

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

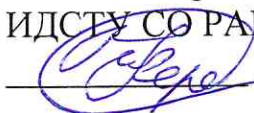


УТВЕРЖДАЮ
Директор ИДСТУ СО РАН
академик
И.В. Бычков
» марта 2026 г.

ИТОГОВЫЙ ОТЧЕТ

*о научной и научно-организационной работе
за 2025 год*

Одобен Ученым советом
ИДСТУ СО РАН
Протокол № 1 от 19.03.2026

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 – 164 чел., в т.ч. н.р. – 69. Из них ак. – 1, чл.-к. РАН – 1, д.н. – 23, 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 (и.о. к.ф.-м.н. **А.В. Банщиков**)

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

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

Лаборатория 4.2. Информационно-телекоммуникационных технологий
исследования техногенной безопасности (д.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

ВВЕДЕНИЕ	6
ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ.....	9
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОЕКТАМ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАДАНИЯ	29
Проект «Теория и методы исследования эволюционных уравнений и управляемых систем с их приложениями»	29
Проект «Аналитические и численные методы математической физики в задачах томографии, квантовой теории поля и механике жидкости и газа»	37
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 «Теоретические основы, методы и высокопроизводительные алгоритмы непрерывной и дискретной оптимизации для поддержки междисциплинарных научных исследований»	47
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», ...	51
Проект «Методы и технологии обучения представлений данных (representation learning) и само-обучения (self-supervised learning) для задач обработки изображений и естественного языка»	59
Проект «Комплексная экологическая оценка воздействия монгольского проекта «ГЭС Эгийн гол» на территорию Российской Федерации, озеро Байкал»	61
ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ РОССИЙСКОГО НАУЧНОГО ФОНДА.....	67
ГРАНТЫ МИНОБРНАУКИ.....	72
РАБОТЫ, ВЫПОЛНЕННЫЕ ПО ПРОГРАММАМ РАЗВИТИЯ ЦЕНТРОВ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ (ЦКП)	78
Работы по развитию инфраструктуры интегрированной информационно- вычислительной сети Иркутского научно-образовательного комплекса (ИИВС ИРНОК)	78
Обеспечение функционирования и развитие ЦКП «Иркутский суперкомпьютерный центр СО РАН» (ИСКЦ)	79



ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	80
НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	82
Ученый совет	82
Диссертационный совет	82
Научные кадры	82
Конференции и семинары	82
Связи с вузами	83
Членство в советах РАН и СО РАН	83
Членство в национальных и международных научных организациях	84
Членство в редколлегиях научных изданий	84
Членство в научно-технических советах и комиссиях органов власти	85
Экспертная деятельность	86
МЕЖДУНАРОДНЫЕ НАУЧНЫЕ СВЯЗИ И СОВМЕСТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ С ЗАРУБЕЖНЫМИ НАУЧНЫМИ УЧРЕЖДЕНИЯМИ.....	87
ПЕРЕЧЕНЬ ПУБЛИКАЦИЙ И ПОЛУЧЕННЫХ ПАТЕНТОВ	91
Монографии и главы в монографиях	91
Статьи в российских журналах	91
Статьи в зарубежных и переводных журналах	96
Статьи в сборниках трудов конференций	100
Тезисы докладов	108
Свидетельства о государственной регистрации объектов интеллектуальной собственности	117



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 2025 году в Институте работали 164 человека, из них 69 – научные работники, в том числе 1 действительный член РАН, 1 член-корреспондент РАН, 23 доктора наук и 40 кандидатов наук, молодых научных работников (до 39 лет) – 21, проходили обучение 8 аспирантов.

В 2025 году Институт проводил фундаментальные исследования в соответствии с Планом научно-исследовательской работы и Государственным заданием по 8 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 (и.о. руководителя – д.ф.-м.н. В.А. Русанов).
- 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 (руководители – 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).

- Комплексная экологическая оценка воздействия монгольского проекта «ГЭС Эгийн гол» на территорию Российской Федерации, озеро Байкал, № гос. регистрации 125091110246-2 (руководитель – ак. И.В. Бычков).

В 2025 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. (№ гос. регистрации 124052100088-3, научный руководитель проекта – ак. И.В. Бычков). Проект выполнялся 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 2025 году проводились фундаментальные исследования по 3 проектам РНФ.

Все задания 2025 года выполнены в полном объеме.

В 2025 году Институтом проведены следующие научно-представительские мероприятия:

1. VII Международный семинар по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (VII International Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments, ICCS-DE 2025), 7-11 июля 2025 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН (смешанный формат).

2. 24-я Международная конференция «Сибирская научная школа-семинар «Компьютерная безопасность и криптография» имени Г.П. Агibalова» (Sibecrypt 2025), 9-11 сентября 2025 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН (смешанный формат).

3. 41-я Международная конференция «Ляпуновские чтения», 27 октября – 1 ноября 2025 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН (смешанный формат).

Сотрудниками Института в 2025 году опубликованы 349 работ, из них 34 – в изданиях, включенных в международную базу цитирования Web of Science, 72 – в изданиях, включенных в международную базу цитирования Scopus, 121 – в изданиях из «Белого списка», 252 – в изданиях, включенных в базу РИНЦ, получено 20 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ в Российском агентстве по патентам и товарным знакам.

В отчетном году сотрудники института были отмечены различными видами поощрений разных ведомств. Среди них:

Почетное звание «Заслуженный деятель науки СО РАН» с вручением нагрудного знака «Золотая сигма» присвоено к.т.н. Максимкину Н.Н.



Вручены Почетные серебряные знаки ИДСТУ СО РАН: к.ф.-м.н. Банщикову А.В., к.т.н. Богдановой В.Г., д.ф.-м.н. Булатову М.В., академику Бычкову И.В., д.т.н. Горнову А.Ю., Жолудевой Е.Г., Зеленовой Л.Ф., д.ф.-м.н. Иртегову В.Д., Кононенко Г.Б., к.ф.-м.н. Косову А.А., к.т.н. Максимкину Н.Н., д.ф.-м.н. Новикову М.А., д.т.н. Опарину Г.А., Петренко Т.А., д.ф.-м.н. Русанову В.А., к.т.н. Титоренко Т.Н., д.ф.-м.н. Толстоногову А.А., д.т.н. Тятюшкину А.И., Черкашиной Г.Г., д.ф.-м.н. Чистякову В.Ф., к.т.н. Шелехову В.А.

Медалью ак. Лаврентьева награжден д.ф.-м.н. Толстоногов А.А.

В соответствии с распоряжением Российской академии наук медалью «300 лет РАН» награждены д. ф.-м. н. Марков Ю.А., Столбова Г.Н., д. ф.-м. н. Финогенко И.А.

Почетной грамотой СО РАН награждены д.ф.-м.н. Иртегов В.Д., д.ф.-м.н. Раджабов А.Е., к.т.н. Гаченко А.С., к.т.н. Зароднюк Т.С., к.ф.-м.н. Косов А.А., к.ф.-м.н. Лемперт А.А., к.т.н. Маджара Т.И., к.ф.-м.н. Нагул Н.В., к.т.н. Павлов А.И., к.т.н. Парамонов В.В., к.т.н. Попова А.К., к.ф.-м.н. Самсонюк О.Н., к.ф.-м.н. Чистякова Е.В., Давыдов А.В., ведущий экономист Кумачёв А.А.

Звание «Заслуженный ветеран Сибирского отделения РАН» присвоено к.т.н. Столбову А.Б. и к.ф.-м.н. Чистяковой Е.В.

Благодарность Минобрнауки России объявлена д.т.н. Феоктистову А.Г.

Благодарность председателя Законодательного собрания Иркутской области объявлена д.ф.-м.н. Толстоногову.

Благодарность мэра г. Иркутска объявлена к.ф.-м.н. Банщикову А.В., к.т.н. Семёнову Э.И.

Благодарность Губернатора Иркутской области объявлена д.ф.-м.н. Толстоногову, д.т.н. Феоктистову А.Г., к.ф.-м.н. Свинину А.К., начальнику отдела аспирантуры Починской Н.В.

Благодарственные письма Полномочного представителя Президента Российской Федерации в Сибирском федеральном округе вручены д.ф.-м.н. Булатову М.В., главному специалисту по работе с госорганами и организациями реального сектора экономики к.т.н. Шелехову В.А.

Благодарственные письма Законодательного собрания Иркутской области вручены д.ф.-м.н. Щегловой А.А., д.т.н. Фёдорову Р.К., специалисту по охране труда Гагариной Л.П.

Почетной грамотой мэра города Иркутска награждена д.ф.-м.н. Маркова М.А.

Почетной грамотой РАН награждены д.т.н. Юрин А.Ю., к.т.н. Фереферов Е.С.

Почетной грамотой Иркутского филиала СО РАН награждены к.ф.-м.н. Груздева Т.В., д.т.н. Николайчук О.А., к.ф.-м.н. Старицын М.В., к.т.н. Шигаров А.О., зам. директора по общим вопросам Бабанин Д.Г., главный бухгалтер Абрамкина В.О., специалист по охране труда Гагарина Л.П., специалист по организационной работе 1 категории Жолудева Е.Г.

Итоги конкурса теоретических работ, представленных на Ляпуновские чтения в 2025 г.

Первое место присуждено чл.-к. Толстоногову А.А. с циклом статей «Свойство релейности для управляемой системы, связанной с прох-регулярным интегродифференциальным процессом выметания». Второе место в конкурсе заняли к.т.н. Семёнов А.А., к.ф.-м.н. Косов А.А. с циклом статей «Построение точных многомерных решений дифференциальных уравнений и систем с оператором Монжа-Ампера». Третье место заняли д.т.н. Юрин А.Ю., к.т.н. Дородных Н.О., д.т.н. Николайчук О.А., к.т.н. Столбов А.Б. с циклом статей «Развитие и применение технологии модельных трансформаций для задач авиационной диагностики».



ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Prox-регулярный процесс выметания, связанный с максимально монотонным дифференциальным включением

Автор: д.ф.-м.н. Толстоногов А.А.

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 движущихся множеств являются компактными, то множество решений является компактным в пространстве непрерывных справа функций ограниченной вариации с топологией равномерной сходимости на интервале.

2. Проблемы и методы исследования функционально-дифференциальных уравнений с разрывной правой частью

Автор: д.ф.-м.н. Финогенко И.А.

Дано систематическое описание основных проблем, возникающих при построении теории функционально-дифференциальных уравнений запаздывающего типа, аналогичной теории разрывных систем без запаздывания. Указаны пути преодоления этих проблем с использованием специального класса инвариантно дифференцируемых функционалов на фазовом пространстве непрерывных функций для исследуемых систем. Это позволило заложить основу для построения содержательной теории разрывных систем с последействием и перенести в нее основные методы и факты как общей, так и качественной теории обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы исследований опираются на многозначный математический анализ и теорию функционально-дифференциальных включений в соответствии с определением решений разрывных систем в смысле А.Ф. Филиппова. Особое внимание уделено решениям на многообразиях точек разрыва правых частей систем с запаздыванием (скользящим режимам), т.к. для управляемых систем с разрывными обратными связями и запаздыванием они являются основными режимами функционирования в задачах стабилизации, слежения и управляемости.

3. Исследование интегральных уравнений Гаммерштейна первого рода

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

Рассматриваются системы интегральных уравнений Гаммерштейна первого рода, в которых определитель матрицы-ядра на диагонали тождественно равен нулю. Для таких систем получены достаточные условия локального существования единственного решения в классе непрерывных функций в терминах матричных пучков. Также, предложен алгоритм численного решения для исследуемых систем.



4. Исследование разрешимости и структуры области определения для систем линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с матрицей неполного ранга при старшей производной искомой вектор-функции

Авторы: д.ф.-м.н. Чистяков В.Ф., к.ф.-м.н. Чистякова Е.В.

Исследованы системы линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с матричными коэффициентами произвольной размерности и порядка. Основное внимание уделено случаю, когда матрица при старшей производной искомой вектор-функции имеет неполный ранг во всей области определения. Такие системы, известные как дифференциально-алгебраические уравнения, включают в себя наборы обыкновенных дифференциальных уравнений различных порядков и алгебраических соотношений. Для анализа построена структурная форма, обобщающая форму Кронекера для случая постоянных коэффициентов. На ее основе изучены свойства систем, имеющих особые точки, в которых нарушается существование или единственность решения, а также меняется размерность многообразия решений. Дано формальное определение особой точки, предложена их классификация и методы идентификации. Рассмотрена постановка многоточечных задач для таких систем и разработан вариант метода наименьших квадратов для их численного решения. Для минимизации соответствующего функционала используется градиентный метод, для которого доказана сходимость как по функционалу, так и по аргументу.

5. Управляемость нестационарных дискретных дескрипторных систем

Автор: д.ф.-м.н. Щеглова А.А.



Рассматриваются нестационарные линейные и нелинейные вырожденные системы управления с дискретным временем. В линейном случае получен вид общего решения и доказаны критерии управляемости по состоянию и по выходу. Для системы с векторной неопределенностью получены условия робастной управляемости. При исследовании нелинейной системы была использована структурная форма, любое решение которой, начинающееся в достаточно малой окрестности нуля, при малых по норме управлениях является решением исходной системы, и наоборот. Эта структурная форма представляет собой уже невырожденную систему и является частью компонент неявной функции, удовлетворяющей исходной системе на некотором конечном горизонте. Важным результатом представляются условия локальной управляемости структурной формы по ее линейному приближению. Одним из преимуществ предложенного подхода является то, что для проверки условий локальной управляемости нелинейной системы нет необходимости находить неявную функцию, а можно использовать только свойства линейного приближения.



6. Позиционный принцип оптимальности для нелинейных задач управления

*Авторы: д.ф.-м.н. Дыхта В.А., к.ф.-м.н. Погодаев Н.И., к.ф.-м.н. Самсонюк О.Н.,
к.ф.-м.н. Старицын М.В.*

Позиционный принцип оптимальности сформулирован для нелинейных задач оптимального управления, включающих: а) системы обыкновенных дифференциальных уравнений с терминальными ограничениями на траекторию; б) дифференциальные уравнения с мерами, решения которых принадлежат пространству пополнений графиков функций ограниченной вариации; в) дифференциальные уравнения в смысле Бохнера в банаховом пространстве, что позволяет рассматривать некоторые распределенные системы, описываемые уравнениями в частных производных. В основе позиционного принципа оптимальности лежат необходимые условия глобальной оптимальности вариационного типа. Эти условия усиливают соответствующий принцип максимума Понтрягина и обобщают ряд известных критериев оптимальности. Ключевым направлением исследований стало развитие методов построения нелинейных мажорант целевого функционала задачи, порождающих семейство позиционных стратегий сравнения и обладающих свойством потенциального спуска по функционалу задачи. На основе точной формулы приращения целевого функционала, полученной в рамках проекта, доказаны соответствующие неканонические необходимые условия оптимальности, отличные как от принципа Понтрягина, так и от известных условий высших порядков. Такие условия приводят к эффективным процедурам приближений, не требующим линейного поиска по параметрам глубины или шага, и их можно рассматривать как точную нелинейную форму позиционного принципа минимума, ранее полученного В.А. Дыхтой.

7. Необходимые условия оптимальности для задач оптимального управления с терминальными ограничениями

Автор: д.ф.-м.н. Дыхта В.А.

Доказаны необходимые условия оптимальности для задач оптимального управления с терминальными ограничениями, основанные на позиционном принципе минимума. Условия оптимальности апробированы на ряде тестовых примеров. Необходимое условие глобальной оптимальности в форме позиционного принципа минимума (F-ПМ), установленный для задач со свободным правым концом траекторий, обобщен на гладкую задачу с терминальными ограничениями типа равенства. Для этого применен абстрактный метод опорных мажорант, который конкретизируется для задачи управления на уровне модифицированной функции Лагранжа с квадратичным штрафом. При этом соответствующая безусловная экстремальная задача не требует решения: если исследуемый процесс оптимален в исходной задаче управления, то спуск с него в безусловной задаче на допустимую траекторию с помощью F-ПМ невозможен (при любом выборе множителя Лагранжа и штрафного параметра). Нарушение этого необходимого условия сопровождается предъявлением улучшающего процесса (который может оказаться скользящим режимом). Конструктивную основу F-ПМ составляет метод спуска с управлениями в форме обратной связи. Применение этого метода естественно и в известных методах Кротова и Понтрягина, в которых минимизируются соответственно модифицированные лагранжианы Кротова и бипозиционные лагранжианы. В результате такого расширения области применения метода позиционного спуска получены позиционные версии методов Кротова и Понтрягина, которые значительно эффективнее традиционных.



8. Условия оптимальности и методы решения задач оптимального управления законами баланса

Авторы: к.ф.-м.н. Гончарова Е.В., к.ф.-м.н. Погодаев Н.И., к.ф.-м.н. Старицын М.В.

Изучены задачи оптимального управления законом баланса (т.е. уравнением переноса с источником) на пространствах мер. Подобные уравнения описывают статистическое поведение больших ансамблей точечных агентов (мультиагентных систем) и находят применение в физике сплошных сред, математической биологии и машинном обучении.

Рассмотрена задача оптимального управления нелокальным законом баланса на пространстве $\mathcal{X} \doteq \mathcal{M}_+^c(\mathbb{R}^n)$ неотрицательных мер с компактным носителем в евклидовом пространстве $\mathbb{R}^n$:

$$(P) \quad \ell(\mu_T^* u) \rightarrow \inf, \quad u \in \mathcal{U},$$

на множестве решений дифференциального уравнения в частных производных вида

$$\partial_t \mu_t + \nabla_x \cdot [F_t(u_t, \mu_t) \mu_t] = G_t(u_t, \mu_t) \mu_t, \quad t \in I; \quad \mu_0 = \vartheta,$$

с фиксированным отрезком времени $I \doteq [0, T]$, $T > 0$.

Предложен общий подход к исследованию нелинейных задач указанного типа при стандартных условиях регулярности исходных данных $U \subset \mathbb{R}^m$, $\vartheta \in \mathcal{X}$, $\ell : \mathcal{X} \rightarrow \mathbb{R}$, $F : I \times (U \times \mathcal{X} \times \mathbb{R}^n) \rightarrow \mathbb{R}^n$, и $G : I \times (U \times \mathcal{X} \times \mathbb{R}^n) \rightarrow \mathbb{R}$. В основе подхода лежит редукция закона баланса к нелокальному уравнению неразрывности на пространстве вероятностных мер с помощью специальной процедуры барицентрического проектирования. Этот подход позволил получить первый в известной литературе вариант принципа максимума Понтрягина для указанного класса задач. В линейной по состоянию задаче результат обобщается на пространство всех знакопеременных мер и может быть усилен: в этом случае получен аналог т.н. позиционного принципа минимума, основанный на точной формуле приращения целевого функционала. Результаты использованы для построения численных методов последовательных монотонных приближений.

9. Условия оптимальности для импульсных процессов, управляемых системами с мерой и системами с гистерезисными нелинейностями

Автор: к.ф.-м.н. Самсонок О.Н.

Протестированы на примерах полученные ранее условия оптимальности для задачи оптимального управления с управлением типа меры при наличии гистерезисной нелинейности, моделируемой play-оператором. Эта задача является релаксационным расширением вырожденной задачи:

$$J_0 = \int_a^b (f_0(t, x(t), y(t)) + \|v(t)\|) dt \rightarrow \inf$$

при ограничениях

$$\dot{x} = f(t, x, y) + G(t, x)v, \quad x(a) = x_0, \quad q = Ax,$$

$$\dot{y} \in \partial I_{[-r, r]}(q - y), \quad y(a) = y_0, \quad v(t) \in K \quad \text{при п.вс. } t \in T.$$

Здесь $T = [a, b]$, K – замкнутый выпуклый конус в $\mathbb{R}^m$, A – матрица $(1 \times n)$,

$$\|v\| = \sum_{j=1}^m |v_j|, \quad Ax_0 - y_0 \in [-r, r], \quad v \in L_\infty(T, \mathbb{R}^m), \quad x \in W^{1,1}(T, \mathbb{R}^n), \quad y \in W^{1,1}(T, \mathbb{R})$$

$I_{[-r, r]}$ – индикаторная функция отрезка $[-r, r]$.

Особенность рассматриваемой задачи состоит в неоднозначной реакции управляемой системы на управляющую борелевскую меру. Поэтому в качестве управлений рассматриваются отдельные пополнения графиков для функций ограниченной вариации,



порождающих меры. Так на рис. 1. изображены два решения системы с гистерезисной нелинейностью, моделируемой play-оператором (т.н. процесс выметания):

$$dx_1 = -y_2 dt, \quad x_1(0) = 0, \quad dx_2 = x_1 dw + y_1 dt, \quad x_2(0) = 0, \\ -\dot{y}(t) \in N_{C(t, x(t))}(y(t)), \quad y(0) = (0, 0.5), \quad T = [0, 5],$$

$$C(t, x(t)) := \{z \in \mathbb{R}^2 \mid 4(z_1 - x_1(t))^2 + (z_2 - x_2(t))^2 \geq 1\}.$$

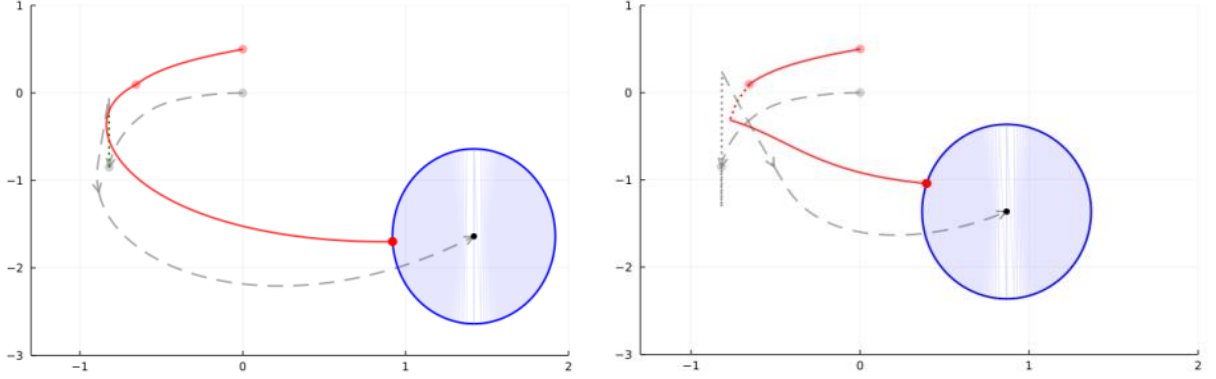


Рисунок 1. Решения для двух разных пополнений графиков управления $dw = 0.5dt - \delta(t - 2)$

Для иллюстрации условий оптимальности рассмотрена задача, являющаяся модификацией задачи оптимального управления процессом добычи возобновляемого биоресурса. Она описывается следующими соотношениями:

$$\int_0^T e^{-\rho t} (pby(t)x(t) - cy(t) - dv(t))dt \rightarrow \sup$$

$$\dot{x}(t) = kx(t)\left(1 - \frac{x(t)}{R}\right) - by(t)x(t), \quad x(0) = x_0,$$

$$\dot{K}(t) = -\gamma K(t) + v(t), \quad K(0) = K_0, \quad y(0) = K_0,$$

$$\dot{y}(t) \in \partial I_{[0, M]}(K(t) - y(t)) \quad \text{или} \quad \begin{aligned} \dot{y}(t)(z - K(t) + y(t)) &\geq 0 \quad \forall z \in [0, M] \\ -\dot{y}(t) &\in N_{C(t)}(y(t)) \end{aligned}$$

Здесь T – горизонт планирования, $x(t)$ – объемы биоресурса в момент времени t , $y(t)$ – объем основного капитала $K(t)$, направленный на добычу биоресурса в момент времени t , $v(t) \geq 0$ – текущие инвестиции в основной капитал; разность $K(t) - y(t)$ интерпретируется как запас, M – наибольший размер запаса, $C = [K - M, K]$. Цель управления состоит в выборе стратегии инвестирования в основной капитал (v), при которой суммарная дисконтированная прибыль будет наибольшей. Эта задача является вырожденной: в общем случае в ней не существует оптимальное решение с абсолютно непрерывной траекторией и управлением $v \in L^\infty([0, T], \mathbb{R})$. При этом релаксационное расширение этой задачи приводит нас к задаче оптимального управления процессом выметания вида:

$$J(\mu) = P(T) \rightarrow \max,$$

$$\dot{x}(t) = kx(t)\left(1 - \frac{x(t)}{R}\right) - by(t)x(t), \quad x(0) = x_0, \quad dK(t) = -\gamma K(t)dt + \mu(dt), \quad K(0-) = K_0,$$

$$dP(t) = e^{-\rho t} (pby(t)x(t) - cy(t))dt - de^{-\rho t} \mu(t), \quad P(0-) = 0,$$

где управление μ – неотрицательная борелевская мера на $[0, T]$, а функция $y(\cdot)$ удовлетворяет интегральному вариационному неравенству:



$$\int_0^T (\zeta(t) - K(t) + y(t)) dy(t) \geq 0 \quad \forall \zeta \in BV_r([0, T]; [0, M])$$

$$K(t) - y(t) \in [0, M] \text{ при всех } t \in [0, T], \quad y(0) = K_0.$$

Для этой задачи выполняются условия существования оптимального решения с траекторией ограниченной вариации и импульсным управлением (эти условия были получены ранее при выполнении данного проекта). Заметим, что оптимальная разрывная траектория поточно аппроксимируется последовательностью решений исходной системы, и для построения такой последовательности достаточно знать оптимальное импульсное управление. На рис. 2 представлены графики оптимального решения с магистральным участком.

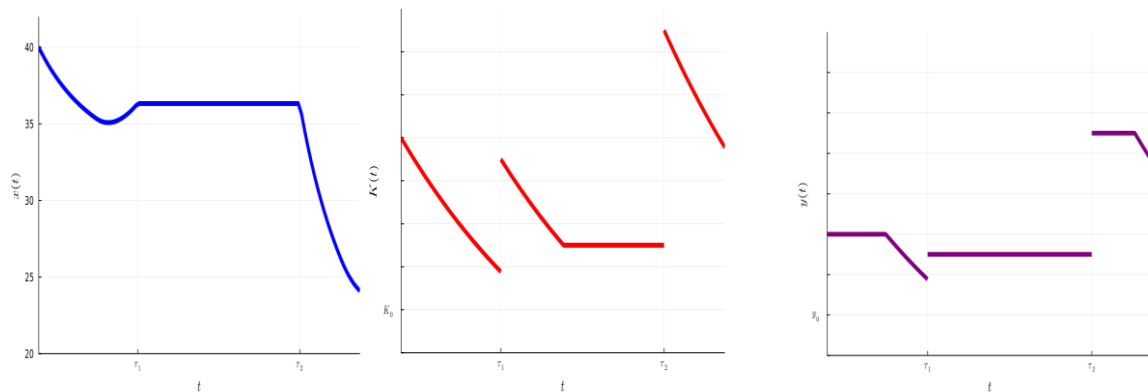


Рисунок 2. Графики оптимальных функций $x(t)$, $y(t)$, $K(t)$.

10. Нелокальная технология решения нелинейной задачи оптимального цифрового управления

Авторы: к.ф.-м.н. Аникин А.С., д.т.н. Горнов А.Ю., к.т.н. Зароднюк Т.С.

Разработана вычислительная технология решения нелинейной задачи оптимального цифрового управления. Управляемый процесс описывается на интервале времени $t \in [t_0, t_1]$ системой $\frac{dx}{dt} = f(x, u, t)$ с начальными условиями $x(t_0) = x_0$. Сетка дискретизации системы $t_0 = \tau_1 < \tau_2 < \dots < \tau_M = t_1$ задается априори и считается фиксированной. В отличие от классической постановки задачи управление может принимать в каждый момент времени только одно значение из конечного набора вариантов: $u(t) \in \{1, \dots, v\}$. Задача заключается в поиске цифрового управления, доставляющего минимум критерию качества, выраженного в виде терминального функционала $I(u) = \varphi(x(t_1))$.

Предложенная технология основана на нелокальном поисковом алгоритме и опирается на построение редукции исходной задачи к дискретной конечномерной экстремальной постановке. В редуцированной задаче число переменных равно числу интервалов дискретизации сетки по времени $N = M$. Для решения этой невыпуклой, в общем случае, задачи реализована модификация безградиентного алгоритма Q-поиска, основанного на систематическом применении оператора округления.

Приведем результаты применения разработанной нелокальной технологии при решении модельной задачи из области электроэнергетики):

$$\dot{x}_1 = x_2 + \alpha_1 \sin x_1 + u_1, \quad \dot{x}_2 = \alpha_2 x_1 \cos x_2 u_1,$$

$$t \in [0, 1], \quad x(0) = (0, 0), \quad |u_1| \leq 7,$$

$$I(u) = x_2(1) \rightarrow \min.$$

Результаты численного решения представлены на рисунке 3.

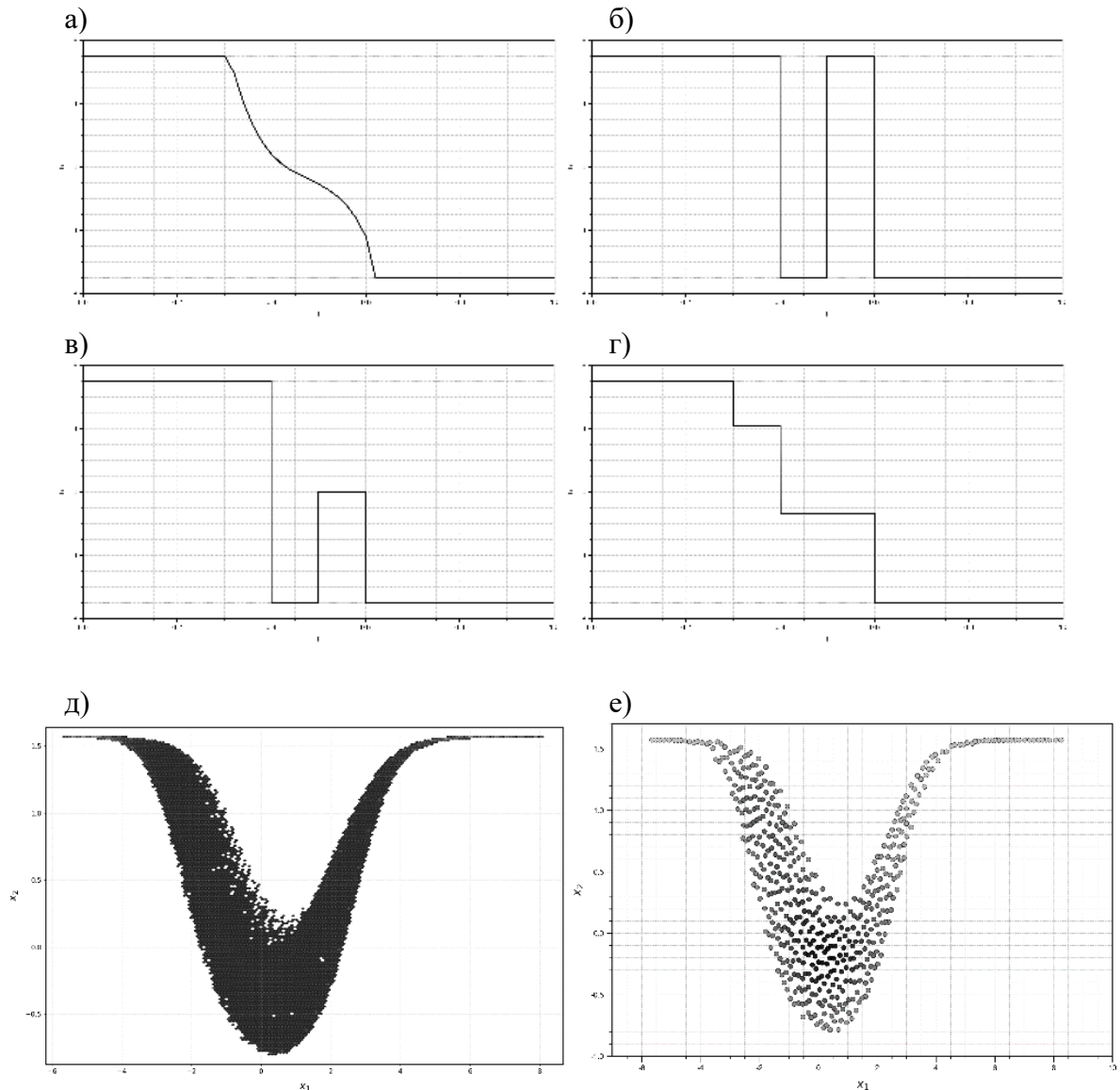


Рисунок 3. Модель из области электроэнергетики: а) классическое, б) релейное, в) цифровое с тремя и г) пятью уровнями управления, д) стохастическая и е) квазиравномерная аппроксимация множества достижимости

В данном примере достаточно всего четырех–пяти уровней цифрового управления для того, чтобы получить результат, близкий к непрерывному оптимальному управлению. При этом практическая реализация цифрового управления в реальной системе может оказать несравненно проще и надежнее.

11. Комбинированный алгоритм нелокальной оптимизации на основе методов генетического поиска и роя частиц

Авторы: к.т.н. Сороковиков П.С., д.т.н. Горнов А.Ю.

Разработан новый комбинированный алгоритм нелокального поиска, синергетический объединяющий элементы генетического алгоритма (Genetic Algorithm, GA) и метода роя частиц (Particle Swarm Optimization, PSO). Алгоритм интегрирует операторы селекции, скрещивания и мутации с механизмом движения частиц, учитывающим личный и коллективный опыт. Генетические операторы обеспечивают глобальное исследование пространства поиска и поддержание популяционного



разнообразия, предотвращая преждевременную сходимость. Механизм роевого интеллекта способствует целенаправленной эксплуатации перспективных областей, найденных в процессе эволюции.

Алгоритм предназначен для решения задач поиска глобального минимума вида:

$$\min f(\mathbf{x}), \quad \mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T \in R^n, \\ \alpha \leq \mathbf{x} \leq \beta,$$

где $f(\mathbf{x})$ – невыпуклая целевая функция, n – размерность вектора переменных $\mathbf{x}$, $\alpha, \beta \in R^n$ – векторы нижних и верхних границ, определяющие область поиска X :

$$X = \{\mathbf{x} \in R^n : \alpha_i \leq x_i \leq \beta_i, i = 1, \dots, n\}.$$

Предложенный алгоритм GA-PSO реализован на языке C (GCC \ MinGW) и исследован на наборе невыпуклых тестовых задач. Тестирование выполнялось в сравнении с алгоритмами GA, PSO и методом дифференциальной эволюции (Differential Evolution, DE). В силу стохастичности алгоритмов, они запускались 100 раз из равномерно распределенных популяций из 10 особей. Критерием остановки являлось превышение 10^4 вызовов оракула нулевого порядка.

На рисунке 4 в виде графиков сходимости представлены усредненные результаты запусков алгоритмов. По оси абсцисс отложено число вызовов оракула, по оси ординат – усредненное по популяции значение функции. Для численного исследования эффективности алгоритмов использовались нижеприведенные тестовые функции 100 переменных.

1. Функция Растригина (Rastrigin):

$$f(\mathbf{x}) = 10 \cdot n + \sum_{i=1}^n [x_i^2 - 10 \cdot \cos(2\pi x_i)], \quad \mathbf{x} \in [-5.12, 5.12]^n.$$

2. Функция Саломона (Salomon):

$$f(\mathbf{x}) = 1 - \cos\left(2\pi \sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2}\right) + 0.1 \sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2}, \quad \mathbf{x} \in [-100, 100]^n.$$

3. Функция Гриванка (Griewank):

$$f(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n \frac{x_i^2}{4000} - \prod_{i=1}^n \cos\left(\frac{x_i}{\sqrt{i}}\right) + 1, \quad \mathbf{x} \in [-600, 600]^n.$$

4. Функция Розенброка (Rosenbrock):

$$f(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^{n-1} [100 \cdot (x_{i+1} - x_i^2)^2 + (x_i - 1)^2], \quad \mathbf{x} \in [-2.048, 2.048]^n.$$

На указанных тестовых задачах алгоритм GA-PSO продемонстрировал более высокую эффективность в сравнении с GA, PSO и DE. Проведенные экспериментальные исследования свидетельствуют о перспективности разработанного алгоритма для решения задач невыпуклой оптимизации.

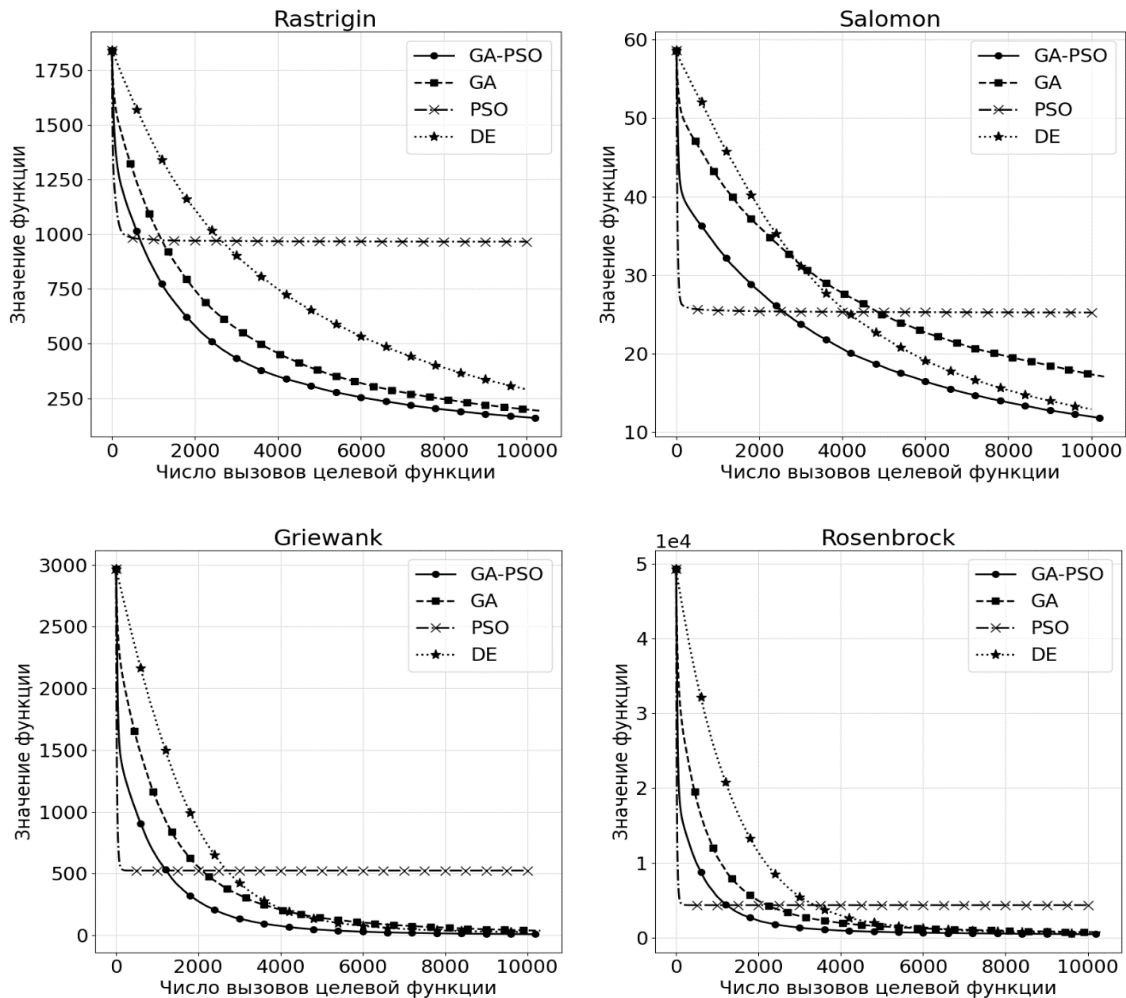


Рисунок 4. Результаты запусков алгоритмов для семейства рассмотренных задач глобальной оптимизации

12. Построение точных решений дифференциальных уравнений и систем с частными производными, содержащих оператор Монжа-Ампера

Автор: к.ф.-м.н. Косов А.А.

Для широкого класса нелинейных потенциальных механических систем с потенциалом и кинетической энергией специального вида предложен способ выбора управляющих гироскопических сил, обеспечивающих стабилизацию неустойчивого положения равновесия. Дана конструктивная оценка параметра при матрицах гироскопических сил, характеризующего интенсивность управляющих сил, гарантирующих стабилизацию равновесия в замкнутой системе. Гироскопические силы не совершают работы, поэтому предложенный способ стабилизации оптимален по энергозатратам на управление. Получены условия устойчивости положений равновесия и перманентных вращений гиростата при условиях Горячева-Сретенского в особом случае нелинейного потенциала, производная которого имеет вещественные корни с модулем не более единицы. Выделены такие положения равновесия, для которых возможна стабилизация за счет управляющего момента, создаваемого гироскопическими силами.



13. Необходимые и достаточные условия дифференциального представления нелинейно-осциллирующей интегративной активности локальной нейрорпопуляции

Автор: д.ф.-м.н. Русанов В.А.

Установлены необходимые и достаточные условия дифференциального представления нелинейно-осциллирующей интегративной активности локальной нейрорпопуляции в конструкциях уравнений многомерной неавтономной билинейной эволюционной динамической системы второго порядка с запаздыванием. Полученные результаты имеют приложение в нелинейном прецизионном моделировании многомерных дифференциальных уравнений нелинейной нейродинамики, составляя математическую основу динамического анализа поведения локальных нейрорпопуляций.

14. Моделирование пропагатора кварка с конфайнментом

Автор: д.ф.-м.н. Раджабов А.Е.

Были проведены исследование по построению кварковых моделей в среде при ненулевой температуре и плотности барионов. Ключевым элементом построенной модели является учёт конфайнмента кварков в адронной фазе ядерной материи и переход к кварковым степеням свободы после фазового перехода деконфайнмента. Векторная часть пропагатора кварка в адронной фазе представляет собой целую функцию, а массовая функция кварка имеет разрывы в комплексной плоскости. Предложен способ построения кваркового пропагатора в фазе конфайнмента на основе использования обратного преобразования Лапласа для импульсной функции и модификации соответствующего оригинала. Для согласования уравнения щели в адронной и кварковой фазах предложено изменять эффективную константу четырех-кваркового взаимодействия.

На рисунке 5 показана модификация пропагатора: на определенном масштабе оригинал обрезается (черная линия). Проведено сравнение с полученными ранее простейшими приближениями (синяя штрихпунктирная линия) и феноменологическим вариантом других авторов на основе уравнений Дайсона-Швингера (красная штриховая линия).

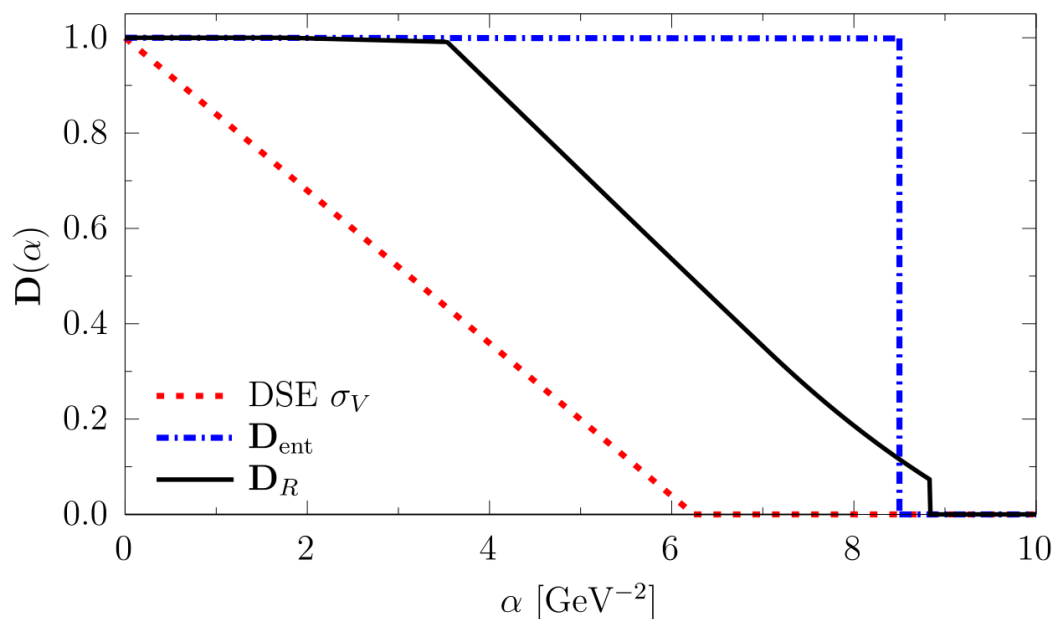


Рисунок 5. Моделирование пропагатора.



15. Решения задачи об инициировании диффузионной волны для квазилинейной параболической системы

Автор: д.ф.-м.н. Казаков А.Л.

Построены и исследованы решения задачи об инициировании диффузионной волны для системы двух вырождающихся нелинейных параболических уравнений общего вида. Под диффузионными волнами для нелинейных параболических уравнений и систем понимают решения, которые описывают возмущения, распространяющиеся по покоящемуся (нулевому) фону с конечной скоростью. Для рассматриваемой задачи доказана новая теорема о существовании четырех различных аналитических решений. Предложен оригинальный численный метод, позволивший впервые решить задачу для случая разнонаправленного движения нулевых фронтов. В явном виде построено точное решение. Проведен вычислительный эксперимент. На рисунке 6 показаны графики точного решения (сплошные линии) и результаты расчетов (точки) в разные моменты времени. Можно видеть хорошее соответствие точного и приближенного решений.

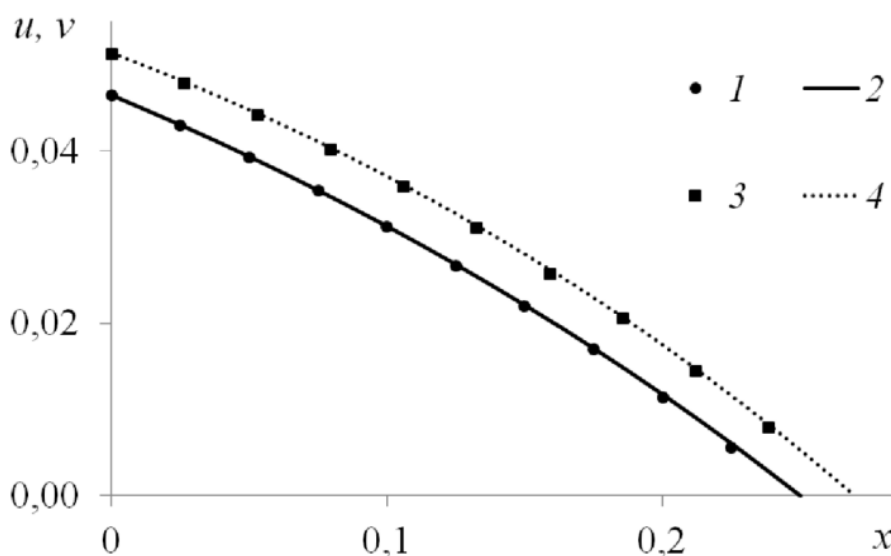


Рисунок 6.

16. Алгоритмы построения точных и приближенных решений задачи о движении биологической волны в одной модели хемотаксиса

Автор: к.ф.-м.н. Кузнецов П.А.

Исследована задача о движении биологической волны в одной модели хемотаксиса. Для граничной задачи доказана теорема существования и единственности аналитического решения, представлены конструктивные формулы рядов, позволяющие строить приближенные решения вблизи фронта волны. Получены точные решения в виде бегущей волны, иллюстрирующие действие теоремы (рисунки 7-8). Проведено сравнение приближенных решений (отрезки рядов) с точным (рисунки 9 – 10).

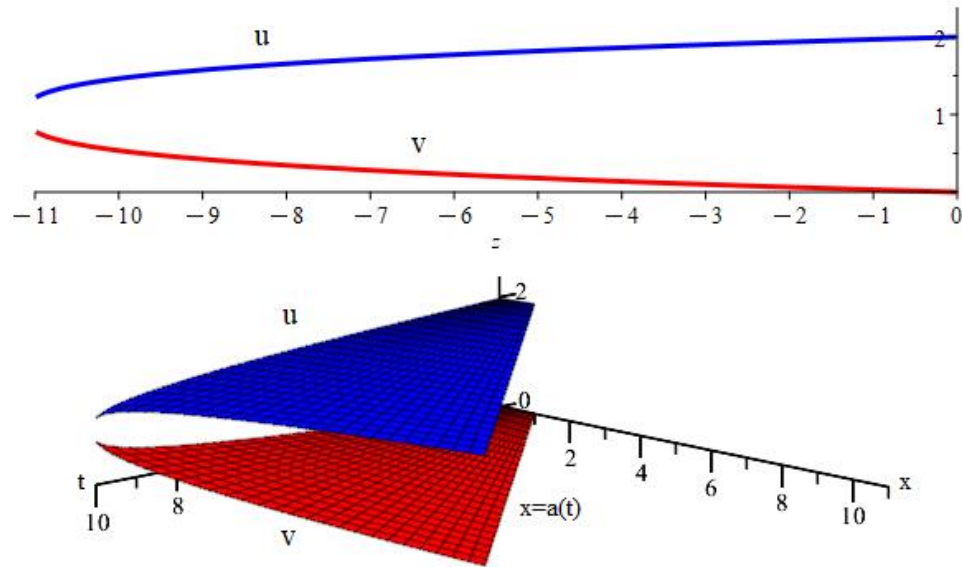


Рисунок 7. Точное решение (радикалы 3-ей степени)

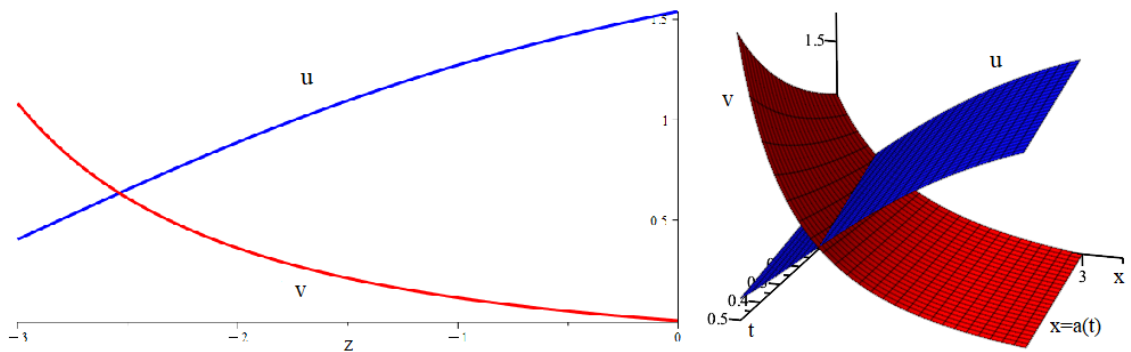


Рисунок 8. Точное решение (квадратуры экспоненциального типа)

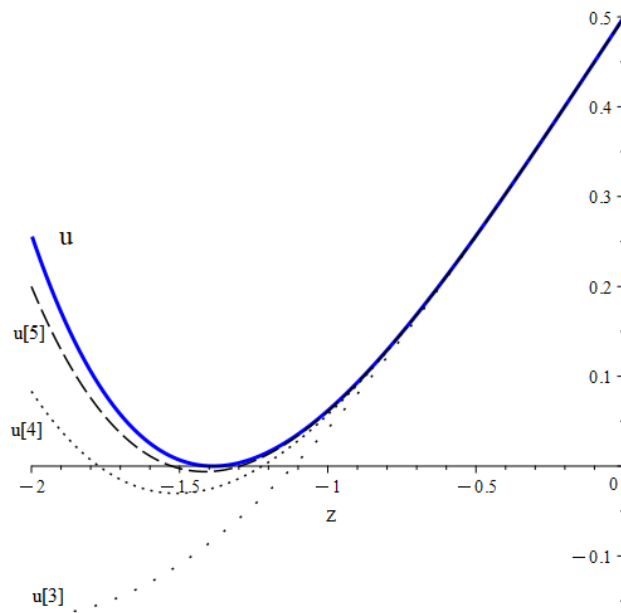


Рисунок 9. Сравнение точного и приближенных решений (функция u)

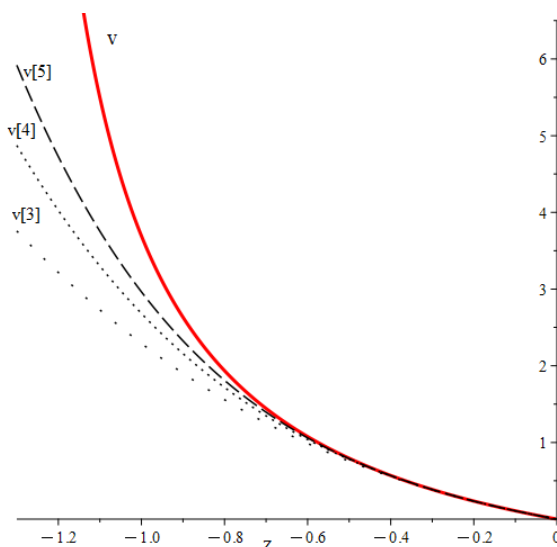


Рисунок. 10. Сравнение точного и приближенных решений (функция v)

17. Новый метод решения задач двухуровневой оптимизации с гарантированным решением

Автор: д.ф.-м.н. Стрекаловский А.С.

Предложен и обоснован новый оригинальный подход к поиску глобальных решений в задаче двухуровневой оптимизации, где каждый уровень иерархии имеет свою цель. Исследована усложненная гарантированная (пессимистическая) постановка задачи, когда нижний уровень препятствует верхнему уровню в достижении его цели. Эта постановка сводится к семейству двухуровневых задач в оптимистической постановке с возмущенными задачами нижнего уровня и доказывается сходимость оптимальных значений последних к оптимальному значению «гарантированной» задачи. Для квадратично-линейной двухуровневой задачи осуществляется последовательное сведение к серии невыпуклых одноуровневых задач оптимизации с использованием методов точного штрафа. Для редуцированной задачи разработан метод решения, основанный на Теории глобального поиска. Тестирование разработанного подхода на специально сконструированных двухуровневых задачах оптимизации рекордной размерности подтвердило уникальность и высокую эффективность разработанной методики в отыскании именно глобального гарантированного решения двухуровневых задач оптимизации и возможность ее применения для решения прикладных задач с иерархией.



Рисунок 11. Иллюстрация иерархической структуры



18. Математическая модель работы универсального морского порта

Автор: к.т.н. Жарков М.Л.

Предложена математическая модель работы универсального морского порта (УМП), который предназначен для обработки различных типов грузов: генеральных, насыпных, навалочных. Их особенностью является смена технологии погрузки/разгрузки судов в зависимости от типа обрабатываемого товара. В таких системах, как правило, имеются специализированные причалы, предназначенные для обработки определенного типа груза, а также универсальные – для всех типов. В случае, когда специализированный причал занят судно направляется на универсальный, т.е. выбирается альтернативный маршрут движения грузов в системе.

Для учета представленных особенностей УМП применяется нестационарная СеМО, в которой: интенсивность входящих потоков заявок, число работающих каналов и их параметров обслуживания, вместимость очереди в узлах зависят от времени; допустимо изменение вероятностей переходов заявок между узлами по заданному алгоритму. Такая СеМО относится к классу управляемых систем массового обслуживания.

Параметрическая идентификация математической модели выполнена для УМП Куангнинь, который является одним из крупнейших во Вьетнаме. Модель имеет вид нестационарной СеМО, включающей 19 узлов и 3 неординарных потока заявок, часть из которых нестационарные. Схема СеМО представлена на рисунке 12, где круги – узлы, веса – ненулевые вероятности переходов между ними. Переменные a , b , c и d принимают значения в зависимости от заполненности Узлов 9 и 15. На основе результатов численного исследования СеМО установлены текущая и максимальная загрузка объекта, выявлены узкие места в его структуре и даны рекомендации по повышению производительности.

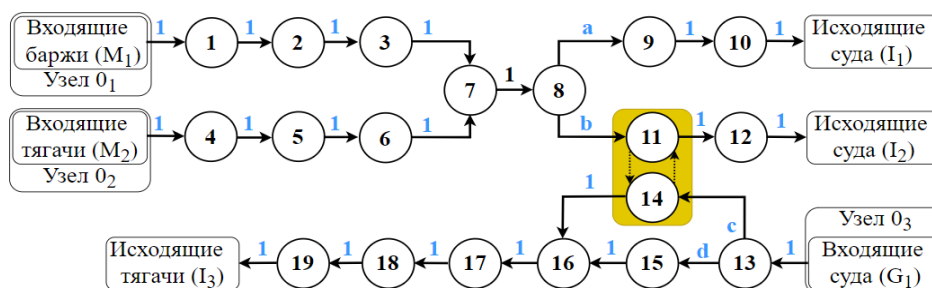


Рисунок 12. Схема СеМО работы универсального морского порта Куангнинь

19. Адаптивный алгоритм генерации SAT разбиений для формул, построенных по булевым схемам

Авторы: Кондратьев В.С., Грибанова И.А., к.т.н. Семёнов А.А.

В контексте проблемы решения трудных примеров задачи булевой выполнимости (SAT) в распределенных средах в 2025 году был предложен и исследован алгоритм динамического подбора параметров разбиения (SAT Partitioning) для трудных примеров SAT, кодирующих задачи проверки эквивалентности булевых схем (LEC). Алгоритм основывался на конструкции т.н. интервальных разбиений (interval partitioning), предложенной ранее А.А. Семёновым, К.И. Чухаревым и С.Е. Кочемазовым. Базовая идея таких разбиений заключается в кодировании в КНФ принадлежности натурального числа некоторому целочисленному интервалу. Соответствующая кодировка строится за счет преобразования в КНФ псевдобулевых ограничений специального вида. В итоге пространство поиска представляется в виде множества непересекающихся интервалов, которых обычно существенно меньше, чем тривиальная комбинаторная размерность задачи. Для некоторых интервалов SAT решателю удастся доказать, что они не могут



содержать решения исходной задачи. Такие интервалы исключаются из рассмотрения, а сложные интервалы – для которых решатель не может найти решение или доказать, что решений в данном интервале нет, могут быть разбиты на интервалы меньшей мощности, называемые подинтервалами. Возможность итеративного разбиения на подинтервалы обеспечивает гибкую управляемость сложностью подзадач и позволяет эффективно распределять вычислительную нагрузку в параллельной среде. С использованием разработанного алгоритма были решены экстремально трудные примеры, относящиеся к задаче проверки эквивалентности булевых схем (Logical Equivalence Checking, LEC). Также, используя данный алгоритм, удалось эффективно решить задачу обращения некоторых значений функций MD4-40, MD4-41, MD4-42, MD4-43, являющихся ослабленными вариантами функции сжатия известного алгоритма криптографического хеширования MD4. Все вычислительные эксперименты проводились на кластере ИДСТУ СО РАН «Академик В.М. Матросов».

20. Инструментальные средства автоматизации проведения вычислительных экспериментов

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

Разработаны средства автоматизации проведения вычислительных экспериментов с построением композитных сервисов для качественного анализа динамических свойств логических сетей путем применения нового инструмента метода булевых ограничений – пропозициональной модели динамики логической сети, в которой первичным отношением между состояниями является импликация. Доказательство выполнимости динамического свойства, представленного в виде булевой формулы, сводится к доказательству того, что эта формула является логическим следствием импликационной модели логической сети. Разработана технология построения композитного сервиса, автоматизирующего все этапы решения этой задачи. Предложенная модель позволяет проверить свойства достижимости, устойчивости и управляемости в логической сети независимо от длины траекторий, связывающих исходное и целевое множества состояний, за полиномиальное время.

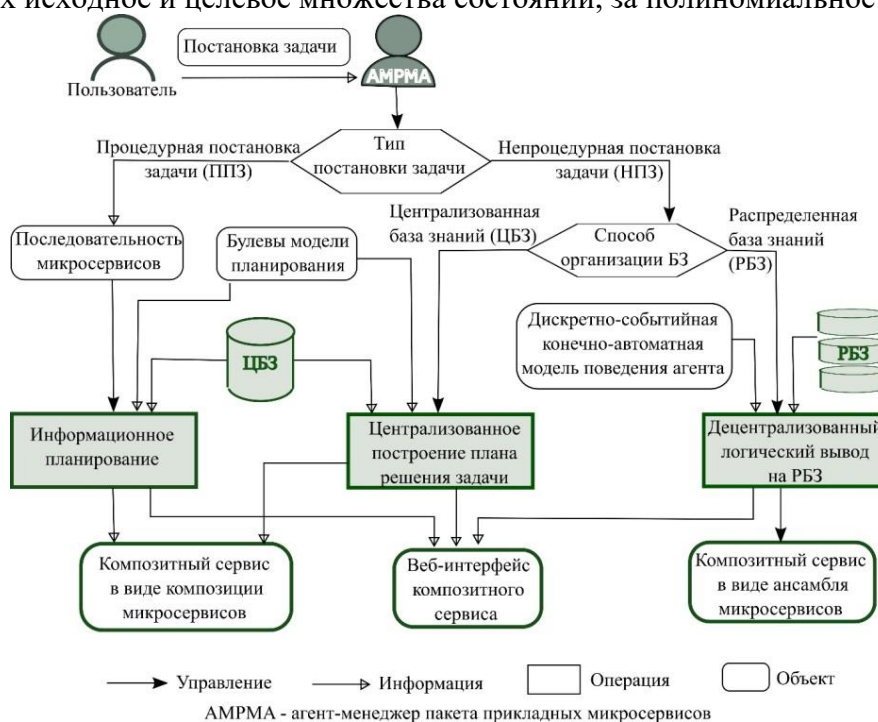


Рисунок 13. Технологическая схема построения композитного сервиса



21. Технология разработки и применения сервис-ориентированных приложений и управления ими в недетерминированной гетерогенной распределенной вычислительной среде

Авторы: ак. Бычков И.В., д.т.н. Феоктистов А.Г., Воскобойников М.Л.

Предложена технология разработки сервис-ориентированных приложений и управления ими в недетерминированной гетерогенной распределенной вычислительной среде. Она успешно апробирована в процессе создания приложений для решения ряда важных задач исследования энергетических комплексов. Улучшение управления вычислениями в сравнении с известными технологиями подобного назначения достигается за счет комплексного проведения интеграции программного обеспечения (ПО), тестирования ПО на испытательных стендах, анализа данных, учета характеристик ПО и узлов среды, контейнеризации ПО, конкретизации расписаний выполнения заданий и механизмов передачи данных между узлами, используемых системами их управления.

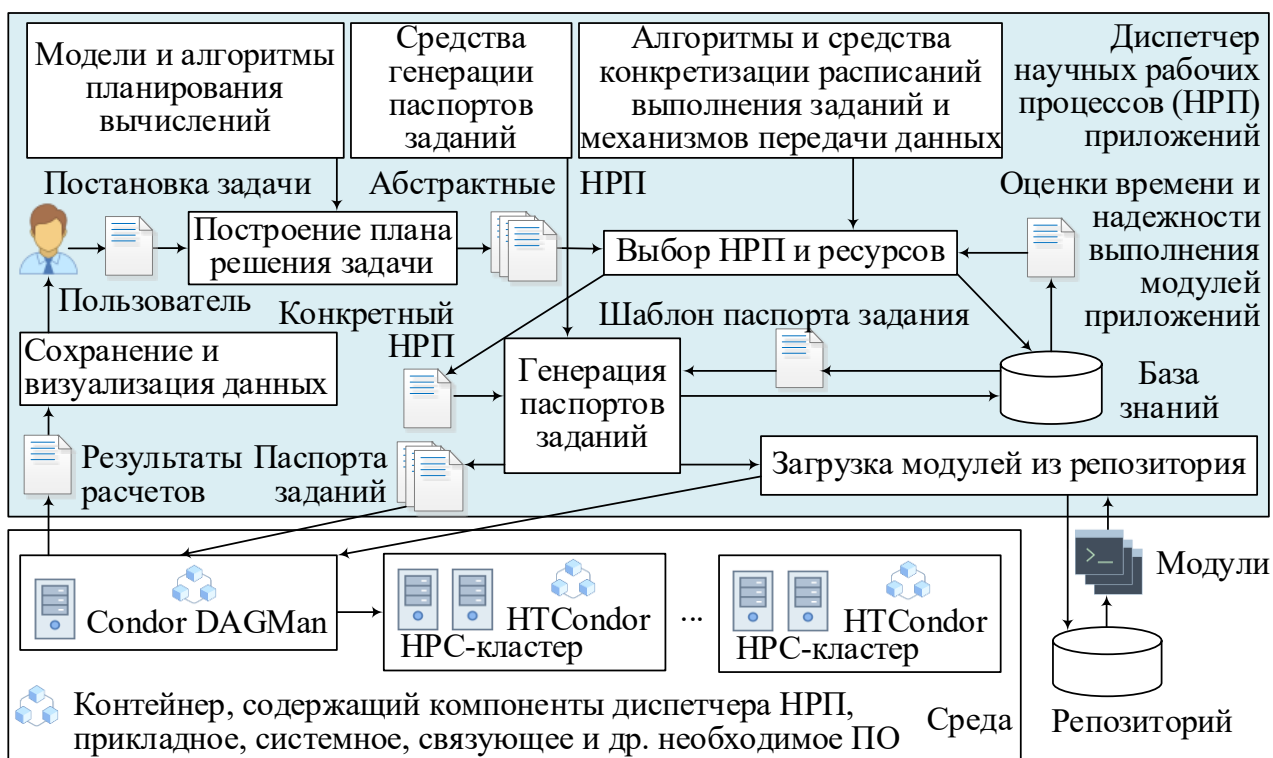


Рисунок 14. Схема управления приложениями в недетерминированной гетерогенной распределенной вычислительной среде с системами управления Condor DAGMan и HT Condor

22. Графовая нейронная сеть для сегментации структуры документов на основе слов

Авторы: Копылов Д.Е., к.т.н. Михайлов А.А., Трифонов Р.И.

Разработан новый метод анализа структуры (макета) PDF-документов с использованием графовых нейронных сетей (Graph Neural Networks). Ключевая новизна заключается в том, что элементарными строительными блоками для анализа выбраны отдельные слова, а не строки или целые блоки текста, как в большинстве существующих подходов. Каждое слово документа представляется как узел в графе, а связи (ребра) между словами устанавливаются на основе их пространственного расположения на странице. Такое представление позволяет модели более гибко и точно выявлять логические регионы



документа, такие как абзацы, заголовки, списки и таблицы, даже в документах со сложным или нестандартным форматированием. Работа выявила и систематизировала фундаментальные проблемы в области анализа макетов, такие как «мосты» (ложные связи между разными регионами) и «цепные связи» (каскадное распространение ошибок), которые ранее не были явно описаны. Это открывает новые направления для научных изысканий, включая разработку методов регуляризации и новых метрик оценки качества, учитывающих не только геометрию, но и семантику регионов.

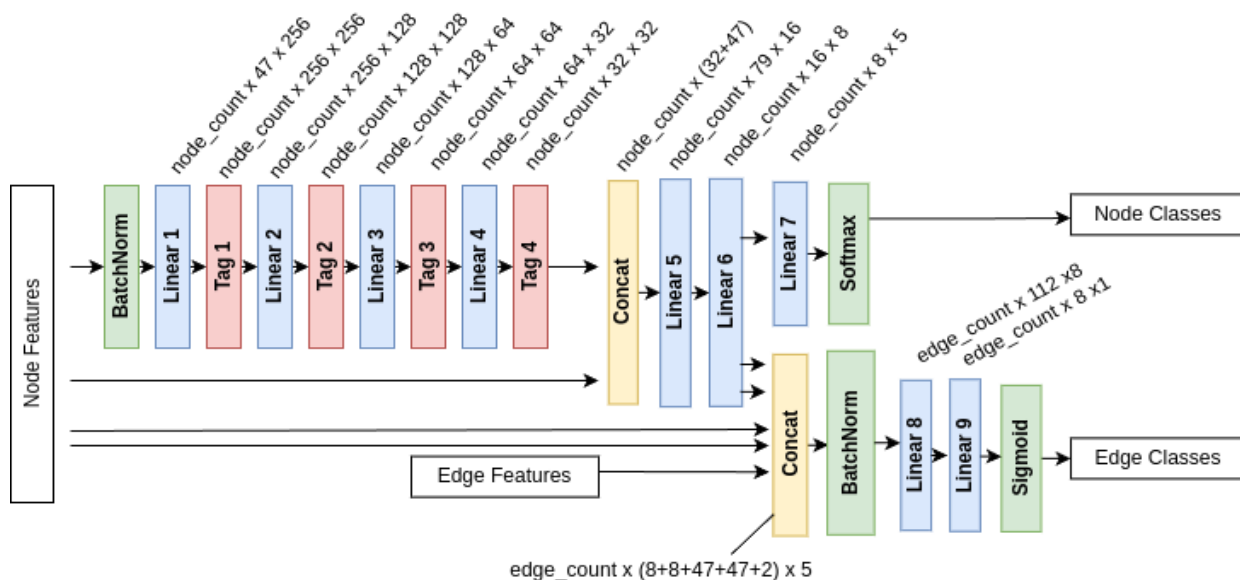


Рисунок 15. Архитектура WordGLAM

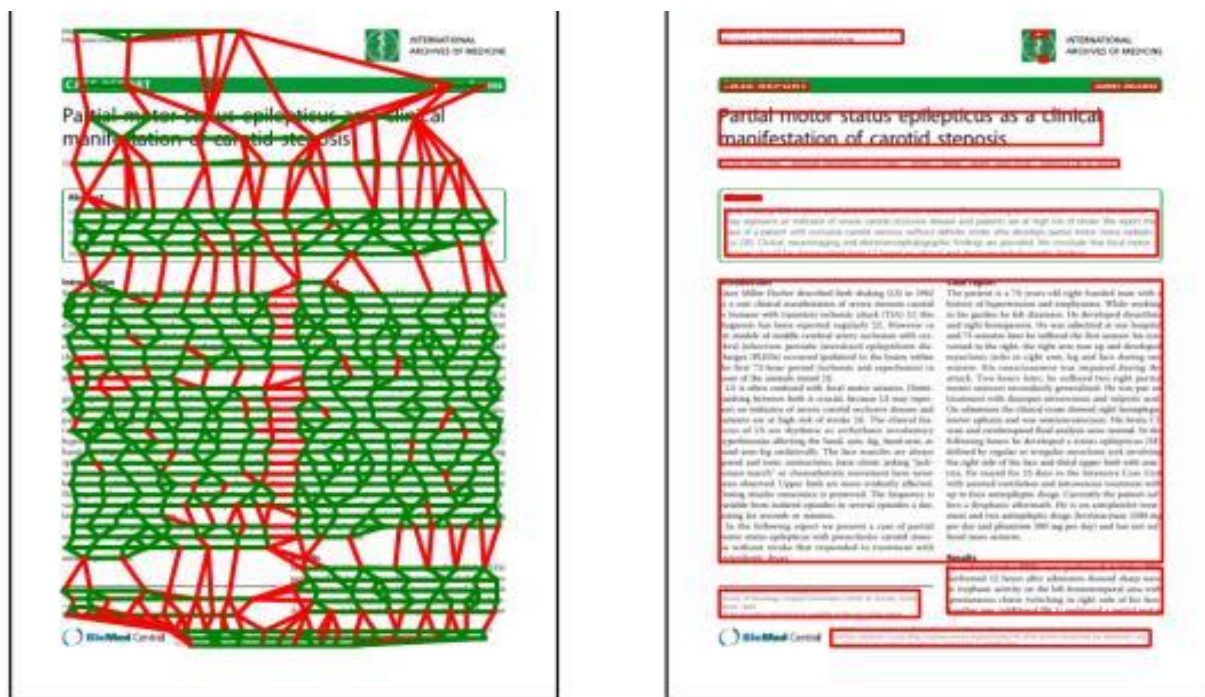


Рисунок 16. Пример работы WordGLAM



23. Метод обработки последовательности снимков на основе LSTM для классификации данных SENTINEL-2.

Авторы: ак. Бычков И.В., д.т.н. Фёдоров Р.К., к.т.н. Авраменко Ю.В.,
к.т.н. Попова А.К.

Разработан метод классификации данных Sentinel-2, обрабатывающий упорядоченную по времени последовательность снимков, что позволяет учитывать сезонные изменения, различать близкие по спектру классы и их состояния. Для обеспечения устойчивой работы метода в условиях высокой облачности созданы алгоритмы, которые формируют последовательности снимков с учетом облаков, что гарантирует репрезентативность входных данных (рисунок 17). Классификация последовательности снимков проводится с помощью нейронной сети на основе долгой краткосрочной памяти (LSTM) (рисунок 18). Точность расчетов показала, что результаты классификации могут применяться для анализа изменений лесного фонда, оценки влияния изменений климата на ландшафт, анализа динамики застройки, инвентаризации сельхозугодий и т.д.

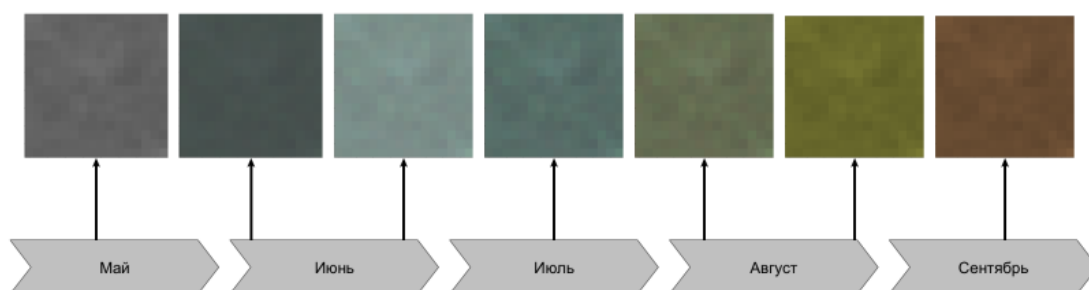


Рисунок 17. Формируемая последовательность снимков

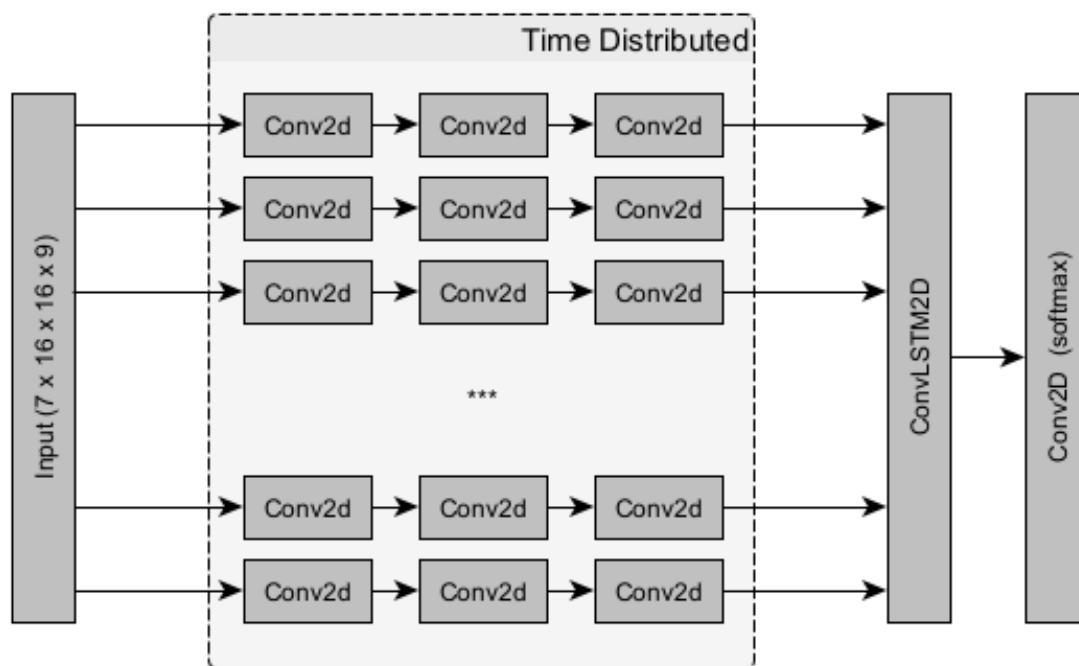


Рисунок 18. Архитектура нейронной сети



24. Модифицированная модельно-ориентированная методология прототипирования декларативных баз знаний

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

Произведены модификация и применение специализации модельно-ориентированной методологии для прототипирования декларативных баз знаний диагностических экспертных систем и ее инструментария в форме проблемно-ориентированной программы-оболочки. Особенностью модифицированной методологии является использование: онтологических шаблонов в совокупности с диаграммами деревьев событий и переходов состояний для визуального моделирования сценариев работ; специализированных таблиц решений для представления и хранения знаний о ключевых понятиях предметной области и их зависимостях. Применение алгоритмического и программного обеспечения, реализующего методологию, осуществлялось на примере диагностирования систем самолетов Сухой Суперджет (RRJ-95) и Cessna (182T). Предлагаемая методология может быть использована в различных областях для построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений, обеспечивающих высокую достоверность рекомендаций за счет использования классических методов представления знаний в совокупности с поддержкой визуального программирования причинно-следственных зависимостей.

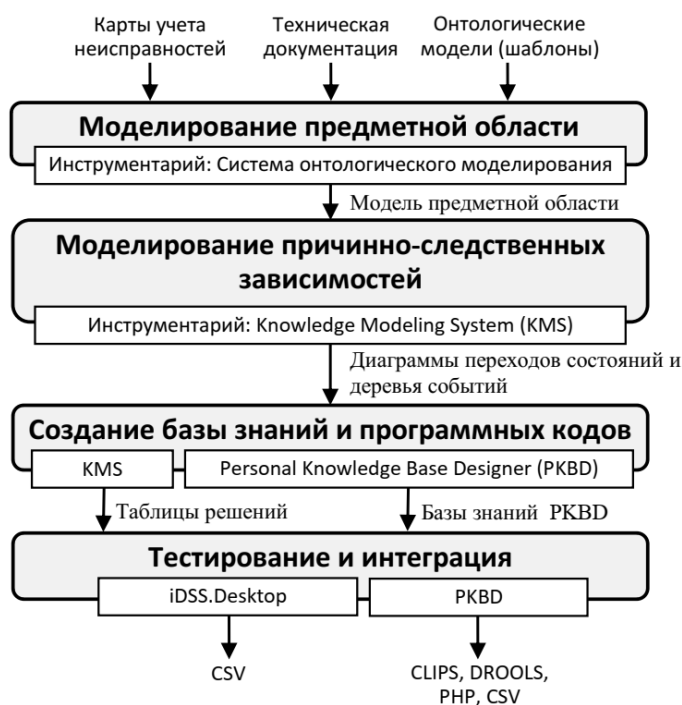


Рисунок 19. Схема модифицированной модельно-ориентированной методологии с указанием основных этапов, их входных и выходных данных, а также инструментальных средств

25. Графическая модель состава и структуры данных и знаний, отражающая процесс деградации объекта

Авторы: д.т.н. Берман А.Ф., д.т.н. Николайчук О.А.

Разработана модель, обеспечивающая информационно-аналитическую основу онтологического представления знаний. Модель позволяет планировать дополнительные испытания для уточнения свойств создаваемых объектов, методов и средств прогнозирования и диагностирования для предотвращения катастрофических отказов вследствие возможных неопределенностей. Представлен концептуальный эвристический



алгоритм использования моделей для прогнозирования деградационных процессов. Обоснованы дополнительные понятия и классификационные признаки, отражающие основные факторы, свойства и события, обуславливающие и сопровождающие этапы изменение свойств и состояний объектов. Совокупность воздействующих факторов, свойств материала и конструкции определена как механизм деградации, обуславливающий события повреждения, неисправности, отказа и соответствующих им состояний объектов. События представлены признаками, а состояния – параметрами. Определены и выявлены данные и знания, соответствующие этим признакам и параметрам. Составлена классификационная табличная модель, отражающая их взаимосвязь.

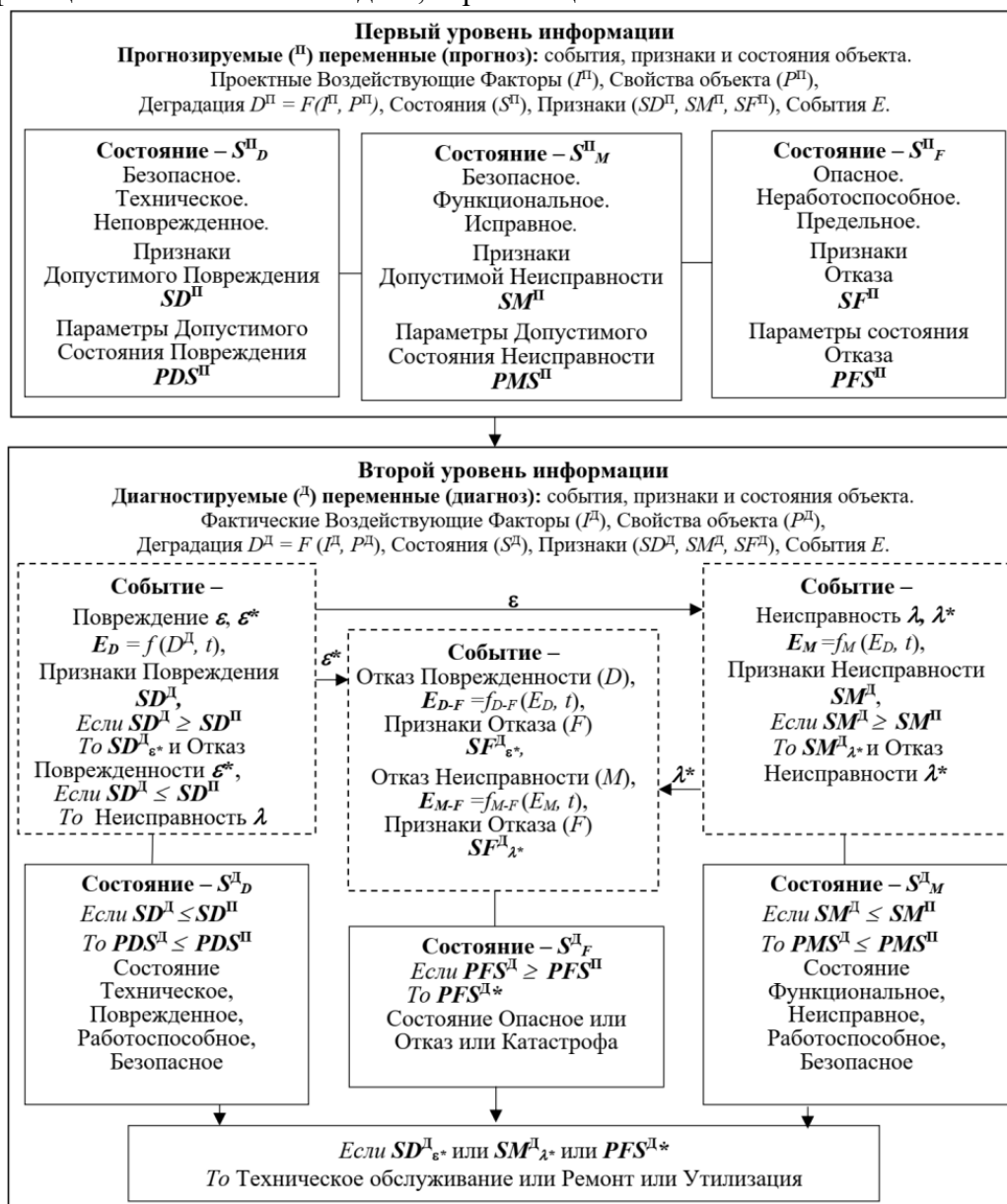


Рисунок 20. Графическая модель деградации объекта: события, признаки и состояния
где ε^* , признаки повреждения, которые не проявляются в виде неисправностей или не
выявляются, то есть приводят к отказу без предвестников; ε , признаки повреждения, которые
проявляются в виде неисправностей λ , являющихся 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



РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОЕКТАМ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАДАНИЯ

В соответствии с Планом НИР и Государственным заданием на 2025 год выполнялись исследования по 8 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. Релаксация в задаче оптимального управления, описываемой связанной системой с максимально монотонными операторами

Изучается задача минимизации интегрального функционала на решениях связанной системы. Система состоит из эволюционного включения в сепарабельном гильбертовом пространстве с максимально монотонными операторами и обыкновенного дифференциального уравнения в сепарабельном банаховом пространстве, содержащего управление. Ограничением на управление является многозначное отображение с замкнутыми невыпуклыми значениями, а интегрант является невыпуклой по управлению функцией. Наряду с исходной задачей рассматривается задача минимизации интегрального функционала с овыпукленным по управлению интегрантом на решениях системы с овыпукленным ограничением на управление (релаксационная задача). Доказаны теоремы существования решения систем. Рассмотрены вопросы аппроксимации как решений овыпукленной системы, так и значений овыпукленного функционала на решениях овыпукленной системы решениями исходной системы и значениями исходного функционала на решениях исходной системы (теорема релаксации). Доказана теорема существования оптимального управления в релаксационной системе.

Автор: д.ф.-м.н. Толстоногов А.А.

2. Наблюдаемость нестационарных дискретных дескрипторных систем

Рассмотрены нестационарные линейные и нелинейные дескрипторные системы наблюдения с дискретным временем в общих предположениях. В линейном случае получены необходимые и достаточные условия полной наблюдаемости на конечном горизонте. Для доказательства критериев наблюдаемости была использована структурная форма, которая эквивалентна исходной системе в смысле решений. Построена соответствующая структурная форма для сопряженной системы, что позволило изучить взаимосвязь между свойствами управляемости и наблюдаемости. При доказательстве теорем двойственности использовались различные определения наблюдаемости и управляемости. Для линейной нестационарной системы с векторной неопределенностью получены условия робастной наблюдаемости. В нелинейном случае получены условия локальной наблюдаемости на конечном горизонте по линейному приближению. При исследовании наблюдаемости нелинейных систем была использована структурная форма, любое решение которой, начинающееся в достаточно малой окрестности нуля, является решением исходной системы, и наоборот. Важным вспомогательным результатом представляются условия локальной наблюдаемости структурной формы по ее линейному приближению.

Автор: д.ф.-м.н. Щеглова А.А.



3. Решение недоопределенных дифференциально-алгебраических уравнений

Исследованы дифференциально-алгебраические уравнения, где число уравнений в системе меньше, чем размерность искомой вектор-функции. Опираясь на классические результаты из теории недоопределенных систем линейных алгебраических уравнений, введено понятие нормального решения для выделенного класса недоопределенных ДАУ. Такое решение является единственным. Для приближенного поиска нормального решения предложен вариант коллокационно-вариационных разностных схем, основанных на решении задачи математического программирования специального типа.

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

4. Неявная разностная схема для решения класса связанных систем переноса в подвижной/неподвижной средах

Предложена неявная разностная схема для решения класса связанных систем переноса в подвижной/неподвижной средах, включающих обобщенные дробные операторы по времени. В данном случае, производная по времени дискретизируется с помощью обратной разностной схемы первого порядка, обобщенная дробная производная аппроксимируется с помощью L_1 дискретизированной формулы, а пространственная производная – с помощью центральной разностной формулы. Основной вклад данной работы заключается в следующем. Во-первых, мы используем энергетический метод для доказательства сходимости и устойчивости неявной разностной схемы в норме L_∞ . Во-вторых, мы рассматриваем два примера и представляем численные результаты, иллюстрирующие эффективность наших теоретических выводов.

Автор: к.ф.-м.н. Тимошин С.А.

5. Прох-регулярный процесс выметания с общим невыпуклым составным возмущением

Рассмотрен процесс выметания с тройным возмущением, определенный в сепарабельном гильбертовом пространстве. Значения движущегося множества являются прокс-регулярными множествами, зависящими от времени и состояния. Возмущение задается суммой трех многозначных отображений, имеющих различные свойства полунепрерывности по переменной состояния. Первое отображение с замкнутыми, возможно, невыпуклыми значениями является полунепрерывным снизу. Второе отображение с замкнутыми выпуклыми значениями имеет слабо секвенциально замкнутый график. Значениями третьего отображения могут быть как выпуклые, так и невыпуклые замкнутые множества. Это отображение имеет замкнутый график в точках, где его значения выпуклы. В точках, где его значение является невыпуклым множеством, отображение является полунепрерывным снизу в некоторых окрестностях этих точек. Обычно последнее отображение называют отображением со смешанными свойствами полунепрерывности. Доказано существование решения для данного процесса выметания. Для этого предложен новый метод, который не связан с алгоритмом catching-up или его модификациями, часто используемыми при доказательствах существования решений для процессов выметания. Мы используем классические подходы, основанные на априорных оценках и теоремах о неподвижной точке для многозначных отображений. Наш результат о существовании является полностью новым и обобщает существующие результаты для рассматриваемого класса процессов выметания с движущимися множествами, зависящими от состояния.

Авторы: д.ф.-м.н. Толстоногов А.А., к.ф.-м.н. Тимошин С.А.

6. Система с двойным управлением, гистерезисом и запаздыванием



Рассмотрена система управления, описываемая обыкновенным дифференциальным уравнением и обыкновенным дифференциальным включением, включающими оператор гистерезиса обобщенного типа (generalized play) и запаздывание по времени в возмущениях. Как уравнение, так и включение являются управляемыми, но с различными типами управления. Управление во включении подчинено выпуклозначному полунепрерывному сверху ограничению на управление, в то время как управление в уравнении — невыпуклозначному полунепрерывному снизу ограничению. Доказано существование решения для данной системы.

Автор: к.ф.-м.н. Тимошин С.А.

7. Исследование линейных эволюционных дифференциально-алгебраических уравнений в частных производных

Рассмотрены линейные эволюционные системы дифференциальных уравнений в частных производных с коэффициентами в виде функций от временной и пространственных переменных. Матрица операторов по пространственным переменным перед старшей производной по времени искомой вектор-функции предполагается вырожденной в определенном смысле. Такие системы принято называть дифференциально-алгебраическими уравнениями (ДАУ) в частных производных. Частным случаем таких ДАУ является набор уравнений в частных производных, обыкновенных дифференциальных уравнений по одной из переменных, и алгебраических уравнений связанных, по крайней мере по части искомых функций. Важнейшей характеристикой, определяющей сложность структуры этих систем уравнений является их индекс. В работе дано определение индекса, как наименьшего порядка дифференциального оператора по временной переменной, разрешающего исходную систему относительно старшей производной по времени. Выделены соответствующие классы ДАУ в частных производных. В связи с этим получены признаки обратимости операторов ДАУ с произвольным числом независимых переменных и указан способ построения обратного оператора в виде дифференциального оператора. Предложен вариант метода наименьших квадратов для численного решения одного класса начально-краевых задач для ДАУ. Функционал невязки выбирается в пространствах Соболева с учетом индекса. Показано, что при выборе координатных функций в виде многочленов численный процесс сходится по функционалу.

Автор: д.ф.-м.н. Чистяков В.Ф., к.ф.-м.н. Чистякова Е.В.

8. Интегро-алгебраические уравнения с особыми точками

В связи с задачами изучения дифференциально-алгебраических уравнений рассмотрены родственные им системы линейных интегральных уравнений Вольтерра с тождественно вырожденной в области определения матрицей при главном члене. Такие системы принято называть в настоящее время интегро-алгебраическими уравнениями (ИАУ). Частным случаем ИАУ являются системы, включающие в себя взаимосвязанные интегральные уравнения Вольтерра первого и второго рода и алгебраические (конечные) уравнения. Введено понятие простой структуры ИАУ и исследуются вопросы разрешимости. В частности, рассматриваются системы при наличии в области определения особых точек. Под особыми точками ИАУ мы неформально понимаем любую точку в области определения, при наличии которой система не имеет решений, теряется единственность и т.д. В ходе исследований формализовано понятие особой точки ИАУ и предложены способы их поиска.

Автор: д.ф.-м.н. Чистяков В.Ф., к.ф.-м.н. Чистякова Е.В.

9. Стабилизируемость дифференциально-алгебраических уравнений с гистерезисом



Рассматривается система обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) с процессом выметания гистерезисного типа (моделируемого play-оператором):

$$A(t)\dot{x}(t) = B(t)x(t) + C(t)y(t) = 0, \quad (9.1)$$

$$-\dot{z}(t) \in N_{Q(t)}(z(t)), \quad z(t) = \dot{y}(t), \quad (9.2)$$

$$x(t_0) = x_0, \quad y(t_0) = y_0, \quad z(t_0) = z_0 \in Q(t_0). \quad (9.3)$$

Здесь $A(t), B(t), C(t) \in R^{n \times n}$ – заданные матрицы, при этом $\det A(t) \equiv 0$, $t \in T = [t_0, t_1]$ – заданный временной интервал; $x(t), y(t) \in R^n$ – неизвестные функции; $Q(t) = x(t) - Z$ – “движущее множество”, где Z – заданное замкнутое подмножество из R^n , а $N_Q(q)$ – нормальный конус к замкнутому выпуклому множеству Q в точке q .

Под решением системы (9.1)–(9.3) будем понимать тройку абсолютно непрерывных $W^{1,1}$ функций $(x(t), y(t), z(t))$, удовлетворяющих (9.1)–(9.3) почти всюду для $t \in T$.

Анализ проводится в предположениях существования структурной формы с разделенными “дифференциальной” и “алгебраической” подсистемами. Эта структурная форма эквивалентна исходной системе в смысле решений, а оператор, преобразующий ДАУ к структурной форме, обладает левым обратным оператором. Нахождение структурной формы является конструктивным и не требует замены переменных. Кроме того, автоматически решается задача согласования начальных данных.

Рассмотрим систему ОДУ, не разрешенную относительно производной

$$A(t)\dot{x}(t) = B(t)x(t) + C(t)f(t) = 0, \quad t \in T \subseteq R,$$

где $A(t), B(t), U(t) \in R^{n \times n}$ – заданные матрицы, причем $\det A(t) \equiv 0$, $f(t)$ – некоторая непрерывная на T функция; $x(t) \in R^n$ – неизвестная функция, описывающая состояние системы. Такие системы принято называть дифференциально-алгебраическими уравнениями.

Для системы (9.1)–(9.3) индекса $r = 1$ и $r = 2$ получены условия стабилизируемости (экспоненциальной устойчивости замкнутой системы).

Автор: к.ф.-м.н. Петренко П.С.

10. Об одном подходе численного решения двумерных дифференциально-алгебраических систем в частных производных

Разработан алгоритм численного решения двумерных (по пространственным переменным) дифференциально-алгебраических систем уравнений в частных производных, основанный на комбинации векторного аддитивного метода и сплайновой аппроксимации производных по пространству, в котором операторное дифференциально-разностное уравнение приводится к нормальной форме, обеспечивающей устойчивость численного процесса. Такой алгоритм имеет точность первого порядка по временной переменной и второго порядка по пространственной переменной. Он предназначен для решения задач, возникающих при описании процессов распространения внутренних волн и колебаний в газожидкостных системах.

Автор: к.ф.-м.н. Свинина С.В.

11. Точная формула приращения функционала задачи оптимального управления обыкновенным дифференциальным уравнением на банаховом пространстве

Рассмотрена нелинейная задача оптимального управления обыкновенным дифференциальным в смысле Бохнера уравнением на банаховом пространстве в классе обычных управлений – измеримых, существенно ограниченных функций времени. Задача имеет классическую форму Майера со свободным правым концом траекторий. Доказано, что приращение целевого функционала такой задачи на любой паре допустимых



управлений допускает точное представление в терминах функции цены опорного процесса – решения линейного транспортного уравнения в частных производных. Сужение этого представления на стандартные классы игольчатых и слабых возмущений управления играет роль вариации функционала «бесконечного порядка». Предложен специальный класс возмущений управления:

$$(u \triangleright_s \bar{u})(t) \doteq \begin{cases} u, & t \in [0, s) \\ \bar{u}, & t \in [s, T], \end{cases} \quad u \in \mathcal{U}.$$

Это класс возмущений вида

$$\bar{u}^\varepsilon = \bar{u}_{str}^\varepsilon \doteq \bar{u} + \mathbf{1}_J (u - \bar{u}), \quad u \in \mathcal{U}, \quad \varepsilon \doteq |J|$$

с множеством $J = [0, s)$, состоящих в переключении с варьирующего управления u на варьируемое $\bar{u}$ в момент времени s .

Авторы: к.ф.-м.н. Погодаев Н.И., к.ф.-м.н. Старицын М.В.

12. Описание обобщенных решений управляемых систем, аффинных по управлению

Рассматриваются задачи оптимального импульсного управления, возникающие как релаксационные (импульсно-траекторные) расширения вырожденных задач. Основное внимание уделяется проблеме описания обобщенных решений для управляемых систем с аффинной по управлению правой частью в двух принципиально различных ситуациях.

1) Наличие равномерного ограничения на L_1 -норму управления. В этом случае обобщенные траектории имеют ограниченную полную вариацию и естественным образом интерпретируются как отклики системы на импульсные воздействия, моделируемые ограниченными борелевскими мерами. Рассматриваются различные подходы к замыканию множества решений в топологиях, более слабых, чем топология равномерной сходимости. В частности, обсуждается наиболее известное в литературе замыкание в слабой* топологии в пространстве функций ограниченной вариации.

2) Отсутствие равномерного ограничения на L_1 -норму управления. Для этого случая известны частичные результаты, касающиеся описания обобщенных решений из класса интегрируемых по Лебегу функций и импульсных управлений, определяемых обобщенными функциями (распределениями). Такие описания возможны при дополнительных предположениях, обеспечивающих корректность перехода к импульсным режимам – например, при выполнении условия коммутативности типа Фробениуса для векторных полей, соответствующих столбцам матрицы при управлении. Однако полного описания обобщенных решений в общем случае до сих пор не получено. В качестве перспективного направления для явного описания обобщенных решений рассматривается использование функций с ограниченной p -вариацией ($p > 1$) (в смысле Н. Винера). Исследуется взаимосвязь между теорией импульсного управления и современной теорией динамических систем, управляемых сигналами низкой регулярности, развиваемой в рамках подхода грубых путей (rough paths), предложенного Терри Лионсом в 1994 году. Исследована задача описания обобщенных решений, полная вариация которых может быть неограниченной, но при этом их p -вариация конечна для некоторого $1 < p < 2$. Получено конструктивное представление таких решений, основанное на модифицированном методе разрывной замены времени.

Автор: к.ф.-м.н. Самсонык О.Н.



7. Условия оптимальности для задач оптимального импульсного управления

Для задачи оптимального управления системой нелинейных дифференциальных уравнений, в которой управления задаются векторными мерами, получены необходимые условия оптимальности, обобщающие позиционные необходимые условия оптимальности В.А. Дыхты на рассматриваемый класс задач. Эти условия носят вариационный характер. Они формулируются с использованием специального класса импульсных позиционных управлений, построенных на основе функций, слабо инвариантных относительно импульсной управляемой системы.

Доказаны необходимые и достаточные условия нелокальной оптимальности. Условия формулируются при помощи функций типа Ляпунова специального вида. Такие условия идейно близки к методу динамического программирования, но оперируют сильно или слабо монотонными решениями неравенств (уравнений) Гамильтона–Якоби вместо функции Беллмана. Одно из практических приложений представленных условий оптимальности связано с вытекающим из них конструктивным способом построения управления с меньшим значением функционала задачи (по сравнению с исследуемым неоптимальным управлением). Это позволяет создавать алгоритмы численного решения задачи оптимального управления, использующие функции типа Ляпунова из соответствующих условий оптимальности.

Автор: к.ф.-м.н. Самсонык О.Н.

8. Апробация метода позиционного спуска по функционалу для нелинейных задач оптимального управления на примере модели Сети-Томпсона

Проведён анализ нескольких нелинейных задач оптимального управления в модели Сети-Томпсона об инвестиционной политике предприятия. Для исследования применялись необходимые условия оптимальности В.А. Дыхты с позиционными управлениями спуска по целевому функционалу, порожденными квазилинейными слабо монотонными функциями, и основанный на них итерационный метод. Установлено, что применительно к рассмотренным постановкам предлагаемый подход позволяет находить управления близкие к оптимальным по функционалу за приемлемое число итераций. Расчёты показали, что метод требует разработки универсальной процедуры построения магистральных участков решения, характерных динамическим моделям экономического толка.

Автор: к.ф.-м.н. Сорокин С.П.

9. Высокоэкономичная технология поиска оптимального управления в нелинейной системе, основанная на нейронной модели Шепарда.

Реализована вычислительная технология поиска оптимального управления, позволяющая за счет накопления информации о предыстории работы алгоритмов существенно уменьшить число требуемых задач Коши и, следовательно, резко повысить эффективность вычислений. В основе предложенного подхода к построению экономичных алгоритмов оптимизации лежит техника прогнозирования значения функционала для выбранной пробной допустимой точки – конкретного управления, не требующая затратного решения задачи Коши. В качестве прогнозного инструмента используется модель Шепарда нейронного типа. Все произведенные в процессе решения пробы концентрируются в информационной базе алгоритма, которая в дальнейшем используется как обучающая выборка при прогнозе значения функционала для нового пробного управления. Если оценка, полученная моделью Шепарда, пессимистична – прогнозируется функционал больше некоторого заданного порога, опирающегося на известный рекорд, то в силу малой вероятности полезного использования такого приближения интегрирование системы полностью отменяется. Предложенная программная реализация ориентирована на



использование при исследовании задач оптимального управления с вычислительно трудоемкими функционалами – в жестких системах, в аппроксимирующих задачах для уравнений в частных производных, в моделях с отклоняющимся аргументом и гибридных моделях, в системах высоких размерностей и других.

С применением реализованной технологии решена задача управления, основанная на модели комплексного осциллятора Спротта (Sprott J. C. *Elegant chaos: algebraically simple chaotic flows*. World Scientific, 2010, с.78): динамика системы на временном интервале $T = [0, 9]$ описывается уравнениями $\dot{x}_1 = x_2 + \sin t$, $\dot{x}_2 = -\sin t + u$. Начальный фазовый вектор задан: $x^0 = (0, 1)$, на управление наложены ограничения $0 \leq u \leq 0.25$. Задача заключается в поиске управления, доставляющего минимум терминальному функционалу: $I(u) = x_2(9) \rightarrow \min$. Множество достижимости системы и оптимальное управление приведены на рисунке 21. Найденное оптимальное значение функционала -2.774453. 3.

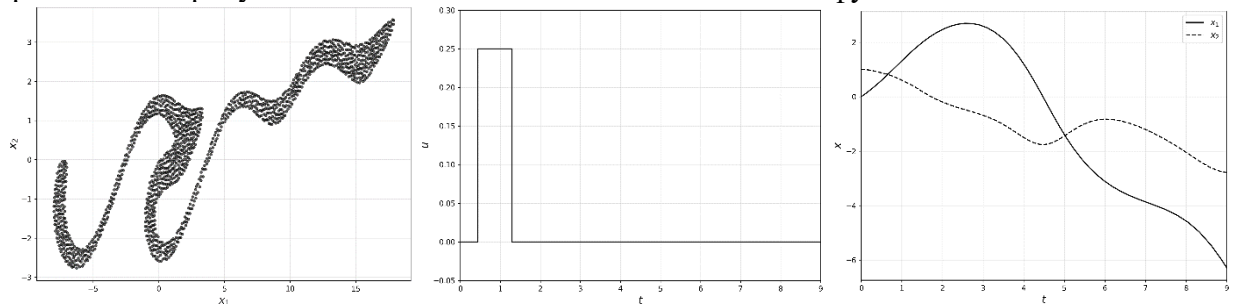


Рисунок 21. Множество достижимости в модели комплексного осциллятора Спротта, оптимальное управление и соответствующие траектории

Авторы: д.т.н. Горнов А.Ю., к.ф.-м.н. Аникин А.С.,
к.т.н. Зароднюк Т.С., д.т.н. Тятюшкин А.И.

10. Параллельная вычислительная технология решения задач аппроксимации множества достижимости управляемых систем с переменным запаздыванием.

Предложена и реализована параллельная технология построения оценок множества достижимости для систем с переменным запаздыванием. Задачи получения фазовых оценок для задач такого класса являются, к сожалению, высокочисленными и требуют на однопроцессорных вычислительных системах многочасовых расчетов, связанных с многократной минимизацией функционалов Ритца, интегрирующих все ограничения поставленной задачи. В рамках реализованного подхода производится предварительное формирование параметрического семейства аппроксимирующих задач математического программирования, набор решений которых позволяет, в совокупности, сформировать искомый результат. Требования конструктивного распараллеливания накладывает довольно жесткие ограничения на набор используемых алгоритмов конечномерной оптимизации, в частности, затруднено или просто невозможно рациональное использование множества алгоритмов с накоплением предыстории – методов сопряженных градиентов, квазиньютоновских, метода Ньютона и других. В качестве базового метода для предложенной технологии была выбрана специальная модификация поискового метода Левина-Ньюмана, реализованная с учетом ограничений методик распараллеливания. С использованием предложенной технологии были произведены расчеты для ряда модельных примеров, а также получены оценки множества достижимости в модели Хатчисона (рис. 22).

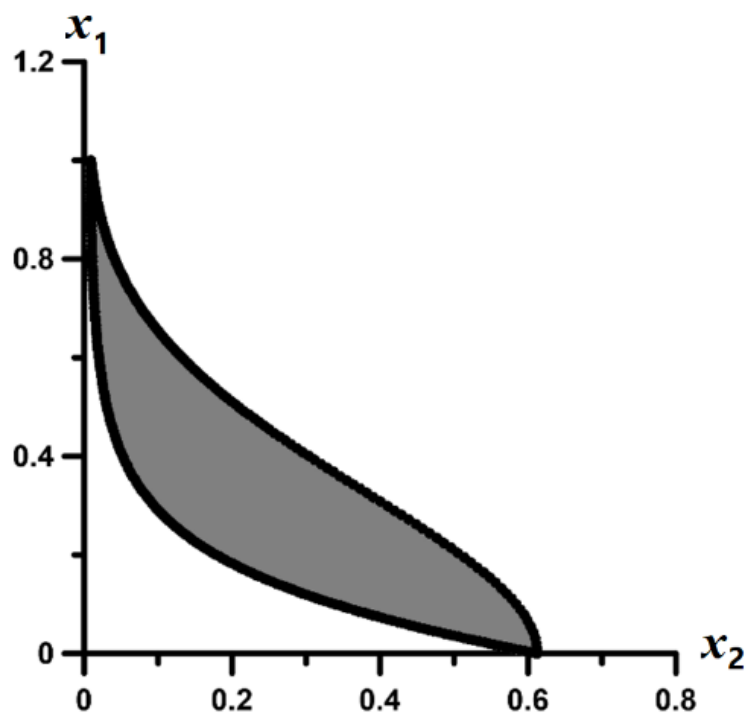


Рисунок 22. Аппроксимация множества достижимости в модельной задаче Хатчисона

*Авторы: к.ф.-м.н. Аникин А.С., д.т.н. Горнов А.Ю., к.т.н. Зароднюк Т.С.,
д.т.н. Тятюшкин А.И.*



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. Разработана гамильтонова теория для коллективных продольно поляризованных мягких глюонных возбуждений неабелевой плазмы, взаимодействующих с двумя высокоэнергетическими цветозаряженными частицами. Проведено обобщение скобки Ли-Пуассона на случай сплошной среды с двумя компонентами бозонных нормальных полевых переменных $a_{\mathbf{k}}^{(\alpha)a}$, $a_{\mathbf{k}}^{*(\alpha)a}$, $\alpha = 1, 2$, и двумя неабелевыми цветными зарядами $Q_1^a(t)$, $Q_2^a(t)$ и приведены соответствующие уравнения Гамильтона. Выписаны канонические преобразования, включающие одновременно как бозонные степени свободы мягких коллективных возбуждений, так и степени свободы жестких частиц, связанные с их цветными зарядами. Найден явный вид эффективного гамильтониана пятого порядка, описывающего процесс тормозного излучения цветного плазмона при рассеянии двух жестких цветных частиц друг на друге. В рамках многовременного формализма построена самосогласованная система четырех кинетических уравнений больцмановского типа и в частном случае фиксированных цветных зарядов приведено её точное решение.

Авторы: д.ф.-м.н. Марков Ю.А., д.ф.-м.н. Маркова М.А., Марков Н.Ю.

2. Было проведено исследование по построению кварковых моделей в среде при ненулевой температуре и плотности барионов. Ключевым элементом построенной модели является учёт конфайнмента кварков в адронной фазе ядерной материи и переход к кварковым степеням свободы после фазового перехода деконфайнмента. Векторная часть пропагатора кварка в адронной фазе представляет собой целую функцию, а массовая функция кварка имеет разрезы в комплексной плоскости. Предложен способ построения кваркового пропагатора в фазе конфайнмента на основе использования обратного преобразования Лапласа для импульсной функции и модификации соответствующего оригинала. Для согласования уравнения щели в адронной и кварковой фазах предложено изменять эффективную константу четырех-кваркового взаимодействия.

Автор: д.ф.-м.н. А.Е. Раджабов.

3. Разработан новый подход к решению обратной задачи рассеяния, основанный на использовании связей между гармоническим анализом и структурированным освещением усеченными бесселевыми пучками. Основная цель – создание нового метода решения, основанного на Фурье гармоническом анализе и свойствах функций Бесселя. Показано, что угловой момент пучка избирательно связывается с соответствующей угловой фурье-гармоникой рассеивающего потенциала. Ключевой теоретический результат, формализованный в Теореме, устанавливает точное соотношение между измеренным рассеянным полем и фурье-компонентами потенциала. Важнейшим шагом является решение интегрального уравнения Lippmann-Schwinger методом контурного интегрирования в комплексной частотной плоскости, опирающееся на аналитичность функций Ханкеля и аккуратное применение теоремы о вычетах. Каждая конфигурация бесселева пучка (n, j) сканирует определенную полукруговую дугу в фурье-пространстве:

$$S_{n,j} = \left\{ (\kappa, \kappa', \kappa_z) : \kappa' = \kappa \frac{n}{p}, \kappa_z = \kappa_{\parallel} - \sqrt{\kappa^2 - \kappa'^2} \right\}.$$



Полное покрытие Фурье-пространства достигается за счет сканирования по множеству параметров: угловому порядку n , радиальной моде j и продольному волновому вектору. Математическая основа подхода опирается на экспоненциальное затухание рассеивающего потенциала, что в соответствии с теоремой Пэли-Винера гарантирует аналитичность, необходимую для контурного интегрирования.

Автор: д.ф.-м.н. А.Л. Баландин.

4. Изучено обобщенное уравнение Монжа-Ампера, для которого предложена конструкция многомерных точных решений, выражаемых через суперпозицию квадратичной формы от пространственных переменных и решений нелинейного обыкновенного дифференциального уравнения, порождаемого исходным уравнением. Рассмотрены эволюционные многомерные обобщенные уравнения Монжа-Ампера, правые части которых помимо определителя матрицы Гессе могут зависеть от оператора Лапласа и градиента искомой функции. Предложен вариант метода редукции для построения точных многомерных решений обобщенных эволюционных уравнений Монжа-Ампера с использованием разделения переменных. Получены многомерные точные решения, выражаемые явным образом через элементарные, специальные функции и через решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Приводится целый ряд примеров точных решений, как радиально симметричных, так и анизотропных по пространственным переменным, выражающихся через комбинации элементарных функций.

Автор: к.ф.-м.н. Э.И. Семенов.

5. Рассмотрен киральный лагранжиан к которому был добавлен аксион КХД за счет Пичей-Куин преобразования. Было учтено, что частицы может иметь произвольную массу, не связанную с константой связи, как это имеет место у КХД-аксиона. Получен результат с учетом полного смешивания. Введены ограничения на основе существующих экспериментальных данных. Проведен анализ угловых коэффициентов для процесса Дрелл-Яна в различных областях по быстрой. Выполнен численный анализ и сравнение с экспериментальными данными для угловых коэффициентов в зависимости от поперечного импульса пары лептонов в различных кинематических областях по быстрой. Проведен статистический анализ с геометрическим подходом. Показано, что он обладает плохой предсказательной силой и неверно показывает поведение вкладов подпроцессов.

Автор: к.ф.-м.н. А.С. Жевлаков.

6. В рамках расширенной кварковой модели с учетом векторных мезонов вычислен вклад в аномальный магнитный момент мюона от процесса рассеяния света на свете. Полностью переопределены параметры модели с учетом смешивания пиона и аксиально-векторного мезона. Учтены диаграммы лидирующего порядка разложения по обратному числу цветов как резонансного, так и нерезонансного типа. Диаграммы нерезонансного типа (кварковый бокс) обеспечивают согласованность с операторным разложением и дают наибольший вклад. Общий вклад, по сравнению с моделью без векторных мезонов, оказывается чуть меньше, но в пределах погрешности моделей, что свидетельствует о стабильности вычислений к расширению возможных каналов взаимодействия.

Автор: д.ф.-м.н. А.Е. Раджабов, к.ф.-м.н. А.С. Жевлаков.

8. Определено отображение Вольтерра, соответствующая динамическая система и обсуждается связь между цепной дробью Стилтеса и отображением Вольтерра. Проведены некоторые предварительные расчеты, чтобы показать полезность определенного класса однородных дискретных многочленов. Предложен некоторый подход, который позволяет представить в явном компактном виде дискретное уравнение порядка $2g + 1$, связанное с



отображением Вольтерра. Рассмотрены однородные уравнения, связанные некоторой подстановкой с упомянутым уравнением порядка $2g+1$. В случае $g = 1$ это хорошо известная рекуррентность Somos-5. Наиболее характерным свойством этого уравнения, связанным с целочисленностью некоторых последовательностей, является рекуррентность Лорана. Показано, что однородное уравнение, которое по своей конструкции эквивалентно Somos-5, также обладает свойством Лорана, но имеет свои особенности. В качестве примера выписаны однородные уравнения для случаев $g = 2$ и $g = 3$. Приведено несколько примеров целочисленных последовательностей, генерируемых этими однородными повторениями.

Автор: к.ф.-м.н. А.К. Свинин.



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. Русанов В.А.

1. Установлен характеристический признак разрешимости задачи дифференциальной реализации континуального пучка управляемых траекторных кривых в классе билинейных неавтономных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка с запаздыванием в сепарабельном гильбертовом пространстве. Рассматриваемая задача относится к типу коэффициентно-операторных обратных задач для аддитивной комбинации нестационарных линейных и билинейных операторов эволюционного уравнения второго порядка в гильбертовом пространстве. Метаязыком данной теории служат геометрические конструкции тензорных произведений гильбертовых пространств, структуры решеток с ортодополнением, аналитическая теория расширения M_2 -операторов и функциональный аппарат нелинейного энтропийного оператора Релея–Ритца. Показано, что для конечного пучка траекторных кривых наличие свойства сублинейности данного оператора, позволяет получить достаточные условия существования таких дифференциальных реализаций. Попутно обосновываются тополого-метрические условия непрерывности проективизации нелинейного оператора Релея–Ритца с вычислением фундаментальной группы его образа

Автор: д.ф.-м.н. Русанов В.А.

2. В развитии качественной теории реализации нелинейных неавтономных динамических систем на базе геометрических конструкций тензорного произведения гильбертовых пространств строятся теоретико-системные основания для тополого-алгебраического анализа необходимых и достаточных условий существования дифференциальной реализации непрерывной бесконечномерной динамической системы (представленной пучком произвольной мощности управляемых траекторий) в классе билинейных нестационарных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка в сепарабельном гильбертовом пространстве. Дифференциальное уравнение состояния исследуемой бесконечномерной динамической системы допускает моделирование восьми вариантов комбинированной билинейной структуры нелинейности, как от самой траектории, так и скорости движения на этой траектории. Попутно для данной нелинейной динамической реализации аналитически обосновываются тополого-метрические условия непрерывности проективизации нелинейного функционального оператора Релея–Ритца с вычислением фундаментальной группы его образа. Полученные результаты имеют потенциал развития математической теории систем в обосновании геометрической теории коэффициентно-операторных обратных задач нестационарных дифференциальных моделей полилинейных управляемых динамических систем высших порядков.

Автор: д.ф.-м.н. Русанов В.А.

3. Проведён качественный анализ дифференциальных уравнений, описывающих качение без скольжения уравновешенного динамически несимметричного шара с ротором по неподвижной горизонтальной абсолютно шероховатой плоскости в поле постоянной тяжести. Из необходимых условий экстремума первых интегралов задачи



найжены семейства стационарных решений и инвариантные многообразия (ИМ), которым эти решения принадлежат, и выполнен анализ их устойчивости по Ляпунову. Для ряда решений получены достаточные условия устойчивости близкие к необходимым. Дана механическая интерпретация найденных решений – это положения равновесия, перманентные вращения и регулярные прецессии шара. Проведён анализ динамики шара на одном из ИМ.

Автор: д.ф.-м.н. Иртегов В.Д., к.т.н. Титоренко Т.Н.

4. С помощью созданного ранее программного обеспечения для исследования динамики и устойчивости стационарных движений неголономных механических систем в квазикоординатах рассмотрено моделирование движения «моноцикла по гладкому льду». Построены линеаризованные уравнения движения (уравнения возмущённого движения в первом приближении) в окрестности не исследованного ранее стационарного движения. В аналитическом виде получены его необходимые условия устойчивости. Проведён их символьно-численный параметрический анализ с графическим представлением области устойчивости.

Автор: к.ф.-м.н. Банищikov А.В.

5. Проведено исследование устойчивости трех стационарных движений механической системы, допускающей частный интеграл Стеклова. Достаточные условия устойчивости устанавливаются способом Четаева составлением знакоопределенной функции Ляпунова связкой из первых интегралов возмущенного движения. Для всех стационарных движений показано совпадение достаточных условий устойчивости с необходимыми. На отдельных стационарных движениях при отыскании достаточных условий устойчивости один из множителей Лагранжа может принимать предельные значения.

Автор: д.ф.-м.н. Новиков М.А.

6. Обсуждается способ нахождения стационарных движений для механических автономных консервативных систем. Предварительно алгоритм составлен для гамильтоновых автономных систем с условиями, заданными в виде алгебраических равенств, какими могут быть дополнительные ограничения или первые интегралы, как общие, так и частные. В дальнейшем такой подход распространяется и на консервативные автономные системы общего вида, записанные не в гамильтоновом формализме. В частности установлено, что решения алгебраических условий для нахождения стационарных движений по методу Рауса-Ляпунова в общем случае могут не совпадать с решениями для отыскания положений равновесия, получаемых из дифференциальных уравнений движения.

Автор: 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. Разработанные в рамках НИР модели, алгоритмы, методы и инструментальные средства создания предметно-ориентированных систем группового управления апробированы в недетерминированной распределенной среде при решении ряда научных и прикладных задач. Данная апробация позволила оценить эффективность перечисленных выше разработок на практике и их преимущества по сравнению с разработками подобного назначения, а также выполнить их настройку и адаптацию к различным конфигурациям вычислительной среды.

Авторы: д.т.н. Феоктистов А.Г., Воскобойников М.Л., к.т.н. Башарина О.Ю., Николаев Е.П., Юмашев Е.А., Яковлев Д.С., Чекан М.А., Еделев Я.А., Игнатьев И.Н.

2. Проведены вычислительные эксперименты для оценки эффективности разработанных программных и инструментальных средств качественного исследования нелинейных управляемых двоичных динамических систем (ДДС) в гибридной облачной информационно-вычислительной среде. Результаты экспериментов подтвердили продуктивность технологии решения задач качественного анализа широкого класса ДДС (автономных, управляемых, сингулярных, неявных, асинхронных, двудольных, перестановочных) с использованием метода булевых ограничений на основе микросервисной интеллектуальной вычислительной платформы HPCSOMAS-MS, обеспечивающей автоматизацию всех этапов решения этих задач.

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

3. **Разработка инструментального средства для работы с исчислением позитивно-образованных формул в VS Code.** Разработано специализированное инструментальное средство на основе расширения VS Code для работы с исчислением позитивно-образованных формул (ПОФ), объединяющее удобный редактор формул с мощным средством автоматического доказательства теорем. Расширение обеспечивает поддержку синтаксиса PCSF (Positively Constructed Standardized Formulas) с настраиваемой цветовой схемой, интеграцию с прувером (программная система для автоматического доказательства теорем) Bootfrost и возможность пошагового построения вывода. Для расширения возможностей практической применимости была разработана модифицированная версия прувера Bootfrost с добавленной функциональностью обработки вещественных чисел и новыми вычисляемыми функциями.

Создана специализированная формула-спецификация в формате PCSF для решения задачи планирования перемещений блоков группой из трех роботов. Формула описывает координату действий роботов с учетом пространственных характеристик рабочей среды и обеспечивает корректное взаимодействие между участниками системы. Разработанный подход позволяет формально описывать поведение роботов и проверять корректность их совместной работы. Проведенные эксперименты подтвердили эффективность предложенного метода – доказано отсутствие взаимных блокировок при выполнении плана перемещения блоков.

Разработанное инструментальное средство позволяет специалистам в области робототехники и автоматического доказательства теорем эффективно применять методы логического вывода к практическим задачам планирования. Полученные результаты могут



быть использованы для создания систем управления группами роботов с формально проверенными функциональными характеристиками.

```
1 ? R(r1, N), R(r2, E), R(r3, S), B(b1), B(b2), Pos(r1, 1, 8), Pos(r2, 7, 7), Pos(r3,
2 Pos(b1, 6, 5), Pos(b2, 2, 3), H(10), W(8)
3 #Goal question
4 !x, y B(x), B(y)
5 ?
6 ! Pos(x, 4, 10), Pos(y, 4, 9)
7 ! Pos(x, 4, 9), Pos(y, 4, 10)
8 #-----1
9 !b, x, y B(b), Pos(b, x, y)
10 ? App(r1, x, y - 1), App(r2, x, y - 1)
11 ? App(r2, x, y - 1), App(r3, x, y - 1)
12 ? App(r3, x, y - 1), App(r1, x, y - 1)
13 #-----2
14 # Если расстояние между позицией, в которую попал бы робот, двигаясь в выбранной
15 # позицией текущей цели стало бы большим чем текущая позиция робота, то поворачи
16 !r, x, y, u, v R(r, N), Pos(r, x, y), Free(x, y + 1), App(r, u, v), ~
17 dist(x, y, u, v) <f dist(x, y + 1, u, v) $ remove_fact(0)
18 ? R(r, E)
19 !r, x, y, u, v R(r, E), Pos(r, x, y), Free(x + 1, y), App(r, u, v), ~
20 dist(x, y, u, v) <f dist(x + 1, y, u, v) $ remove_fact(0)
21 ? R(r, S)
22 !r, x, y, u, v R(r, S), Pos(r, x, y), Free(x, y - 1), App(r, u, v), ~
23 dist(x, y, u, v) <f dist(x, y - 1, u, v) $ remove_fact(0)
24 ? R(r, W)
25 !r, x, y, u, v R(r, W), Pos(r, x, y), Free(x - 1, y), App(r, u, v), ~
26 dist(x, y, u, v) <f dist(x - 1, y, u, v) $ remove_fact(0)
```

Рисунок 23. Окно редактора VS Code с установленным расширением для работы с файлами в формате PCSF (ПОФ). Приведен фрагмент разработанной формулы-спецификации для задачи перемещения блоков

Автор: Давыдов А.В.

4. Разработка подхода к решению задачи оптимального супервизорного управления дискретно-событийными системами, основанного на применении логических методов. Для решения задачи оптимального супервизорного управления дискретно-событийными системами (ДСС) разработан подход, комбинирующий эффективный метод оптимизации на графах – метод ветвей и границ, и основанный на ПОФ-представлении ДСС оригинальный метод, использующий АДТ для моделирования управляемой ДСС и реализации супервизорного управления. Автоматное представление логической ДСС соответствует некоторому ориентированному взвешенному графу, каждая дуга которого ассоциируется с событием, возможным в системе. Рассмотрен случай, когда в таком графе существует одна и только одна вершина с нулевой полустепенью исхода, что соответствует ДСС с сингулярным множеством маркированных состояний. Также предполагается полная управляемость ДСС.

С каждым событием ассоциируются две стоимости: стоимость перехода, т.е. стоимость наступления события, и стоимость управления, т.е. стоимость запрета события, соответственно. Тогда стоимость пути определяется функцией, представляющей собой сумму стоимостей перехода по событиям, принадлежащем пути, и стоимости запрета событий, ему не принадлежащих. Стоимость управления является динамической, поскольку она возникает только в том случае, когда путь посещает вершину, в которой необходимо запретить некоторое событие (переход). Таким образом, предметом оптимизации является наихудшая стоимость, которая может возникнуть в процессе



эволюции системы при выбранных ограничениях, т.е. на выбранном подграфе. Важно отметить, что оптимальное решение не единственно и существуют несравнимые оптимальные решения.

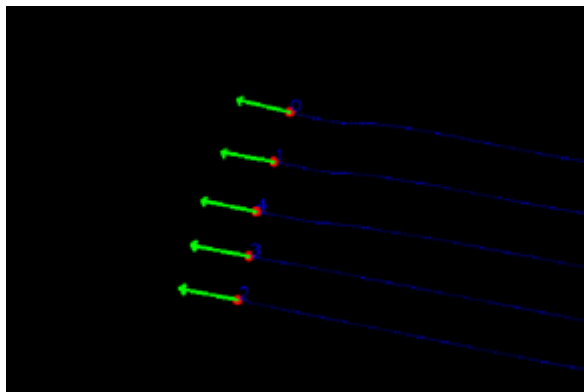
Применение метода ветвей и границ позволяет найти все оптимальные решения, которые затем рассматриваются как спецификации на исходную ДСС. Выбор спецификации, подлежащей реализации, из множества оптимальных может определяться заранее заданными ограничениями, а также текущими условиями выполнения миссии, и дополнительно задаваться в модели. Для реализации такой возможности предложено использовать подход к построению логического управления ДСС с помощью специальных ПОФ, допускающих обработку событий.

$$\exists B_{J/G} \cup \{E(\sigma^\#)\} \left\{ \begin{array}{l} \forall s, q \ L(s, q) - \exists T^\#(s) \\ \forall s, s', q, \sigma, q' \ L^{J/G}(s, q), L^J(s', q), E_T^*(s), \delta_J(q, \sigma, q') \\ - \exists L^J(s \cdot \sigma, q'), E(\sigma^\#) - \forall L^{J/G}(s', q), \delta_G(q, \sigma, q') - \exists L^{J/G}(s' \cdot \sigma, q') \end{array} \right.$$

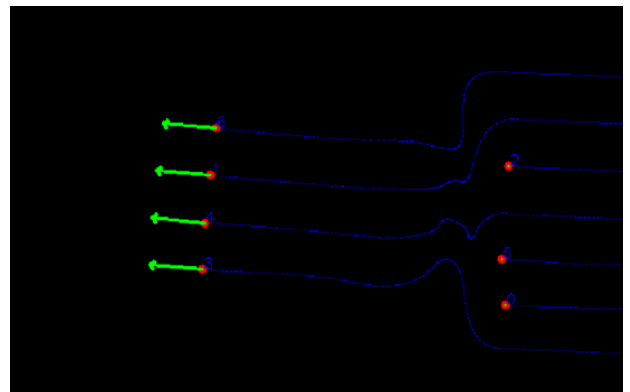
Авторы: к.ф.-м.н. Нагул Н.В. Давыдов А.В.

5. Децентрализованные подходы к организации формаций группой мобильных роботов. Для управления группой автономных мобильных роботов (АМР) разработано семейство стратегий управления для организации группового движения в среде с препятствиями. Предложенные стратегии основываются на методе поведенческой структуры и определяют желаемые поведения агентов, в частности удержание заданной формации и избегание препятствий, с помощью потенциальных сил. Характерными особенностями данного подхода являются:

- Полная децентрализация управления – каждый робот пересчитывает набор управляющих сил независимо от других агентов на основе доступной на момент принятия решения информации;
- Высокая модульность – робот может поддерживать одновременно несколько поведений, направленных на решение разных подзадач, а также в режиме реального времени переключаться между их реализациями для лучшего удовлетворения условиям окружающей среды;
- Высокая толерантность к выходу из строя отдельных роботов – группа в подобных ситуациях не теряет своей функциональности, а естественным образом адаптируется под новые условия (рисунок 24).



a)

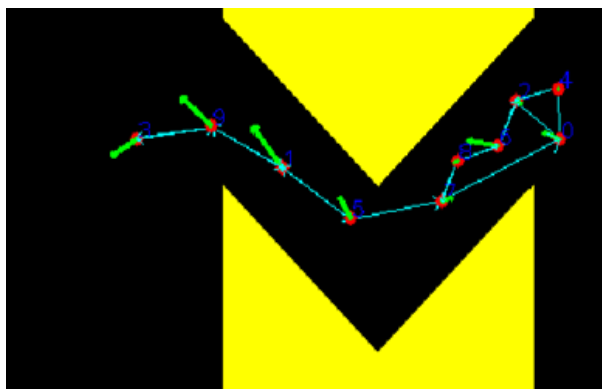


b)

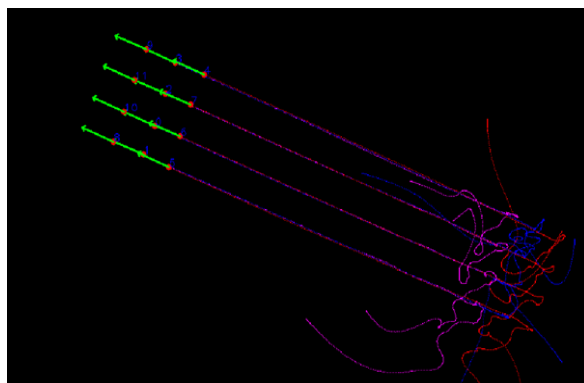
Рисунок 24. Визуализация движения роботов в формации “шеренга” (a) и реакции группы на выход из строя части роботов (b)



В качестве базиса разработанного семейства стратегий используется формация “линия”, частными случаями которой являются “шеренга”, “колонна”, а также любые иные строи пеленга. При этом, в отличие от других популярных подходов, например “лидер-ведомый”, позиции роботов внутри группы не фиксированы, а определяются с помощью специального механизма отбора соседей на каждом такте управления. На основе данной формации строятся “цепь” (рис. 25а), которая не заставляет роботов выдерживать жесткую геометрическую форму, что удобно при прохождении узких тоннелей, и “каре” (рис. 25б), которая позволяет организованно переместить несколько подгрупп роботов в область выполнения миссии.



а)



б)

Рисунок 25. Визуализация движения формаций “цепь” (а) и “каре” (б)

Авторы: Толстихин А.А., к.т.н. Максимкин Н.Н.

6. Развитие способов исследования устойчивости и синтеза стабилизирующих управлений. Для класса нелинейных потенциальных механических систем с потенциалом и кинетической энергией специального вида предложен способ выбора управляющих сил, обеспечивающих стабилизацию неустойчивого равновесия до асимптотической устойчивости в случае, когда измерению доступна лишь часть обобщенных координат, а обобщенные скорости не измеряются. Исследованы уравнения вращательного движения гиростата Горячева-Сретенского в случае нелинейного потенциала, производная которого имеет вещественные корни с модулем не более единицы. Найдены параметрические семейства стационарных решений, включающие состояния покоя и перманентные вращения. Методом интегральных связей Четаева получены условия устойчивости стационарных решений. На основе анализа корней характеристического уравнения получены условия неустойчивости.

Автор: к.ф.-м.н. Косов А.А.

7. Эволюционный подход к маршрутизации гибридной группы разнородных наземных и воздушных роботов на основе связности. Разработана новая модель для задачи траекторного планирования миссий гибридной робототехнической группы, состоящей из разнородных наземных и воздушных роботов. Решаемая задача заключается в том, чтобы параллельно построить две связанные групповые траектории: первая должна обеспечивать наискорейший обход наземными роботами всех точек интереса миссии (аналогично постановкам mTSP или TOP), а вторая — гарантировать такое движение группы воздушных роботов (дронов), чтобы они могли непрерывно обеспечивать информационный обмен внутри всей наземной группы в условиях ограниченного радиуса связи. Таким образом, группа дронов выполняет роль динамического коммуникационного



канала, своей формацией в каждый момент времени ограничивая допустимую область нахождения наземных роботов.

Предложенная модель является естественным развитием постановки, разработанной на предыдущем этапе реализации проекта: для наземных роботов добавлены учет препятствий, параметрическая разнородность по скорости движения, режим ожидания (смены формации дронов), возможность разрешения и запрета на временный выход из зоны связи. Модель также позволяет учитывать гетерогенность по скорости и у воздушной группы, однако это ведет к значительному росту вычислительной сложности процедуры формирования допустимой покрывающей формации, на порядок замедляя поисковую процедуру по нахождению решения.

Для синхронного планирования траекторий для всей гибридной группы (группового маршрута) предложена новая оптимизированная модификация эволюционного алгоритма. Среди проведенных улучшений: перестроены эвристики генерации начальных решений, расширен этап локальной оптимизации решений через более глубокий окрестностный поиск, использованы схемы дисконтирования штрафа за нарушение полной связности, снижены вычислительные затраты на оценку допустимости решений путем вывода части оценки (задача о назначениях) в фазу интерпретации решения. Кроме того, поддержка разработанной модели в виде нового типа миссий добавлена в моделирующий комплекс Multiobjective Mission Planner на всех трех уровнях иерархии программной среды: интерфейс, решатель, визуализация (рис. 26).

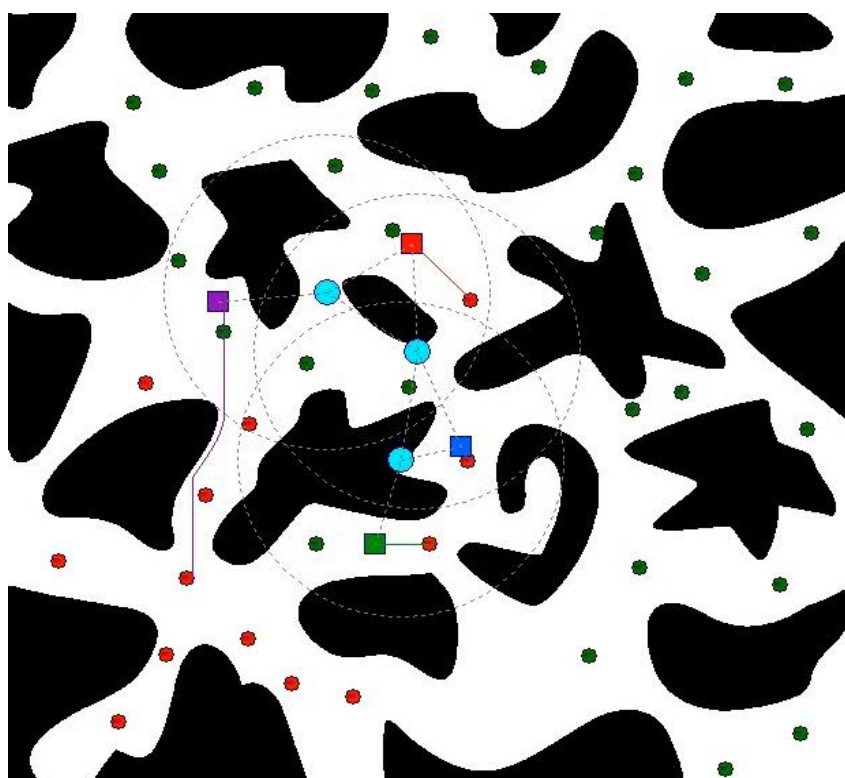


Рисунок 26. Снимок экрана: выполнение миссии по обходу набора целей гибридной группой из 4 наземных (цветные квадраты) и 3 воздушных (голубые круги) роботов. Пунктиром обозначены коммуникационный граф группы и границы радиусов связи у дронов

Авторы: ак. Бычков И.В., Кензин М.Ю.



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. Локальный поиск в невыпуклых задачах оптимального управления. Для невыпуклой задачи оптимального управления с функционалом Больца, где терминальная и подынтегральная часть представляют собой ДС функции, и линейной по состоянию системой управления, разработан специальный метод локального поиска. Этот метод базируется на идее линеаризации, которая производится по функционалу, аккумулирующему все невыпуклости исследуемой задачи. Доказана сходимость метода к критическому в смысле метода локального поиска управлению, при дополнительных предположениях доказана сходимость метода по состоянию, а также предложены и обоснованы практические критерии останова метода. Проведены первые тестовые вычислительные эксперименты на задачах небольшой размерности.

Авторы: д.ф.-м.н. Стрекаловский А.С., Косьянов Н.О.

2. Вычислительный эксперимент по решению задач двухуровневой оптимизации с биматричной игрой на нижнем уровне. Для двухуровневых задач (ДУЗ) с равновесием на нижнем уровне, где сформулирована параметрическая биматричная игра, построен специальный тестовый пример небольшой размерности, моделирующий типичные сложности задач указанного класса. Проведено тестирование разработанного ранее Специального метода локального поиска для ДУЗ с равновесием, позволяющего варьировать параметр штрафа в процессе вычислений (СШМЛП), при старте из различных начальных точек и при разных начальных значениях штрафного параметра. СШМЛП является одним из основных модулей метода решения исходной ДУЗ с биматричной игрой на нижнем уровне (разработанной ранее Схемы глобального поиска) на основе Теории глобального поиска А.С. Стрекаловского. Полученные результаты вычислительного эксперимента подтвердили работоспособность построенных методов, равно как и чрезвычайную сложность двухуровневых задач исследуемого класса.

Автор: к.ф.-м.н. Орлов А.В.

3. Новые варианты алгоритмов кластеризации для нейронного процессора. Для хорошо известных и широко используемых задач кластеризации k -средних (минимальная сумма квадратов) и k -медоидов (минимальная сумма звёзд) разработаны новые специальные варианты алгоритмов k -means и k -medoids, ускоренные с помощью нейронного процессора (NPU) и параллельной реализации. Ускорение получено за счет оригинального матричного представления операций на шагах алгоритмов, в том числе наиболее трудоёмкой – вычисления расстояний (мер различия) между элементами данных. Реализованные алгоритмы превосходят не только реализации на CPU (универсальный процессор), но и на GPU (графический процессор) по производительности, эффективности и экономичности, что подтверждено результатами вычислительных экспериментов.

Авторы: к.ф.-м.н. Васильев И.Л., к.ф.-м.н. Груздева Т.В., к.ф.-м.н. Ушаков А.В.



4. Новый алгоритм из класса Cube-and-Conquer для анализа стойкости криптографических функций. В отличие от предложенных ранее похожих алгоритмов, новый алгоритм использует этап препроцессинга, на котором решается задача подбора параметров SAT-решателя, применяемого затем на Conquer-стадии. Для подбора параметров используются алгоритмы метаэвристической оптимизации. С помощью предложенного подхода была впервые решена задача обращения отдельных значений функции, задаваемой первыми 19 шагами известной криптографической хеш-функции SHA-256.

Автор: к.т.н. Заикин О.С.

5. Перечисление расширенных самоортогональных диагональных латинских квадратов порядка 10. Получены новые результаты, относящиеся к перечислению конечных комбинаторных структур. При помощи стратегии Cube-and-Conquer были перечислены все расширенные самоортогональные диагональные латинские квадраты порядка 10. Соответствующее число ранее не было известно. Оригинальность использованного подхода в контексте рассмотренной задачи состоит в том, что на Conquer-стадии вместо стандартного CDCL-решателя проблемы SAT используется решатель, перечисляющий все решения конкретной ослабленной задачи

Автор: к.т.н. Заикин О.С.

6. Новый алгоритм, предназначенный для решения трудных вариантов проблемы SAT, связанных с булевыми схемами (т.н. проблема CircuitSAT). Практические задачи, возникающие в данном контексте – это проблема проверки эквивалентности булевых схем (Logical Equivalence Checking, LEC) и задача обращения криптографических функций. Новизна предложенного алгоритма состоит в использовании для декомпозиции исходной трудной задачи техники SAT-разбиения (SAT partitioning), основанной на процедурах кодирования в SAT псевдо-булевых ограничений специального вида. Получаемое декомпозиционное семейство ослабленных задач решается в параллельной среде, в роли которой обычно используется вычислительный кластер. Предложенный алгоритм показал высокую эффективность на трудных вариантах задачи проверки эквивалентности булевых схем, а также на задачах обращения ряда криптографических функций.

Авторы: Кондратьев В.С., Грибанова И.А., к.т.н. Семёнов А.А.

7. Новая схема пропозиционального кодирования задачи обращения криптографической хеш-функции MD4. Конкретно, предложена новая форма записи алгоритма функции сжатия MD4, в которой явно выражены зависимости между переменными входа рассматриваемой функции, возникающие в силу использования дополнительных ограничений «типа Доббертина». Предложенный алгоритм описан в виде программы для системы Transalg. Полученные в результате пропозициональные кодировки в КНФ оказались более экономными по количеству переменных и дизъюнктов в сравнении с другими вариантами КНФ для функции сжатия MD4, описанными ранее.

Автор: Грибанова И.А.

8. Новый класс атак на низкоресурсные криптографические функции, относящиеся к семейству Simon. Конкретно, речь идет об алгебраических атаках на основе подобранных открытых текстов (chosen plaintext scenario). В таких атаках проблема криптоанализа (проблема обращения) сводится системам алгебраических уравнений над полем $GF(2)$, для решения которых используется SAT решатель. В отличие от опубликованных ранее результатов, в построенных атаках используются открытые тексты,



включающие большое число нулевых бит. Использование таких открытых текстов приводит к склеиванию значительного числа вершин в графе (And Inverter Graph, AIG), задающем рассматриваемую функцию, что ведет к существенному сокращению объема получаемой КНФ-кодировки и, как следствие, к упрощению соответствующей проблемы SAT. Построенные атаки оказались в ряде случаев более эффективными в сравнении с недавно опубликованными похожими подходами.

Авторы: Антонов К.В., Кондратьев В.С., Кочемазов С.Е., к.т.н. Семёнов А.А.

9. Методика математического моделирования работы универсального морского порта (УМП). УМП предназначены для обработки различных типов грузов (генеральных, насыпных, навалочных). Для них характерна смена оборудования на причале в зависимости от типа перевозимого в судне груза, поэтому время его обработки существенно меняется. В предложенной методике применяются нестационарные сети массового обслуживания (СеМО), в которых: для учета колебаний (суточных, сезонных) объемов транспортных потоков используются нестационарные групповые потоки заявок; структурные элементы моделируются разными типами систем массового обслуживания (узлами СеМО), в том числе с зависящими от времени числом работающих каналов и вместимостью очереди; вероятности переходов заявок между узлами меняются по заданным алгоритмам, что позволяет выбрать альтернативный маршрут движения транспорта внутри порта при переполнении отдельных его элементов.

Авторы: к.ф.-м.н. Лемперт А.А., к.т.н. Жарков М.Л.

10. Моделирование универсального морского порта Куангнинь (Вьетнам), в котором стыкуются три вида транспорта и обрабатываются два типа грузов: насыпной и навалочный. С помощью предложенной методики (см. п. 6) построена модель работы данного порта в виде нестационарной СеМО с тремя групповыми потоками заявок, в том числе и нестационарными; 19 узлами, в части из которых допустимо изменение длины очереди, числа работающих каналов и распределения времени обслуживания в них в зависимости от времени, а также смена маршрутов движения групп заявок при переполнении отдельных узлов. С помощью усовершенствованной имитационной модели, предложенной на этапе 2024 года, было выполнено исследование полученной СеМО. Установлены текущий и максимальный допустимый уровень загрузки порта и выполнен прогноз эффективности его работы при росте объемов трех транспортных потоков и их различных соотношений.

Авторы: к.ф.-м.н. Лемперт А.А., к.т.н. Жарков М.Л.

11. Математическая модель оптимального размещения инфраструктурных объектов разных типов на основе упаковки и покрытия трехмерных поверхностей геодезическими кругами. Разработаны математическая модель и численный метод для решения задачи оптимального плотного размещения разнотипных объектов (например, датчиков или микрооптики) на трехмерных поверхностях. Задача сформулирована как проблема поиска максимальной плотной упаковки геодезических кругов (зон действия устройств) на поверхности вращения, где необходимо максимизировать радиус кругов при условии их непересечения и нахождения в границах поверхности. Эта формализация позволяет учитывать реальную геометрию поверхности через геодезические расстояния. Численный метод включает два этапа: на первом – строится начальное приближение на основе проекции известных плоских упаковок на сферический сегмент, а на втором – выполняется итерационное улучшение с использованием модифицированного метода бильярдного моделирования, гарантирующее монотонное увеличение радиуса кругов. С



помощью предложенного метода решена задача размещения микрооптических элементов на сферической фокальной поверхности гигапиксельной камеры.

Автор: к.ф.-м.н. Лемперт А.А.

12. Разработка подсистемы импорта данных для программного средства проектирования сценариев анализа сложных объектов. Проведены исследования, направленные на формализацию и программную реализацию процессов импорта и подготовки данных, возникающих в рамках сценарного анализа сложных объектов на основе их математического и имитационного моделирования. Подсистема импорта реализуется на основе платформы создания систем, основанных на знаниях, в рамках которой рассматриваются сценарии импорта данных – совокупность операций по извлечению, преобразованию и аннотированию исходных ресурсов в соответствии с требованиями вычислительной модели (модель-компонент) и реализованных с использованием специального вида сервисов (сервисы-данных). Разрабатываемая платформа в отчётном периоде была существенно переработана. Были созданы: 1) модуль для работы с универсальной информационной модели (используется для семантического аннотирования); 2) модуль для создания проекта сценарного моделирования. 3) осуществлён переход на современный технологический стек при работе с веб-модулями.

Автор: к.т.н. Столбов А.Б.



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. Хмельнов А.Е.

1. Методы выполнения композиции сервисов, в процессе которого может производиться перестроение композиций сервисов для обработки больших объёмов разноформатных междисциплинарных данных.

В рамках вычислительной среды задача эффективного распределения ресурсов является одной из ключевых. Её сложность обусловлена совокупностью факторов, которые можно систематизировать следующим образом.

1.1. Множество пользователей. Система одновременно обслуживает большое количество пользователей и клиентских приложений. Каждый пользователь имеет собственные цели и требования и запускает научные расчеты, требующие разные вычислительные ресурсы, что создает конкуренцию за доступ к вычислительным ресурсам.

1.2. Множество вычислительных заданий. Каждый пользователь формирует задания, которые необходимо выполнить. Задания существенно различаются требованиями к объему оперативной памяти, времени процессора (от секунд до нескольких недель), использования графических ускорителей, дискового пространства и пропускной способности сети. Отдельно необходимо выделить задания обработки космоснимков, которые выполняются регулярно, требует пересылки большого объема данных (каждый космоснимок Sentinel-2 примерно в 1 ГБ), обработка космоснимка производится несколько минут, и количество заданий обычно бывает несколько десятков тысяч. Таким образом, вычислительная среда имеет динамический поток разнородных задач.

1.3. Ограниченное количество ресурсов. Физические возможности любой инфраструктуры конечны. Существует жесткое ограничение на общее число вычислительных узлов, процессорных ядер, объем доступной памяти, емкость систем хранения данных и пропускную способность каналов связи.

1.4. Различный приоритет выполнения заданий. В рамках среды выделим следующие приоритеты заданий:

- Пользовательские задания, запускаемые в интерактивном режиме, для повышения общей отзывчивости системы необходимо выполнять с минимальной задержкой. Задания пользователей могут также ранжироваться с разным приоритетом.

- Задания с низким приоритетом (например обработка космоснимков) могут выполняться на свободных вычислительных узлах.

Для учета приоритета каждому заданию выставляется весовой коэффициент, чем выше значение которого, тем раньше необходимо его выполнить. Для всех заданий композиции сервисов выставляется один и тот же весовой коэффициент.

С учетом появившихся новых факторов модифицированы алгоритмы планирования на основе списочного алгоритма HEFT+ [3,4], которые учитывают устанавливаемые приоритеты заданий и ограниченные ресурсы. Реализована очередь с приоритетами, в которой задания сортируются в соответствии с присвоенным весовым коэффициентом.

Входные данные

DAG – граф заданий всех пользователей, где для каждого задания установлен вес w



CR – множество вычислительных узлов, на которых выполняются сервисы.

Выходные данные

P – расписание выполнения заданий (упорядоченное множество пар вычислительных узлов и заданий (cr, t))

$CR_{free} = CR$

W = получить весовые коэффициенты (DAG)

Отсортировать W по убыванию весовых коэффициентов (Задания)

Цикл по каждому w из W в порядке убывания:

DAG_w = выделить_задачи_с_коэффициентом(DAG, w)

Если свободных_ресурсов_нет(CR_{free}) **то**

Прервать цикл

$schedule$ = планирование на основе HEFT (DAG_w, CR_{free})

Обновить($P, schedule$)

CR_{free} = Получить свободные ресурсы (CR, P)

Таким образом, планирование вычислений с учетом приоритетов реализовано в вычислительной среде и позволяет минимизировать общее время выполнения всех сервисов с учетом ограниченных ресурсов.

Авторы: д.т.н. Федоров Р.К., к.т.н. Попова А.К., к.т.н. Авраменко Ю.В.

2. Исследование и разработка технологий спецификации способов представления информации и обмена данными и их применение для автоматизации создания приложений и сервисов сбора, хранения и обработки данных.

В клиентских приложениях для доступа к БД с использованием спецификаций приложений баз данных реализованы более гибкие механизмы описания таблиц – наследование и импорт фрагментов форм. В Web-клиенте для доступа к БД с использованием спецификаций приложений баз данных поддерживается взаимодействие с Web-ГИС (рисунок 27). Описания форм позволяют переопределить способ просмотра и редактирования записей таблиц и представлений, изменить порядок следования полей, их группировку, выбрать способ редактирования значений (виджеты), включить в карточку главной записи подчинённые таблицы и, наоборот, вынести часть полей в отдельные закладки. При отсутствии форм размещение полей редактирования выбирается автоматически. Для одной таблицы может быть создано несколько разных форм, которые могут использоваться при переходе к просмотру и редактированию записей этой таблицы из разных окон программы. Так, для отображения данных подчинённой таблицы на главной форме может использоваться отдельная форма, исключаяющая поля, получаемые по ссылке на главную таблицу.

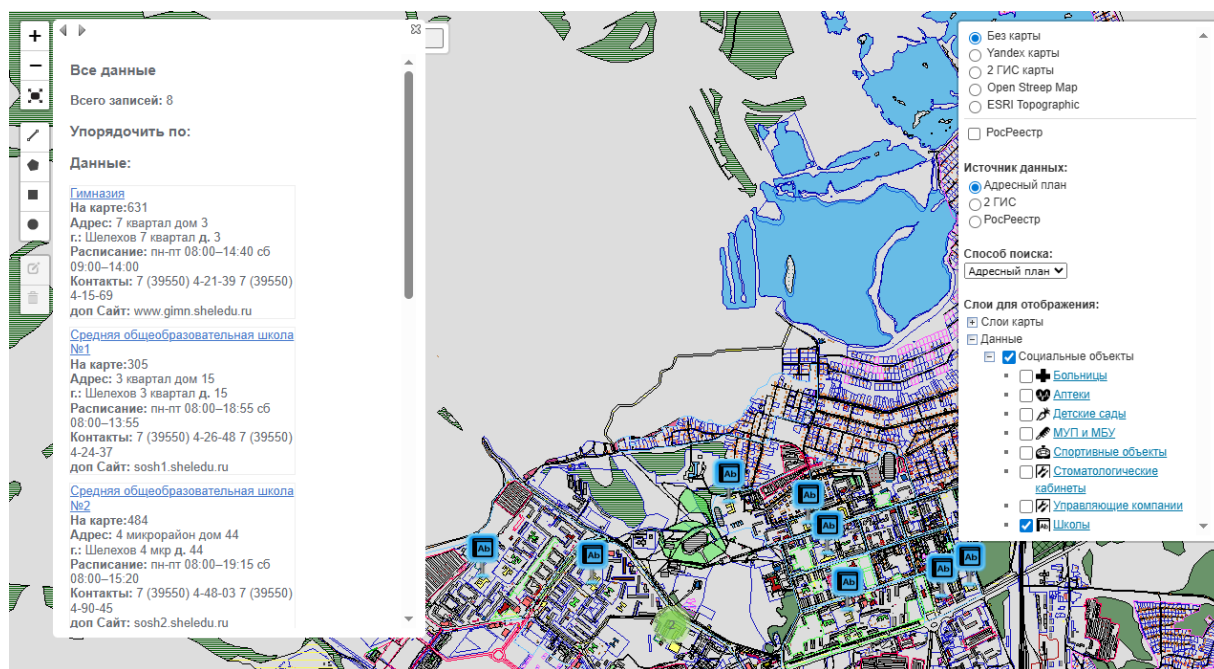


Рисунок 27. Школы выделены на карте условными знаками по информации из БД

В интерпретаторе языка FlexT поддержано описание семантики данных и применение этих описаний для автоматического получения более высокоуровневых представлений закодированной в данных информации.

Автор: к.т.н. Хмельнов А.Е., к.т.н. Гаченко А.С., к.т.н. Фереферов Е.С.

3. Программные технологии для обеспечения интеграции данных в электронных документах при распределенном хранении и передаче представленной в них информации, а также средств автоматизации создания новых документов.

Предложены варианты программных технологий для обеспечения интеграции данных в электронных документах при распределенном хранении и передаче представленной в них информации, а также средств автоматизации создания новых документов. Помимо решения типичных задач: анализа состояния исследований проблемной области и методологии решения задач, предложены технологические основы кроссплатформенной инструментальной среды разработки распределенных гетерогенных информационных систем документооборота для обеспечения интеграции данных в электронных документах. Полученные результаты могут быть внедрены в практику кросс-контекстного обмена документной информацией.

Создана новая версия библиотеки RegTab, предназначенной для разработки прикладного программного обеспечения структурирования табличных данных на основе сопоставления таблиц с паттернами их структуры. В состав разработанной библиотеки входит интерпретируемая модель таблицы (ИМТ) и проблемно-ориентированный язык паттернов табличных структур (RTL). В отличие от существующих аналогов, ИМТ включает в себя не только статическую структуру таблицы, но и логику ее интерпретации, достаточную для автоматического вывода из таблицы наборов записей, а RTL предоставляет конечным пользователям понятную методику структурирования таблиц за счет описания логики интерпретации таблиц непосредственно в RTL-паттернах. Успешное сопоставление RTL-паттернов с экземплярами ИМТ дополняет последние интерпретационной логикой, что позволяет автоматически выводить из них записи в соответствии с целевой схемой. Новая версия библиотеки RegTab опубликована в открытом доступе под свободной лицензией. Будучи библиотекой Java, она обеспечивает включение



RTL-паттернов в исходный код, разработанный с использованием языков программирования общего назначения, компилируемых в байт-код Java. В последней версии RegTab проблемно-ориентированный язык RTL был дополнен новой функциональностью: реализована возможность включения конфигурации настроек непосредственно в RTL-паттерн; реализована возможность поиска функциональных компонентов данных внутри подстрок и подтаблиц; реализована возможность включения в паттерн ячейки переменного числа функциональных компонентов, разделенных некоторым сепаратором. Перечисленные усовершенствования позволили успешно применить RTL-паттерны ко всем тестовым задачам коллекции Foofah.

Авторы: к.т.н. Шигаров А.О., к.т.н. Парамонов В.В.

4. Интерпретация результатов машинного обучения на основе иерархической системы моделей распознавания синтаксических паттернов.

Была разработана технология многоуровневого синтаксического распознавания слабоструктурированной текстовой информации на основе логического вывода. В 2025 году работа была сфокусирована на решении фундаментальной проблемы «черного ящика», присущей технологиям машинного обучения (ML), и ее преодолении в контексте задач обработки слабоструктурированных документов и автоматизации документооборота. На основе теоретического и инструментального задела, созданного в 2021-2024 годах (методы семантической интеграции, платформа трансформационного проектирования на Logtalk), успешно разработана и апробирована новая технология многоуровневого синтаксического распознавания слабоструктурированной текстовой информации на основе логического вывода. Основная идея технологии заключается в построении иерархической системы моделей распознавания образов, которая преодолевает ограничения чистых ML-подходов. Нижний уровень системы обрабатывает результаты распознавания, полученные алгоритмическими методами или ML-моделями (например, выделение блоков текста, таблиц, изображений из PDF). Средние уровни представляют статический аспект сцены через свойства объектов и логические связи между ними, формализованные в виде синтаксических паттернов (SP), представленных в виде правил и объектов Logtalk. Высшие уровни описывают динамику информационных потоков и событий, где сообщения трактуются как наборы синтаксических паттернов. Ключевым инновационным элементом является использование процедур логического вывода (машинного рассуждения, MR) первого порядка для верификации и интерпретации его результатов.

Авторы: к.т.н. Черкашин Е.А., ак. Бычков И.В.

5. Осуществлена апробация сервиса автоматизации поддержки принятия решений, реализующего принципы модельно-управляемого подхода при решении задач диагностики и прогнозирования. Для обеспечения апробации сервиса автоматизации поддержки принятия решений и модифицированной модельно-ориентированной методологии в части интерпретации таблиц решений создана проблемно-ориентированная программа-оболочка iDSS.Desktop (Рис. 28). Расширение связано с новыми возможностями по использованию диаграмм переходов состояний и оригинальной формы таблиц решений со структурными ограничениями в качестве способов моделирования и хранения предметных знаний. При этом ограничения на структуру таблиц решений обеспечивают учет дополнительной семантики, помимо логических зависимостей, при их автоматизированной интерпретации инструментарием. Формализация предметных знаний подобным образом обеспечивает их наглядное представление, ориентированное на специалистов предметников, а при наличии соответствующего программного инструментария, позволяет более эффективно манипулировать единицами знаний, чем при использовании универсальных семантических графовых структур или визуальных предметно- и проблемно-ориентированных языков.



Рисунок 28. Архитектура «iDSS.Desktop»

Основное назначение модифицированной методологии и разработанного инструментария – создание систем поддержки принятия решений, использующих формализм логических правил (продукций), с помощью которых описываются взаимосвязи между внешними проявлениями неисправностей и причинами их возникновения, причинами и работами по их локализации, а также прецедентов, фиксирующих подобные неисправности в прошлом.

Особенностью инструментария, помимо поддержки формы таблиц решений со структурными ограничениями, является его интеграция «по данным» с системой прототипирования баз знаний «Personal Knowledge Base Designer» (PKBD) и системой их моделирования «Knowledge Modeling System» (KMS), а использование для хранения данных и знаний формата CSV (Comma-Separated Values) позволяет, как отчуждать полученные базы знаний, так и использовать для их редактирования, наряду со встроенными средствами и широко распространенными офисными приложениями для работы с табличными данными, в частности, Microsoft Excel или LibreOffice Calc.

Одним из примеров применения и апробации методологии и инструментария является разработка программы «АвиаТехПом» для обучения и интеллектуальной поддержки принятия оперативных решений техником при диагностировании и обслуживании воздушного судна. С помощью «iDSS.Desktop» был создан настольный вариант системы «АвиаТехПом» – «АвиаТехПом.Терминал». При этом рассматривались несколько целевых типов воздушных судов: Сухой Суперджет (RRJ-95) и Cessna, в частности Cessna 182T. Для системы кондиционирования воздуха Cessna 182T сегмент базы разработанной знаний содержал 23 записи в таблице решений «проявление-система» и 52 – «работа-работа». Cessna 182T является легким одномоторным самолетом и представляет собой достаточно простую техническую систему по сравнению с Сухой Суперджет, для которого также были сформированы базы знаний. Сложность сценариев по поиску и устранению неисправностей Сухой Суперджет потребовала применения визуальных редакторов системы KMS, в частности объемы таблиц решений «проявление-система» и



«работа-работа» для систем кондиционирования воздуха и электроснабжения составили 178, 687 и 173, 828 записей соответственно. В наполнении данными полученных структур принимали участие сотрудники Иркутского филиала МГТУ ГА.

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

6. В рамках апробации и оценки предложенной специализации модельно-управляемого подхода и принципов самоорганизации при решении задач управления риском техногенных катастроф определены и выявлены данные и знания, соответствующие признаками и параметрам характеризующих рассматриваемые объекты (Рис.2). Составлена классификационная табличная модель отражающая их взаимосвязь. Разработана графическая модель состава и структуры данных и знаний, отражающая процесс деградации в виде последовательности событий, состояний и их взаимосвязи. Разработанные образно-описательные модели обеспечивают информационно-аналитическую основу для планирования дополнительных испытаний и уточнения свойств надежности и безопасности создаваемых объектов, методов и средств прогнозирования и диагностирования для предотвращения катастрофических отказов вследствие возможных неопределенностей.

События «повреждение ε » отражает такие повреждения, признаки которых выявляются ОЛМ или техническими средствами диагностирования без разборки оборудования. Например, протяженные трещины в вагонных тележках, бандажах колес или значительная коррозия на открытых поверхностях, или контролируемые повреждения при достижении ими предельных значений и др. Такие повреждения эквивалентны признакам события «неисправность λ », выявляемых ОЛМ или встроенными средствами и обеспечивают безопасность.

Любые повреждения в случае, непредусмотренных (неопределенных) динамических воздействиях, могут в очень короткий промежуток времени достичь предельных значений и привести к катастрофическому отказу.

Разновидность события «повреждение ε^* », отражает изменение технического состояния, которое не проявляется в виде признаков регистрируемых ОЛМ или не контролируемых средствами технического диагностирования. В этом случае отказ наступает вследствие недопустимого неконтролируемого изменения технического состояния и отсутствия живучести объекта, проявляемой в виде неисправности, как предвестника нежелательного изменения технического состояния. Подобные повреждения обусловлены неопределенностью ВФиСВ и могут приводить к катастрофическим отказам.

Событие «неисправность λ » отражает событие, обусловленное событием «повреждение ε », и характеризуется признаками, отражающими изменение основных параметров функционирования (производительность, скорость, качество выполнения функций и др.), а также признаками, которые не должны иметь место или их значения превышают допустимые. Признаки «неисправности λ » выявляются ОЛМ или встроенными техническими средствами, являются предвестниками отказа, отражают и обеспечивают живучесть объекта и понижают риск возникновения катастрофических отказов. Наличие события «неисправность» обеспечивает эффективное выявление и предупреждение катастрофических отказов.

Графическая модель отражает состав и последовательность событий, изменяющих свойства и состояния объекта, которые представлены признаками и параметрами. Знания, их отражающие представлены в таблице 2. Модели могут использоваться для решения различных исследовательских задач прочностной надежности.

Разработанные модели относятся к классу образно-описательных (не математических) моделей, не отражающих общего решения рассматриваемой проблемы. Поэтому алгоритмы их использования для прогнозирования и диагностирования являются



эвристическими, т.е. не полностью математически обоснованными, но при этом практически полезными.

На основе анализа опытно-экспериментальной и эксплуатационной информации, а также знаний об общих закономерностях механо-физико-химической деградации объектов, получены следующие результаты разработана модель, отражающая процесс изменения свойств и состояний объекта и характеризующих их признаков D/M/F. Данная модель позволит разработать концептуальный алгоритм использования моделей для управления риском техногенных катастроф посредством повышения точности прогнозирования и диагностирования процессов, событий, свойств и состояний объектов.

Представленные модели не отражают все аспекты знаний необходимые для решения проблемы управления риском техногенных катастроф, прогнозирования и диагностирования прочностной надежности и живучести объектов, но они отражают принципы классификации, накопления и обработки знаний для решения этой проблемы.

Данная работа является одним из этапов развития онтологического (систематизированного, формализованного) описания процессов, событий, свойств и состояний объектов, обеспечивающего автоматизацию и использование методов и средств искусственного интеллекта для управления риском техногенных катастроф, прогнозирования и диагностирования свойств прочностной надежности и безопасности объектов.

Авторы: д.т.н. Берман А.Ф., д.т.н. Николайчук О.А.

7. Осуществлена апробация платформы автоматизации создания интеллектуальных систем как сервиса (AI PaaS) для предметной области управления риском техногенных катастроф на примере создания информационной системы для управления экспертизой промышленной безопасности (ЭПБ), в частности, при решении задачи формирования и выполнения программы работ ЭПБ.

С помощью инструментария на уровне описания методологии решения задачи описаны онтологии верхнего уровня: онтология методологии диагностирования и проблемная онтология для описания задачи. Реализован планировщик, обеспечивающий самоорганизацию компонентов программной системы.

Согласно предложенной технологии и на основе созданного инструментального средства разработаны онтологии предметной (Рис. 29) и проблемной областей, продукционная база знаний для формирования программы работ ЭПБ.

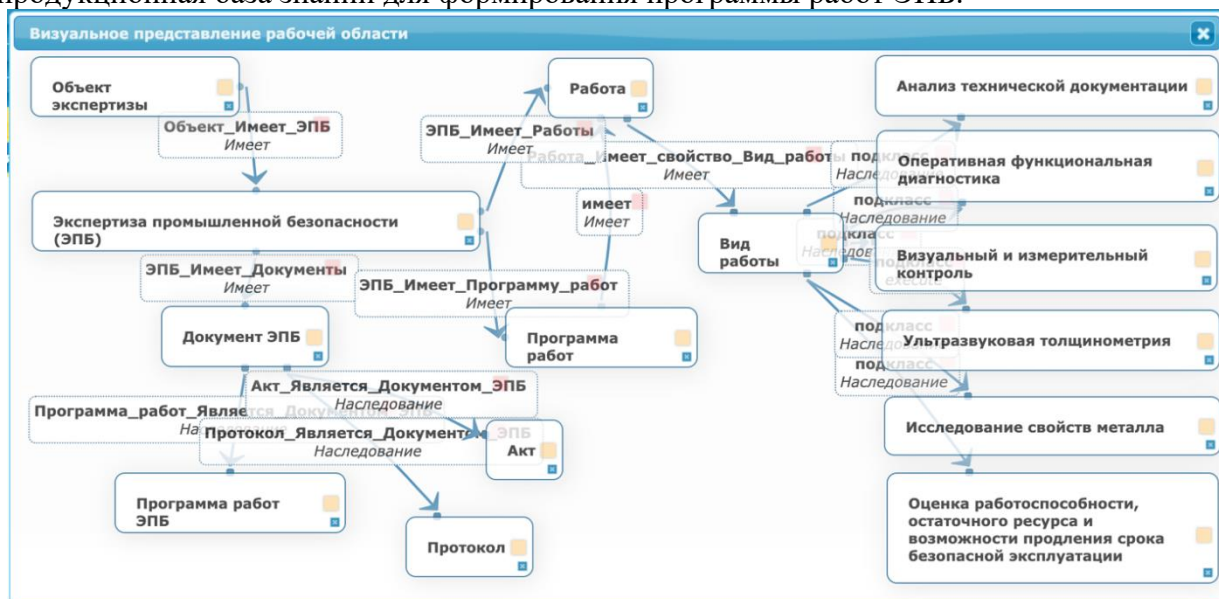


Рисунок 29. Фрагмент онтологии предметной области ЭПБ в виде семантической сети



Программная реализация с использованием средств облачной платформы «Yandex Cloud» показала, что предложенный подход может быть эффективно применен для решения узкоспециализированных задач, основанных на разнородных данных и знаниях. Программная реализация выполнена с использованием сервиса «Yandex Serverless Integrations», в рамках которого общая интеграция осуществляется с помощью «API Gateway», базовые компоненты представлены в виде «Cloud Function», а создание производных компонентов выполнено с помощью визуального конструктора «Yandex Workflows», позволяющего непрограммирующим пользователям описать желаемое поведение компонента на основе технологии Low-code.

Авторы: д.т.н. Николайчук О.А., к.т.н. Павлов А.И.



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. Метод сегментации и классификации регионов документов на основе графовых нейронных сетей (ГНС).

Разработана двухэтапная архитектура (words2rows и rows2regions), использующая графовые нейронные сети для агрегации слов в строки и строк — в смысловые регионы. Данный подход демонстрирует устойчивость к шумам и разнообразию макетов документов, превосходя чисто визуальные методы. Модель на уровне строк достигла метрики $F1@WordIoU[0.95] = 0.6864$, что подтверждает её эффективность для логической разметки слабоструктурированных документов.

Авторы: Копылов Д.Е., к.т.н. Михайлов А.А., Трифонов Р.И.

2. Метод восстановления порядка чтения регионов в документе.

Проведён сравнительный анализ классических алгоритмов определения последовательности чтения. Алгоритм XY-Cut продемонстрировал наилучшее качество на разнообразных макетах (BLEU 0.9582, ARD 1.96) при высокой вычислительной эффективности, что делает его применимым в качестве основы для построения корректной семантической цепочки при автоматическом анализе документов.

Авторы: Карпенков М.А., Копылов Д.Е., к.т.н. Михайлов А.А.

3. Метод обучения векторных представлений (эмбеддингов) шрифтов.

Предложен подход на основе метрического обучения, позволяющий получать компактные (8-компонентные) векторные описания стилистических особенностей текста независимо от его семантического содержания. Модель на основе архитектуры VGG показала точность до 0.96 в задачах классификации по жирности и 0.59 — по наклону, обеспечив информативный признак для последующего анализа структуры документов.

Авторы: Щурик М.В., Копылов Д.Е., к.т.н. Михайлов А.А.

4. Фреймворк CoLeM для семантической интерпретации русскоязычных табличных данных.

Разработан метод на основе контрастного обучения с использованием дистиллированной мультязычной модели BERT. CoLeM превзошёл базовые модели, включая RuTaBERT, достигнув $\text{micro-F1} = 0.974$ на наборе RWT-RuTaBERT, и показал высокую эффективность при распознавании редких семантических типов (средний прирост макро-F1 на 15.1%). Решение отличается высокой вычислительной эффективностью и возможностью дообучения на пользовательском оборудовании.

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

5. Концепция и метод построения вопросно-ответных систем по табличным данным (Table Question Answering).

Предложен подход, в котором языковая модель (BART-Large) обучается генерировать планы выполнения, аналогичные SQL-планам, вместо прямого формирования SQL-запросов. После тонкой настройки на WikiSQL метод показал точность (Denotation Accuracy) 95.1%, что на 11.9% превышает результат базового подхода TAPEx SQL Executor.



Автор: Поддубный И.А.

6. Исследование методов автоматического распознавания заголовков таблиц на основе больших языковых моделей (LLM).

Проведён масштабный эксперимент с 8 LLM разного размера и 6 стратегиями промпт-инжиниринга. Установлено, что качество распознавания напрямую коррелирует с масштабом модели: крупные LLM (405 млрд. параметров) достигают F1-меры 0.80–0.85, в то время как эффективность промптов зависит от размера модели и сложности табличной структуры.

Автор: Охотин И.И.

7. Концепция подхода повышения эффективности работы больших языковых моделей на основе RAG-систем с использованием сегментации документов и графов знаний.

Разработана архитектура мультимодального модульного RAG, направленная на работу с разнородными документами (текст, таблицы, изображения) и сохранение смысловых связей между фрагментами данных. Проведены предварительные эксперименты, подтверждающие работоспособность базовых компонентов конвейера, включая извлекатель и генератор.

Автор: Косогоров Д.Е.

8. Комплекс программных инструментов и тестовых ресурсов.

Создан табличный бенчмарк Russian-Facts-200 (RF-200), содержащий 200 размеченных русскоязычных таблиц для оценки извлечения фактов. Разработана и протестирована интеллектуальная система для извлечения и структурирования данных из PDF-документов, включающая модули визуализации, точного извлечения таблиц и консольный интерфейс.

*Авторы: к.т.н. Михайлов А.А., Кузнецов А.А., Андрющенко В.С., Загородников М.В.,
Вокин А.О., Якубовский Я.В.*

9. Метод автоматического извлечения фактов из семантически аннотированных табличных данных для пополнения графов знаний.

Разработанный на платформе Talisman обработчик таблиц продемонстрировал преимущество над классическим текстовым подходом (семантическим анализатором), показав итоговую F1-меру 0.464 против 0.277 на наборе RF-200, что подтверждает перспективность подхода для автоматического наполнения предметно-ориентированных графов знаний.

Автор: к.т.н. Дородных Н.О.



Проект «Комплексная экологическая оценка воздействия монгольского проекта «ГЭС Эгийн гол» на территорию Российской Федерации, озеро Байкал»

Направление науки: 1.2. Компьютерные и информационные науки

№ гос. регистрации 125091110246-2

Научный руководитель – ак. И.В. Бычков

1. Гидрологические характеристики, моделирование стока

В связи с планами строительства ГЭС Эгийн гол в Монголии на р. Эг – притоке р. Селенга, с учетом технических характеристик планируемой ГЭС, проведено предварительное исследование возможных изменений гидрологического режима российского участка р. Селенга для различных вариантов (сценариев) в период наполнения водохранилища ГЭС и в период ее нормального функционирования при разных условиях водности.

В результате исследования были согласованы с монгольскими коллегами и уточнены исходные гидрологические показатели расходов и уровней по монгольским и российским гидропостам в месячном и суточном временных разрешениях. По уточненным гидрологическим данным разработана гидрологическая модель для оценки влияния регулируемых режимов ГЭС Эгийн гол на российские участки р. Селенги.

Предварительные исследования гидрологических режимов до и после слияния крупных притоков показали значительные расхождения по водно-балансовым соотношениям для монгольской части бассейна р. Селенги. По российским гидропостам, за исключением г.п. Наушки, невязки среднемесячных балансов (при учете только крупных притоков) составляют менее 5%. В г.п. Наушки они достигают 20% относительно нормы. По монгольским гидропостам невязка более значительна и достигает более 30%, что требует дополнительных уточнений и исследования причин.

На основе уточненной статистики расходов р. Селенга выполнен анализ динамики изменения среднегодовых показателей расходов реки с выделением маловодных и многоводных периодов по скользящим пятилеткам. Наиболее глубоким и длительным маловодным периодом для российских и монгольских гидропостов за весь период наблюдений являлся период 1996–2017 гг.

Для каждого гидропоста по среднегодовым показателям расходов построены сравнительные кривые обеспеченностей для всего периода наблюдений, а также для последнего периода 1996–2023 гг. Сравнение периодов показывает значительное снижение расходов последнего времени (с 1996 г.) для рассматриваемых гидропостов. Изменение тенденций связано с глобальным изменением климата в бассейне р. Селенга в последние десятилетия. Данное обстоятельство следует учитывать при оценке изменения гидрологических режимов и их возможного воздействия на экосистему.

2. Моделирование режимов ГЭС Эгийн гол для разных условий водности

На основе имеющихся данных технического проекта ГЭС Эгийн гол и гидрологических характеристик разработана модель режимов наполнения водохранилища и режимов функционирования ГЭС при разных условиях водности с проведением необходимых водно-энергетических расчетов для среднемесячных, среднесуточных и часовых интервалов времени. На основе данной модели выполнены исследования изменений гидрологического режима р. Эг в нижнем бьефе ГЭС в результате сооружения гидроузла. По результатам моделирования режимов оценивались изменения расходов на монгольских и российских участках р. Селенга относительно естественных условий.

Результаты моделирования изменений расходов в российской части бассейна р. Селенга для разных условий водности и режимов работы ГЭС Эгийн гол показывает



потенциальные риски уменьшения расходов ниже минимальных в весенние и летние месяцы и повышения расходов выше максимальных в зимние месяцы относительно наблюдаемых в естественных условиях.

При наполнении водохранилища в условиях низкой водности (обеспеченностью 95% и выше) возникают проблемы с возможными экстремально низкими расходами на российских гидропостах Наушки, Новоселенгинск, Мостовой и, как следствие, на оз. Байкал, не наблюдаемыми ранее в естественных условиях. В теплый период (май-октябрь) расчетные расходы, принятые в базовом сценарии – 40 м³/с (Отчет, Монголия - 2024 г.), оказываются на 10-60 м³/с ниже минимальных, наблюдаемых в естественных условиях. В продолжительные маловодные периоды ситуация с водностью (снижением расходов) может обостриться, что связано с интенсивным испарением и пересыханием многочисленных проток в монгольской части р. Селенги на участке от Хялганата до Зуунбурена и Сухэ-Батора.

Продолжительность наполнения водохранилища, в зависимости от условий водности, составит от 1 года 5 месяцев (многоводный период) до 6 лет 6 месяцев (маловодный период). Таким образом, наиболее критическим для периода наполнения может стать его совпадение с маловодным периодом.

В период нормального функционирования ГЭС максимальные отклонения зарегулированного стока от естественного в створе ГЭС наблюдаются в зимние периоды, особенно в январе-феврале, когда в естественных условиях сток может практически отсутствовать (3–10 м³/с), а после зарегулирования он повышается до 110–130 м³/с (при средней и высокой водности). В весенний период (апрель–май), наоборот, сток может снизиться в 3-4 раза относительно естественного, при этом по проекту он ежегодно ограничивается диапазоном 30–60 м³/с. В летний период изменение стока варьируется как в сторону уменьшения (при средней и высокой водности), так и увеличения (при низкой водности).

Более точные оценки будут получены на втором этапе работы после уточнения данных по среднемесячным и среднедекадным расходам на монгольских гидропостах (прежде всего на гидропостах Хялганат и Зуунбурэн), технических характеристик гидроузла и буферной плотины, создания модели рельефа и гидравлической модели.

3. Анализ состояния экосистемы бассейна р. Селенга

Результаты проведенного анализа опубликованных научных данных и фондовых материалов научно-исследовательских учреждений РАН, отраслевых НИИ и ВУЗов о состоянии экосистемы свидетельствуют о неравнозначном и часто недостаточном уровне знаний о состоянии основных элементов биоты р. Селенги (фито- и зоопланктон, зообентос, рыбы) и её прибрежной зоны (герпетофауна, орнитофауна, териофауна) в пределах Российской Федерации. Указанные компоненты биоты наиболее детально исследованы в нижнем течении реки – в дельте и авандельте. Гораздо менее подробно, а порой лишь фрагментарно, исследован участок течения Селенги от границы с Монголией до верхней границы дельты, а также нижние участки её основных притоков, которые, несомненно, подвергнутся негативному воздействию при строительстве ГЭС Эгийн гол. Это обстоятельство определило необходимость более детальных исследований всех элементов экосистемы р. Селенги на участке в пределах территории Российской Федерации, которые были выполнены в ходе совместной российско-монгольской экспедиции в период с 11 по 21 августа 2025 г.

В ходе проведенных исследований фитопланктона на различных участках р. Селенги установлено достаточно высокое видовое разнообразие (от 46 до 119 видов и форм). На верхнем участке основу видового разнообразия и численности составляли зеленые водоросли, тогда как биомассу – динофитовые. Вниз по течению (участок Джиды – Темник)



возрастало как видовое разнообразие, так и количественные показатели зеленых водорослей при некотором снижении общей численности и биомассы фитопланктона. Далее вниз по течению отмечалось увеличение видового разнообразия в целом и таких групп, как диатомовые и зеленые, а также снижение общей численности и биомассы. Ниже устья р. Уды и очистных сооружений г. Улан-Удэ отмечалось резкое увеличение в фитопланктоне индикатора загрязнения зеленой водоросли *Scenedesmus elipticus*, а также ряда видов сине-зелёных.

Зоопланктон р. Селенги и её притоков в российской части следует охарактеризовать как качественно и количественно бедный, структурно упрощенный. В особенности это касается основных притоков, в приустьевой области, в которых плотность населения зоопланктона может сильно снижаться вплоть до полной элиминации из гидробиоценозов этих участков. Обеднение видового состава и упрощение структуры зоопланктона проявляется, в первую очередь, за счёт выклинивания из состава эупланктонных коловраток и рачков-фильтраторов *Daphnia* spp., *Simocephalus* spp., видов семейства Sididae, а также при практически полном отсутствии Calanoida. Несмотря на обеднённость видового состава, факты обнаружения ряда видов, новых для региона и для РФ, обуславливают уникальность ряда планктонных сообществ р. Селенги и нижнего течения её притоков.

В ходе исследования зообентоса установлено обитание в р. Селенге 23 групп донных беспозвоночных разного таксономического уровня. Анализ динамики зообентоса исследуемого участка реки показал значительную изменчивость его качественного и количественного состава. Средние показатели численности и биомассы колебались в широких пределах – от 142 до 6222 экз./м² по численности и от 0,165 до 9,129 г/м² по биомассе. Структура зообентоса различных участков реки обусловлена своеобразием состава и динамики грунтов. Численность зообентоса определяют личинки поденок, хирономид и олигохеты, биомассу – личинки поденок, стрекоз и олигохеты.

Ихтиофауна бассейна Селенги на российской территории включает 33 вида. В ходе проведённых исследований в уловах отмечены 11 видов рыб. На верхнем участке реки описаны преимущественно ельцово-плотвично-язевые, ельцово-окунево-плотвичные или ельцово-окунево-карасевые ихтиоценозы. В среднем течении в районе р. Хилок отмечались монодоминантные сазановые или ельцовые ихтиоценозы. В районе верхней части дельты р. Селенги отмечаются ельцово-окунево-плотвичные и плотвично-язево-окуневые ихтиоценозы. Полученные биологические показатели исследованных рыб характеризовались относительно высокими значениями, превышающими таковые у рыб из других водоёмов Восточной Сибири.

Представители герпетофауны в ходе экспедиционных работ отмечались единично, подтверждая общую скудость этого компонента биоты на рассматриваемой территории.

В ходе орнитологических учётов, проведённых по акватории и прибрежной зоне р. Селенга с воды, выявлен 51 вид птиц, 36 из которых тесно связаны с водными или околоводными местообитаниями. Показатели плотности населения птиц изменяются в пределах от 127 до 497 особей/км². Видовое богатство на обследованных участках колеблется от 17 до 30 видов. Стоит отметить, что плотность населения птиц выше в орнитокомплексах верхней части реки. Также только здесь отмечались серые гуси и гуси-сухоносы. Это, по всей видимости, связано с меньшей степенью антропогенной нагрузки территории. По мере приближения к нижней части реки и увеличению её водности растёт обилие некоторых видов водоплавающих и околоводных птиц (кряква, серая цапля, монгольская чайка). Показатели плотности населения изменяются в пределах от 334 до 1317 особей/км². Видовое богатство на обследованных участках колеблется от 18 до 40 видов. Рост плотности населения и видового богатства связан с увеличением мозаичности и усложнением видового состава береговых растительных сообществ. В ходе проведенного



исследования было зарегистрировано 26 видов птиц, внесённых в Красные книги и охранные списки различных уровней. Суммарный видовой состав фауны птиц на этом участке представлен 98 видами, принадлежащими к 10 отрядам.

В составе териофауны отмечены 11 видов млекопитающих. На обследованной территории наиболее широко представленными отрядами млекопитающих были грызуны и хищники. Отмечен один вид, занесенный в Красную книгу Республики Бурятия.

Полученные в ходе проведения экспедиционных работ новые данные об основных элементах биоты р. Селенги и нижнего течения её притоков, а также прилежащих территорий речной поймы вкупе с уже имеющимися опубликованными и фондовыми материалами являются научной основой оценки воздействия последствий строительства ГЭС «Эгийн гол» в Монголии и разработки предложений по минимизации негативного воздействия на экосистему российской части бассейна реки.

4. Сбор и систематизация данных по бассейну р. Селенга и оз. Байкал

На первом этапе был проведен комплекс исследований, включавший сбор и систематизацию сведений о физико-географических и социально-экономических особенностях бассейна р. Селенга, анализ современного состояния и перспектив развития его водохозяйственной системы, а также обзор международных и национальных подходов к оценке воздействия на окружающую среду. Проанализированы материалы предыдущих исследований по воздействию регулирования стока на экосистемы бассейна р. Селенга и оз. Байкал, выполнен обзор состояния водных и прибрежных экосистем на основе абиотических и биотических характеристик и природоохранной значимости территории. На этой основе выделены ключевые факторы, подлежащие дальнейшему анализу на последующих этапах работы.

Представлены природно-климатические характеристики бассейна. Особое внимание уделено дельте Селенги, расположенной в границах объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Озеро Байкал», которая выполняет ключевую роль в поддержании высокой биологической продуктивности водно-болотных угодий. Приведены краткие сведения об озере Байкал, его правовом статусе и структуре Байкальской природной территории (БПТ). Отмечается, что сохранение уникальной экосистемы Байкала требует сочетания строгого правового регулирования, мониторинга и совершенствования природоохранных мер. Анализ климатических данных показал повышение среднегодовой температуры на 1,6–1,8 °C за последние семь десятилетий и ожидаемый рост на 0,5–1,5 °C в ближайшие 20 лет. Многолетний анализ показал снижение среднегодового стока на 20–30% относительно начала инструментальных наблюдений, преимущественно в тёплый сезон. В ближайшие два десятилетия в летний период ожидается снижение поверхностного стока в восточной и юго-западной частях бассейна, тогда как в перспективе 2041–2060 гг. годовой сток останется относительно стабильным. Кратко представлена социально-экономическая характеристика бассейна: в бассейне Селенги проживает около 863 тыс. чел. (2024 г.), что составляет 88% населения Бурятии. Основные виды деятельности — промышленность, энергетика, сельское хозяйство и туризм, особенно активно развивающийся в пределах БПТ.

Выполнен анализ водохозяйственной системы бассейна с использованием данных СКИОВО. Приведены характеристики водохозяйственных участков, водозабор, водопользование, качество и объём подземных вод, планы развития инфраструктуры. Общий уровень водопотребления составляет около 1,4 % среднего годового стока, что подтверждает достаточность водных ресурсов для текущих нужд. Обобщены сведения о многолетних гидрологических, гидрохимических и геоморфологических исследованиях и особенностях трансграничного водопользования бассейна реки Селенги.



Выполнен обзор международных документов, российских законов и подзаконных актов, составляющих нормативно-правовую и методическую базу Комплексной экологической оценки воздействия ГЭС Эгийн гол на территорию Российской Федерации. Поскольку данная Комплексная экологическая оценка является частью большой работы, проводимой совместно с монгольской стороной, в работе используются все применимые международные документы, вне зависимости от статуса подписания и/или ратификации их Российской Федерации. Конвенции, не ратифицированные Российской Федерацией, используются как документы, отражающие лучшую мировую практику, и применяются для формирования методики проведения Комплексной экологической оценки. Для расширения методической базы в работе также использованы стандарты и требования международных организаций, проводящих экологические оценки своих проектов. Уточнены термины и определения, используемые в международном сообществе, и соотнесены с терминологией, применяемой в РФ. Особое внимание уделено руководству ЮНЕСКО по оценке воздействий на объекты Всемирного наследия, которое легло в основу методологической схемы Комплексной экологической оценки.

Приводятся результаты сопоставления международных подходов и требований к экологической и социальной оценке, включая оценку воздействий на объекты Всемирного наследия, с подходами и требованиями российской нормативно-правовой базой.

Выполнен обзор международных подходов к управлению водными ресурсами и учету экосистемных потребностей, включая экологический сток и экологические попуски. Рассматриваются принципы интегрированного управления водными ресурсами, бассейнового планирования. Отмечается, что экологический сток всё чаще рассматривается как неотъемлемая часть системы управления водными ресурсами, направленная на поддержание устойчивого функционирования водных и прибрежных экосистем. Приводится характеристика воздействия регулирования стока, включая изменение режима стока, фрагментацию экосистем, нарушение миграций и снижение биоразнообразия. Подчеркивается значение реализации экологических попусков на зарегулированных плотинами реках для поддержания функционирования экосистем в нижних бьефах гидроузлов. Отмечается, что учет экосистемных функций реки при планировании гидроэнергетических проектов способствует снижению экологических и социальных рисков. Это особенно важно в трансграничных бассейнах, где интеграция экологического стока в практику управления водными ресурсами и регулирования стока необходима для справедливого распределения водных ресурсов и устойчивого функционирования водных и прибрежных экосистем.

Выполнено формирование методических подходов к проведению Комплексной экологической оценки воздействия проекта ГЭС Эгийн гол. Определены ключевые факторы, показатели и территориальный охват, которые будут использоваться при последующем анализе воздействия на окружающую среду в бассейне р. Селенга и оз. Байкал (второй и третий этапы). В соответствии с Методикой ЮНЕСКО и современными международными подходами к экологической и социальной оценке приведена и проанализирована выдающаяся универсальная ценность (ВУЦ) объекта Всемирного наследия «Озеро Байкал»; выделены социально-экологические аспекты, ключевые факторы воздействия, объекты-реципиенты и предполагаемые типы воздействий, подлежащие дальнейшему анализу; определён территориальный охват потенциальных воздействий проекта. Полученные результаты формируют основу для подготовки скоупинг-отчёта – предварительной оценки, включающей выявление и ранжирование экологических и социальных аспектов, воздействий и рисков, проведения консультаций на следующем этапе работ.

В результате проведенных исследований сформирована общая методология проведения Комплексной экологической оценки, основанная на международном опыте и



подходах, применяемых мировым сообществом, с учётом специфики оценки воздействий на объекты Всемирного наследия. Установлено, что проводимая Комплексная экологическая оценка воздействий ГЭС Эгийн гол на территорию Российской Федерации, озеро Байкал, выполняется в формате научного исследования, с использованием методологии экологической оценки. Данная Комплексная оценка является частью более широкой оценки воздействий монгольской ГЭС Эгийн гол, проводимой совместно монгольской и российской сторонами. Совместными усилиями российской и монгольской сторон данная работа может быть доведена до уровня экологической и социальной оценки высокого уровня, соответствующей всем требованиям и международным стандартам такой оценки. Для этого необходимо интегрировать результаты данной Комплексной экологической оценки с экологической оценкой, проводимой монгольской стороной. Для проведения Комплексной экологической оценки необходимо обновить (уточнить и дополнить) исходную информацию, в частности исходных данных о намечаемой деятельности. Также требуется консолидировать существующие отчёты по оценке воздействия на окружающую среду ГЭС Эгийн гол и предоставить актуальный План смягчающих мероприятий, которые предполагает проводить монгольская сторона.

Таким образом, собранные сведения и полученные на первом этапе исследований предварительные оценки формируют основу для последующей научной работы по Комплексной оценке последствий строительства ГЭС Эгийн гол и разработки мер по снижению потенциального негативного воздействия на российскую часть бассейна р. Селенга, оз. Байкал.



ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ РОССИЙСКОГО НАУЧНОГО ФОНДА

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.

Усовершенствована математическая модель работы международного контейнерного терминала Хайфон (НСТ, Вьетнам). В ней учитываются следующие особенности подобных систем: 1) со склада на причал передается столько контейнеров, сколько будет загружено в судно, при этом данное значение заранее неизвестно; 2) маршруты порожних и груженых контейнеров отличаются, при этом каждый тип имеет два направления движения (с моря на сушу и обратно) через одни и те же элементы терминала. Усовершенствования модели заключаются в том, что, во-первых, используются СеМО, часть узлов в которой имеют динамически изменяемую вместимость очереди, а размер групп заявок, выбираемых для обслуживания, равен ее текущему значению. Изменение вместимости очереди происходит в моменты завершения обслуживания, а новое значение является случайной величиной. Во-вторых, применяются заявки разных типов со своими маршрутными матрицами. На основе результатов численного исследования модели определены текущая загрузка и максимальная пропускная способность терминала и построен прогноз его работы при увеличении объемов транспортных потоков, в частности, при поступлении сверхбольших контейнеровозов

Авторы: к.ф.-м.н. Лемперт А.А., к.т.н. Жарков М.Л.

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. Разработан новый оригинальный подход к поиску глобальных решений задачи двухуровневой оптимизации в гарантированной (пессимистической) постановке, где исследуемая задача сводится к семейству двухуровневых задач в оптимистической постановке с возмущенными задачами нижнего уровня, и доказывается сходимости оптимальных значений последних к оптимальному значению «гарантированной» задачи. Для квадратично-линейной задачи двухуровневой оптимизации осуществляется сведение задачи к серии невыпуклых одноуровневых задач оптимизации с использованием методов точного штрафа. Для редуцированной задачи разработан метод решения, основанный на теории глобального поиска (ТГП). Вычислительное тестирование разработанного подхода на специально сконструированных двухуровневых задачах оптимизации подтвердило высокую эффективность новой методики в отыскании именно глобального гарантированного решения двухуровневых задач оптимизации рекордной размерности и возможность ее применения для решения прикладных задач с иерархией.

Автор: д.ф.-м.н. Стрекаловский А.С.

2. Для иерархического конфликта на электроэнергетической сети между системным оператором (верхний уровень) и генерирующими компаниями (нижний уровень) построена усложненная математическая модель в виде задачи двухуровневой оптимизации (ЗДО) в оптимистической постановке, с билинейной целевой функцией на



верхнем уровне и квадратичной функцией на нижнем, с учетом общего связывающего ограничения по объему генерации. Для построенной задачи разработаны методы локального и глобального поисков, базирующиеся на ТГП А.С. Стрекаловского. Проведенные вычислительные эксперименты по апробации разработанных методов на тестовых примерах подтвердили эффективность предложенной методики по поиску именно глобальных оптимистических решений задачи.

Авторы: к.ф.-м.н. Орлов А.В., Минарченко И.М., к.ф.-м.н. Груздева Т.В.

3. Для двухуровневой задачи конкуренции при поставках угольных ресурсов в Китай из других стран построена усовершенствованная модель, в которой учитываются пошлины импортера на различные типы угля, а также его собственные возможности производства. Для построенной ЗДО в оптимистической постановке с невыпуклыми квадратичными целевыми функциями на верхнем и нижнем уровнях сконструированы методы локального и глобального поисков, обобщающие методы из п.2, разработанные ранее. Построенные методы базируются на редукции двухуровневой задачи оптимизации к невыпуклой одноуровневой и применении к последней ТГП.

Автор: к.ф.-м.н. Орлов А.В.

4. Произведено уточнение двухуровневой постановки задачи со смешанными (непрерывными и целочисленными) переменными, моделирующей конкуренцию при поставках угля в Китай из других стран: учитывается ограничение на число периодов закупки угля, а также минимизация затрат на импорт угля, не зависящих от его цены. Осуществлена редукция этой задачи к одноуровневой задаче с помощью формулы закупочной цены через объемы производства на нижнем уровне. Далее произведена стандартная редукция булевых ограничений задачи к непрерывным обратно-выпуклым ограничениям. Разработаны два подхода к решению редуцированной задачи. Первый подход основан на применении ранее разработанной ТГП для обратно-выпуклых задач, второй базируется на решении связанной параметрической задачи выпуклой максимизации.

Авторы: к.ф.-м.н. Груздева Т.В., к.ф.-м.н. Ушаков А.В.

5. Исследована задача конкуренции при поставках электроэнергии между тремя странами (Россия, Монголия, Китай). На базе известной модели EMELIE (Electricity Market Liberalization In Europe), где используется обратная функция спроса с постоянной эластичностью, построены два варианта равновесной модели, с отысканием ситуации равновесия по Нэшу. В первом варианте модели конкуренция рассматривается с точки зрения получения наибольшей прибыли каждой генерирующей компанией, которая может одновременно присутствовать в нескольких регионах, а во втором – исследуется конкурентная максимизация прибыли каждой страны с учетом ограничений на производство. Предложены пути поиска ситуации равновесия по Нэшу в каждой из равновесных задач. В первом случае разработанная методика основана на аппроксимации функций Никайдо-Исоды явно заданными невыпуклыми опорными функциями и сводит исходную неявную задачу минимизации к решению последовательности явных задач невыпуклой оптимизации специального вида. Во втором варианте модели, после применения теории штрафов и вычисления значений целевых функций игроков в различных ситуациях строится конечная бескоалиционная игра, которая сводится к невыпуклой задаче оптимизации.

Авторы: д.ф.-м.н. Хамисов О.В., Минарченко И.М., к.ф.-м.н. Орлов А.В., к.ф.-м.н. Груздева Т.В.



6. Разработан новый оригинальный подход к решению задач двухуровневой оптимизации в оптимистической постановке, где задача нижнего уровня выпукла, целевая функция и функции-ограничения задачи верхнего уровня являются непрерывно дифференцируемыми функциями с условиями Липшица. Эти задачи редуцируются к одноуровневой с помощью функции оптимального значения задачи нижнего уровня, т.е. неявной функции. Для нее строятся опорные явные нелинейные функции. Обоснована сходимость предложенного метода ветвей и отсечений к решению исходной задачи. Проведены вычислительные эксперименты, демонстрирующие эффективность предложенного подхода в отыскании глобальных оптимистических решений ЗДО и возможность его применения для решения прикладных двухуровневых задач.

Автор: д.ф.-м.н. Хамисов О.В.

7. Исследована задача передачи однородного продукта (электроэнергии) по сети с потребителями в узлах и ограничениями на пропускные способности. Производители действуют из принципа максимума прибыли, потребители моделируются с помощью функций спроса. Построена новая двухуровневая модель этой системы, в которой на нижнем уровне решается задача поиска равновесия между производителями и потребителями, а на верхнем – задача потокораспределения и расширения (при необходимости) пропускных способностей сети. Сформулированная ЗДО редуцируется к задаче смешанного непрерывно-целочисленного линейного программирования. Такая редукция помогает разработке методики решения двухуровневых задач с помощью решателей целочисленной оптимизации. Проведены первые вычислительные эксперименты с помощью известных программных пакетов, которые показали адекватность построенной модели и эффективность разработанной методики в отыскании глобальных оптимистических решений двухуровневой задачи.

Авторы: Минарченко И.М., д.ф.-м.н. Хамисов О.В.

8. Произведено значительное усовершенствование доказательства сходимости схемы глобального поиска (СГП) для общей задачи DC оптимизации с ограничениями типа равенства и неравенства), основанное на новых приближенных УГО, с помощью которых удалось ослабить понятие так называемой «разрешающей» аппроксимации поверхности уровня выпуклой функции, аккумулирующей все невыпуклости исходной задачи с ограничениями. Особенно выигрышным и важным с точки зрения реализации это оказывается в силу нового условия «согласования» параметров (точностей) СГП. Поэтому элементы генерируемой схемой глобального поиска последовательности оказываются одновременно критическими (по отношению к специальному (мета-)методу локального поиска (СМЛП)), а также приближенными решениями каждой из последовательности вспомогательных оштрафованных задач. При этом сама последовательность является минимизирующей для предельной оштрафованной задачи, а в случае выполнения «условия допустимости» и для исходной задачи.

Авторы: д.ф.-м.н. Стрекаловский А.С.

9. Для задач DC оптимизации с DC ограничениями-неравенствами (к которым сводятся задачи с иерархией и на поиск равновесий) проведено расширенное компьютерное тестирование по поиску глобального решения в задачах размерности до 1000 с помощью СГП, а также численное сравнение результатов решения с известными пакетами прикладных программ (солверами) (IPOPT, CONOPT, SCIP, GUROBI). При этом использовалась модифицированная СГП с согласованием точностей решения «внутренних» задач СГП (линеаризованных, локального поиска и вспомогательных), что позволило сократить время решения уже на этапе локального поиска для недопустимых



стартовых точек. В целом, СГП продемонстрировала сравнительное преимущество перед вышеуказанными солверами (которое возрастает с ростом размерности задачи), как по времени работы, так и по качеству получаемых решений.

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

10. Для невыпуклой задачи оптимального управления (ОУ) (моделирующей эпидемические процессы) с выпуклым терминальным функционалом и нелинейной по состоянию системой управления доказаны новые УГО, использующие параметрическую линеаризацию нелинейной системы управления. УГО обладают известным конструктивным свойством, а также используют выпуклые по состоянию (частично линеаризованные по системе управления) задачи ОУ, в которых принцип Л.С. Понтрягина (ПМП) оказывается и достаточным условием глобальной оптимальности. В настоящий момент производится проверка эффективности УГО для случаев различной невыпуклости по системам управления, возникающих при моделировании эпидемических процессов.

Автор: д.ф.-м.н. Стрекаловский А.С.

11. Для невыпуклых задач оптимального управления с невыпуклыми (ДС по состоянию) функционалами Больца и линейной (по состоянию) системой управления, возникающих при моделировании эпидемических процессов, разработан и обоснован СМЛП, основанный на идее последовательного решения частично линеаризованных задач ОУ, в которых принцип Л.С. Понтрягина является и достаточным условием оптимальности. Исследована сходимость этого СМЛП и обоснованы критерии останова, а также свойства предельного управления. В настоящее время производится тестирование СМЛП на простейших примерах задач ОУ, а также на специально сконструированных задачах ОУ, моделирующих эпидемические процессы.

Авторы: д.ф.-м.н. Стрекаловский А.С., Косьянов Н.О.

12. Для исследования процесса лечения населения в эпидемических задачах часто за управление берется число пациентов, которым оказывается медицинская помощь. Это приводит к невыпуклой оптимизационной задаче распределения нагрузки между медучреждениями с дискретными переменными. Для ее решения разработан оригинальный Метод потенциальных значений, а также предложены несколько его модификаций. Доказана сходимость разработанного метода к глобальному решению. Проведен обширный вычислительный эксперимент на тестовых задачах, моделирующих высокую эпидемическую нагрузку в крупном населенном пункте. Метод продемонстрировал рекордную эффективность, как по качеству найденных решений, так и по скорости вычислений, в сравнении с рядом программных средств, реализующих общепринятый подход на основе метода ветвей и границ.

Автор: Косьянов Н.О.

Проект РНФ № 25-21-00304 «Методы невыпуклой оптимизации для задач машинного обучения без учителя и с частичным привлечением учителя»

№ гос. регистрации: 125052806504-4

Руководитель проекта – к.ф.-м.н. А.В. Ушаков

1. Для задачи кластеризации MSSC (k-means, минимизация суммы квадратов евклидовых расстояний) с использованием специального d.c. представления ее целевой функции разработан новый вариант метода локального поиска (МЛП), базирующийся на свойстве сепарабельности полученных частично линеаризованных задач. Вычислительные эксперименты на наборах данных, сгенерированных на основе распределения Гаусса,



показали высокую эффективность разработанного алгоритма, который сравним по скорости работы с классическим алгоритмом Ллойда (k-means) и значительно (в 30-60 раз) быстрее базового специального МЛП для задач d.c. минимизации. При этом разработанный вариант МЛП обеспечивает более низкие значения функции ошибки и лучшие внешние метрики кластеризации по сравнению с k-means и его модификацией k-means++.

Авторы: к.ф.-м.н. Груздева Т.В., Груздева М.С.

2. Разработан алгоритм поиска глобальных решений в задаче кластеризации с использованием расстояния Махаланобиса, обобщающего понятие евклидова расстояния до центров кластеров. Матрица, определяющая это расстояние, строится по методологии контролируемого машинного обучения с использованием дополнительной информации об элементах данных. Тестирование разработанного алгоритма продемонстрировало его конкурентоспособность в серии вычислительных экспериментов по сравнению с традиционной эвристикой k-средних (k-means)

Авторы: к.ф.-м.н. Груздева Т.В., к.ф.-м.н. Ушаков А.В.

3. Произведена редукция задачи SSMSSC (MSSC с частичным привлечением учителя, с ограничением на размер кластеров) к задаче d.c. оптимизации. Для поиска ее локальных решений разработан метод, состоящий из двух этапов: 1) сначала решается серия частично линеаризованных задач на выпуклом множестве (без ограничения на целочисленность переменных, отвечающих за принадлежность элементов данных кластерам), 2) далее выполняется проектирование полученного решения на множество $\{0,1\}$. Применимость двухэтапного локального поиска и его эффективность в процессе поиска глобальных решений проверена в ходе вычислительного эксперимента.

Авторы: Охотина М.С., к.ф.-м.н. Груздева Т.В., к.ф.-м.н. Ушаков А.В.

4. Разработан метод поиска глобальных решений в задаче SSMSSC, в котором решение линеаризованных задач осуществляется со стартовых точек на поверхности уровня функции, задающей базовую невыпуклость, одновременно (параллельно). Реализация параллельного алгоритма выполнена на основе технологии MPI. Вычислительный эксперимент на наборах данных из репозитория KEEL продемонстрировал, что предложенный оптимизационный подход к решению задачи SSMSSC приводит к улучшению разделения элементов данных на кластеры и обеспечивает более низкие значения функции ошибки кластеризации и лучшие внешние метрики кластеризации по сравнению с решением задачи MSSC.

Авторы: Охотина М.С., к.ф.-м.н. Груздева Т.В., к.ф.-м.н. Ушаков А.В.



ГРАНТЫ МИНОБРНАУКИ

Крупный научный проект «Фундаментальные исследования Байкальской природной территории на основе системы взаимосвязанных базовых методов, моделей, нейронных сетей и цифровой платформы экологического мониторинга окружающей среды»

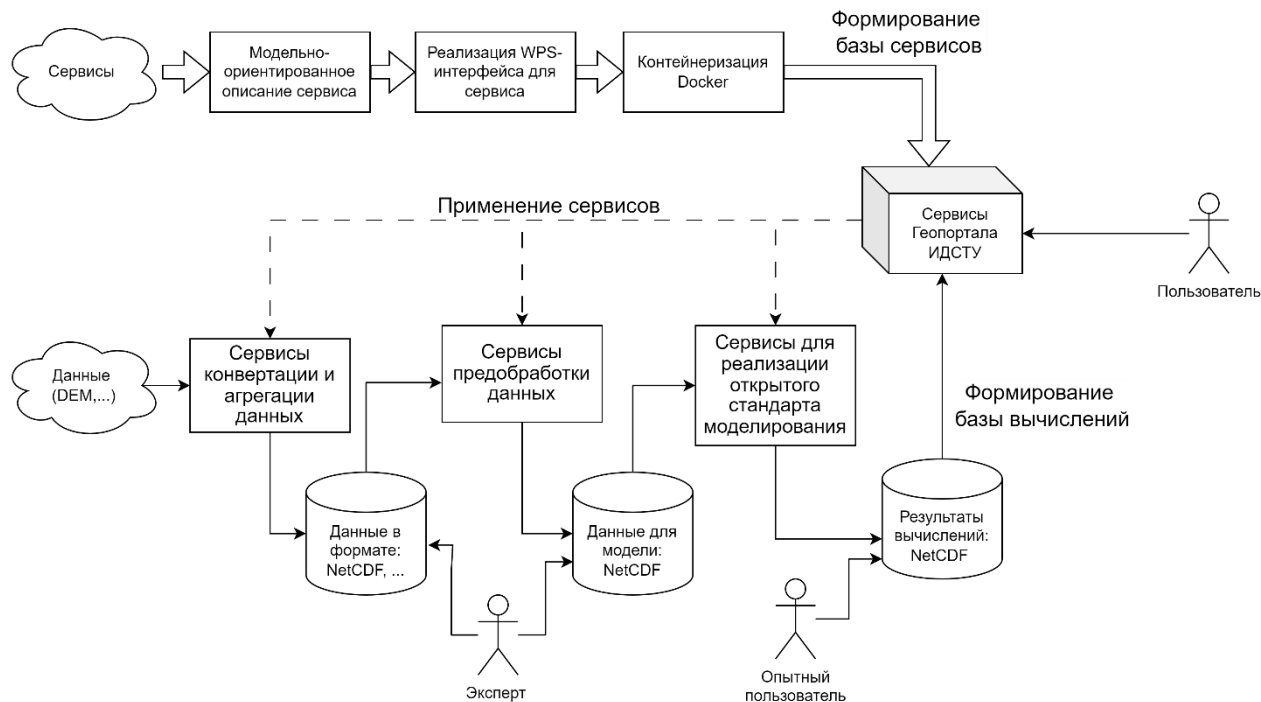
Соглашение с Минобрнауки России № 075-15-2024-533 от 23.04.2024.

№ гос. регистрации: 124052100088-3

Научный руководитель проекта – ак. Бычков И.В.

1. Разработка прототипов сервисов сценарного анализа БПТ на основе открытых стандартов моделирования

Разработаны информационные модели и семантически значимые программные интерфейсы для сервисов сценарного анализа, которые могут быть применены для исследования БПТ. Предложенные решения направлены на сокращение трудозатрат разработчиков, обеспечение совместимости данных и повышение воспроизводимости сценарных экспериментов. Сформировано множество сервисов сценарного анализа БПТ на примере модели MOSART-WM, поддерживающей открытые стандарты, и протестирована их работоспособность на условных данных. Обеспечена возможность унифицированного вызова вычислительных модулей через веб-интерфейс, их контейнеризацию в среде Docker и регистрацию в геопортале как WPS-сервисов. Проведены тестовые запуски сервисов на геопортале ИДСТУ СО РАН. Разработанные сервисы будут применяться в рамках цифровой платформы для исследований БПТ с целью обеспечить поэтапный сценарный анализа: от подготовки исходных геоданных до управления процессом расчётов.



Авторы: к.т.н. Столбов А.Б., к.т.н. Авраменко Ю.В., д.т.н. Фёдоров Р.К.

2. Реализация технологии хранения и обработки больших данных.

На вычислительном кластере развернут прототип распределенной файловой системы HDFS. Определены основные параметры для эффективного доступа к космоснимкам, разработан модуль загрузки данных в распределенную файловую систему



и проведена тестовая загрузка космоснимков. Выполнено тестирование параллельной обработки космоснимков в рамках модели MapReduce. Применение HDFS в связке с Dask (рисунок 30) является эффективным для построения систем анализа спутниковых данных. Её реализации позволяет горизонтально масштабировать вычислительный кластер, линейно увеличивая производительность для независимых задач. Разрабатываемая инфраструктура будет применяться для параллельной обработки космоснимков (на текущий момент более 120 тысяч) с целью формирования информационных продуктов для Байкальской природной территории.

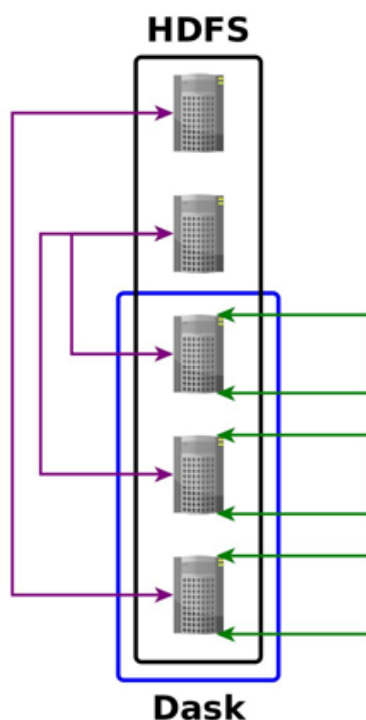


Рисунок 30. Схема работы HDFS совместно с Dask. Стрелками показана передача данных. Фиолетовый - между узлами, зеленый - данные уже расположены, задержка на передачу минимальна

Авторы: к.т.н. Авраменко Ю.В., д.т.н. Фёдоров Р.К.

3. Разработка методов коррекции совмещённых цифровых моделей рельефа по контурам береговых линий озёр и водохранилищ, выделяемым на открытых спутниковых снимках

Предложен новый метод, основанный на автоматизированном анализе временных серий мультиспектральных снимков среднего разрешения со спутников Sentinel-2, который позволяет косвенным, но эффективным путём реконструировать топографию критически важной переходной зоны — прибрежной полосы (рисунок 31). Суть метода заключается в точном выделении динамически меняющейся береговой линии, которая служит индикатором уровня воды, и последующем интеллектуальном комбинировании этих пространственно-временных данных для получения непрерывной цифровой модели рельефа, охватывающей весь диапазон колебаний уровня. Главным практическим достоинством этого подхода является именно его фокус на наиболее уязвимом и динамичном диапазоне высот, который непосредственно определяет масштабы затопления при паводках, процессы переформирования берегов и условия существования прибрежных экосистем. Таким образом, несмотря на то, что метод не даёт полной батиметрической съёмки всей акватории, он предлагает экономически эффективное, масштабируемое и технологически доступное решение для получения высокоценных данных именно там, где



они нужнее всего – в зоне взаимодействия суши и воды, что вносит существенный вклад в повышение точности гидрологических расчётов, моделей прогнозирования наводнений и оценки рисков, открывая новые возможности для научных исследований и практического управления водными ресурсами.

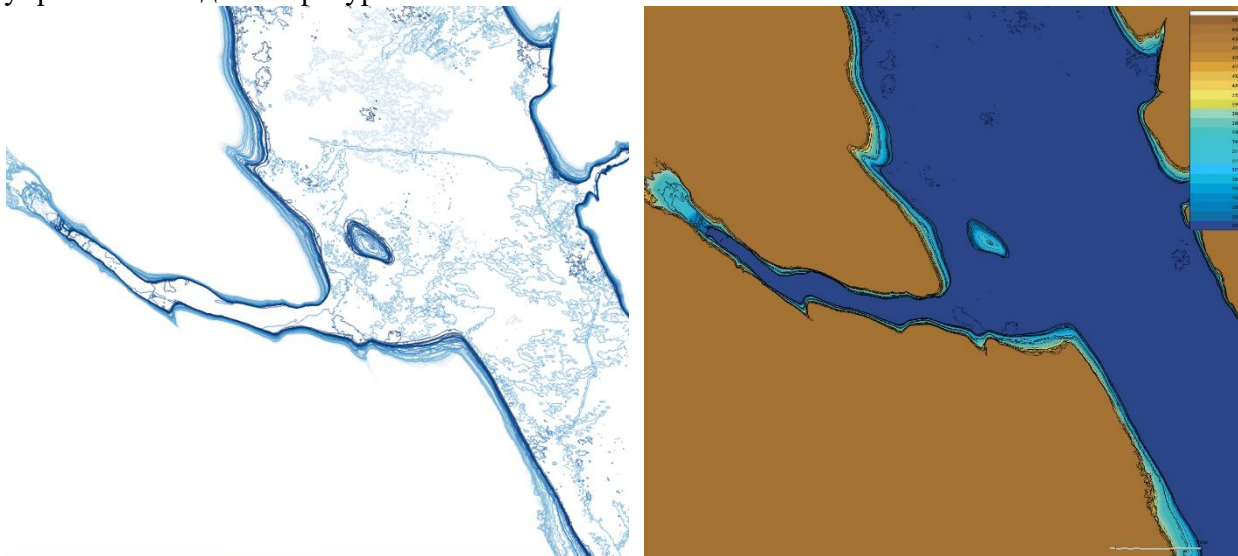


Рисунок 31. Исходные контура береговых линий и полученная из них ЦМР прибрежного рельефа

Автор: к.т.н. Хмельнов А.Е.

4. Реализация термо-гидродинамических моделей оз. Байкал и Иркутского водохранилища

Выполнен обзор алгоритмов и открытого программного обеспечения, предназначенного для построения трёхмерных термо-гидродинамических моделей. Сделаны запуски выбранных моделей для моделирования термогидродинамики Иркутского водохранилища. Для этих моделей выполнены запуски на реальных данных. Анализ моделей и программного продукта позволяет сказать, что данная модель и рассмотренный программный комплекс пригоден для моделирования термо-гидродинамики на БПТ. Построены модели на выбранных опорных участках.

Разработаны термо-гидродинамические модели оз. Байкал и Иркутского водохранилища, которые могут быть применены для исследования БПТ. На основе свободно распространяемого программного обеспечения реализовано на условных данных. Проведены расчеты для вычислительной гидрологической среды.

Выполненные расчеты могут применяться в рамках цифровой платформы геопортала ИДСТУ СО РАН для исследований Байкальской природной территории с целью обеспечить поэтапный сценарный анализа: от подготовки исходных цифровых данных до управления процессом расчётов.

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

5. Разработка метода прогнозирования динамики лесных ресурсов.

Разработан метод прогнозирования динамики лесных ресурсов на основе моделей лесов БПТ, включающий анализ разноформатных рядов данных (космоснимки, метеорологические данные и т.д.) для инициализации моделей. Модели лесов БПТ апробированы на примере Слюдянского лесничества. Проведена настройка параметров моделей лесов, включающих естественную динамику, рубки, пожары и воздействие насекомых-вредителей. Анализ результатов показал наличие значимых различий в площади и биомассе лесов в разных сценариях будущего климата. Заметнее всего



отличается изменение биомассы пихты из-за повреждения уссурийским полиграфом, т.к. потепление климата в сценарии SSP5-8.5 ускоряет размножение этого вредителя. Для дальнейшего изучения влияния изменений климата на состояние лесов необходимо использовать более сложную модель прогнозирования лесных пожаров, учитывающую зависимость возникновения возгораний от погодных условий. Полученные результаты будут использованы для создания сервисов предоставления данных о динамике лесных ресурсов БПТ.

Автор: к.т.н. Попова А.К.

6. Разработка алгоритмов классификации сельскохозяйственных земель.

Разработаны алгоритмы классификации сельскохозяйственных земель на основе архитектуры со слоем LSTM (рисунок 32). Реализованная архитектура нейронной сети анализирует последовательность снимков Sentinel-2. Разработаны алгоритмы формирования безоблачной последовательности снимков.

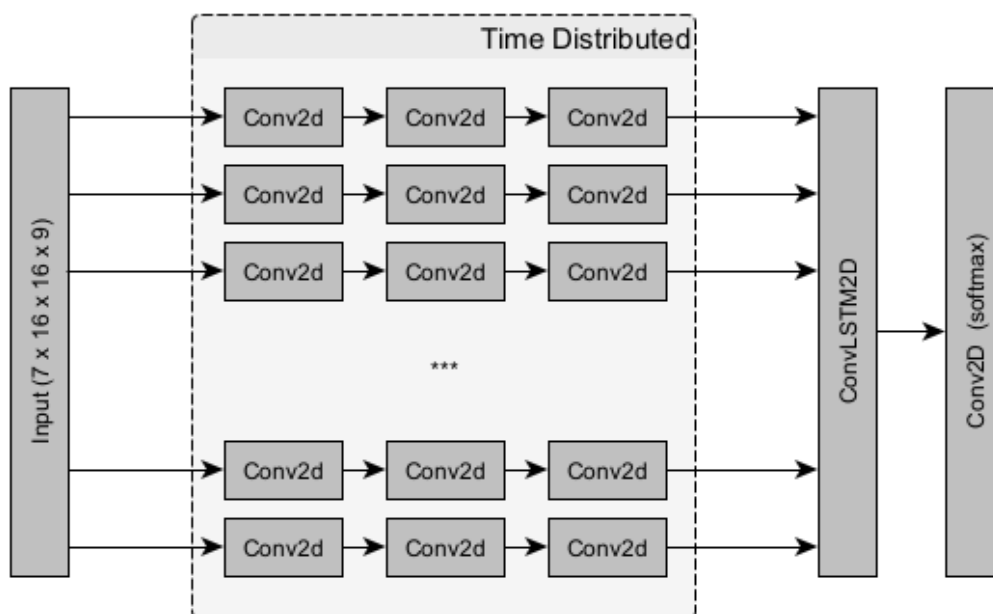


Рисунок 32. Архитектура нейронной сети для анализа последовательности изображений

Сформирована обучающая выборка в виде последовательности снимков на основе данных Министерства сельского хозяйства Иркутской области. Проведено обучение модели нейронной сети и тестирование, которое показало, что результаты классификации могут применяться для решения актуальных задач Байкальской природной территории, в частности, для анализа эффективности выделения субсидий Министерства сельского хозяйства, инвентаризации сельхозугодий и т.д.

Авторы: д.т.н. Фёдоров Р.К., к.т.н. Авраменко Ю.В., к.т.н. Попова А.К.

7. Метод идентификации гарей на основе данных дистанционного зондирования Земли.

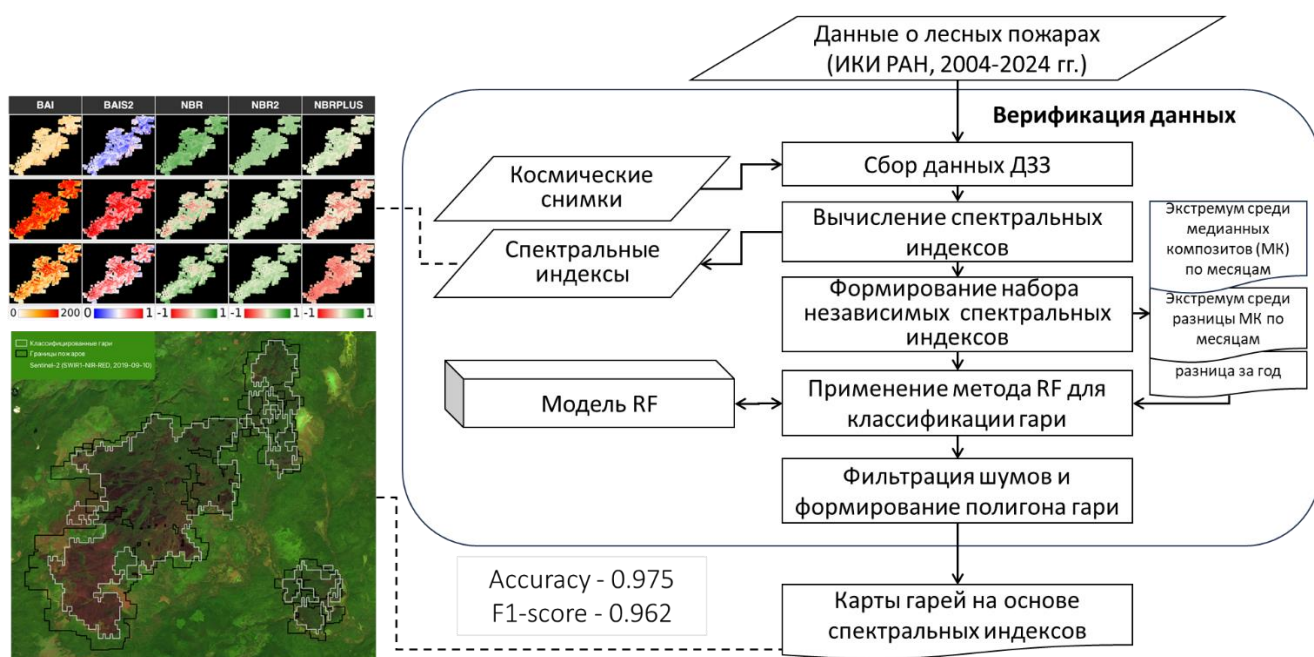
Предложены модель и метод, ее реализующий, для оценки площадей возгораний лесных пожаров, созданных на основе данных ДЗЗ и метода машинного обучения случайного леса, отличающаяся от существующих решений использованием нового набора спектральных индексов и обеспечивающая более высокую оценку точности по сравнению с аналогами.



Данная модель используется для верификации данных о границах пожаров. Для ее разработки были собраны космоснимки, подготовлена точечная обучающая выборка, для них, на основе снимков вычислены спектральные индексы за различные временные периоды. В результате корреляционного анализа сформирован набор признаков и применен метод случайного леса для классификации гарей, после чего для полученных границ осуществлена пространственная обработка.

Анализ важности факторов модели показывает наибольшее влияние вегетационных индексов выгорания растительности. При этом умеренное влияние индекса старения позволяет модели не ошибаться в определении гарей на территориях с вырубками. А матрица ошибок с картой демонстрирует ошибочные предсказания для точечных образцов гари на участках здоровой растительности внутри площади возгорания.

В результате, модель случайного леса с набором признаков спектральных индексов: выгорания растительности, старения и устойчивых к атмосфере показала точность 975 тысячных по метрике accuracy. Созданный метод обеспечит верификацию гарей для повышения эффективности оценки риска лесных пожаров.



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

8. Разработаны специализированные системы мониторинга и управления ресурсоемкими сервис-ориентированными приложениями. Данные системы востребованы при проведении широкомасштабных экспериментов по исследованию функционирования и развития природно-технических систем (ПТС) в мультиоблачной среде. Суть и новизна разработанных систем заключается в обеспечении согласования критериев качества выполнения приложений и использования облачных ресурсов, а также улучшения показателей этих критериев по сравнению с известными системами управления облачными вычислениями.

Авторы: д.т.н. Феоктистов А.Г., Воскобойников М.Л., Чекан М.А., Юмашев Е.А.,
Яковлев Д.С.

9. Разработаны новые алгоритмы структурно-параметрической оптимизации ПТС с учетом ограничений, обуславливаемых законодательством в отношении Байкальской природной территории. Согласование решений будет производиться по критериям их



технико-экономической эффективности, надежности и экологичности функционирования и развития ПТС. Новизна заключается в согласовании разных, противоречивых по смыслу целевых функций при принятии решений функционирования и развития ПТС в условиях неопределенности данных.

Авторы: Еделев А.В., Карамов Д.Н., к.т.н. Башарина О.Ю., Боднюк М.Е.

10. Разработана методология применения технологий семантического веба для поддержки фундаментальных геологических исследований. Методология решает проблему семантической интеграции разнородных геологических данных, характеризующихся разномасштабностью и междисциплинарностью. Суть и новизна методологии заключаются в обеспечении соответствия геоданных FAIR-принципам и преодолении «семантического барьера» за счет пятиэтапного подхода, включающего онтологическое моделирование, трансформацию данных в граф знаний и развертывание инфраструктуры распределенного доступа. Практическая ценность подтверждена апробацией на кейсах оценки загрязнения территорий, создания информационной системы о разломах и исследования динамики береговой зоны.

Авторы: ак. Бычков И.В., к.т.н. Черкашин Е.А., Попова В.А.

11. Разработана модель работы горно-перевального участка Транссибирской магистрали в районе озера Байкал, на котором для движения грузовых поездов в гору применяется дополнительное подталкивание, а число подталкивающих локомотивов (толкачей) ограничено. Модель имеет вид полукруглой СеМО со специальными узлами: узлы-соединители – соединяют 2 заявки в одну и узлы-делители – выполняют обратное действие. В итоге, во-первых, в модели отображается движение поездов сквозь участок и кольцевой маршрут толкачей на нем. Во-вторых, учитывается процесс подстановки толкачей к поездам и их отцепки, а также зависимость времени простоя поездов от скорости оборота толкачей и их числа на участке.

Авторы: к.т.н. Жарков М.Л., к.ф.-м.н. Лемперт А.А.



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» (ИИВС ИрНОК). Фактическая загрузка оборудования ЦКП по данным официального Отчета о деятельности ЦКП в 2025 г. составила 100 %.

Развитие инфраструктуры

Инфраструктура безопасности. В рамках проведения работ по усилению информационной безопасности (ИБ), с использованием опыта расследования инцидентов безопасности обновлены регламенты использования виртуальной инфраструктуры и локально-вычислительной сети, начата работа по созданию централизованной системы фиксации событий безопасности – установлен сервер журналирования со специализированной файловой системой, позволяющей эффективно хранить большие объемы данных журналов (логов) с использованием прозрачного сжатия, что позволит сократить сроки отработки рекомендаций по ИБ, поступающих на регулярной основе от Минобрнауки РФ и Национального координационного центра по компьютерным инцидентам (НКЦКИ).

Виртуальная инфраструктура. Проведена инвентаризация виртуальной инфраструктуры, выявлены и остановлены все неиспользуемые виртуальные машины, представляющие угрозу ИБ. На основании заявлений от руководителей структурных подразделений за каждым информационным ресурсом закреплены ответственные за ИБ.

Инженерная инфраструктура.

В серверной, содержащей основную часть сетевого и серверного оборудования, а также системы хранения данных, развернута дополнительная система кондиционирования из 2-х согласованных устройств.

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 видеоконференцсвязи, а также инженерно-технического оборудования. Успешно отработаны аварийные ситуации по энергоснабжению и кондиционированию, а также выходу из строя отдельных компонент сетевой и серверной инфраструктуры, а также инфраструктуры систем хранения данных.

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.,
Марданишин В.М.*

1. Введен в эксплуатацию четвертый высокопроизводительный сервер с 96-ядерными процессорами AMD EPYC Zen4. Суммарная пиковая производительность нового сегмента кластера составила ~44 Tflops:



Дооснащение ЦКП ИСКЦ



Вычислительный сервер с центральными процессорами AMD EPYC Zen4 «Genoa» (2024-2025)

4x 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:
768 CPU-ядер
Rpeak (FP64, All Core Boost): **~44** Tflops
Rmax (HPL): **~33** Tflops



GIGABYTE™

2. 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.

3. Выполнены работы по заявкам пользователей ЦКП ИСКЦ: регистрация и инструктаж новых пользователей, обработка обращений пользователей в службу технической поддержки центра.

4. Проведены работы по поддержанию в актуальном состоянии сайта ЦКП ИСКЦ и документов, регламентирующих деятельность центра.

5. Проведены экскурсии в ЦКП ИСКЦ в рамках Дня науки, научных и юбилейных мероприятий ИДСТУ СО РАН.

6. Проведена обзорная лекция о суперкомпьютерных системах в рамках VII Международного семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (Иркутск, 07.07.2025).

7. Подготовлен доклад для участия в работе заседания Координационного совета консорциума «Распределенная научная суперкомпьютерная инфраструктура», посвященного вопросам поддержки и развития сети научных суперкомпьютерных центров коллективного пользования (Хабаровск, 15.09.2025).



8. По запросу Минобрнауки РФ произведен сбор и анализ сведений о потребностях в высокопроизводительных вычислениях, вычислительных задачах и состоянии инфраструктуры ЦКП с последующим заполнением соответствующих форм отчетности на портале ВСЦМ.

9. По запросу РАН подготовлен перечень наиболее значимых научных результатов, полученных с использованием оборудования ЦКП ИСКЦ за последние 5 лет.

10. Выполнен сбор и анализ технических решений для проведения комплексной модернизации вычислительной и инженерной инфраструктуры ЦКП ИСКЦ.

11. Выполнен сбор и анализ отчетов пользователей ЦКП ИСКЦ.

12. По запросу Минобрнауки РФ подготовлен ежегодный отчет о деятельности ЦКП ИСКЦ.

ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В 2025 году получено 19 свидетельств о государственной регистрации результатов интеллектуальной деятельности:

1. Башарина О.Ю., Юмашев Е.А. WPS-сервис моделирования потребления газа : Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025666628 от 27.06.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025. Номер регистрации РИД: 121032400051-9

2. Боднюк М.Е. Системный модуль визуализации данных измеряемых параметров имитационного стенда: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025666627 от 27.06.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025. Номер регистрации РИД: 124052100088-3

3. Викулова Е.Р., Толстихин А.А. Программная система моделирования работы LIDAR : Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025694860 от 09.12.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.

4. Горнов А.Ю., Зароднюк Т.С., Аникин А.С., Сороковиков П.С., Лыхин С.А. Программа SHEPARD-01 для решения жестких задач оптимального управления, основанная на прогнозировании значения функционала и отсеке неперспективных проб без интегрирования : Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025694936 от 09.12.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.

5. Горнов А.Ю., Толстоногов А.А., Зароднюк Т.С., Аникин А.С. Программа DIGITAL CONTROL для поиска минимума в задаче цифрового управления : Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025694935 от 09.12.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.

6. Дородных Н.О., Тобола К.В. RuTaBERT : Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025611367 от 18.01.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025. Номер регистрации РИД: 625022500044-2.

7. Еделев А.В. Модуль гибридной структурно-параметрической оптимизации природно-технических систем : Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025668335 от 13.07.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.

8. Карамов Д.Н., Юмашев Е.А. WPS-сервис для получения массивов климатических данных : Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ



№2025666629 от 27.06.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025. Номер регистрации РИД: 124052100088-3

9. Николайчук О.А., Пестова Ю.В. Программный модуль прогнозирования риска лесных пожаров на основе методов машинного обучения (ЛЕС.ПОЖАР-РИСК): Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2025694009 от 03.12.2025. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.

10. Пашинин А.А., Богданова В.Г. Сервис проверки свойства достижимости для нелинейных регистров сдвига с обратной связью MSCRP: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025694856 от 09.12.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.

11. Поддубный И.А., Дородных Н.О. Query Plan Generator (QPG): Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2025696960. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.

12. Свинина С.В. VSpline1.0: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025694410 от 05.12.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.

13. Сороковиков П.С., Горнов А.Ю. Программа GA-PSO-2025 для нелокальной оптимизации на основе методов генетического поиска и роя частиц: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025694938 от 09.12.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.

14. Тобола К.В. CoLeM: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2025695033 от 10.12.2025. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.

15. Толстихин А.А., Душкина Н.А. Программная подсистема для создания панорамных изображений с выбором методов шивки: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025694858 от 09.12.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.

16. Феоктистов А.Г., Воскобойников М.Л. Модуль прогнозирования размера базы данных в оперативной памяти узлов вычислительного кластера: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025660056 от 21.04.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025. Номер регистрации РИД: 625052700159-8.

17. Феоктистов А.Г., Яковлев Д.С. Система мониторинга гетерогенной распределенной вычислительной среды: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025666626 от 27.06.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.

18. Чекан М.А. Библиотека модулей мультиагентного моделирования взаимодействия микросетей: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025660059 от 21.04.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.

19. Чекан М.А. Генератор программных агентов на основе иерархических машин состояний: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025694409 от 05.12.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.



НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Ученый совет

Ученый совет Института утвержден приказом директора ИДСТУ СО РАН № 15 от 27.05.2022 г. В 2025 году проведено 11 заседаний, на которых рассматривались вопросы научной и научно-организационной деятельности. Заслушаны отчеты о результатах НИР по плановым темам Института за 2025 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 2025 г. диссертационный совет провел 5 заседаний. В совете защищена диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук Шигаровым А.О. на тему «Методы и инструментальные средства автоматизации процессов извлечения данных из таблиц электронных документов неструктурированного формата» по специальности 2.3.5.

Научные кадры

В 2025 году в Институте работали 164 человека, из них 69 – научные работники, в том числе 1 действительный член РАН, 1 член-корреспондент РАН, 21 доктор наук и 40 кандидатов наук, молодых научных работников (до 39 лет) – 21.

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	–	4	4	13
Кандидаты наук	7	26	4	3
Без ученой степени	21	1	–	–
Всего	28	31	9	17

Всего в 2025 году (по состоянию на 31.12.2025) в институте обучалось 7 аспирантов.

Конференции и семинары

Институтом в 2025 году организованы и проведены:

1. VII Международный семинар по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (VII International Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments, ICCS-DE 2025), 7-11 июля 2025 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН (смешанный формат).



2. 24-я Международная конференция «Сибирская научная школа-семинар «Компьютерная безопасность и криптография» имени Г.П. Агibalова» (Sibecrypt 2025), 9-11 сентября 2025 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН.

3. 41-я Международная конференция «Ляпуновские чтения», 27 октября – 1 ноября 2025 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, в Санкт-Петербургском государственном университете аэрокосмического приборостроения.

Членство в советах РАН и СО РАН

- Президиум РАН – ак. И.В. Бычков.
- Президиум СО РАН – ак. И.В. Бычков.
- Академическое собрание ИрФ СО РАН – д.ф.-м.н. А.А. Щеглова.
- 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. А.Л. Казаков.
- 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. А.Л. Казаков.
- 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

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

Членство в редколлегиях научных изданий

- Автометрия – ак. И.В. Бычков.
- Актуальные проблемы прикладной дискретной математики – д.т.н. Г.А. Опарин.
- 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. А.Л. Казаков.
- Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии – д.т.н. Г.А. Опарин.
- 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. 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. Феоктистов А.Г.
- Современные технологии. Системный анализ. Моделирование – ак. И.В. Бычков.
- Управление большими системами – ак. И.В. Бычков
- 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.
- Communications in Optimization Theory – д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский.
- Industry 4.0 – ак. И.В. Бычков.
- Journal of Optimization Theory and Applications – д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский.
- Numerical Algebra, Control and Optimization – д.т.н. А.Ю. Горнов.
- System Analysis and Mathematical Modeling – д.ф.-м.н. А.Л. Казаков.
- Programming and Computer Software Journal, Springer, Special Issue «Advanced Computing: Innovations and Future Directions» – д.т.н. А.Г. Феоктистов
- The International Physics and Control Society (IPACS) – д.ф.-м.н. В.Д. Иртегов.

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. А.Ф. Берман.
- 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.
- Российский национальный комитет по автоматическому управлению – д.ф.-м.н. И.А. Финогенко.

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 2025 году сотрудниками ИДСТУ СО РАН совершено 35 выездов в зарубежные командировки в Австрию, Великобританию, Грузию, Казахстан, Китай, КНДР, Монголию для участия в работе международных конференций и семинаров, проведения совместных научных исследований и решения научно-организационных вопросов (таблица прилагается).

2. Сотрудничество с зарубежными научными центрами.

Проводились научные исследования по договору между ИДСТУ СО РАН и представительством компании Huawei в России ООО «Техкомпания Хуавэй» (Huawei Technologies Co. Ltd) на выполнение научно-исследовательской работы «Методы декодирования МПП-кодов, основанные на задачах оптимизации», руководитель проекта – старший научный сотрудник лаборатории 6.1 Невыпуклой оптимизации к.ф.-м.н. Груздева Т.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 15 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);



- Хэбэйским университетом науки и технологий и Beijing Lihe Zhilian Technology Co., Ltd (Китай);
- Яньтайским университетом (Китай).

3. Приём иностранных учёных.

№ п/п	ФИО	Страна	Место работы, должность	Дата визита	Цель визита
1	Чуанджан Чень (Chuanjun Chen)	Китай	Институт математики и информационных наук Яньтайского университета, директор	15-21 июня 2025 г.	Обсуждение вопросов научного сотрудничества между учёными ИДСТУ СО РАН и Яньтайского университета
2	Джан Ли (Jian Li)	Китай	Институт математики и информационных наук Яньтайского университета, профессор	15-21 июня 2025 г.	
3	Личенг Фанг (Licheng Fang)	Китай	Институт математики и информационных наук Яньтайского университета, доцент	15-21 июня 2025 г.	
4	Шимин Жао (Shimin Zhao)	Китай	Институт математики и информационных наук Яньтайского университета, ассистент профессора	15-21 июня 2025 г.	
5	Ксяоганг Жанг (Xiaogang Zhang)	Китай	Центр международного сотрудничества Ассоциации парков высоких технологий «Шелковый путь», директор	15-21 июня 2025 г.	
6	Стоянов Желько (Stojanov Zeljko)	Республика Сербия	Нови-Садский университет, технический факультет «Михайло Пупин», профессор	5-12 июля 2025 г.	Участие в работе VII Международного семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2025)
7	Бернард Мэттью (Bernard Matthew)	США	Калифорнийский университет, Беркли, США, исследователь	9-12 сентября 2025 г.	Участие в работе 24-й Международной конференции «Компьютерная безопасность и криптография» (Sibecrypt 2025)



8	Хён Чун Ил (Hyon Chung Il)	КНДР	Политехнический университет имени Ким Чака, нач. кабинета теории управления Научно-исследовательского института системы управления при факультете автоматики	28 октября – 2 ноября 2025 г.	Участие с докладами в работе 41-й Международной конференции «Ляпуновские чтения», в торжественном заседании Учёного совета ИДСТУ СО АН, посвящённом 50-летию коллектива Института и 45-летию со дня создания ИДСТУ СО РАН
9	Сон Ён Бом (Son Yong Bom)	КНДР	Политехнический университет имени Ким Чака, нач. кабинета атмосферной автоматики при факультете автоматики	28 октября – 2 ноября 2025 г.	
10	Кил Чхоль Чжин (Kil Chol Jin)	КНДР	Политехнический университет имени Ким Чака, преподаватель кафедры прикладной математики факультета прикладной математики	28 октября – 2 ноября 2025 г.	
11	Мун Мён Чхан (Mun Myong Chan)	КНДР	Политехнический университет имени Ким Чака, научный рук. научно-исследовательского отделения	28 октября – 2 ноября 2025 г.	
12	Батбилег Сухе (Batbileg Sukhee)	Монголия	Национальный университет Монголии, профессор; Институт математики и информационных технологий Монгольской академии наук, д.ф.-м.н., доцент	29 октября – 2 ноября 2025 г.	

4. Проведение международных конференций.

1. VII Международный семинар по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (VII International Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments, ICCS-DE 2025), 7-11 июля 2025 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН (смешанный формат).

2. 24-я Международная конференция «Сибирская научная школа-семинар «Компьютерная безопасность и криптография» имени Г.П. Агibalова» (Sibecrypt 2025), 9-11 сентября 2025 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН.

3. 41-я Международная конференция «Ляпуновские чтения», 27 октября – 1 ноября 2025 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:

- Mongolian Mathematical Society – д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский.
- The International Physics and Control Society (IPACS) – д.ф.-м.н. В.Д. Иртегов.
- International Society of Difference Equations (ISDE) – к.ф.-м.н. А.К. Свинин.



- Association for Computing Machinery (ACM) – к.т.н. О.С. Заикин, С.Е. Кочемазов.

Ак. И.В. Бычков – почетный профессор Яньтайского университета (КНР).

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

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



ПЕРЕЧЕНЬ ПУБЛИКАЦИЙ И ПОЛУЧЕННЫХ ПАТЕНТОВ

Монографии и главы в монографиях

1. Юрий А.Ю., Дородных Н.О. Создание интеллектуальных систем с декларативными базами знаний для решения задач диагностики и прогнозирования : моногр. 2025.

Статьи в российских журналах

1. Chistyakov V.F., Chistyakova E.V. Properties of Singular Points in Differential Algebraic Equations with Rectangular Coefficient Matrices // Lobachevskii Journal of Mathematics. 2025. Т. 46, №8. С. 4223–4238. DOI: 10.1134/S1995080225607209.
2. Finogenko I.A. Mathematics problems and methods of the theory of functional-differential equations with discontinuous right hand part // Doklady Mathematics. 2025. Т. 521, №2. С. 154–159.
3. Radzhabov A.E., Zhevnikov A.S. Light-by-light contribution to the muon $g-2$ within the nonlocal chiral quark model with vector and axial-vector mesons // Physical Review D. 2025. Т. 112, №9. С. 094008. DOI: 10.1103/y64b-5tfj.
4. Vasilyev I., Gruzdeva T., Boyarkin D., Ushakov A. NPU-accelerated k-means and k-medoids clustering algorithms // Сибирские электронные математические известия. 2025. Т. 22, №2. С. 104–120. DOI: 10.33048/semi.2025.22.C08.
5. Андреев С.Н., Бубнова Н.В., Павлова Л.В., Романова И.В., Гавенко О.Ю., Шашок Н.А. Комплексная лексикографическая цифровая модель репрезентации локального текста (на примере Армянского текста русской поэзии) // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Лингвистика и межкультурная коммуникация. 2025. Т. 23, №2. С. 87-101. DOI: 10.25205/1818-7935-2025-23-2-87-101.
6. Антонов К.В., Кондратьев В.С., Кочемазов С.Е., Семёнов А.А. Алгебраические атаки на шифры семейства Simon на основе выбранного открытого текста // Прикладная дискретная математика. Приложение. 2025. — №18. С. 252–258. DOI: 10.17223/2226308X/18/54.
7. Белозерцева И.А., Воробьева И.Б., Власова Н.В. Загрязнение основных компонентов природной среды наиболее освоенной части юго-западного побережья Байкала (в пределах байкальского муниципального образования) // Экология и промышленность России. 2025. Т. 29, №1. С. 52-58. DOI: 10.18412/1816-0395-2025-1-52-58.
8. Белозерцева И.А., Воробьева И.Б., Власова Н.В. Современное состояние природной среды юго-западного побережья Байкала (Слюдянский район) // География и природные ресурсы. 2025. Т. 46, №3. С. 67-81.
9. Берман А.Ф. Концептуальное моделирование основных свойств и состояний механических объектов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2025. Т. 91, №3. С. 70-82. DOI: 10.26896/1028-6861-2025-91-3-70-82.
10. Булатов М.В. Коллокационно-вариационные подходы численного решения интегральных уравнений Вольтерра первого рода // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2025. Т. 65, №1. С. 3-9. DOI: 10.31857/S0044466925010016.
11. Булатов М.В., Будникова О.С. Экстраполяционные многошаговые методы для линейных дифференциально-алгебраических уравнений второго порядка // Сибирский журнал вычислительной математики. 2025. Т. 28, №2. С. 121-140. DOI: 10.15372/SJNM20250201.
12. Булатов М.В., Соловарова Л.С. Заметка о недоопределенных дифференциально-алгебраических уравнениях // Вестник Бурятского государственного университета. Математика, информатика. 2025. Т. 4.



13. Бычков И.В., Дыхта В.А., Казаков А.Л., Погодаев Н.И., Шелехов В.А. К 85-летнему юбилею члена-корреспондента РАН, профессора А. А. Толстоногова // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Математика. 2025. Т. 51. С. 167-178. DOI: 10.26516/1997-7670.2025.51.167.
14. Бычков И.В., Феоктистов А.Г., Боднюк М.Е., Карамов Д.Н. Система мониторинга физической модели микросети // Автометрия. 2025. Т. 61, №2. С. 5-12. DOI: 10.15372/AUT20250201.
15. Бычков И.В., Феоктистов А.Г., Воскобойников М.Л., Еделев Я.А. Разработка сервис-ориентированного доступа к высокопроизводительной вычислительной среде на основе стандарта WPS // Вычислительные технологии. 2025. Т. 30, №2. С. 87-99. DOI: 10.25743/ICT.2025.30.2.007.
16. Бычков И.В., Авраменко Ю.В., Попова А.К., Фёдоров Р.К. Применение методов машинного обучения для обработки и анализа данных дистанционного зондирования Земли на платформе ИДСТУ СО РАН // Вычислительные технологии. 2025. Т. 30, №4. С. 77-89. DOI: 10.25743/ICT.2025.30.4.008.
17. Бычков И.В., Жарков М.Л., Казаков А.Л. Оценка технико-технологических решений по использованию инфраструктуры на однопутном участке Восточного полигона // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО РЖД. 2025. — №3. С. 41–51.
18. Бычков И.В., Москвичев В.В., Постникова У.С., Тасейко О.В. Комплексные территориальные риски развития Байкальского региона // География и природные ресурсы. 2025. — №4. С. 26-34.
19. Бычков И.В., Феоктистов А.Г., Воскобойников М.Л., Еделев А.В., Береснева Н.М., Еделева О.А. Оптимизация живучести энергетических комплексов // Информатика и автоматизация. 2025. Т. 24, №3. С. 951–981. DOI: 10.15622/ia.24.3.8.
20. Бычков И.В., Черкашин Е.А., Чжан Ц., Черкашина Т.Ю., Попова В.А., Мазаева О.А., Лунина О.В. Технологии семантического веба для поддержки фундаментальных исследований в геологии // Электронные библиотеки. 2025. Т. 28, №4. С. 740–748. DOI: 10.26907/1562-5419-2025-28-4-740-780.
21. Власов М.А., Казаков А.Л., Супруновский А.В. Моделирование участковой железнодорожной станции Байкало-Амурской магистрали в среде ANYLOGIC // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2025. — №3(67). С. 41-52. DOI: 10.20291/2079-0392-2025-3-41-52.
22. Воскобойников М.Л., Феоктистов А.Г. Использование технологии In-Memory Data Grid при исследовании живучести энергетических инфраструктур // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2025. — №3 (39). С. 154-163. DOI: 10.25729/ESI.2025.39.3.013.
23. Ву Х.З., Жарков М.Л. Применение управляемых систем массового обслуживания при исследовании импортных функций морского порта Куангнинь // System Analysis and Mathematical Modeling. 2025. Т. 7, №3. С. 411–418. DOI: 10.17150/2713-1734.2025.7(3).
24. Ву Х.З., Жарков М.Л., Казаков А.Л. Моделирование работы универсального морского порта на основе управляемой сети массового обслуживания // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2025. — №72. С. С. 4-15. DOI: 10.17223/19988605/72/1.
25. Гавенко О.Ю., Шашок Н.А. Использование мультимодальных эмбедингов как эффективного способа обработки климатической информации в рамках целевых задач климатической доктрины Российской Федерации // Вычислительные технологии. 2025. Т. 30, №4. С. 133-144. DOI: 10.25743/ICT.2025.30.4.012.
26. Гончарова Е.В., Погодаев Н.И., Старицын М.В. Точные формулы приращения целевого функционала в задаче оптимального управления линейным



уравнением баланса // Известия Иркутского государственного университета. Сер. Математика. 2025. Т. 51. С. 3-20. DOI: 10.26516/1997-7670.2025.51.3.

27. Григорюк А.П., Брагинская Л.П., Ковалевский В.В., Добрынина А.А. Применение методов машинного обучения в задаче обнаружения предвестников землетрясений по данным мониторинга сейсмических шумов в Байкальской рифтовой системе // Геодинамика и тектонофизика. 2025. Т. 16, №5. С. 854. DOI: 10.5800/GT-2025-16-5-0854.

28. Давыдов В.В., Пихтовников М.Д., Кирьянова А.П., Заикин О.С. Анализ криптографической стойкости хеш-функции SHA-256 при помощи SAT-подхода // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2025. Т. 25, №3. С. 428-437. DOI: 10.17586/2226-1494-2025-25-3-428-437.

29. Дамбаева Б.Б., Онучина Е.В., Темникова И.В., Зароднюк Т.С., Горнов А.Ю. Способ прогнозирования синдрома обструктивного апноэ сна у пациентов с гастроэзофагеальной рефлюксной болезнью // Забайкальский медицинский вестник. 2025

30. Данеев Р.А., Русанов В.А. К общей теории дифференциальной реализации билинейных неавтономных эволюционных уравнений второго порядка с запаздыванием // Известия Самарского научного центра РАН. 2025. Т. 27, №5. С. 217229. DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-5-217-229.

31. Добрынина А.А., Саньков В.А., Король С.А., Кичигина Н.В., Рыбченко А.А. Сейсмические эффекты паводков на реке Кынгарга (Тункинская долина, Восточный Саян) // Геология и геофизика. 2025. Т. 66, №3. С. 395-411. DOI: 10.15372/GIG2024170.

32. Дородных Н.О., Николайчук О.А., Котлов Ю.В., Юрин А.Ю. О подходе к построению баз знаний для задач авиационной диагностики // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2025. — №1. С. 131-139.

33. Дородных Н.О., Николайчук О.А., Котлов Ю.В., Юрин А.Ю. Создание диагностических систем поддержки принятия решений с использованием таблиц решений // Искусственный интеллект и принятие решений. 2025. — №3. С. 15-29.

34. Дородных Н.О., Юрин А.Ю. Набор табличных данных RF-200 и тестирование производительности извлечения фактов из русскоязычных таблиц // Труды Института системного программирования РАН. 2025. Т. 37, №5. С. 205-224. DOI: 10.15514/ISPRAS-2025-37(5)-16.

35. Дыхта В.А. Позиционный принцип минимума в задачах оптимального управления с терминальными ограничениями и его расширения // Итоги науки и техники. Современная математика и ее приложения. Тематические обзоры. 2025. Т. 241. С. 18-29. DOI: 10.36535/2782-4438-2025-241-18-29.

36. Заикин О.С. Нахождение прообраза пяти раундов криптографической хеш-функции JH-256 при помощи параллельного SAT-решателя // Прикладная дискретная математика. Приложение. 2025. — №18. С. 262–264. DOI: 10.17223/2226308X/18/56.

37. Заикин О.С. Нахождение прообраза 44-шаговой функции сжатия md4 при ослабленном последнем шаге // Прикладная дискретная математика. Приложение. 2025. — №17. С. 90-93. DOI: 10.17223/2226308X/17/20.

38. Иртегов В.Д., Титоренко Т.Н. О стационарных движениях твердого тела в шаровом подвесе // Известия российской академии наук. Механика твердого тела. 2025. — №1. С. 224-242. DOI: 10.31857/S1026351925010126.

39. Иртегов В.Д., Титоренко Т.Н. Об особых решениях в задаче о качении шара с многосвязной полостью, заполненной идеальной жидкостью // Сибирский журнал промышленной математики. 2025. Т. 28, №4. С. 1-15.

40. Казаков А.Л., Лемперт А.А., Нгуен Д.М. О методе упаковки геодезических кругов в сферический сегмент с использованием плоской проекции // Известия Института



математики и информатики Удмуртского государственного университета. 2025. Т. 65. С. 36-53. DOI: 10.35634/2226-3594-2025-65-03.

41. Казаков А.Л., Лемперт А.А., Чан Т.В. Метод построения быстрееших маршрутов без столкновений в среде с динамическими препятствиями // Труды Института математики и механики УРО РАН. 2025. Т. 31, №4. С. 115-130. DOI: 10.21538/0134-4889-2025-31-4-115-130.

42. Казаков А.Л., Спевак Л.Ф. Точные и приближенные решения квазилинейной параболической системы «хищник-жертва» с нулевыми фронтами // Итоги науки и техники. Современная математика и ее приложения. Тематические обзоры. 2025. Т. 240. С. 19-28. DOI: 10.36535/2782-4438-2025-240-19-28.

43. Казаков А.Л., Спевак Л.Ф. Диффузионная волна с двумя расходящимися фронтами для квазилинейной параболической системы // Сибирские электронные математические известия. 2025. Т. 22, №2. С. 1515-1537. DOI: 10.33048/semi.2025.22.092.

44. Климонов М.С., Федоров Р.К. Рекомендательная система для выбора сервисов на геопортале ИДСТУ СО РАН // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2025. — №2 (38). С. 199-207. DOI: 10.25729/ESI.2025.38.2.016.

45. Копылов Д.Е., Михайлов А.А., Трифонов Р.И. Сегментация документов на основе графовых нейронных сетей: от строк к словам // Труды Института системного программирования РАН. 2025. Т. 37, №6-1. С. 219-232. DOI: 10.15514/ISPRAS-2025-37(6)-14.

46. Косов А.А. Об устойчивости стационарных решений уравнений движения гиростата Горячева – Сретенского с нелинейным потенциалом // Прикладная математика и механика. 2025. Т. 89, №6. С. 6.

47. Косов А.А. О гироскопической стабилизации равновесий одного класса нелинейных потенциальных систем // Прикладная математика и механика. 2025. Т. 89, №1. С. 7-16. DOI: 10.31857/S0032823525010011.

48. Косов А.А., Семенов Э.И. О многомерных точных решениях гиперболического уравнения с оператором Монжа-Ампера // Дифференциальные уравнения. 2025. Т. 61, №12. С. 1620-1632. DOI: 10.7868/S3034503025120037.

49. Косов А.А., Семенов Э.И. Обобщенное уравнение типа Монжа-Ампера и его многомерные точные решения // Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки. 2025. Т. 35, №2. С. 215-230. DOI: 10.35634/vm250204.

50. Косов А.А., Семенов Э.И. Анализ динамики гиростата Горячева-Сретенского // Процессы управления и устойчивость. 2025. Т. 12, №2. С. 179-180.

51. Косов А.А., Семенов Э.И. О многомерных точных решениях обобщенных эволюционных уравнений Монжа-Ампера // Дифференциальные уравнения. 2025. Т. 61, №6 DOI: 10.31857/S0374064125060032.

52. Косов А.А., Семенов Э.И. О многомерных точных решениях уравнений с оператором Лапласа-Монжа-Ампера // Известия Института математики и информатики Удмуртского государственного университета. 2025. Т. 66. С. 60-69. DOI: 10.35634/2226-3594-2025-66-05.

53. Косов А.А., Семёнов Э.И. Система уравнений с оператором Монжа - Ампера и ее многомерные точные решения // Сибирский математический журнал. 2025. Т. 66, №4. С. 669-682. DOI: 10.33048/smzh.2025.66.409.

54. Кочемазов С.Е., Заикин О.С. Исследование влияния Доббертиновских ограничений на поиск прообразов // Прикладная дискретная математика. Приложение. 2025. — №18. С. 265–270. DOI: 10.17223/2226308X/18/57.

55. Кузьминых Р.А., Рапута В.Ф., Леженин А.А., Градов В.С. Оценивание скоростей подъема дымовых шлейфов от труб ТЭЦ по спутниковым снимкам // Оптика атмосферы и океана. 2025. Т. 38, №8(439). С. 652-658. DOI: 10.15372/AOO20250808.



56. Лакеев А.В., Линке Ю.Э., Русанов В.А. Оператор Релея-Ритца в обратных задачах полилинейных неавтономных эволюционных уравнений высших порядков // Математические труды. 2025. Т. 26, №2. С. 162-176. DOI: 10.33048/mattrudy.2023.26.208.
57. Мамонтов А.А., Мамонтова Е.А., Фереферов Е.С. Стойкие органические загрязнители Солзанского полигона Байкальского целлюлозно-бумажного комбината // Химическая безопасность. 2025. Т. 9, №2. С. 207-216. DOI: 10.25514/CHS.2025.2.29008. URL: <https://chemsafety.ru/index.php/chemsafety/article/view/361>.
58. Марков Ю. А., Маркова М.А., Марков Н.Ю. Классическая матрица рассеяния для жестких и мягких возбуждений в плазме с неабелевым взаимодействием // Итоги науки и техники. Современная математика и ее приложения. Тематические обзоры. 2025. Т. 240. С. 29–38. DOI: 10.36535/2782-4438-2025-240-29-38. URL: <https://www.mathnet.ru/links/1b3d9a26b8aae739d40e0cd7147524f3/into1342.pdf>.
59. Марков Ю.А., Маркова М.А., Марков Н.Ю. Потери энергии быстрой цветной частицы в неабелевой плазме в рамках гамильтонова формализма // Итоги науки и техники. Современная математика и ее приложения. Тематические обзоры. 2025. Т. 241. С. 55-63. DOI: 10.36535/2782-4438-2025-241-55-63.
60. Новиков М.А. О стационарных движениях механических автономных консервативных систем // Вестник Бурятского государственного университета. Математика, информатика. 2025. — №4
61. Новиков М.А. Об условной устойчивости стационарных движений механических систем с частным интегралом Стеклова // Известия РАН. Механика твердого тела. 2025. — №6. С. 6174.
62. Охотин И.И., Дородных Н.О. Распознавание заголовков таблиц на основе больших языковых моделей // Труды Института системного программирования РАН. 2025. Т. 37, №6-1. С. 149-166. DOI: 10.15514/ISPRAS-2025-37(6)-9.
63. Петренко П.С. Разрешимость и управляемость дифференциально-алгебраических уравнений с гистерезисом // Сибирский журнал индустриальной математики. 2025. Т. 28, №2. С. 55-67. DOI: 10.33048/SIBJIM.2025.28.204.
64. Погодаев Н.И., Самсонюк О.Н., Старицын М.В. О точной форме позиционного принципа минимума В. А. Дыхты в нелинейных задачах управления // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Математика. 2025. Т. 54. С. 48-63. DOI: 10.26516/1997-7670.2025.54.48. URL: <https://mathizv.isu.ru/en/article/file?id=1558>.
65. Рапута В.Ф., Леженин А.А., Ярославцева Т.В. Оценка влияния штилевых условий на загрязнение бенз(а)пиреном атмосферы города Читы // Оптика атмосферы и океана. 2025. Т. 38, №6(437). С. 493-499. DOI: 10.15372/AOO20250612.
66. Тобола К.В., Дородных Н.О. Применение контрастного обучения для семантической интерпретации русскоязычных таблиц // Труды Института системного программирования РАН. 2025. Т. 37, №6. С. 219–232. DOI: 10.15514/ISPRAS-2025-37(6)-14.
67. Толстоногов А.А. Релаксация в задаче оптимального управления, описываемой связанной системой с максимально монотонными операторами // Сибирский математический журнал. 2025. Т. 66, №2. С. 364–390. DOI: 10.33048/smzh.2025.66.212.
68. Толстоногов А.А. Связанная система, состоящая из эволюционного включения с максимально монотонными операторами и прох-регулярного процесса выметания // Математический сборник. 2025. Т. 216, №6. С. 107-137. DOI: 10.4213/sm10106.
69. Толстоногов А.А. Прох-регулярный процесс выметания, связанный с максимально монотонным дифференциальным включением // Известия Российской академии наук. Сер. Математическая. 2025. Т. 89, №5. С. 3-54. DOI: 10.4213/im9701.
70. Финогенко И.А. Проблемы и методы исследования функционально-дифференциальных уравнений с разрывной правой частью // Доклады РАН. Математика,



информатика, процессы управления. 2025. Т. 522, №2. С. 62-69.
DOI: 10.31857/S2686954325020104.

71. Финогенко И.А. Об асимптотическом поведении решений неавтономных дифференциальных включений с набором нескольких функций Ляпунова // Вестник российских университетов. Математика. 2025. Т. 30, №150. С. 170–182.

72. Чекан М. Комплекс автоматического проектирования агентов на основе иерархических конечных автоматов // Современные наукоемкие технологии. 2025. — №3. С. 59-65. DOI: 10.17513/snt.40324.

73. Чистяков В.Ф., Чистякова Е.В. Разрешимость и свойства особых точек линейных интегро-алгебраических уравнений Вольтерра // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2025. Т. 65, №7. С. 1225–1240. DOI: 10.31857/S0044466925070111.

74. Шигаров А.О. Извлечение реляционных данных из произвольных таблиц электронных документов редактируемых форматов на основе пользовательских правил // Вычислительные технологии. 2025. Т. 30, №3. С. 127-144. DOI: 10.25743/ICT.2025.30.3.010.

75. Щеглова А.А. Наблюдаемость нестационарных дискретных дескрипторных систем // Дифференциальные уравнения. 2025. Т. 61, №8. С. 1094-1116. DOI: 10.7868/S3034503025080085.

76. Щеглова А.А. Управляемость нестационарных дискретных дескрипторных систем в условиях обратимости преобразования к структурной форме // Математические заметки. 2025. Т. 117, №5. С. 764-784. DOI: 10.4213/mzm14630.

77. Юмашев Е.А. Методика анализа и обработки временных рядов метеорологических данных // Современные наукоемкие технологии. 2025. — №5. С. 107-112. DOI: 10.17513/snt.40397.

Статьи в зарубежных и переводных журналах

1. Andreev A., Kochemazov S., Semenov A. Combining greedy and evolutionary algorithms to maximize influence in networks under deterministic linear threshold model // Plos One. 2025. Vol. 20, №9. P. e0331109. DOI: 10.1371/journal.pone.0331109.

2. Anikin I., Lyubovitskij V., Zhevlakov A. The Drell–Yan forward-backward asymmetry across various rapidity ranges // Physics of Particles and Nuclei Letters. 2025. Vol. 22, №5. P. 996-999. DOI: 10.1134/S1547477125700931.

3. Belozertseva I.A., Vorobyeva I.B., Vlasova N.V. Pollution of the main components of the natural environment of the most developed part of the southwestern coast of lake Baikal (within the baikal municipal formation) // Ecology and Industry of Russia. 2025. Vol. 29, №1. P. 52-58. DOI: 10.18412/1816-0395-2025-1-52-58.

4. Berman A.F. Conceptual modeling of basic properties and states of mechanical objects // Industrial Laboratory. Materials Diagnostics. 2025. Vol. 91, №3. P. 70-82. DOI: 10.26896/1028-6861-2025-91-3-70-82.

5. Bin C., Timoshin S.A. Doubly controlled system with hysteresis and delay // Siberian Mathematical Journal. 2025. Vol. 66, №2. P. 410-422. DOI: 10.1134/S0037446625020156.

6. Bulatov M., Liang H., Solovarova L. Study of systems of Hammerstein integral equations of the first kind // Dolomites Research Notes on Approximation. 2025. Vol. 18, №2. P. 79-84. DOI: 10.25430/pupj-DRNA-2025-2-10.
URL: <https://drna.padovauniversitypress.it/2025/2/10>.

7. Bulatov M.V. Collocation-variational approaches to the numerical solution of volterra integral equations of the first kind // Computational mathematics and mathematical physics. 2025. Vol. 65, №1. P. 1-7. DOI: 10.1134/S0965542524701811.



8. Bulatov M.V., Budnikova O.S. Extrapolation multistep methods for numerical solution of second-order differential algebraic equations // Numerical Analysis and Applications. 2025. Vol. 28, №2. P. 121-140. DOI: 10.15372/SJNM20250201.
9. Bychkov I., Kazakov A., Lempert A., Zharkov M. Modeling and Numerical Analysis of the Severobaikalsk Section of the Baikal–Amur Mainline Considering Environmental Points // Sustainability. 2025. Vol. 17. P. 392. DOI: 10.3390/su17020392.
10. Bychkov I.V., Feoktistov A.G., Bodnyuk M.E., Karamov D.N. Microgrid physical model monitoring system // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing. 2025. Vol. 61, №2. P. 179-185. DOI: 10.3103/S8756699025700219.
11. Bychkov I.V., Feoktistov A.G., Voskoboinikov M.L., Edelev Y.A. Development of service-oriented access to a high-performance computing environment based on the WPS standard // Journal of Computational Technologies. 2025. Vol. 30(2). P. 87-99. DOI: 10.25743/ICT.2025.30.2.007.
12. Bychkov I.V., Feoktistov A.G., Voskoboinikov M.L., Edelev A., Beresneva N., Edeleva O. Optimization of Integrated Energy System Resilience // Informatics and Automation. 2025. Vol. 24, №3. P. 951–981. DOI: 10.15622/ia.24.3.8.
13. Cherkashin E., Bychkov I. Structural Pattern Recognition and Interpretation Infrastructure Based on Knowledge Graphs and Logical Inference // Current Artificial Intelligence. 2025. Vol. 3. P. 1-12. DOI: 10.2174/0129503752359989250901065548.
14. Cherkashina T.Yu., Svetlakov A.A., Pellinen V.A., Cherkashin E.A. Relationships between heavy metal migration in soils and landslide dynamics under conditions of modern climate change: A case study of Lake Baikal, Olkhon Island // Science of The Total Environment. 2025. Vol. 975. P. 179285. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2025.179285. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969725009210>.
15. Chesnokov Alexander, Liapidevskii Valery, Kazakov Alexander Nonlinear internal waves and turbulent mixing in a three-layer stratified fluid in a closed reservoir // International Journal of Non-Linear Mechanics. 2025. Vol. 179. P. 105241. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijnonlinmec.2025.105241>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002074622500229X>.
16. Chukharev K., Gribanova I., Ivanov D., Kochemazov S., Kondratiev V., Semenov A. Effective Partitioning Method With Predictable Hardness for CircuitSAT // IEEE Access. 2025. Vol. 13. P. 4218-4234. DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3525122.
17. Dobrynina A.A., Sankov V.A., Korol S.A., Kichigina N.V., Rybchenko A.A. Seismic effects of floods observed on the Kyngarga River (Tunka Valley, Eastern Sayan) // Russian Geology and Geophysics. 2025 DOI: 10.15372/GIG2024170.
18. Dorodnykh N.O., Nikolaichuk O.A., Kotlov Y.V., Yurin A.Y. An Approach to Building Knowledge Bases for Aviation Diagnostics Tasks // Russian Aeronautics. 2025. Vol. 68, №1. P. 146–154. DOI: 10.3103/S1068799825010167.
19. Edelev A., Basharina O., Voskoboinikov M., Feoktistov A., Tchernykh A. Comprehensive Assessment of Criticality of Energy System Elements based on Service-oriented Approach // Programming and computer software. 2025. Vol. 51, №8. P. 625–644. DOI: 10.1134/S0361768825700471.
20. Gninenko S.N., Kirpichnikov D.V., Krasnikov N.V., Kuleshov S., Lyubovitskij V.E., Zhevlakov A.S. Probing leptophobic dark sector with a pseudoscalar portal in the NA64 experiment at CERN // Journal of High Energy Physics. 2025. Vol. 2025, №6. P. 235. DOI: 10.1007/JHEP06(2025)235. URL: [https://doi.org/10.1007/JHEP06\(2025\)235](https://doi.org/10.1007/JHEP06(2025)235).
21. Goncharova E.V., Pogodaev N.I., Staritsyn M.V. Exact formulas for the increment of the cost functional in optimal control of linear balance equation // The Bulletin of Irkutsk State University. Series: Mathematics. 2025. Vol. 51. P. 3-20. DOI: 10.26516/1997-7670.2025.51.3.



22. Irtegov V. D., Titorenko T. N. On the Stationary Motions of a Rigid Body with a Spherical Suspension // *Mechanics of Solids*. 2025. Vol. 60, №1. P. 146-159. DOI: 10.1134/S0025654424605706. URL: <https://doi.org/10.1134/S0025654424605706>.
23. Kazakov A.L., Lempert A.A., Nguyen D.M. On the method of packing geodesic circles into a spherical segment using a plane projection // *Izvestiya Instituta Matematiki i Informatiki Udmurtskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2025 DOI: 10.35634/2226-3594-2025-65-03.
24. Kazakov A.L., Spevak L.F. Analytical and Numerical Solutions of the Problem of Diffusion Wave Initiation for a Quasilinear Parabolic System // *Journal of Applied Mechanics and Technical Physics*. 2025. Vol. 66, №3. P. 583–593. DOI: 10.1134/S0021894425700154.
25. Kazakov A.L., Spevak L.F. Exact and Approximate Solutions to The Quasilinear Parabolic System “Predator-Prey” with Zero Fronts // *Journal of Mathematical Sciences*. 2025. Vol. 292, №5. P. 551-560. DOI: 10.1007/s10958-025-07946-3.
26. Kosov A. A., Semenov E. I. System of Equations with the Monge–Ampère Operator and Its Exact Multidimensional Solutions // *Siberian Mathematical Journal*. 2025. Vol. 66, №4. P. 974-985. DOI: 10.1134/S0037446625040093. URL: <https://doi.org/10.1134/S0037446625040093>.
27. Kosov A.A. On stability of stationary solutions motion equations of the Goryachev—Sretensky gyrostat with a nonlinear potential // *Journal of applied mathematics and mechanics*. 2025. — №89. P. 6.
28. Kosov A.A. On Gyroscopic Stabilization of Equilibria of Nonlinear Potential Systems // *Journal of applied mathematics and mechanics*. 2025. Vol. 89. P. 7-15.
29. Kosov A.A., Semenov E.I. On Multidimensional Exact Solutions of the Generalized Monge-Ampere Evolution Equations // *Differential Equations*. 2025. Vol. 61, №6. P. 857–871. DOI: 10.1134/S0012266125060059.
30. Lee M.G., Huang H.Ts., Li Zi.C., Kazakov A.L. Error analysis of the null field method for laplace’s equation on circular domains with circular holes: source nodes just on domain boundaries // *Computational mathematics and mathematical physics*. 2025. Vol. 65, №1. P. 161-179. DOI: 10.1134/S0965542524701902.
31. Li-Ping Zhang, Zi-Cai Li, Hung-Tsai Huang, Ming-Gong Lee, Kazakov A.L. Study on Discrete Null-Field Equation Methods for Bounded Simply Connected Domains: Better Locations of Source Nodes // *Mathematics*. 2025. Vol. 13, №131 DOI: 10.3390/math13010131.
32. Lyubovitskij V.E., Zhevlakov A.S., Anikin I. Angular coefficients of the Drell-Yan process across different rapidity and kinematical ranges // *Physical Review D*. 2025. Vol. 112(5), №054023. P. 1-15. DOI: 10.1103/br98-rmf2.
33. Markov Yu. A., Markova M. A., Gitman D. M., Markov N. Yu. Classical scattering matrix for hard and soft Bose-excitations in a non-Abelian plasma within the Hamiltonian formalism // *The European Physical Journal Plus*. 2025. Vol. 140, №11. P. 1060. DOI: 10.1140/epjp/s13360-025-06982-x. URL: <https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-025-06982-x>.
34. Markov Yu.A., Markova M.A. Canonical formulation of plasmon – hard particle scattering process in a quark-gluon plasma // *International Journal of Modern Physics A*. 2025
35. Markov Yu.A., Markova M.A., Gitman D.M., Markov N.Yu. Classical scattering matrix for hard and soft Bose-excitations in a non-Abelian plasma within the Hamiltonian formalism // e-print ArXiv of Cornell University Library: hep-th/ 2511.05072v1. 2025
36. Markov Yu.A., Markova M.A., Markov N.Yu. Classical scattering matrix for hard and soft excitations in a plasma with non-Abelian interaction // *Journal of Mathematical Sciences*. 2025. Vol. 292, №5 DOI: 561-569.



37. Markov Yu.A., Markova M.A., Markov N.Yu. Energy loss of a high-speed color particle in non-Abelian plasma within the framework of the Hamiltonian formalism // *Journal of Mathematical Sciences*. 2025. Vol. 293, №3. P. 396-403. DOI: 10.1007/s10958-025-08010-w.
38. Oparin G., Bogdanova V., Pashinin A. Logical consequence as a tool for qualitative analysis of Boolean networks // *Mathematics in Engineering Science and Aerospace*. 2025. Vol. 16, №3. P. 633-643.
39. Petrenko P.S. Solvability and controllability of differential-algebraic equations with hysteresis // *Journal of Applied and Industrial Mathematics*. 2025. Vol. 28, №2. P. 55-67. DOI: 10.33048/SIBJIM.2025.28.204.
URL: https://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=sjim&paperid=1320&option_lang=eng.
40. Pogodaev N.I., Staritsyn M.V. Optimal Control of Nonlocal Balance Equations in the Space of Nonnegative Measures // *Siberian Mathematical Journal*. 2025. Vol. 66, №2. P. 576-593.
41. Popova A. Improving the Accuracy of Tree Species Mapping by Sentinel-2 Images Using Auxiliary Data—A Case Study of Slyudyanskoye Forestry Area near Lake Baikal // *Forests*. 2025. Vol. 16, №3. P. 487. DOI: 10.3390/f16030487.
42. Radzhabov A. E., Shang X. L. Confining modeling of quark propagator. // *European Physical Journal C*. 2025. Vol. 85, №8. P. 860. DOI: 10.1140/epjc/s10052-025-14592-1. URL: <https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-025-14592-1>.
43. Radzhabov A.E., Zhevlakov A.S. The light-by-light contribution to the muon g-2 within the nonlocal chiral quark model with vector and axial-vector mesons // e-print ArXiv of Cornell University Library. 2025. P. 13588.
44. Radzhabov A.E., Zhevlakov A.S., et al The anomalous magnetic moment of the muon in the Standard Model: an update // *Physics Reports*. 2025. Vol. 1143. P. 1-158. DOI: 10.1016/j.physrep.2025.08.002.
45. Rusanov V.A., Daneev R.A. On inverse problems in mathematical neuroscience: Nonlinear neurodynamic processes described by second-order bilinear evolution equations with delay // *Nonlinear Science and Control Engineering*. 2025. Vol. 10, №10 DOI: 10.36922/NSCE025310007.
46. Shamirzaev T.S., Yakovlev D.R., Mantsevich V.N., Kudlacik D., Gornov A.Yu., Gutakovskii A.K., Bayer M. Magnetic field induced exciton spin dynamics in indirect band gap (In,Al)As/AlAs quantum dots // *Journal of Luminescence*. 2025. Vol. 288. P. 121596. DOI: 10.1016/j.jlumin.2025.121596.
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022231325005368>.
47. Shcheglova A.A. Controllability of nonstationary discrete descriptor systems under conditions of invertibility of a transformation to a structural form // *Mathematical Notes*. 2025. Vol. 117, №5-6. P. 850-867. DOI: 10.1134/S0001434625602989.
48. Shcheglova A.A. Observability of Time-Varying Discrete Descriptor Systems // *Differential Equations*. 2025. Vol. 61, №8 DOI: 10.7868/S3034503025080085.
49. Shigarov A. O. Regular Table Language for Data Extraction from Document Tables Accessible in Machine-Readable Formats // *Lobachevskii Journal of Mathematics*. 2025. Vol. 46, №4. P. 1495-1510. DOI: 10.1134/S1995080225606150.
URL: <https://doi.org/10.1134/S1995080225606150>.
50. Strekalovsky A.S. One way to solve pessimistic bilevel optimization problems // *Optimization*. 2025. P. 1-31. DOI: 10.1080/02331934.2025.2487713.
51. Svinin A.K. Volterra map and related recurrences // e-print ArXiv of Cornell University Library. 2025. P. 1-30.



52. Timoshin S.A., Tolstonogov A.A. State-dependent prox-regular sweeping process with a general nonconvex composed perturbation // *Journal of Mathematical Analysis and Applications*. 2025. Vol. 544, №2. P. 129083. DOI: 10.1016/j.jmaa.2024.129083.
53. Tolstonogov A.A. BV Solutions of a State-Dependent Prox-Regular Sweeping Process with Nonconvex Perturbations // *Journal of Convex Analysis*. 2025. Vol. 32, №3. P. 851-876.
54. Tolstonogov A.A. A coupled system consisting of an evolution inclusion with maximal monotone operators and a prox-regular sweeping process // *Sbornik: Mathematics*. 2025. Vol. 216, №6. P. 107–137. DOI: 10.4213/sm10106.
55. Tolstonogov A.A. Relaxation in an optimal control problem described by a coupled system with maximal monotone operators // *Siberian Mathematical Journal*. 2025. Vol. 66, №2. P. 287–315. DOI: 10.1134/S0037446625020120.
56. Tolstonogov A.A., Bychkov I.V. Existence and relaxation of BV solutions for a sweeping process with prox-regular sets // *Evolution Equations and Control Theory*. 2025. Vol. 14, №5. P. 1190-1224. DOI: 10.3934/eect.2025031. URL: <https://www.aims sciences.org/article/doi/10.3934/eect.2025031>.
57. Tyatyushkin A., Zarodnyuk T. Numerical methods for optimizing parameters of controlled system and finding solution to boundary value problem // *Open Journal of Mathematical Sciences*. 2025. P. 1-13. URL: <https://pisrt.org/psr-press/journals/oms>.
58. Tyatyushkin A.I. Second-order algorithms for optimizing parameters of a controlled system and finding a solution to a boundary value problem // *Journal of mathematical sciences*. 2025
59. Zaikin O., Vatutin E., Bright C. Enumerating Extended Self-orthogonal Diagonal Latin Squares of Order up to 10 // *Journal of Integer Sequences*. 2025. Vol. 28, №7. P. 1-18.
60. Zeng S., Du J., Timoshin S.A. An implicit difference method for solving coupled mobile/immobile transport systems with generalized time-fractional operators // *Fractals*. 2025. Vol. 33, №4. P. 2540085. DOI: 10.1142/S0218348X25400857.

Статьи в сборниках трудов конференций

1. Bulatov M.V. Approaches to numerical solution of integral-algebraic equations // *Abstracts and Program of International Workshop on Numerical Analysis of Integral Equations*, April 28-30, 2025, Harbin Institute of Technology, Shenzhen, China. 2025. С. 6.
2. Bychkov Igor, Fereferov Evgeniy, Fedorov Roman Digital platform for monitoring and forecasting the environmental situation of the Baikal natural territory // *Proceedings of Kim Chaek University of Technology International Conference - 2025 (KUTIC-2025. Pyongyang, DPR Korea, 11-13 November 2025)*. 2025. P. 87-89.
3. Bychkov Igor, Hmelnov Alexey, Shigarov Alexey, Paramonov Viacheslav, Rakishev Artem, Yassenovskiy Iliya Towards Pattern-Driven Tabular Data Wrangling // *Proceedings of Kim Chaek University of Technology International Conference - 2025 (KUTIC-2025. Pyongyang, DPR Korea, 11-13 November 2025)*. 2025. P. 90-92.
4. Cherkashin E., Nagul N., Davydov A., Wang Yi., Teng H. Environment for Intelligent Robot Control // *Proceedings of IEEE XVII International Scientific and Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE 2025)*, Novosibirsk, 14-16 November 2025. 2025
5. Cherkashin E., Nagul N., Davydov A., Wang Yi., Teng H. Logical Environment for Intelligent Robot Control // *Proceedings of IEEE XVII International Scientific and Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE 2025)*, Novosibirsk, 14-16 November 2025. 2025
6. Finogenko I.A. On discontinuous functional differential equations with delay // *Russian-Chinese Conference “Differential and Difference Equations”*. Novosibirsk, Russia. Jctober 31- November 6, 2025. 2025. С. 54.



7. Gornov A., Anikin A., Sorokovikov P., Zarodnyuk T. A Three-Stage Numerical Approach to the Study of Extra-Large Atomic-Molecular Clusters // Springer Nature Switzerland AG 2025. N. Olenov et al. (Eds.): OPTIMA 2024, Lecture Notes in Computer Science. 2025. — №15218. P. 97-108. DOI: 10.1007/978-3-031-79119-2_8. URL: https://www.researchgate.net/publication/388544669_A_Three-Stage_Numerical_Approach_to_the_Study_of_Extra-Large_Atomic-Molecular_Clusters.
8. Gornov A., Enkhbat R., Sorokovikov P., Zarodnyuk T. The modified parallel tangent global search algorithm for finding anti-Berge equilibrium in bimatrix game // Lecture Notes in Computer Science. Algorithmic Aspects in Information and Management. 2025. — №16379
9. Gornov A., Sorokovikov P., Anikin A. Swarm Intelligence Approaches for Discrete Atomic-Molecular Modeling via Morse Potential // Proceedings of Machine Learning Research. 2025
10. Gornov A., Zarodnyuk T. Algorithms for Nonlinear Nonconvex Optimal Control Problems // Encyclopedia of Optimization. 2025. P. 1-8. DOI: 10.1007/978-3-030-54621-2_862-1. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-54621-2_862-1.
11. Irtegov V., Titorenko T. On Stationary Motions in the Generalized Problem of the Chaplygin Ball // Lecture Notes in Computer Science. 2025. Vol. 16235. P. 118-133. DOI: 10.1007/978-3-032-09645-6_7.
12. Kazakov A., Lempert A., Vu G., Zharkov M. On the Application of a Queuing Network to Simulate Container Transshipment in a Sea Container Terminal // Communications in Computer and Information Science. 2025. Vol. 2472. P. 1-16. DOI: 10.1007/978-3-031-88307-1_1.
13. Kondratiev V., Gribanova I., Semenov A. Efficient parallel algorithm for decomposing hard CircuitSAT instances // Proceedings of PCT 2025 (принято в печать) (Scopus Q4, HIP 121041300065-9. 2025
14. Okhotin I.I., Dorodnykh N.O. Table Header Recognition Based on Large Language Models // Proceedings of the VLDB 2025 Workshop: Tabular Data Analysis (TaDA) (London, United Kingdom - September 1-5, 2025). 2025. P. 1-5. URL: https://tabular-data-analysis.github.io/tada2025/papers/TaDA25_14.pdf.
15. Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A. Qualitative analysis of the dynamics of asynchronous Boolean networks with control of update scheme for state variables // AIP Conf. Proc.. 2025. T. 3117. C. 020020. DOI: 10.1063/5.0278488.
16. Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A. Dynamics and control in singular logical networks // AIP Conf. Proc. 2025. T. 3117. C. 020019. DOI: 10.1063/5.0278496.
17. Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A. Permutational Logical Networks // Proceedings of the 48th MIPRO ICT and Electronics Convention. 2025. C. 12-17. DOI: 10.1109/MIPRO65660.2025.11131944.
18. Orlov A. V., Minarchenko I. M., Gruzdeva T. V. On a Bilevel Optimization Model of Electric Power Systems with a System Operator at the Upper Level // Lecture Notes in Computer Science: Mathematical Optimization Theory and Operations Research. MOTOR 2025. 2025. Vol. 15681. P. 286-301. DOI: 10.1007/978-3-031-97077-1_20.
19. Orlov A.V., Batbileg S. On a Bilevel Optimization Model of Interaction Between One Importer and Several Exporters on the Coal Market // Lecture Notes in Computer Science: 19th International Conference on Algorithmic Aspects in Information and Management. 2025. — №16379 DOI: 10.1007/978-981-95-5657-1_10.
20. Poddubnyi I.A., Dorodnykh N.O. Query Plan Generation for Table Question Answering // Proceedings of the VLDB 2025 Workshop: Tabular Data Analysis (TaDA) (London, United Kingdom - September 1-5, 2025). 2025. P. 1-7. URL: https://www.vldb.org/2025/Workshops/VLDB-Workshops-2025/TaDA/TaDA25_9.pdf.



21. Rusanov V.A., Lakeyev A.V., Linke Yu.É., Banshchikov A.V. Toward a theory of inverse problems for bilinear dynamic systems described by eight-variant second-order differential equation: a Geometric approach // Far East Journal of Mathematical Science. 2025. Vol. 142, №3. P. 369398. DOI: 10.17654/0972087125022.
22. Strekalovsky A. Глобальный поиск в конечномерных и динамических задачах DC оптимизации // Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения (DYSC 2025): материалы 7-й Международной конференции. Иркутск, 22-26 сентября 2025 г.. 2025. С. 97-100. URL: <https://math.isu.ru/ru/conference/2025/main/>.
23. Tobola K.V., Dorodnykh N.O. CoLeM: A framework for semantic interpretation of Russian-language tables based on contrastive learning // Proceedings of the 63rd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. Vol. 4: Student Research Workshop. (Vienna, Austria, July 27 to August 1st, 2025). 2025. Vol. 4. P. 784-794. DOI: 10.18653/v1/2025.acl-srw.52.
24. Tolstikhin A. Multiple mobile robots formation control using behavioral-based approach // Proceedings of the 7th International Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments (ICCS-DE 2025) (Irkutsk, July 7-11, 2025). 2025. P. 42-46.
25. Zarodnyuk T., Zarodnyuk M., Sorokovikov P. Numerical study of non-convex optimal control problems for nonlinear pendulums // Proceedings of Kim Chaek University of Technology International Conference - 2025 (KUTIC-2025. Pyongyang, DPR Korea, 11-13 November 2025). 2025. P. 304-309.
26. Алакшин М.С., Парамонов В.В. Эвристический подход к извлечению таблиц из HTML -документов // Материалы 7 Международной конференции Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения (DYSC 2025) (Иркутск, 22-27 сентября 2025 г.). 2025
27. Берман А.Ф., Николайчук О.А. Неопределенность свойств прочностной надежности и безопасности и ее нейтрализация с помощью методов и средств искусственного интеллекта // XIX Международная конференция «Механика, ресурс и диагностика материалов и конструкций» (Екатеринбург, 15-19 декабря 2025г.). 2025
28. Боднюк М.Е. Развитие системы мониторинга стенда имитационного моделирования микросети // Материалы VII Международного семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенные сред (ICCS-DE 2025) (Иркутск, 7-11 июля 2025 г.). 2025. С. 155–156. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2025.22.
29. Боднюк М.Е., Карамов Д.Н., Феоктистов А.Г., Бычков И.В. Система мониторинга имитационного стенда автономного энергетического комплекса // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2025): сб. тр. по материалам XI Междунар. конф. и молодеж. шк. 7-8 октября 2025 г., г. Самарканд, Узбекистан – г. Самара. 2025
30. Бычков И.В. Математическое, информационно-вычислительное и экспериментальное моделирование этапов зарождения, схода и управления селевыми процессами на примере северного склона хребта Хамар-Дабан // Труды 8-й Междунар. конф. «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита», Тбилиси, Грузия, 6-10 октября 2025 г.. 2025. С. 77-81.
31. Бычков И.В. , Фёдоров Р.К., Фереферов Е.С. Цифровая платформа междисциплинарных научных исследований // Материалы Выездного рабочего совещания участников проекта «Фундаментальные исследования Байкальской природной территории на основе системы взаимосвязанных базовых методов, моделей, нейронных сетей и цифровой платформы экологического мониторинга окружающей среды» (г. Белокуриха, 27.08.2025). 2025. С. 5-9. DOI: 10.25743/BNTM.2025.30.58.002.



32. Бычков И.В., Воскобойников М.Л., Феоктистов А.Г., Еделев А.В., Башарина О.Ю., Карамов Д.Н. Моделирование природно-технических систем: модели, алгоритмы, сервисы и приложения // Материалы Выездного рабочего совещания участников проекта «Фундаментальные исследования Байкальской природной территории на основе системы взаимосвязанных базовых методов, моделей, нейронных сетей и цифровой платформы экологического мониторинга окружающей среды» (г. Белокуриха, 27.08.2025). 2025. С. 17-21. DOI: 10.25743/BNTM.2025.32.82.006.
33. Бычков И.В., Воскобойников М.Л., Феоктистов А.Г., Еделев А.В., Чекан М.А., Яковлев Д.С., Боднюк М.Е., Николаев Е.П., Юмашев Е.А. Моделирование природно-технических систем: инструментальная поддержка // Материалы Выездного рабочего совещания участников проекта «Фундаментальные исследования Байкальской природной территории на основе системы взаимосвязанных базовых методов, моделей, нейронных сетей и цифровой платформы экологического мониторинга окружающей среды» (г. Белокуриха, 27.08.2025). 2025
34. Бычков И.В., Еделев А.В., Феоктистов А.Г., Воскобойников М.Л. Автоматизация создания и применения сервис-ориентированной среды исследования живучести систем энергетики // Материалы XVIII Всероссийской мультikonференции по проблемам управления (МКПУ-2025), г. Тула, 2025 г.. 2025. С. 318–321.
35. Бычков И.В., Фёдоров Р.К., Степанов А.С., Илларионова Л.В. Сервисно-ориентированная архитектура взаимодействия научных организаций // Материалы VIII Международной научно-практической конференции Информационные технологии и высокопроизводительные вычисления, Хабаровск, 15–17 сентября 2025. 2025. С. 38-41.
36. Бычков И.В., Фёдоров Р.К., Фереферов Е.С. Цифровая платформа мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории // Материалы Всероссийской научно-практической конференции Информационно-телекоммуникационные системы и технологии (ИТСиТ-2025, г. Кемерово, 22-24 октября 2025 г.). 2025. С. 175-179. URL: https://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/itsit/2025/itsit/docs/049_%D0%91%D1%8B%D1%87%D0%BA%D0%BE%D0%B2.pdf.
37. Ватутин Э.И., Заикин О.С. Спектры числовых характеристик диагональных латинских квадратов Брауна // Сборник материалов XVIII Международной научно-технической конференции "Опτικο-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов и обработки изображений РАСПОЗНАВАНИЕ - 2025" (Курск, 09–12 сентября 2025 г.). 2025. С. 83-85.
38. Верхотуров А.Л., Федоров Р.К., Авраменко Ю.В. Использование спутниковой радиолокационной съемки С- и L-диапазона для мониторинга пахотных земель // Материалы VIII Международной научно-практической конференции Информационные технологии и высокопроизводительные вычисления, Хабаровск, 15–17 сентября 2025. 2025. С. 46-50.
39. Викулова Е.Р., Толстихин А.А. Разработка методов программной симуляции работы LIDAR // Материалы VII Международного семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2025) (г. Иркутск, 7 – 11 июля 2025 г.). 2025. С. 159-162.
40. Воскобойников М., Феоктистов А.Г. Оценка эффективности управления вычислениями диспетчером научных рабочих процессов // Материалы VII Международного семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2025) (Иркутск, 7-11 июля 2025 г.). 2025. С. 74–82. DOI: . DOI: 10.47350/ICCS-DE.2025.0.



41. Горнов А. Ю. Тестовая задача минимизации потенциала Морса сверхбольшой размерности в дискретной постановке // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 104.
42. Давыдов А.В., Максимкин Н.Н., Нагул Н.В., Толстихин А.А. Групповое управление мобильными роботами на основе поведенческой структуры и логического вывода // Труды 12-й Международной научной Четаевской конференции «Аналитическая механика, устойчивость и управление» (г. Казань, 16 - 20 Июнь 2025). 2025
43. Дородных Н.О., Юрин А.Ю. Проблемно-ориентированная среда для создания систем поддержки принятия решений на основе таблиц решений // Материалы VII Международного семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенные сред (ICCS-DE 2025) (Иркутск, 7-11 июля 2025 г.). 2025. С. 91-96. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2025.11.
44. Дыхта В.А., Самсонюк О.Н. Условия оптимальности для импульсных процессов // Материалы Всероссийской конференции «Дифференциальные игры, теория управления и оптимизация» (DGCTO-2025), посвященной памяти профессора В. И. Ухоботова (19–21 мая 2025 г., г. Челябинск). 2025. С. 52-56.
45. Еделев А.В., Бычков И.В., Феоктистов А.Г., Воскобойников М.Л. Сервис-ориентированная среда для исследования живучести систем энергетики // Международная конференция «Системные исследования в энергетике – 2025» и 10-е Мелентьевские чтения, посвященные 65-летию ИСЭМ СО РАН и 40-летию ИНЭИ РАН: материалы конференции. Иркутск. 2025. С. 204-206.
46. Игнатьев И.Н. Цифровая трансформация научно-организационной деятельности: теоретические подходы к разработке специализированного фреймворка // Материалы VII Международного семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенные сред (ICCS-DE 2025) (Иркутск, 7-11 июля 2025 г.). 2025. С. 175–180. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2025.28.
47. Казаков А.Л., Лемперт А.А. Решения с нулевыми фронтами для нелинейной эволюционной параболической системы // Теория управления и математическое моделирование. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной памяти профессора Н.В. Азбелева и профессора Е.Л. Тонкова. 2025. С. 84-87.
48. Казаков А.Л., Лемперт А.А., Нгуен Д.М. О численном методе построения покрытия сферического сегмента геодезическими кругами // Материалы 7 Международной конференции Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения (DYSC 2025) (Иркутск, 22-27 сентября 2025 г.). 2025. С. 62-65.
49. Казаков А.Л., Спекв Л.Ф. Аналитические и приближенные решения многомерной параболической системы "хищник-жертва" // Материалы 7-ой Международной конференции Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения (DYSC 2025) (Иркутск, 22-27 сентября 2025 г.). 2025. С. 19-22.
50. Косов А.А. Стабилизация линейных управляемых систем с неполным измерением с помощью динамических регуляторов // Процессы управления и устойчивость. Т. 12. № 2. Материалы V Международной конференции «Устойчивость и процессы управления», посвященной 95-летию со дня рождения профессора, чл.-корр. РАН В. И. Зубова (Санкт-Петербург, 6 – 10 октября 2025 г.). 2025. Т. 12. С. 21-22.
51. Кузнецов А.А., Михайлов А.А. Защита от незаметных атак на модели NLP с использованием омоглифов // Матер. VI Междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2025). 2025. С. 180-182. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2025.29.
52. Лемперт А.А., Казаков А.Л., Жарков М.Л. Математическая модель горно-перевального участка Транссибирской магистрали, прилегающего к озеру Байкал // Материалы Выездного рабочего совещания участников проекта «Фундаментальные



исследования Байкальской природной территории на основе системы взаимосвязанных базовых методов, моделей, нейронных сетей и цифровой платформы экологического мониторинга окружающей среды» (г. Белокуриха, 27.08.2025). 2025. С. 68-70. DOI: 10.25743/BNTM.2025.14.79.020.

53. Лемперт А.А., Казаков А.Л., Нгуен Д.М. О численном методе построения плотнейших упаковок геодезических кругов в сферический сегмент // Теория управления и математическое моделирование. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной памяти профессора Н.В. Азбелева и профессора Е.Л. Тонкова. 2025. С. 237-240.

54. Линявский А.В., Нагул Н.В. Планирование на основе GOAP в задаче поиска объекта группой мобильных роботов // Материалы VII Международного семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2025) (г. Иркутск, 7 – 11 июля 2025 г.). 2025. С. 183-187.

55. Марков Ю.А., Маркова М.А., Марков Н.Ю. Тормозное излучение цветного плазмона в кварк-глюонной плазме в рамках гамильтонова формализма // Материалы 7 Международной конференции Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения (DYSC 2025) (Иркутск, 22-27 сентября 2025 г.). 2025. С. 25-28.

56. Минарченко И.М., Хамисов О.В. Двухуровневая модель поиска равновесия в сетях с ограничениями на пропускные способности // Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения (DYSC 2025): материалы 7-й Международной конференции. Иркутск, 22-26 сентября 2025 г. 2025. С. 173-175.

57. Николаев Е.П. Автоматизация DevOps в распределенной вычислительной среде применительно к научным приложениям // Материалы VII Международного семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2025) (Иркутск, 7-11 июля 2025 г.). 2025. С. 192–195. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2025.32.

58. Николайчук О.А., Пестова Ю.В. Анализ риска лесных пожаров на основе данных ДЗЗ и гибридных методов машинного обучения // Материалы Двадцать третьей международной конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (г. Москва, 10-14 ноября 2025 г.). 2025. С. 110. URL: <http://conf.rse.geosmis.ru>.

59. Орлов А.В., Батбилэг С. Методы локального и глобального поисков в двухуровневой задаче импорта-экспорта угольных ресурсов // Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения (DYSC 2025): материалы 7-й Международной конференции. Иркутск, 22-26 сентября 2025 г.. 2025. С. 180-183.

60. Парамонов В.В., Шигаров А.О. Извлечение табличных данных из докладов государственного экологического мониторинга Байкальской природной территории // Материалы Выездного рабочего совещания участников проекта «Фундаментальные исследования Байкальской природной территории на основе системы взаимосвязанных базовых методов, моделей, нейронных сетей и цифровой платформы экологического мониторинга окружающей среды» (г. Белокуриха, 27.08.2025). 2025. С. 78-80. DOI: 10.25743/BNTM.2025.65.41.023.

61. Пестова Ю.В. Автоматизация информационного процесса прогнозирования риска лесных пожаров на основе ДЗЗ и методов машинного обучения // Материалы конференции "Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли (РПДЗЗ-2025) (г. Красноярск, 9–12 сентября 2025 г.). 2025

62. Пестова Ю.В., Николайчук О.А. Веб-приложение идентификации гарей на основе данных ДЗЗ и платформы Google Earth Engine // Материалы Выездного рабочего совещания участников проекта «Фундаментальные исследования Байкальской природной территории на основе системы взаимосвязанных базовых методов, моделей, нейронных



сетей и цифровой платформы экологического мониторинга окружающей среды» (г. Белокуриха, 27.08.2025). 2025. С. 29-31. DOI: 10.25743/BNTM.2025.73.59.009.

63. Пестова Ю.В., Николайчук О.А., Ветвицкая Я. Исследование влияния грозных явлений на лесные пожары на основе методов машинного обучения // Материалы VII Международного семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2025) (Иркутск, 7-11 июля 2025 г.). 2025. С. 102-106. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2025.13.

64. Пестова Ю.В., Николайчук О.А., Сахарова М.И. Анализ риска лесных пожаров Иркутской области на основе методов машинного обучения // Материалы всероссийской конф. с международным участием «XVI Сибирское совещание и школа молодых ученых по климато-экологическому мониторингу» (г. Томск, 16–20 сентября 2025 г.). 2025

65. Петренко П.С. О стабилизируемости дифференциально-алгебраических уравнений с гистерезисом // Материалы 7-й Международной конференции “Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения (DYSC 2025)” (Иркутск, 22-26 сентября 2025 г.). 2025. С. 29-32.

66. Поддубный И.А., Дородных Н.О. Концепция подхода к решению задачи ответа на вопросы по табличной информации с использованием вычислительных графов // Материалы VII Международного семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2025) (Иркутск, 7-11 июля 2025 г.). 2025. С. 196-198. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2025.33.

67. Попова А.К. Использование мультимодальных данных для улучшения классификации пород деревьев по снимкам Sentinel-2 // «Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении, лесном хозяйстве и экологии»: Материалы IX Всероссийской научной конференции с международным участием (Москва, 15-17 апреля 2025 г.). 2025. С. 80-81.

68. Попова А.К. Применение вспомогательных данных для повышения точности классификации мультиспектральных спутниковых снимков // Материалы Выездного рабочего совещания участников проекта «Фундаментальные исследования Байкальской природной территории на основе системы взаимосвязанных базовых методов, моделей, нейронных сетей и цифровой платформы экологического мониторинга окружающей среды» (г. Белокуриха, 27.08.2025). 2025 DOI: 10.25743/BNTM.2025.32.68.008.

69. Самсонюк О.Н. Развитие позиционных необходимых условий оптимальности // Материалы 7-я Международной конференции Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения (DYSC 2025) (Иркутск, 22-27 сентября 2025 г.). 2025. С. 89-92.

70. Свирина С.В. О возможном подходе к численному решению линейных многомерных дифференциально-алгебраических систем // Материалы Международной весенней Воронежской математической школы, посвященной памяти С.М. Никольского «Современные методы теории краевых задач. Понтрягинские чтения - XXXVI» (Воронеж, 30 апреля–4 мая 2025 г.). 2025. С. 289-290.

71. Столбов А.Б. Интеграция открытых стандартов моделирования в цифровые сервисы исследования Байкальской природной территории // Материалы Выездного рабочего совещания участников проекта «Фундаментальные исследования Байкальской природной территории на основе системы взаимосвязанных базовых методов, моделей, нейронных сетей и цифровой платформы экологического мониторинга окружающей среды» (г. Белокуриха, 27.08.2025). 2025. С. 15-16. DOI: 10.25743/BNTM.2025.47.81.005.

72. Столбов А.Б. Разработка веб-сервисов для комплексного исследования окружающей среды на основе открытых стандартов моделирования // Материалы VII Международного семинара по информационным, вычислительным и управляющим



системам для распределенные сред (ICCS-DE 2025) (Иркутск, 7-11 июля 2025 г.). 2025. С. 128-132.

73. Тобола К.В., Дородных Н.О. Адаптация подхода SimCLR к аннотированию столбцов русскоязычных таблиц // Материалы VII Международного семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенные сред (ICCS-DE 2025) (Иркутск, 7-11 июля 2025 г.). 2025. С. 199-201. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2025.34.

74. Федоров Р.К., Авраменко Ю.В. Инструмент растровых геопространственных данных // Материалы X Международной научной конференции «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли», г. Красноярск. 2025

75. Феоктистов А.Г., Воскобойников М.Л., Бычков И.В., Еделев А.В. Разработка сервис-ориентированной среды моделирования природно-технических систем // Материалы VII Международного семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенные сред (ICCS-DE 2025) (Иркутск, 7-11 июля 2025 г.). 2025. С. 141–145. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2025.17.

76. Феоктистов А.Г., Воскобойников М.Л., Бычков И.В., Еделев А.В. Применение технологии In-Memory Data Grid в исследовании живучести энергетических систем // Материалы VIII Международной научно-практической конференции "Информационные технологии и высокопроизводительные вычисления" (ITNPC-2025) (Хабаровск, 15-17 сентября 2025 г.). 2025. С. 289–292.

77. Финогенко И.А. Метод предельных дифференциальных включений и асимптотическое поведение систем с трением // Труды 12-й Международной Четаевской конференции «Аналитическая механика, устойчивость и управление». Казань, 2025. 2025

78. Финогенко И.А. О методе предельных дифференциальных включений // Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной памяти профессора Н.В. Азбелева и профессора Е.Л. Тонкова. 2025. С. 180-183.

79. Фёдоров Р.К., Верховина А.В. Методика создания композиций сервисов для ботанических исследований // Материалы VII Международного семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенные сред (ICCS-DE 2025) (Иркутск, 7-11 июля 2025 г.). 2025 DOI: 10.47350/ICCS-DE.2025.17.

80. Фёдоров Р.К., Климонов М.С. Формирование композиций сервисов с учетом предпочтений пользователей // Материалы Выездного рабочего совещания участников проекта «Фундаментальные исследования Байкальской природной территории на основе системы взаимосвязанных базовых методов, моделей, нейронных сетей и цифровой платформы экологического мониторинга окружающей среды» (г. Белокуриха, 27.08.2025). 2025. С. 12-14. DOI: 10.25743/BNTM.2025.85.90.004.

81. Фёдоров Р.К., Попова А.К., Авраменко Ю.В. Обработка последовательности снимков на основе LSTM для классификации данных Sentinel-2 // Материалы 23-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», 10–14 ноября 2025 г. Москва. 2025. С. 68. DOI: 10.21046/23DZZconf-2025a.

82. Хмельнов А.Е., Хмельнова Т.Ф. Использование изображений Sentinel-2 для построения моделей прибрежного рельефа // Материалы Выездного рабочего совещания участников проекта «Фундаментальные исследования Байкальской природной территории на основе системы взаимосвязанных базовых методов, моделей, нейронных сетей и цифровой платформы экологического мониторинга окружающей среды» (г. Белокуриха, 27.08.2025). 2025. С. 54-57. DOI: 10.25743/BNTM.2025.60.18.016.

83. Чекан М.А. Методика применения инструментального комплекса для моделирования взаимодействующих микросетей // Материалы VII Международного семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для



распределенные сред (ICCS-DE 2025) (Иркутск, 7-11 июля 2025 г.). 2025. С. 202–204. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2025.35.

84. Чистяков В. Ф., Чистякова Е. В. Об общем способе постановки краевых задач для вырожденных систем интегро-дифференциальных уравнений // Материалы 7 Международной конференции Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения (DYSC 2025) (Иркутск, 22-27 сентября 2025 г.). 2025. С. 43.

85. Чистяков В.Ф., Чистякова Е.В. Метод наименьших квадратов для решения линейных интегро-алгебраических уравнений произвольного вида, включая случай с особыми точками // Материалы международной весенней Воронежской математической школы, посвященной памяти С.М. Никольского «Современные методы теории краевых задач. Понтрягинские чтения - XXXVI» (Воронеж, 30 апреля–4 мая 2025 г.). 2025. С. 350-352.

86. Юмашев Е.А. Методика разработки приложений для получения, обработки и анализа метеоданных // Материалы VII Международного семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенные сред (ICCS-DE 2025) (Иркутск, 7-11 июля 2025 г.). 2025. С. 211–213. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2025.38.

87. Юмашев Е.А., Воскобойников М.Л., Карамов Д.Н., Феоктистов А.Г., Бычков И.В. Сервис-ориентированный подход к обработке и анализу метеорологических данных в рамках экологического мониторинга природных территорий // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2025): сб. тр. по материалам XI Междунар. конф. и молодеж. шк. 7-8 октября 2025 г., г. Самарканд, Узбекистан – г. Самара. 2025

88. Яковлев Д.С., Феоктистов А.Г. Система мониторинга программно-аппаратной инфраструктуры вычислительной среды // Материалы VII Международного семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенные сред (ICCS-DE 2025) (Иркутск, 7-11 июля 2025 г.). 2025. С. 211–213. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2025.38.

Тезисы докладов

1. Anikin A., Zarodnyuk T. Parallel version of the curvilinear variational method for nonconvex extremal problems // Proc. of Intern. Workshop “Critical Infrastructures in the Digital World” (IWCI-2025) (Bolshoe Goloustnoe, March 13–18, 2025).. 2025. P. 5.

2. Barkova M., Strekalovskiy A. On Global Search Computational Testing for Nonconvex Quadratic Optimization Problem // Program and Abstracts of the 19th International Conference on Algorithmic Aspects in Information and Management (AAIM-2025, Ulaanbaatar, Mongolia, June 23-25, 2025). 2025. P. 45-46.

3. Chistyakova E.V., Chistyakov V. F. On some properties of singular systems of linear integro-differential Volterra equations with a convolution-type kernel // Abstracts of the 10th International Conference on Differential and Functional Differential Equations, dedicated to the memory of academician S.P. Novikov (Moscow, Russia, August 17–24, 2025). 2025. С. 40.

4. Efimova N., Zarodnyuk T. Investigation of age dynamics of population mortality of the industrial center from diseases of the circulatory system during the pandemic // Proc. of Intern. Workshop “Critical Infrastructures in the Digital World” (IWCI-2025) (Bolshoe Goloustnoe, March 13–18, 2025). 2025. P. 11.

5. Finogenko I.A. On functional differential equation with discontinuous right-hand side // International Conference “Differential Equations and Related Topics” Dedicated to Outstanding Mathematician I.G. Petrovskii (25 th Joint Session of Moscow Mathematical Society and I.G. Petrovskii Seminar. Moscow, May 19-24, 2025. Book of Abstracts. 2025. С. 27-28.

6. Gornov A., Anikin A., Sorokovikov P. Non-local algorithm for discrete optimization problem with order oracle // Book of Abstracts of the XVI Intern. Conf. “Optimization and Applications” (OPTIMA-2025). 2025. P. 23.



7. Gornov A., Zarodnyuk T., Tyatyushkin A., Sorokovikov P. A lean algorithm for stiff optimal control problems based on Shepard approximation // Book of Abstracts of the XVI Intern. Conf. "Optimization and Applications" (OPTIMA-2025) (Petrovac, Montenegro, September 22–26, 2025). 2025. С. 22.
8. Gruzdeva T., Ushakov A. Optimization approaches to bilevel problem of coal production and purchase with storage // Program and Abstracts of the 19th International Conference on Algorithmic Aspects in Information and Management (AAIM-2025, Ulaanbaatar, Mongolia, June 23-25, 2025). 2025. P. 28-29.
9. Kuzmenko V., Gornov A. Subjective assessment by laboratory staff of the medical information system at the stage of its implementation // Proc. of Intern. Workshop "Critical Infrastructures in the Digital World" (IWCI-2025) (Bolshoe Goloustnoe, March 13–18, 2025). 2025. P. 23-24.
10. Minarchenko I., Khamisov O. On Finding Equilibrium in Networks with Transmission Capacity Constraints // Program and Abstracts of the 19th International Conference on Algorithmic Aspects in Information and Management (AAIM-2025, Ulaanbaatar, Mongolia, June 23-25, 2025). 2025. P. 51.
11. Orlov A., Batbileg S. On a Bilevel Optimization Model of Interaction Between One Importer and Several Exporters on the Coal Market // Program and Abstracts of the 19th International Conference on Algorithmic Aspects in Information and Management (AAIM-2025, Ulaanbaatar, Mongolia, June 23-25, 2025). 2025. P. 43-44.
12. Solovarova L.S. Approaches to numerical solution of differential-algebraic equations // Abstracts and Program of International Workshop on Numerical Analysis of Integral Equations, April 28-30, 2025, Harbin Institute of Technology, Shenzhen, China. 2025. С. 7.
13. Sorokovikov P. Application of swarm intelligence algorithms to solve the discrete problem of atomic-molecular modeling using the Morse potential // Proc. of Intern. Workshop "Critical Infrastructures in the Digital World" (IWCI-2025). 2025. P. 41.
14. Strekalovsky A. New Principle of Nonconvex Optimization // Book of Abstracts of the XVI International Conference on Optimization Methods and Applications (OPTIMA-2025, Petrovac, Montenegro, September 22-26, 2025). 2025. P. 64-65.
15. Strekalovsky A. New convergence proof for Global Search Scheme in a General DC Optimization Problem. // Program and Abstracts of the 19th International Conference on Algorithmic Aspects in Information and Management (AAIM-2025, Ulaanbaatar, Mongolia, June 23-25, 2025). 2025. P. 24-25.
16. Авраменко Ю.В., Фёдоров Р.К. Сравнение производительности локальной и распределенной файловых систем для обработки спутниковых снимков на примере расчета $ndvi$ // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 66.
17. Алакшин М.С., Парамонов В.В. Инструментальное программное средство для извлечения подлинных таблиц из HTML-документов // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 69-70.
18. Андрющенко В.С. Использование LLM для извлечения пар "ключ-значение" из документов: экспериментальное исследование на базе Qwen3-VL // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 75-76.
19. Аникин А. С., Зароднюк Т. С. Нелокальный алгоритм поиска цифрового оптимального управления // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 82.
20. Аникин А. С., Тятюшкин А. И. Параллельная вычислительная технология решения задач аппроксимации множества достижимости управляемых систем с



переменным запаздыванием // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 83-84.

21. Аникин А.С., Горнов А.Ю. Этапы численного решения задачи безусловной оптимизации // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 79-81.

22. Аникин А.С., Горнов А.Ю., Кузьменко Е.Т., В.В. Кузьменко Методика факторного анализа на основе аппроксимации Шепарда // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 77-78.

23. Банщиков А.В. Об автоматизации динамического анализа негोलомных механических систем // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 87.

24. Боднюк М. Е., Карамов Д. Н., Яковлев Д. С. Применение брокеров сообщений в системе мониторинга // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 88-89.

25. Боднюк М.Е. Система мониторинга стенда имитационного моделирования микросети // Тезисы XXX Байкальской Всероссийской конференции с международным участием «Информационные и математические технологии в науке и управлении» (Иркутск, 1-9 июля 2025). 2025. С. 11.

26. Бычков И.В. Об оценке воздействия на трансграничный бассейн реки Селенга возможного строительства гидроэнергетических объектов на территории Монголии // Сборник аннотаций докладов на Междунар. конф. «Методы и модели системного анализа для изучения, прогнозирования и оценки рисков наводнений и других стихийных бедствий», Казахстан, г. Астана, 10-11 июня 2025 г.. 2025. С. 20.

27. Бычков И.В., Феоктистов А.Г., Воскобойников М.Л., Еделев А.В. Сервис-ориентированная вычислительная среда для моделирования и оценки функциональности и развития природно-технических систем // Международная конференция Марчуковские научные чтения (МНЧ-2025). 2025

28. Воскобойников М. Л., Феоктистов А. Г., Еделев А. В. Использование инструментального комплекса FDE-SWFs для разработки и применения научных приложений // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 93-94.

29. Воскобойников М.Л., Феоктистов А.Г., Еделев А.В. Применение In-Memory Data Grid в изучении энергосистем // Тезисы XXX Байкальской Всероссийской конференции с международным участием «Информационные и математические технологии в науке и управлении», 1-9 июля 2025, г. Иркутск. 2025. С. 19.

30. Ву Х.З., Жарков М.Л., Казаков А.Л. О моделировании работы универсального морского порта с помощью сетей массового обслуживания // Сб. матер. XII междунар. науч. конф. Математическое и компьютерное моделирование (Омск, 14 марта 2025 г.). 2025. С. 61-63.

31. Гавенко О. Ю., Илющенко Ю. М. Цифровые технологии семантической разметки в автоматизированном анализе художественных текстов // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 97-99.

32. Гавенко О. Ю., Обершт С. Д. Автоматизация анализа поэтического текста: методология создания цифрового словаря лексических комбинаций // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 95-96.

33. Гасников А. В., Горнов А. Ю. Модификация алгоритма Q-поиска для задачи минимизации порядкового оракула // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 101.



34. Гаченко А. С. Интеграция разнородных данных для системы цифрового мониторинга Байкальской природной территории // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 102-103.
35. Горнов А. Ю. Факторы оценки сложности задачи унимодальной оптимизации // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 106.
36. Горнов А. Ю., Сорокинов П. С. Методика рационального синтеза двухметодных алгоритмов безусловной минимизации // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 107-108.
37. Горнов А.Ю. Трехсеточная технология сплайн-аппроксимации задачи оптимального управления // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 105.
38. Грибанова И. А. Особенности пропозиционального кодирования задачи обращения хеш-функции MD4 // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 109.
39. Груздева М.С. Визуализации разбиения данных на кластеры: разработка программы для проведения научных исследований // Путь в науку: прикладная математика, информатика и информационные технологии. Тезисы докладов Всероссийской молодежной научно-практической конференции (Ярославль, 14–18 апреля 2025 г.). 2025. С. 10-13.
40. Груздева М.С., Груздева Т.В. Об алгоритме локального поиска в задаче кластеризации k-means // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 110-111.
41. Давыдов А. В., Нагул Н. В., Черкашин Е. А. Логическая среда для решения задач управления автономными мобильными роботами // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 112.
42. Добрынина А. А. , Король С. А., Саньков В. А., Чечельницкий В. В., Брыжак Е. В. Микросейсмический «портрет» города // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 115-117.
43. Дородных Н. О., Николайчук О. А., Столбов А. Б., Юрин А. Ю. Развитие и применение технологии модельных трансформаций для задач авиационной диагностики // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 118-120.
44. Еделев Я. А. Программа оценки времени выполнения научного рабочего процесса по формулам с изменяющейся структурой // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 125-127.
45. Ефимова Н. В., Горнов А. Ю., Зароднюк Т. С. Анализ заболеваемости Covid'19 для детей разных возрастных категорий с использованием модели Гурмана-Розенрауха // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 128-129.
46. Жарков М. Л., Лемперт А. А., Супруновский А. В. О применении сетей массового обслуживания для моделирования перевалки грузов в универсальном морском порту // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 130.
47. Жарков М.Л., Казаков А.Л., Лемперт А.А. О применении сетей массового обслуживания для моделирования универсального морского порта // Тезисы I Международной конференции "Школа теории массового обслуживания (ШТМО-2025)" (г. Томск, 21-26 апреля 2025 г.). 2025. С. 25-26.



48. Зароднюк Т. С., Горнов А. Ю. Алгоритм поиска оптимального управления, основанный на нейронной модели Шепарда // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 131-132.
49. Зароднюк Т. С., Горнов А. Ю. Двухволновой метод аппроксимации множества достижимости // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 133-134.
50. Игнатьев И. Н. Сравнительный анализ современных инструментов имитационного моделирования распределенных вычислений // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 139-140.
51. Иртегов В. Д., Титоренко Т. Н. О некоторых результатах качественного анализа уравнений движения шара Чаплыгина с ротором // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 142.
52. Исполатов В. П., Пестова Ю. В., Николайчук О. А. Информационная система сбора и анализа заполненности средств размещения на основе данных туристических сайтов-агрегаторов // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 141.
53. Казаков А. Л., Спевак Л. Ф. Теорема существования, точные и приближенные решения с нулевыми фронтами для многомерной параболической системы «хищник-жертва» // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 143-145.
54. Казаков А. Л., Спевак Л. Ф. Смешанная задача об иницировании диффузионной волны для нелинейной параболической системы реакции-диффузии // Лаврентьевские чтения по математике, механике и физике. Тезисы докладов X Всероссийской конференции (г. Новосибирск, 2025 г.). 2025. С. 35.
55. Карпенков М. А., Копылов Д. Е. Алгоритмические методы восстановления порядка чтения документа // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 146-147.
56. Климонов М. С. Внедрение базовых методов для последовательной рекомендации веб сервисов для геопортала // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 171-172.
57. Кондратьев В. С., Грибанова И. А. Применение адаптивной декомпозиции на основе псевдобулевых интервалов для обращения MD4 // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 175-179.
58. Косов А. А. Об устойчивости стационарных решений уравнений движения гиростата Горячева-Сретенского с нелинейным потенциалом в особом случае // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 185-186.
59. Косов А. А., Семенов Э. И. Построение точных многомерных решений дифференциальных уравнений и систем с оператором Монжа-Ампера // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 187-188.
60. Косоголов Д. Е. Концепция подхода повышения эффективности работы больших языковых моделей // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 189-190.
61. Косьянов Н. О. О выборе начального приближения для метода потенциальных значений в эпидемических задачах распределения нагрузки медицинских учреждений // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 191-193.



62. Кузнецов П. А. О граничной задаче с вырождением для нелинейной параболической системы в одной модели хемотаксиса // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 194.
63. Кузьминых Р. А., Рапута В. Ф., Ярославцева Т. В., Сивцев Е. Е. Наземный и спутниковый мониторинг атмосферного загрязнения загородных территорий // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 195.
64. Кузьминых Р.А., Рапута В.Ф., Леженин А.А., Ярославцева Т.В. Численное восстановление полей атмосферного загрязнения территорий города на основе данных мониторинга снежного покрова // Материалы XVI Сибирского совещания и школы молодых ученых по климато-экологическому мониторингу (Томск, 16–20 сентября 2025 г.). 2025. С. 151-154.
65. Куклин С. Г., Иванова О. А., Аникин А. С., Горнов А. Ю. Вычислительно-аналитические методы анализа переходных процессов в сердечном ритме // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 196.
66. Кучеров Д. А., Ломов В. П. О возможности нейтринной томографии объектов: вариации углов смешивания // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 197-199.
67. Лемперт А.А., Казаков А.Л., Жарков М.Л. О моделировании движения поездов по горно-перевальному участку Транссибирской магистрали в районе озера Байкал // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 202.
68. Лыхин С. А., Зароднюк Т. С. Применение оператора Шепарда в факторном анализе рисков развития заболеваний респираторного тракта // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 208-209.
69. Марданшин В. М. Интеграция метрик инфраструктуры вычислительного кластера в гибридную систему мониторинга // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 213-214.
70. Марков Ю. А., Маркова М. А., Марков Н. Ю. Тормозное излучение цветного плазмона в неабелевой плазме в рамках канонического подхода // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 215-218.
71. Минарченко И. М. , Хамисов О. В. Моделирование взаимодействия энергокомпаний в нескольких регионах // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 219.
72. Михеев М. А., Еделев А. В., Башарина О. Ю., Карамов Д. Н. Разработка сервис-ориентированного приложения оптимизации живучести энергетических комплексов // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 220.
73. Николаев Е. П. Мультиагентная архитектура системы поддержки DevOps применительно к научным приложениям в гетерогенной распределённой вычислительной среде // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 225-226.
74. Новиков М. А. О рациональном применении способов прямого и неявного учитывания некоторых алгебраических равенств в механических системах // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 227.



75. Орлов А. В. Тестирование локального и глобального поисков в двухуровневых задачах с равновесием на нижнем уровне // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 229-231.
76. Орлов А. В., Груздева Т. В. Задача конкуренции регионов при поставках электроэнергии // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 228.
77. Охотин И. И. Распознавание заголовков таблиц на основе больших языковых моделей // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 232.
78. Охотина М. С., Груздева Т. В., Ушаков А. В. Параллельный глобальный поиск в задаче кластеризации с частичным привлечением учителя // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 233-234.
79. Парамонов В. В., Шигаров А. О. Формирование открытых данных на основе государственных докладов о состоянии и об охране окружающей среды на примере Байкальской природной территории // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 242-243.
80. Пашинин А. А., Опарин Г. А., Богданова В. Г. Технология разработки композитных сервисов для решения задач качественного анализа булевых сетей // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 244-246.
81. Пашинин А.А., Опарин Г.А., Богданова В.Г. Логический подход к автоматизации качественного анализа булевых сетей // Тезисы XXX Байкальской Всероссийской конференции с Международным участием «Информационные и математические технологии в науке и управлении», 1-9 июля 2025, г. Иркутск. 2025. С. 62.
82. Пестова Ю. В., Николайчук О. А., Юрин А. Ю., Дородных Н. О. Информационная технология формирования оперативной карты рисков лесных пожаров для территории Иркутской области // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 248-249.
83. Петренко П. С. К вопросу о стабилизируемости дифференциально-алгебраических уравнений с гистерезисом // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 250.
84. Погодаев Н. И., Старицын М. В. Оптимальное управление уравнениями баланса в пространствах мер // Тезисы докладов V конференции математических центров России (Красноярск, 11–16.08.2025). 2025
85. Поддубный И. А. Концепция подхода ответов на вопросы по табличным данным на основе сжатого семантического представления таблиц // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 256.
86. Половьян А. Л., Куклин С. Г., Иванова О. А., Аникин А. С. Информационная база данных кардиологических исследований // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 258.
87. Попова А. К. Прогнозирование динамики лесов с учетом изменения климата // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 259-260.
88. Поснова А. С., Ярославцева Т. В. Разработка программного средства для численной оценки загрязнения городских территорий выбросами промпредприятий по данным точечных измерений // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 261-262.



89. Ракишев А. А., Хмельнов А. Е., Шигаров А. О. Сравнение больших языковых моделей на задаче трансформации табличных данных // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 266-268.
90. Рапута В. Ф., Леженин А. А., Кузьминых Р. А. Оценивание динамических и тепловых характеристик дымовых выбросов ТЭЦ с использованием спутниковой информации // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 269-270.
91. Самсонюк О. Н. Об обобщениях позиционного принципа минимума В.А. Дыхты // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 288-289.
92. Самсонюк О. Н. Обобщенные решения ограниченной р-вариации в задачах импульсного управления // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 287.
93. Самсонюк О.Н. A computational optimal control algorithm for impulsive processes // Abstracts of the XXIV International conference “Mathematical Optimization Theory and Operations Research” (MOTOR 2025). 2025
94. Свинин А. К. О счетном семействе дискретных уравнений со свойством Лорана // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 290-291.
95. Свинина С. В. О подходах к численному решению линейных многомерных дифференциально-алгебраических систем первого порядка // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 292-293.
96. Сорокиков П. С. О применении алгоритмов роевого интеллекта для решения задачи дискретной оптимизации потенциала Морса // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 298-300.
97. Сорокиков П. С. Численное исследование свойств алгоритма ястребов Харриса для решения многоэкстремальных задач непрерывной оптимизации // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 301-303.
98. Столбов А. Б. Сценарии импорта данных для комплексного исследования окружающей среды на основе открытых стандартов моделирования // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 306-307.
99. Столбов А. Б., Фёдоров Р. К. Архитектура интеграции программных средств сценарного моделирования в цифровые сервисы геопортала ИДСТУ СО РАН // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 304-305.
100. Стрекаловский А. С., Косьянов Н. О. Локальный поиск в невыпуклых задачах оптимального управления // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 308-310.
101. Стрельников А. Н., Горнов А. Ю. Качественное исследование управляемой динамики «велосипедной» модели беспилотного автомобиля // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 311-314.
102. Темникова И. В., Онучина Е. В., Зароднюк Т. С., Горнов А. Ю. Методика оценки рисков поражения респираторного тракта при гастроэзофагеальной рефлюксной болезни // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 315.



103. Тобола К. В. Концепция подхода семантического аннотирования столбцов таблиц на основе больших языковых моделей // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 319-320.
104. Толстихин А. А. Стратегия управления формациями группы автономных мобильных роботов в среде с препятствиями // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 321.
105. Трифонов Р. И., Копылов Д. Е. Сегментация регионов документов с использованием графовых нейронных сетей // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 322-323.
106. Тятюшкин А. И. Многометодный алгоритм для поиска решения краевой задачи // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 326-328.
107. Тятюшкин А. И. Многометодная оптимизация управляющих функций и параметров // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 234-235.
108. Тятюшкин А. И., Горнов А. Ю. Нелинейный метод приведенного градиента для задач оптимального управления с фазовыми ограничениями // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 329-331.
109. Финогенко И. А. О функционально-дифференциальных уравнениях с разрывной правой частью // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 339-340.
110. Фёдоров Р. К., Попова А.К., Авраменко Ю.В. Анализ последовательности снимков Sentinel-2 для классификации сельскохозяйственных земель // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 334-335.
111. Хамисов О. В. Методы параметрической оптимизации в задачах двухуровневого программирования // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 347.
112. Хмельнов А. Е. Применение алгоритмов вычислений с произвольной точностью на числах с плавающей запятой при построении триангуляций Делоне с ограничениями // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 351-352.
113. Чекан М. А. Визуальное программирование агентов на основе иерархических машин состояний // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 362.
114. Чистяков В. Ф., Чистякова Е. В. Применение метода наименьших квадратов для решения краевых задач для дифференциально-алгебраических уравнений в частных производных // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 373-375.
115. Шигаров А. О. REGTAV: развитие библиотеки для разработки прикладного программного обеспечения извлечения реляционных данных из редактируемых таблиц с произвольной структурой на основе паттернов // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 376-378.
116. Шипицын М. Н., Фёдоров Р. К. Метод анализа схожести исходного кода на основе хэшей абстрактных синтаксических деревьев // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 379.
117. Шурик М. В., Копылов Д. Е. Обучение представлений шрифтов // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 380-382.



118. Энхбат Р., Горнов А. Ю., Сороковиков П. С. Технология численного исследования игровых моделей на основе редукции к задаче невыпуклой оптимизации // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 383-384.

119. Юмашев Е. А. Сравнительный анализ сервис-ориентированных технологий для работы с метеоданными // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 385.

120. Юмашев Е.А. Сервис-ориентированная технология получения, обработки и анализа временных рядов // Тезисы XXX Байкальской Всероссийской конференции с международным участием «Информационные и математические технологии в науке и управлении», 1-9 июля 2025, г. Иркутск. 2025. С. 95.

121. Юрин А. Ю., Дородных Н. О. Таблицы решений: способ реализации баз знаний интеллектуальных ассистентов в задачах диагностики // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 390-391.

122. Ясеновский И. С., Шигаров А. О. Развитие веб-приложения RegTab Online для извлечения данных из редактируемых таблиц с произвольной структурой на основе RTL-паттернов // Матер. 41-й междунар. конф. «Ляпуновские чтения - 2025» (г. Иркутск, 27 октября – 1 ноября 2025 г.). 2025. С. 392.

Свидетельства о государственной регистрации объектов интеллектуальной собственности

1. Башарина О.Ю., Юмашев Е.А. WPS-сервис моделирования потребления газа : Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025666628 от 27.06.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025. Номер регистрации РИД: 121032400051-9

2. Боднюк М.Е. Системный модуль визуализации данных измеряемых параметров имитационного стенда: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025666627 от 27.06.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025. Номер регистрации РИД: 124052100088-3

3. Викулова Е.Р., Толстихин А.А. Программная система моделирования работы LIDAR : Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025694860 от 09.12.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.

4. Горнов А.Ю., Зароднюк Т.С., Аникин А.С., Сороковиков П.С., Лыхин С.А. Программа SHEPARD-01 для решения жестких задач оптимального управления, основанная на прогнозировании значения функционала и отсеке неперспективных проб без интегрирования : Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025694936 от 09.12.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.

5. Горнов А.Ю., Толстоногов А.А., Зароднюк Т.С., Аникин А.С. Программа DIGITAL CONTROL для поиска минимума в задаче цифрового управления : Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025694935 от 09.12.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.

6. Дородных Н.О., Тобола К.В. RuTaBERT : Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025611367 от 18.01.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025. Номер регистрации РИД: 625022500044-2.



7. Еделев А.В. Модуль гибридной структурно-параметрической оптимизации природно-технических систем : Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025668335 от 13.07.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.
8. Карамов Д.Н., Юмашев Е.А. WPS-сервис для получения массивов климатических данных : Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025666629 от 27.06.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025. Номер регистрации РИД: 124052100088-3
9. Николайчук О.А., Пестова Ю.В. Программный модуль прогнозирования риска лесных пожаров на основе методов машинного обучения (ЛЕС.ПОЖАР-РИСК): Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2025694009 от 03.12.2025. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.
10. Пашинин А.А., Богданова В.Г. Сервис проверки свойства достижимости для нелинейных регистров сдвига с обратной связью MSCRP : Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025694856 от 09.12.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.
11. Поддубный И.А., Дородных Н.О. Query Plan Generator (QPG): Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2025696960. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.
12. Свирина С.В. VSpline1.0 : Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025694410 от 05.12.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.
13. Сороковиков П.С., Горнов А.Ю. Программа GA-PSO-2025 для нелокальной оптимизации на основе методов генетического поиска и роя частиц : Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025694938 от 09.12.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.
14. Тобола К.В. CoLeM: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2025695033 от 10.12.2025. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.
15. Толстихин А.А., Душкина Н.А. Программная подсистема для создания панорамных изображений с выбором методов сшивки : Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025694858 от 09.12.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.
16. Феоктистов А.Г., Воскобойников М.Л. Модуль прогнозирования размера базы данных в оперативной памяти узлов вычислительного кластера : Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025660056 от 21.04.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025. Номер регистрации РИД: 625052700159-8.
17. Феоктистов А.Г., Яковлев Д.С. Система мониторинга гетерогенной распределенной вычислительной среды : Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025666626 от 27.06.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.
18. Чекан М.А. Библиотека модулей мультиагентного моделирования взаимодействия микросетей : Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025660059 от 21.04.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.



19. Чека́н М.А. Генератор программных агентов на основе иерархических машин состояний : Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2025694409 от 05.12.2025 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2025.