 2024. С. 135-140.
147. Kochemazov S., Zaikin O. Towards Better SAT Encodings for Hash Function Inversion Problems // Proc. of 47th MIPRO ICT and Electronic Convention. 2024. P. 25-30. DOI: 10.1109/MIPRO60963.2024.10569193.
148. Kostromin R., Feoktistov A. Improving Supercomputing Node Management with Containerization // Суперкомпьютерные дни в России: Труды междунар. конф.. 2024. P. 204-206.
149. Kostromin R., Feoktistov A. Evolving the system for managing a computational cluster through containerization // Труды междунар. конф. Суперкомпьютерные дни в России 2024. 2024. P. 204–206.
150. Martynenko L.V., Novikov M.A. Establishing theoretical extreme values of a variation series presented by a normal distribution // E3S Web of Conferences. 2024. T. 531 DOI: 10.1051/e3sconf/202453103006.
151. Nikolaychuk O.A., Poddubniy I.A. Analysis of Reviews of Tourist Objects Based on Large Language Models // IEEE 3rd International Conference on Problems of Informatics, Electronics and Radio Engineering (PIERE). 2024. P. 1070-1074. DOI: 10.1109/PIERE62470.2024.10805064.
152. Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A. Dynamics of Bipartite Logical Networks // Proc. of the 47th MIPRO ICT and Electronics Convention. IEEE, 2024. 2024. — №13-18 DOI: 10.1109/MIPRO60963.2024.10569248.



153. Shigarov A.O., Paramonov V. V. Comparison of table type taxonomies // Матер. VI междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. Р. 65-72.
154. Solodusha S.V., Markova E., Kokonova Y. Volterra series models for nonlinear automatic control systems // Intern. russian automation conference (RUSAUTOCON). 2024. С. 24-28.
155. Tobola K.V., Dorodnykh N.O. Semantic Column Annotation for Russian Tables Using Multilingual BERT Language Model // Матер. VI Междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. Р. 189-192. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2024.26.
156. Tobola K.V., Dorodnykh N.O. Semantic Annotation of Russian-Language Tables Based on a Pre-Trained Language Model // Proc. of the 2024 Ivannikov Memorial Workshop (IVMEM). 2024. Р. 62-68. DOI: 10.1109/IVMEM63006.2024.10659709.
157. Yurin A.Yu., Dorodnykh N.O., Kotlov Yu.V., Kivokurtsev A.L. Visual Designing Knowledge Bases for Aircraft Diagnostics Using State Transition Diagrams // IEEE Ural-Siberian Conference on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBREIT). 2024. Р. 27-30. DOI: 10.1109/USBREIT61901.2024.10584057.
158. Авраменко Ю.В., Федоров Р.К. Методика вычисления площадей классов подстилающей поверхности по административному делению // Матер. X Междунар. науч. конф. «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли» г. Красноярск. 2024. С. 369-372.
159. Андрущенко В.С., Михайлов А.А. Сегментация изображений документов припомощи глубоких нейронных сетей // Матер. VI междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. С. 193-194.
160. Антипина Е.Д. Некоторый класс интегральных уравнений I рода в задаче идентификации ядер Вольтерра // Сборник статей по матер. XVIII Всерос. с междунар. участием научно-технической конф. молодых специалистов, аспирантов и студентов «Математическое и компьютерное моделирование естественно-научных и социальных проблем». 2024. С. 73-79.
161. Антипина Е.Д. Некоторый класс интегральных уравнений I рода в задаче идентификации ядер Вольтерра // Сб. статей по матер. XVIII Междунар. конф. "Математическое и компьютерное моделирование естественно-научных и социальных проблем" (МКМ-2024). 2024. С. 73-79.
162. Башарина О.Ю., Еделев А.В., Фер Т. Методика построения аналитической модели потребления природного газа // Матер. VI междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. С. 81-85.
163. Булатов М.В., Будникова О.С. Об одном классе блочных методов для численного решения интегро-алгебраических уравнений // Матер. семинара с междунар. участием им. А. С. Апарцина. Иркутск. 2024. С. 17-19.
164. Булатов М.В., Соловарова Л.С. Коллокационно-вариационный подход для дифференциально-алгебраических уравнений с сингулярными точками // Материалы семинара с международным участием им. А. С. Апарцина. 2024. С. 17-19.



165. Бычков И.В., Феоктистов А.Г., Чекан М.А. Моделирование поведения агентов взаимодействующих микросетей // Сб. тр. по матер. X Междунар. конф. и молодежной школы "Информационные технологии и нанотехнологии" (ИТНТ-2024). 2024. С. 41722.
166. Бычков И.В., Хмельнов А.Е., Фёдоров Р.К., Фереферов Е.С., Гаченко А.С. Исследования ИДСТУ СО РАН в области геоинформатики // XVII Научное совещание географов Сибири и Дальнего Востока. 2024. С. 16-19.
167. Бычков И.В., Давыдов А.В., Кензин М.Ю., Нагул Н.В., Толстихин А.А. Двухуровневый подход к управлению группами мобильных роботов // Сб. науч. трудов XIV Всерос. совещания по проблемам управления. 2024. С. 3141-3145.
168. Бычков И.В., Казаков А.Л., Лемперт А.А., Бухаров Д.С., Столбов А.Б. Об интеллектуальной технологии управления региональной транспортно-логистической инфраструктурой // Труды второй научно-технической конференции. Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте (исужт-2013). 2024. С. 7-9.
169. Бычков И.В., Феоктистов А.Г., Чекан М.А., Еделев А.В. Мультиагентная система моделирования взаимодействия микросетей // Матер. XIV Всерос. совещания по проблемам управления, посвященного 85-летию Института проблем управления имени В. А. Трапезникова РАН (ВСПУ-2024, Совещание). 2024. С. 2715–2719.
170. Воскобойников М.Л., Феоктистов А.Г. Система управления сервис-ориентированными научными приложениями // Матер. VI междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. С. 4–8. DOI: 10.47350/ICCS-DE-PE.2024.01.
171. Воскобойников М.Л., Феоктистов А.Г. Разработка и применение сервис-ориентированных рабочих процессов в гетерогенной вычислительной среде // Труды междунар. конф. Суперкомпьютерные дни в России 2024. 2024. С. 243–245.
172. Давыдов А.В., Ларионов А.А., Нагул Н.В. Применение позитивно-образованных формул для исследования частично-наблюдаемых ДСС // Сб. науч. труд. XIV Всерос. совещания по проблемам управления (ВСПУ-2024). 2024. С. 3348-3352.
173. Дородных Н.О., Юрин А.Ю. Система визуального моделирования знаний Knowledge Modeling System // Матер. VI междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. С. 97-102. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2024.13.
174. Дыхта В.А. Метод опорных мажорант в задачах оптимального управления с терминальными ограничениями // Матер. 6-й Междунар. конф. Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения (DYSC 2024). 2024. С. 106-110.
175. Еделев А., Данилов Г., Башарина О.Ю., Фереферов Е.С., Фер Т. Создание моделей систем энергетики на основе открытых данных для исследования их живучести // Матер. VI междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. С. 9–29. DOI: 10.47350/ICCS-DE-PE.2024.02.
176. Еделев А., Карамов Д., Binh D.V., Huong N.T.T. Синтез микросетей для энергоснабжения сельскохозяйственных ферм Вьетнама // Матер. VI междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. С. 111-117. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2024.15.



177. Еделев А.В., Данилов Г., Башарина О.Ю. Разработка модели системы газоснабжения на основе открытых данных для исследования живучести // Матер. VI междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. С. 103-110.
178. Еделева О., Еделев А. Структурно-параметрическая оптимизация энергоисточников в задачах развития систем теплоснабжения // Матер. VI междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. С. 118–125. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2024.16.
179. Казаков А.Л., Лемперт А.А., Нгуен Д.М. О построении покрытия эллипсоида равными шарами // Матер. 6-й Междунар. конф. Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения (DYSC 2024). 2024. С. 111-113.
180. Казаков А.Л., Спевак Л.Ф. Точные и приближенные решения нелинейной параболической системы "хищник–жертва" // Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения (DYSC 2024). 2024 DOI: 10.26516/978-5-9624-2309-8.2024.1-224.
181. Карамов Д.Н., Юмашев Е.А. Математическое моделирование солнечной радиации с учетом динамики в средних и нижних слоях атмосферы // Матер. VI междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. С. 126-134.
182. Копылов Д.Е., Михайлов А.А. Классификация блоков изображения на основе графового представления выделенных слов с использованием нейронных сетей // Матер. VI междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. С. 201-204.
183. Косов А.А. О гироскопической стабилизации нелинейных потенциальных систем // Сб. науч. труд. XIV Всерос. совещания по проблемам управления (ВСПУ-2024). 2024. С. 768-771.
184. Косов А.А. О гироскопической стабилизации равновесий одного класса нелинейных потенциальных систем // Сб. науч. трудов XIV Всерос.совещания по проблемам управления. 2024. С. 691-694.
185. Костромин Р.О. Подход к развертыванию программного обеспечения вычислительного кластера по облачной модели // Матер. VI междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. С. 135-140.
186. Кузнецов А.А., Михайлов А.А. Защита от атак с использованием омоглифов на модели NLP // Матер. VI междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. С. 210-212.
187. Лакеев А.В., Русанов В.А., Банщиков А.В., Линке Ю.Э. К геометрическому анализу обратных задач эволюционных уравнений второго порядка // Матер. XIV Всерос. совещания по проблемам управления, посвященного 85-летию Института проблем управления имени В. А. Трапезникова РАН (ВСПУ-2024). 2024. С. 991-995.
188. Марков Ю.А., Маркова М.А., Марков Н.Ю. Потери энергии быстрой цветной частицы в неабелевой плазме в рамках гамильтонова формализма // Матер. 6-й Междунар. конф.



- Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения (DYSC 2024). 2024. С. 55-59. DOI: 10.26516/978-5-9624-2309-8.2024.1-224.
189. Марков Ю.А., Маркова М.А., Марков Н.Ю. Классическая матрица рассеяния для жестких и мягких возбуждений в плазме с неабелевым взаимодействием // Матер. 6-й Междунар. конф. Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения (DYSC 2024). 2024. С. 50-54. DOI: 10.26516/978-5-9624-2309-8.2024.1-224.
190. Методы и средства реализации моделей алгоритмов анализа актинометрических показателей Карамов Д., Юмашев Е. // Матер. VI междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. С. 195-200. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2024.28.
191. Николайчук О.А., Павлов А.И. Сервис автоматизации создания интеллектуальных систем на платформе Яндекс.Облако // Матер. VI междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. С. 153-159. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2024.21.
192. Николайчук О.А., Пестова Ю.В., Косогоров Д.Е. Районирование территории на основе анализа данных из открытых источников // Матер. конф. «Туризм как ключевой фактор регионального развития». 2024. С. 253-260.
193. Парамонов В.В., Шигаров А.О. Обзор таксономий веб-таблиц // Матер. 6-й Междунар. конф. Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения (DYSC 2024). 2024. С. 180-183. DOI: 10.26516/978-5-9624-2309-8.2024.1-224.
194. Самсонюк О.Н. Импульсное управление процессом выметания // Матер. 6-й Междунар. конф. Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения (DYSC 2024). 2024. С. 141-143.
195. Самсонюк О.Н., Солодуша С.В., Солодуша П.Ю., Скурыгина М.А. Приложение теории оптимального транспорта к исследованию семантического сходства текстов // Матер. 6-й Междунар. конф. «Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения». 2024. С. 144-145.
196. Солодуша С.В., Булатов М.В. Модели на основе рядов Вольтерра для управления нелинейными системами // Сб. науч. труд. XIV Всерос. совещания по проблемам управления (ВСПУ-2024). 2024. С. 988-990.
197. Столбов А.Б. Разработка информационной системы о математических моделях окружающей среды, поддерживающих открытые стандарты моделирования // Матер. VI Междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. С. 34-38. DOI: 10.47350/ICCS-DE-PE.2024.04.
198. Феоктистов А.Г., Воскобойников М.Л., Еделев А.В. Методы и средства разработки и применения испытательного стенда сервис-ориентированных приложений // Матер. VI междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. С. 169-173. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2024.23.
199. Феоктистов А.Г., Воскобойников М.Л., Юмашев Е.А., Боднюк М.Е., Яковлев Д.С. Инструментальные средства построения цифровых двойников информационно-вычислительных систем // Матер. VI международного семинара по информационным,



- вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. С. 39-43. DOI: 10.47350/ICCS-DE-PE.2024.05.
200. Финогенко И.А. О функционально-дифференциальных уравнениях с разрывной правой частью // Сб. науч. трудов XIV Всерос. совещания по проблемам управления. 2024. С. 211-215.
201. Фёдоров Р.К. Метод композиции сервисов обработки пространственных данных // Матер. VI междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. С. 160-168. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2024.25.
202. Хмельнов А.Е., Гаченко А.С. Построение прибрежного рельефа для поддержки решения задач крупных региональных проектов // Матер. X Междунар. науч. конф. «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли» г. Красноярск. 2024. С. 151-154.
203. Чекан М.А. Среда программирования киберфизических систем в парадигме машин состояний // Матер. VI междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. С. 217-219.
204. Черкашин Е.А., Свердлова Н., Марьясова Е. Синтаксический анализатор русского языка на основе данных морфологии: функциональный подход // Матер. VI междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. С. 182-188. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2024.25.
205. Черкашин Е.А., Мазаева О.А. Распределенный программный комплекс распознавания береговой линии водохранилищ на основе предобученной нейронной сети // Матер. 8-ой междунар. школы-семинара «Нелинейный анализ и экстремальные задачи» (NLA-2024). 2024. С. 48-50.
206. Черкашин Е.А., Свердлова Н.А. Проблема динамического равновесия системы метаязыка в контексте описания научного дискурса // Освоение семантического пространства русского языка: Сб. науч. и науч.-метод. статей. Вып. IV. 2024. С. 191-196. DOI: 10.48612/govor/ekfz-enp2-hf7m.
207. Чистяков В.Ф., Чистякова Е.В. Свойства особых точек вырожденных интегро-дифференциальных уравнений // Неустойчивые задачи вычислительной математики: материалы семинара с международным участием им. А. С. Апарцина. 2024.
208. Юмашев Е.А. Разработка сервиса получения архивов климатических данных // Материалы VI международного семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. С. 44-47. DOI: 10.47350/ICCS-DE-PE.2024.06.
209. Яковлев Д., Воскобойников М.Л., Костромин Р.О. Средство мониторинга узлов системы управления сервис-ориентированными научными приложениями // Матер. VI междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2024). 2024. С. 220-222. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2024.34.



Тезисы докладов

210. Barkova M., Strekalovsky A. On Solving Nonconvex Optimization Problem with Quadratic Data // Сб. тез. XXIII Междунар. конф. «Теория математической оптимизации и исследование операций». 2024. P. 24-25.
211. Budnikova O.S., Bulatov M. On the construction of two-stage multistep methods for the numerical solution of integral algebraic equations // Proc. of the 8th Intern. School-Seminar Nonlinear analysis and extremal problems (NLA-2024). 2024. P. 39-40.
212. Bulatov M., Solovarova L. On the properties of the collocation-variational approach for solving differential algebraic equations // Proc. of the 8th Intern. School-Seminar Nonlinear analysis and extremal problems (NLA-2024). 2024. P. 40-41.
213. Bulatov M.V., Botoroeva M.N. On Integral-Algebraic Equations with Variable Limits of Integration // Abst. book ATSF 2024 conf., Approximation Theory and Special Functions. 2024. P. 117.
214. Bulatov M.V., Budnikova O.S. Two stage multistep methods for integral algebraic equations // Book of abstracts of The 9th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications, 27-29 August 2024, Istanbul, Türkiye. 2024
215. Cherkashin E., Mazaeva O. Distributed software system for reservoir shoreline recognition based on a pre-trained neural network // Proc. of the 8th Intern. School-Seminar Nonlinear analysis and extremal problems (NLA-2024). 2024. P. 48-50.
216. Chistyakov V., Chistyakova E.V. Singular points of the jacobi equation and their influence on the properties of the singular quadratic functional // Proc. of the 8th Intern. School-Seminar Nonlinear analysis and extremal problems (NLA-2024). 2024. P. 51.
217. Chistyakova E., Sidorov D., Domyshev A., Chistyakov V. Qualitative Properties and Stability Analysis of the Mathematical Model for a DC-DC Electric Circuit // Book of Abs. for of The 9th Intern. Conf. on Control and Optimization with Industrial Applications. 2024. C. 75.
218. Danilov G., Voskoboinikov M. Testbed-based approach to testing a library for evaluating network reliability algorithms // Proc. of the Intern. Workshop on Critical Infrastructures in the Digital Worl (IWCI-2024). 2024. C. 3-4.
219. Dykhta V., Samsonyuk O., Staritsyn M., Sorokin S. Optimality conditions for nonlinear measure-driven processes // Proc. of the 8th Intern. School-Seminar Nonlinear analysis and extremal problems (NLA-2024). 2024. P. 71.
220. Finogenko I.A. Method of equivalent control for discontinuous systems with delay // Proc. of the 8th Intern. School-Seminar Nonlinear analysis and extremal problems (NLA-2024). 2024. P. 79-80.
221. Goncharova E., Pogodaev N., Dreglea Sidorov L, Staritsyn M. Exact increment formulas in optimal control of balance equations // Proc. of the 8th Intern. School-Seminar Nonlinear analysis and extremal problems (NLA-2024). 2024. P. 93-94.
222. Gornov A., Zarodnyuk T., Anikin A., Sorokovikov P., Tyatyushkin A. Practical optimization in non-convex optimal control problems // Proc. of the 8th Intern. School-Seminar Nonlinear analysis and extremal problems (NLA-2024). 2024. P. 100-102.
223. Gornov A., Zarodnyuk T., Anikin A., Tyatyushkin A. Approximation technology of multidimensional time series using nonlinear dynamic models on the plane // Proc. of the Intern. Workshop on Critical Infrastructures in the Digital Worl (IWCI-2024). 2024. P. 12.



224. Gornov A.Yu., Zarodnyuk T.S., Anikin A.S., Sorokovikov P.S. Nonlocal methods for solving optimal control problems // Proc. of the Intern. conf. Nonlocal methods for solving optimal control problems devoted to the 100th anniversary of Academician N.N. Krasovskii. 2024. P. 445-449.
225. Gruzdeva T. DC approach to bilevel optimization for electric power systems with a system operator at the upper level // Prog. and Abst. of the First Intern. Conf. on Mathematics and Digital Technology. 2024. C. 51.
226. Gruzdeva T.V., Semakin I. On center-based clustering by mahalanobis distance // Proc. of the 8th Intern. School-Seminar Nonlinear analysis and extremal problems (NLA-2024). 2024. P. 107-108.
227. Kazakov A., Vu G., Zharkov M. Megalopolis passenger transport hub model in the form of a queuing network // Proc. of Critical Infrastructures in the Digital World (IWCI 2024). 2024. C. 18.
228. Kosyanov N. Epidemic optimal control problem with vaccination and isolation processes // Proc. of the 8th Intern. School-Seminar Nonlinear analysis and extremal problems (NLA-2024). 2024. P. 137-139.
229. Kuznetsov P. On exact solutions with zero fronts to the parabolic predator-prey system // Proc. of the 8th Intern. School-Seminar Nonlinear analysis and extremal problems (NLA-2024). 2024. P. 149-150.
230. Minarchenko I.M. On bilevel modeling of electric power systems with a system operator at the upper level. // Program and Abstracts of the First International Conference on Mathematics and Digital Technology. 2024. P. 49.
231. Orlov A. Modeling of Real-Life Three-Sides Conflicts by Hexamatrix Games // Program and Abstracts of the First International Conference on Mathematics and Digital Technology. 2024. C. 41.
232. Orlov A. On a Global Search in Bilevel Optimization Problems with a Bimatrix Game at the Lower Level // Сб. тез. XXIII Междунар. конф. «Теория математической оптимизации и исследование операций». 2024. P. 74.
233. Orlov A. Triangles of Conflicts and Hexamatrix Games // Сб. тез. XXIII Междунар. конф. «Теория математической оптимизации и исследование операций». 2024. P. 74.
234. Petrenko P.S. About Solvability and Controllability of Differential-Algebraic Equations with Hysteresis Phenomena // Proc. of the 8th Intern. School-Seminar Nonlinear analysis and extremal problems (NLA-2024). 2024. C. 205-207.
235. Shcheglova A.A. Controllability of time-varying discrete descriptor systems // Proc. of the 8th Intern. School-Seminar Nonlinear analysis and extremal problems (NLA-2024). 2024. P. 244-245.
236. Sidorov D., Staritsyn M. On numerical solution of optimal control problems of the mckean-vlasov type // Proc. of the 8th Intern. School-Seminar Nonlinear analysis and extremal problems (NLA-2024). 2024. P. 255-256.
237. Solodusha S.V. Iterative approach to solving polynomial volterra integral equations of the first kind // Proc. of the 8th Intern. School-Seminar Nonlinear analysis and extremal problems (NLA-2024). 2024. P. 265.



238. Solovarova L. S. L-stable algorithm for quasilinear integral-algebraic equations // Book of abstr. of The 9th Intern. Conf. on Control and Optimization with Industrial Applications. 2024. P. 117.
239. Sorokovikov P. Hybrid algorithms for nonlocal optimization based on harmony search, firefly swarm, flower pollination and L-BFGS methods // Proc. of the Intern. Workshop on Critical Infrastructures in the Digital Worl (IWCI-2024). 2024. P. 37.
240. Sorokovikov P., Gornov A., Zarodnyuk T. Numerical Investigation of the Swarm Intelligence Algorithm Obtained Using ChatGPT for Univariate Global Optimization // Сб. тез. XXIII Междунар. конф. «Теория математической оптимизации и исследование операций». 2024
241. Strekalovsky A. On the Global Search Convergence in DC optimization with Constraints // Сб. тез. XXIII Междунар. конф. «Теория математической оптимизации и исследование операций». 2024. P. 91.
242. Strekalovsky A. On the new approach for solving equilibrium and hierarchical optimization problems // Program and Abstracts of the First International Conference on Mathematics and Digital Technology. 2024. С. 14.
243. Strekalovsky A. On a Numerical Solution of Bilevel Optimization Problems // Сб. тез. XXIII Междунар. конф. «Теория математической оптимизации и исследование операций». 2024. P. 89-90.
244. Svinin A. On the properties of solutions to some system of discrete equations // Proc. of the 8th Intern. School-Seminar Nonlinear analysis and extremal problems (NLA-2024). 2024. P. 276-277.
245. Vasilyev I., Gruzdeva T., Barkova M., Boyarkin D., Iakubovskii D. On Active-Set Methods for Quadratic Problems with Positive Semidefinite Matrices // Сб. тез. XXIII Междунар. конф. «Теория математической оптимизации и исследование операций». 2024. P. 98-99.
246. Vasilyev I.L., Ushakov A.V., Arkhipov D., Davydov I., Muftahov I., Lavrentyeva M. Fast Heuristics for a Staff Scheduling Problem with Time Interval Demand Coverage // Сб. тез. XXIII Междунар. конф. «Теория математической оптимизации и исследование операций». 2024. P. 99.
247. Авраменко Ю.В., Фёдоров Р.К. Автоматическое построение карты глубины по стереопаре изображений // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 5.
248. Алексеев А.Е. Обучение представлений электронных документов с использованием методов самообучения и инвариантной кластеризации // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 6.
249. Аникин А.С., Горнов А.Ю. Аргументная и критериальная релаксация дискретных задач оптимизации // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 7.
250. Аникин А.С., Зароднюк Т.С. Параллельная реализация метода криволинейного варьирования для невыпуклых экстремальных задач // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 8.
251. Антипина Е.Д. О решении задачи идентификации входного сигнала // Матер. Междунар. конф. «Динамические системы: устойчивость, управление, дифференциальные



- игры», посвященной 100-летию со дня рождения академика Н.Н. Красовского. 2024. С. 33-35.
252. Баркова М.В., Стрекаловский А.С. Глобальный поиск в невыпуклых задачах квадратичной оптимизации // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 19.
253. Боднюк М.Е., Карамов Д.Н. Система мониторинга для поддержки исследования режимов функционирования энергетических комплексов с возобновляемой генерацией // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 24-25.
254. Булах А.А. Подготовка набора данных для задачи семантического аннотирования русскоязычных таблиц // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 35.
255. Бычков И.В., Хмельнов А.Е. Использование спецификаций бинарных форматов данных на языке FlexT для исследования содержимого бинарных файлов, включая исполняемые и объектные // Материалы 33-й научно-технической конференции Методы и технические средства обеспечения безопасности информации (МИТСОБИ). (Санкт-Петербург. 24 - 27 июня 2024 г.). 2024. — №33. С. 181-182. URL: <https://disk.yandex.ru/i/cSo8o851C-EPnw>.
256. Бычков И.В., Давыдов А.В., Кензин М.Ю., Нагул Н.В., Толстихин А.А. Система управления мобильными роботами при поиске аномалий поля концентрации // Сб. тез. 35-й Междунар. научно-технической конференции «Экстремальная робототехника». 2024. С. 250–253.
257. Бычков И.В., Фереферов Е.С., Фёдоров Р.К. Цифровая платформа мониторинга и прогнозирования экологической обстановки байкальской природной территории // Тезисы докладов IX Междунар. симпозиума Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов (Бишкек, 2024). 2024. С. 395-397.
258. Васиченко А.П. Математическое моделирование беспилотника в среде MATLAB // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 36.
259. Викулова Е.Р., Толстихин А.А. Разработка методов программной симуляции работы LIDAR // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 37-38.
260. Воскобойников М.Л., Феоктистов А.Г. Анализ систем управления рабочими процессами // Тез. XXIX Байкальской Всерос. конф. с междунар. уч. «Информационные и математические технологии в науке и управлении». 2024. С. 12.
261. Воскобойников М.Л., Феоктистов А.Г. Диспетчер научных рабочих процессов // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 41-44.
262. Ву Х.З., Жарков М.Л., Казаков А.Л. О моделировании морского контейнерного терминала с использованием сети массового обслуживания // Тез. XXIX Байкальской Всерос. конф. с междунар. уч. «Информационные и математические технологии в науке и управлении». 2024. С. 11.



263. Гасников А.В., Горнов А.Ю. Почему для задач оптимального управления плохо работают алгоритмы, основанные на теории конечномерной оптимизации // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 45-46.
264. Гаченко А.С. Разработка подходов по сбору и обработке разноформатных данных для цифрового мониторинга байкальской природной территории и озера Байкал // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 47.
265. Голушко С.К., Горнов А.Ю., Зароднюк Т.С., Аникин А.С., Амелина А.В., Брындин Л.С., Беляев В.А., Горынин А.Г. Алгоритм решения краевой задачи для нелинейной динамической системы // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 48.
266. Горнов А.Ю. Дисбаланс алгоритмических возможностей классических и игольчатых вариаций управления // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 49.
267. Горнов А.Ю. Три правила успешного алгоритма для задачи оптимального управления // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 52.
268. Горнов А.Ю. Модификация алгоритма одномерного поиска брента для методов градиентной оптимизации // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 51.
269. Горнов А.Ю. Метод параболической интерполяции мюллера для задач безусловной минимизации // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 50.
270. Горнов А.Ю., Зароднюк Т.С. Методики численной оценки градиента в задаче оптимального управления // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 53.
271. Горнов А.Ю., Зароднюк Т.С., Аникин А.С. Методика численного решения начально-краевой задачи в системе с распределенным запаздыванием // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 54-55.
272. Горнов А.Ю., Зароднюк Т.С., Аникин А.С., Сороковиков П.С. Метод аппроксимации шепарда и его приложения // Матер. XIV Междунар. молодежной научно-практической конф. с элементами научной школы. Омск, 2024. 2024. С. 14-15.
273. Горнов А.Ю., Сороковиков П.С. Проблема исследования свойств генетического алгоритма непрерывной оптимизации // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 56.
274. Горнов А.Ю., Тятюшкин А.И., Зароднюк Т.С., Аникин А.С., Сороковиков П.С. Вычислительная технология для задач аппроксимации управляемой системы с переменным запаздыванием // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 57.
275. Груздева Т. В., Ушаков А.В. Оптимизационный подход к задачам машинного обучения с дивергенциями брэгмана и частичным привлечением учителя // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 59-60.



276. Груздева Т. В., Ушаков А.В. Двухуровневая модель поставок угольных ресурсов с запасами // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 58.
277. Добрынина А.А. , Саньков В.А., Король С.А., Кичигина Н.В., Рыбченко А.А. Сейсмические эффекты паводков на р. Кынгарга (Тункинская долина, Восточный Саян) // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 64-65.
278. Душкина Н.А., Толстихин А.А. Методы построения матрицы перспективного преобразования для сшивки изображений // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 73-74.
279. Дыхта В.А. Метод штрафных оценок и позиционный принцип минимума в задаче оптимального управления с терминальными ограничениями // Матер. Междунар. конф. «Динамические системы: устойчивость, управление, дифференциальные игры», посвященной 100-летию со дня рождения академика Н.Н. Красовского. 2024. С. 111-114.
280. Дыхта В.А. Позиционные усиления метода Кротова // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 75-80.
281. Еделев А.В., Данилов Г.К., Башарина О.Ю. Создание моделей систем энергетики на основе открытых данных для исследования живучести // Тез. докл. конф. «Информационные и математические технологии в науке и управлении» (г. Иркутск, 29 июня – 8 июля). 2024. 2024. С. 26.
282. Еделев А.В., Карамов Д.Н., Башарина О.Ю., Огородников В.А., Каргаполова Н.А., Акентьева М.С. Применение стохастических «Генераторов погоды» в структурно-параметрической оптимизации энергетических комплексов локального уровня // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 81.
283. Еделев А.В., Карамов Д.Н., Огородников В.А., Каргаполова Н.А., Акентьева М.С. Использование стохастических генераторов погоды в структурно-параметрической оптимизации природно-технических систем // Тез. Междунар. конф. "Марчуковские научные чтения". 2024. С. 148.
284. Ефимова Н.В., Зароднюк Т.С., Горнов А.Ю., Сорокинов П.С. Методика оценки сверхсмертности в период пандемии на основе эволюционных моделей // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 82-83.
285. Жарков М.Л., Казаков А.Л., Лемперт А.А. Сценарное моделирование развития Северобайкальского участка БАМа с учетом природоохранных требований // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 84-85.
286. Жарков М.Л., Лемперт А.А., Супруновский А.В. О применении сетей массового обслуживания при моделировании угольного перегрузочного комплекса // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 86.



287. Загородников М.В. Восстановление текстового слоя PDF-документов со сложным фоном // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 87.
288. Игнатьев И.Н. Создание гибкого фреймворка для организации научных мероприятий на базе LARAVEL // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 90.
289. Иртегов В.Д., Титоренко Т.Н. О некоторых результатах качественного анализа уравнений движения шара с многосвязной полостью, заполненной идеальной жидкостью // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 93.
290. Иртегов В.Д., Титоренко Т.Н. О стационарных множествах в задаче о качении шара с многосвязной полостью, заполненной идеальной жидкостью // Сборник аннотаций 51 школы-конференции «Актуальные проблемы механики». 2024. С. 243.
291. Казаков А. Л., Лемперт А. А., Нгуен Д. М. О покрытии поверхностей вращения равными шарами // Современные проблемы математики и ее приложений. 2024
292. Казаков А.Л., Спевак Л.Ф. Теорема существования, точные и приближенные решения с нулевыми фронтами для вырождающейся параболической системы "Хищник-жертва" // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 94-96.
293. Казаков А.Л., Лемперт А.А. Точные решения одной квазилинейной параболической системы // Матер. Междунар. конф. «Динамические системы: устойчивость, управление, дифференциальные игры», посвященной 100-летию со дня рождения академика Н.Н. Красовского. 2024. С. 155-158.
294. Казаков А.Л., Спевак Л.Ф. Точные решения с нулевым фронтом для нелинейной параболической модели механики сплошных сред // Тезисы докладов Всерос. конф., посвящённой 105-летию со дня рождения академика РАН Л.В. Овсянникова. Математические проблемы механики сплошных сред (Новосибирск, 2024). 2024. С. 69-70.
295. Климонов М.С. Классификация пользователей на основе применения сервисов // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 98-99.
296. Климонов М.С., Фёдоров Р.К. Рекомендация сервисов на геопортале ИДСТУ СО РАН // Тез. докл. конф. «Информационные и математические технологии в науке и управлении» (г. Иркутск, 29 июня – 8 июля). 2024. 2024. С. 38.
297. Кондратьев В.С. Динамический подбор ограничений, ослабляющих трудные примеры задачи проверки эквивалентности булевых схем // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 100-103.
298. Копылов Д.Е., Михайлов А.А. Графовые нейронные сети в задаче восстановления макета документов // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 108-109.
299. Косов А.А. Реконфигурация динамических регуляторов при неполном измерении вектора состояния и возможными отказами и восстановлениями датчиков // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 110.



300. Косов А.А., Семенов Э.И. О точных решениях многомерного обобщенного уравнения Монжа-Ампера // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 111.
301. Костромин Р.О. Аспекты применения контейнеризации для управления вычислительным кластером // Тез. докл. конф. «Информационные и математические технологии в науке и управлении» (г. Иркутск, 29 июня – 8 июля). 2024. С. 50.
302. Косьянов Н.О. Линейные эпидемические задачи на примере распространения малярии // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 112-113.
303. Кузнецов А.А., Михайлов А.А. Защита от атак с использованием омоглифов на модели NLP // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 115.
304. Кузнецов П.А. О некоторых точных решениях типа волн для нелинейной параболической системы «хищник-жертва» // Матер. 6-й Междунар. конф. Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения (DYSC 2024). 2024. С. 41-42. DOI: 10.26516/978-5-9624-2309-8.2024.1-224.
305. Кузнецов П.А. Об одной краевой задаче с вырождением для параболической системы «Хищник-жертва» // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 114.
306. Кузьменко Е.Т., Горнов А.Ю., Кузьменко В.В. Создание математической модели для оценки клинической информативности цитологических методик цервикального скрининга // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 116-117.
307. Куклин С.Г., Аникин А.С., Горнов А.Ю. Графический пользовательский интерфейс для задачи анализа данных Холтеровского мониторинга // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 119.
308. Лемперт А.А., Мадаев И.А. О построении минимального остовного дерева в условиях динамической среды // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 123.
309. Лемперт А.А., Мадаев И.А., Чан Т.В. О нахождении оптимального маршрута движения судов в акватории порта с учетом возможных препятствий // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 124.
310. Линявский А.В. Автоматическое планирование в задачах принятия решений // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 127-129.
311. Ломов В.П. О векторе поляризации фермионов во внешнем поле // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 130-131.
312. Мамаш Е.А., Пестунов И.А., Чурилова Т.Я., Федоров Р.К. Оценка пространственного распределения концентрации хлорофилла «А» в поверхностном слое озера Байкал на основе данных спектрорадиометра MODIS/(TERRA+AQUA) // Матер. 22-й Междунар. конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». (Москва, ИКИ РАН, 11–15 ноября 2024 г.). 2024. С. 327.



313. Марков Ю.А., Маркова М.А. Гамильтонов формализм для мягких и жестких возбуджений неабелевой плазмы. Параферми-статистика порядка 2 // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 134-135.
314. Марков Ю.А., Маркова М.А., Марков Н.Ю. Потери энергии быстрой цветной частицы в кварк-глюонной плазме // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 139-141.
315. Марков Ю.А., Маркова М.А., Марков Н.Ю. Классическая матрица рассеяния для жестких и мягких возбуджений в высокотемпературной кварк-глюонной плазме // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 136-138.
316. Минарченко И.М., Батбилэг С. Модель взаимодействия нескольких стран на рынке угля как задача поиска обобщённого равновесия по Нэшу // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 144-145.
317. Николайчук О.А., Пестова Ю.В., Косоголов Д. Е. Система поддержки принятия решений выбора туристических услуг на основе открытых данных // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 151.
318. Николайчук О.А., Пестова Ю.В., Косоголов Д.Е., Павлов А.И., Поддубный И.А. Сервис мониторинга сферы регионального туризма на основе анализа данных из открытых источников // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. — №152. С. 152.
319. Николайчук О.А., Пестова Ю.В., Павлов А.И., Косоголов Д.Е. Сервис мониторинга и поддержки принятия решений в области туризма на основе данных из открытых источников // Матер. конф. «Информационные и математические технологии в науке и управлении» (ИМТ-24). 2024
320. Огорь И.П., Ясеновский И.С., Шигаров А.О. Regtab online: веб-приложение для извлечения данных из машиночитаемых таблиц с произвольной структурой на основе RTL-паттернов // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 153-154.
321. Орлов А.В., Минарченко И.М., Груздева Т.В. О решении задачи двухуровневой оптимизации на электроэнергетической сети с системным оператором на верхнем уровне // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 155-156.
322. Охотин И.И. Создание моделей и программного средства для автоматического обнаружения заголовков таблиц // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 157.
323. Пашинин А.А., Опарин Г.А., Богданова В.Г. Технология формирования вычислительной инфраструктуры для качественного анализа двоичных динамических систем на основе метода булевых ограничений // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. — №161. С. 161.
324. Пестова Ю.В., Николайчук О.А., Дородных Н.О., Юрин А.Ю. Картографирование пожароопасности Иркутской области с использованием метода машинного обучения



- Random Forest // Матер. 22-ой междунар. конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2024. С. 117. DOI: 10.21046/22DZZconf-2024a.
325. Пестова Ю.В., Николайчук О.А., Юрин А.Ю., Дородных Н.О. Анализ Гарей и динамики постпирогенного восстановления растительности на основе данных дистанционного зондирования земли // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 164.
326. Петренко П.С. О робастной управляемости дифференциально-алгебраических уравнений с параметрической неопределенностью // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 165.
327. Пинчук К.А., Пашкова В.В., Столбов А.Б. Разработка генератора навыка для проведения анкетирования на платформе «Яндекс-Диалоги» // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 168-170.
328. Погодаев Н.И., Старицын М.В. Метод погружения и «супер-двойственность» в задачах оптимального управления // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 171.
329. Поддубный И.А. Вопросно-ответные системы на основе таблиц: обзор области и концепция решения // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 172.
330. Поддубный И.А., Пестова Ю.В. Извлечение и анализ информации о туристских объектах байкальского региона на основе методов машинного обучения // Матер. 62-й Междунар. науч. студ. конф. Информационные технологии. Научный инжиниринг (МНСК-2024). 2024. С. 132.
331. Попова А.К. Повышение точности классификации лесов по спутниковым снимкам с помощью вспомогательных данных // Сб. ст. 13-ой Международной конференции “Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность и дистанционный мониторинг”. 2024. Т. 10
332. Попова А.К. Влияние дополнительных данных на точность спутниковой классификации лесов методами машинного обучения // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. — №173-174. С. 173-174.
333. Раджабов А.Е. Оптимизация численных расчётов при помощи программы символьных вычислений Form // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 177.
334. Раджабов А.Е. Моделирование пропагатора кварка с конфайнментом // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 176.
335. Разманов А.К., Михайлов А.А. Защита извлечение информации из изображений документов с использованием гибкого шаблона // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 178.
336. Самсонюк О.Н. Необходимые условия оптимальности импульсных процессов // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 180-181.



337. Самсонюк О.Н. Оптимальное управление BV-процессом выметания // Матер. Междунар. конф. «Динамические системы: устойчивость, управление, дифференциальные игры», посвященной 100-летию со дня рождения академика Н.Н. Красовского. 2024. С. 274-276.
338. Свинина С.В. Об одном подходе численного решения многомерных дифференциально-алгебраических систем // Тез. Междунар. конф. "Марчуковские научные чтения". 2024. С. 36.
339. Солодуша С.В. Об одной экстремальной задаче, связанной с полиномами Вольтерра // Матер. Междунар. конф. «Динамические системы: устойчивость, управление, дифференциальные игры», посвященной 100-летию со дня рождения академика Н.Н. Красовского. 2024. С. 288-291.
340. Сороковиков П.С. Комбинированный алгоритм нелокальной оптимизации на основе методов биогеографии и L-BFGS // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 182-183.
341. Сороковиков П.С. Об одном способе гибридизации методов генетического поиска и роя частиц // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 184-185.
342. Сороковиков П.С. Численное исследование свойств алгоритма цветочного опыления для решения многоэкстремальных задач оптимизации // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 186-187.
343. Сороковиков П.С. Hybrid non-local optimization algorithms based on biogeography, grey wolf, flower pollination and L-BFGS methods // Proc. of the 8th Intern. School-Seminar Nonlinear analysis and extremal problems (NLA-2024). 2024. P. 266-267.
344. Столбов А.Б. О проектировании сценариев для анализа сложных объектов с использованием подхода компонентно-ориентированного моделирования // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 188-189.
345. Стрекаловский А.С. Локальный поиск в невыпуклых задачах оптимального управления // Матер. Междунар. конф. «Динамические системы: устойчивость, управление, дифференциальные игры», посвященной 100-летию со дня рождения академика Н.Н. Красовского. 2024. С. 295-299.
346. Стрельников А.Н., Горнов А.Ю. Численное исследование предельных возможностей «велосипедной» модели автомобиля // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 190-191.
347. Темникова И.В., Горнов А.Ю. Моделирование рисков поражения верхих отделов респираторного тракта как осложнений Гастроэзофагеальной рефлюксной болезни // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 194.
348. Тобола К.В. Методы контрастного обучения в задачах семантического аннотирования табличной информации // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 197.



349. Толстихин А.А., Максимкин Н.Н. Организация движения мобильных роботов в среде с препятствиями на основе метода поведенческой структуры // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 198-199.
350. Толстоногов А.А. Связанная система, состоящая из эволюционного включения с максимально монотонными операторами и ргох-регулярного процесса выметания // Матер. Междунар. конф. «Динамические системы: устойчивость, управление, дифференциальные игры», посвященной 100-летию со дня рождения академика Н.Н. Красовского. 2024. С. 321-322.
351. Трифонов Р.И. Классификация блоков документов с использованием графовых нейронных сетей // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 200-201.
352. Тятюшкин А.И. Алгоритмы второго порядка для параметрически управляемых динамических систем // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 209.
353. Угорская Я.А., Балахчи А.Г., Паткина П.П. Интеллектуальные ассистенты в дополненной реальности // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 210-211.
354. Финогенко И.А. О функционально-дифференциальных уравнений с разрывной правой частью: проблемы и методы исследований // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 217-218.
355. Финогенко И.А. О скользящих режимах функционально-дифференциальных уравнений // Матер. Междунар. конф. «Динамические системы: устойчивость, управление, дифференциальные игры», посвященной 100-летию со дня рождения академика Н.Н. Красовского. 2024. С. 355-359.
356. Фёдоров Р.К. Подсистема выполнения WPS сервисов // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 215-216.
357. Хамисов О.В. Оптимизация терминального функционала методами нелинейных опорных функций // Матер. Междунар. конф. «Динамические системы: устойчивость, управление, дифференциальные игры», посвященной 100-летию со дня рождения академика Н.Н. Красовского.. 2024. С. 363-364.
358. Хамисов О.В., Батбилэг С. Двухуровневое моделирование поведения нескольких участников на рынке угля // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 219-220.
359. Хмельнов А.Е. Построение модели прибрежного рельефа в диапазоне наблюдаемых колебаний уровня воды по контурам береговых линий, выделяемых на спутниковых изображениях среднего разрешения // Матер. 22-й Междунар. конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». (Москва, ИКИ РАН, 11–15 ноября 2024 г.). 2024. С. 375. DOI: 10.21046/22DZZconf-2024a.
360. Хмельнов А.Е. Построение цифровых моделей прибрежного рельефа по контурам береговых линий со спутниковых изображений SENTINEL-2 // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 221-223.



361. Чекан М.А. Автоматизация разработки мультиагентных систем с использованием иерархических машин состояний // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 227-228.
362. Чекан М.А., Феоктистов А.Г., Еделев А.В. Разработка экономических механизмов регулирования спроса и предложения ресурсов // Тез. докл. конф. «Информационные и математические технологии в науке и управлении» (г. Иркутск, 29 июня – 8 июля). 2024. С. 93.
363. Чистяков В.Ф. О решении начально-краевых задач для дифференцино-алгебраических уравнений в частных производных методом наименьших квадратов // Матер. междунар. Воронежской зимней математической школы, посвященной памяти В.П. Маслова. (Воронеж, 2024). 2024. С. 300-304.
364. Чистяков В.Ф., Чистякова Е.В. О свойствах линейных интегро-алгебраических уравнений фредгольма и вольтерра и методах их численного решения // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 229.
365. Шигаров А.О. REGTAB API: инструментальное средство разработки прикладного программного обеспечения для извлечения реляционных данных из машиночитаемых таблиц с произвольной структурой на основе паттернов // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 230-231.
366. Шипицын М.Н., Фёдоров Р.К. О некоторых методах анализа исходного кода с помощью абстрактных синтаксических деревьев // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 232.
367. Юмашев Е., Карамов Д.Н., Воскобойников М.Л., Феоктистов А.Г. Сервис-ориентированное приложение получения, обработки и анализа метеорологических данных // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 235-238.
368. Яковлев Д.С., Феоктистов А.Г. Расчет коэффициента интервальной готовности узлов гетерогенной распределенной вычислительной среды // Матер. 40-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2024» (г. Иркутск, 2 – 6 декабря 2024 г.). 2024. С. 239-240.

Свидетельства о государственной регистрации объектов интеллектуальной собственности

369. Банщиков А.В. Символьная линеаризация уравнений движения неголономных механических систем: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024680301 от 29.08.2024 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.
370. Воскобойников М.Л., Феоктистов А.Г. Библиотека программных агентов организации распределенной базы данных в оперативной памяти: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024668180 от 03.08.2024 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.
371. Горнов А.Ю., Дыхта В.А., Тятюшкин А.И., Зароднюк Т.С., Аникин А.С. PRIVGRAD: программа для численного решения нелинейной задачи оптимального управления с параллелепипедными ограничениями на управление и терминальным функционалом:



- Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024689576 от 09.12.2024 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.
372. Горнов А.Ю., Толстоногов А.А., Зароднюк Т.С., Аникин А.С. Программа MD03. MONOWAVE APPROXIMATION для построения аппроксимации границы множества достижимости нелинейной управляемой системы со скалярным управляющим воздействием: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024689576 от 08.12.2024 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.
373. Еделев Я.А., Феоктистов А.Г. Библиотека программ поддержки дискретного многокритериального выбора: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024668181 от 03.08.2024 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.
374. Костромин Р.О. Системный модуль автоматизированной диагностики и восстановления узлов распределенной вычислительной системы: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024668178 от 04.08.2024 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.
375. Нгуен Д.М., Лемперт А.А., Казаков А.Л. Построение покрытий трехмерных поверхностей шарами: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024613801 от 14.02.2024 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.
376. Хмельнов А.Е., Гаченко А.С. Программный комплекс для создания локальной копии фрагментов БД ГАР ФИАС (GetFIAS): Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024610229 от 06.01.2024 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.
377. Шигаров А.О. TABBYXL: программный комплекс извлечения данных из таблиц рабочих книг форматов Excel/Sheets: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024682185 от 17.09.2024 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.
378. Шигаров А.О., Михайлов А.А. TABBYPDF: программный комплекс распознавания таблиц нередатируемых печатно-ориентированных документов формата PDF: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024682186 от 18.09.2024 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.
379. Шигаров А.О., Парамонов В.В. HEADRECOG: программа распознавания структуры заголовков таблиц рабочих книг (модуль расширения программного комплекса TABBYXL): Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024682187 от 20.09.2024 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.
380. Юрин А.Ю., Дородных Н.О. TABBYLD2: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024668183 от 05.08.2024 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.



381. Юрин А.Ю., Дородных Н.О., Шпаченко Д.Н. Knowledge modeling system: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024668182 от 05.08.2024 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2024.