

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

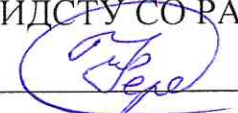
И.В. Бычков

«21» 02 2023 г.

ИТОГОВЫЙ ОТЧЕТ

*о научной и научно-организационной работе
за 2022 год*

Одобен Ученым советом
ИДСТУ СО РАН
Протокол № 1 от 21.02.2023

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 – 140 чел., в т.ч. н.р. – 79. Из них ак. – 1, чл.-к. РАН – 1, д.н. – 23, к.н. – 47.

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. Н.И. Погодаев)

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

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

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

Отделение 4. Информационных технологий и систем (д.т.н. Г.М. Ружников)

Лаборатория 4.1. Комплексных информационных систем (к.т.н. А.Е. Хмельнов)

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

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

Лаборатория 5.1. Параллельных и распределенных вычислительных систем
(к.т.н. Р.О. Костромин)

Лаборатория 5.2. Информационно-управляющих систем (к.т.н. С.А. Ульянов)

**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)



ВВЕДЕНИЕ.....	6
ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ.....	10
ПРОЕКТЫ В РАМКАХ ПРОГРАММЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РФ.....	29
Направление науки: 1.1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ.....	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»	35
I.1.4.4.: Развитие математических методов описания процессов в физике высоких энергий, высокотемпературной плазме и механике сплошных сред (руководитель – д.ф.-м.н. Ю.А. Марков).....	Ошибка! Закладка не определена.
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»	38
Направление науки: 1.2. Компьютерные и информационные науки	41
Проект «Технологии разработки и анализа предметно-ориентированных интеллектуальных систем группового управления в недетерминированных распределенных средах»	41
Из Отч Лаб. 5.2.....	Ошибка! Закладка не определена.
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»	47
Проект «Теоретические основы, методы и высокопроизводительные алгоритмы непрерывной и дискретной оптимизации для поддержки междисциплинарных научных исследований»	61
Добавить: Лаб. 6.2. РФФИ	Ошибка! Закладка не определена.
поисковый научный проект «Влияние изменения уровня воды в озере Байкал на состояние экосистемы озера, определение ущерба объектам экономики и инфраструктуры прибрежной территории Республики Бурятия, Иркутской области в зависимости от уровней озера и сбросов Иркутской ГЭС».....	65
ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРОЕКТАМ, ПОДДЕРЖАННЫМ СОВЕТОМ ПО ГРАНТАМ ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	66
ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ.....	67
РОССИЙСКОГО НАУЧНОГО ФОНДА.....	67



МЕЖДУНАРОДНЫЕ ГРАНТЫ РФФИ	72
ГРАНТЫ МИНОБРНАУКИ	73
ИССЛЕДОВАНИЯ ПО МОЛОДЕЖНЫМ ПРОЕКТАМ.....	75
РАБОТЫ ПО РАЗВИТИЮ ИНФРАСТРУКТУРЫ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ИРКУТСКОГО НАУЧНО- ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА (ИИВС ИРНОК).....	76
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЕ ЦКП «ИРКУТСКИЙ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЙ ЦЕНТР СО РАН» (ИСКЦ)	79
ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	80
НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	81
Ученый совет	81
Диссертационный совет	81
Научные кадры	82
Конференции и семинары.....	82
Связи с вузами	82
Членство в советах РАН и СО РАН.....	83
Членство в национальных и международных.....	84
научных организациях	84
Членство в редколлегиях научных изданий	84
Членство в научно-технических советах и комиссиях органов государственной власти.....	85
Экспертная деятельность	86
МЕЖДУНАРОДНЫЕ НАУЧНЫЕ СВЯЗИ И СОВМЕСТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ С ЗАРУБЕЖНЫМИ НАУЧНЫМИ УЧРЕЖДЕНИЯМИ	87
1. Выезд в зарубежные командировки.....	87
2. Сотрудничество с зарубежными научными центрами.....	87
3. Приём иностранных учёных	88
4. Проведение международных конференций	91
5. Членство в международных академиях, работа в международных организациях, полученные награды международных научных организаций.....	91
ПЕРЕЧЕНЬ ПУБЛИКАЦИЙ И ПОЛУЧЕННЫХ ПАТЕНТОВ	93
ЦЕЛЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛАНА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИДСТУ СО РАН.....	Ошибка! Залкада не определена.



Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2022 г.



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 2022 году в Институте работали 140 человек, из них 79 – научные работники, в том числе 1 действительный член РАН, 1 член-корреспондент РАН, 23 доктора наук и 47 кандидатов наук, молодых научных работников (до 39 лет) – 24, проходили обучение 8 аспирантов.

В 2022 году Институт проводил фундаментальные исследования в соответствии с Планом научно-исследовательской работы и Государственным заданием по 6 научным (базовым) темам в рамках двух приоритетных направлений Программы фундаментальных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021-2030 годы):

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



- Технологии разработки и анализа предметно-ориентированных интеллектуальных систем группового управления в недетерминированных распределенных средах, № гос регистрации 121032400051-9 (руководитель – ак. И.В. Бычков).
- Методы и технологии облачной сервис-ориентированной цифровой платформы сбора, хранения и обработки больших объёмов разноформатных междисциплинарных данных и знаний, основанные на применении искусственного интеллекта, модельно-управляемого подхода и машинного обучения, № гос. регистрации 121030500071-2 (руководитель – д.т.н. Г.М. Ружников).
- 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).

В 2022 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 основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории», соглашение № 075-15-2020-787 от 30.09.2020 (научный руководитель проекта – ак. И.В. Бычков). Проект выполняется за счет средств гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках подпрограммы «Фундаментальные научные исследования для долгосрочного развития и обеспечения конкурентоспособности общества и государства» государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации».

В 2022 году проведены поисковые научные исследования по теме «Влияние изменения уровня воды в озере Байкал на состояние экосистемы озера, определение ущерба объектам экономики и инфраструктуры прибрежной территории Республики Бурятия, Иркутской области в зависимости от уровней озера и сбросов Иркутской ГЭС» (руководитель – ак. И.В. Бычков).

Кроме того в 2022 году проводились фундаментальные исследования за счет внебюджетных источников по 6 научно-исследовательским проектам РФФИ. Проводились также исследования по 5 проектам РНФ.

Все задания 2022 года выполнены в полном объёме.

В 2022 году Институтом проведены следующие научные мероприятия:

1. IV Международный семинар по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (IV International Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments, ICCS-DE 2022), 4-8 июля 2022 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН (смешанный формат).
2. 7-я Международная школа-семинар «Нелинейный анализ и экстремальные задачи» НЛА-2022 (7th International School-Seminar «Nonlinear Analysis and Extremal Problems», NLA-2022), 15-22 июля 2022 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН (смешанный формат).
3. 38 Международная конференция Ляпуновские чтения, 5–9 декабря 2022 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН.

Сотрудниками Института в 2022 году опубликовано 336 работ, из них: 67 – в изданиях, включенных в международную базу цитирования Web of Science, 89 – в изданиях,



включенных в международную базу цитирования Scopus, 180 – в изданиях, включенных в базу РИНЦ, получено 11 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ в Российском агентстве по патентам и товарным знакам.

Диссертацию на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.13.11 Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей защитил Феокистов А.Г. (тема – «Организация предметно-ориентированных распределенных вычислений в гетерогенной среде на основе мультиагентного управления заданиями», дата защиты – 07.04.2022).

Диссертацию на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.13.11 Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей защитил Юрин А.Ю. (тема – «Методы и программные средства создания интеллектуальных систем с декларативными базами знаний на основе модельных трансформаций», дата защиты – 20.09.2022).

Знаком общественного поощрения «85 лет Иркутской области» награждены директор ИДСТУ СО РАН академик И.В. Бычков, советник директора к.т.н. Н.Н. Максимкин, д.т.н. Ружников Г.М., д.т.н. Николайчук О.А.

Советнику директора к.т.н. Н.Н. Максимкину объявлена благодарность Президента РФ за заслуги в развитии науки и многолетнюю плодотворную деятельность.

Почетной грамотой Минобразования Иркутской области за активное участие в реализации проекта «Базовые школы РАН» награжден к.ф.-м.н. Сорокин С.П.

Д.т.н. Ружникову Г.М. присвоено почетное звание "Заслуженный деятель науки СО РАН" с вручением нагрудного знака Золотая Сигма".

Почётной грамотой СО РАН награждены д.ф.-м.н. А.И. Тятюшкин и к.т.н. В.А. Шелехов.

Почётной грамотой Думы г. Иркутска награжден д.т.н. А.Ф. Берман.

Почетной грамотой Мэра г. Иркутска награждена к.т.н. Т.С. Зароднюк.

Благодарность Мэра г. Иркутска вручена к.т.н. Гаченко А.С.

Почетной грамотой Иркутской области награжден к.т.н. Новопашин А.П.

Благодарностью Губернатора Иркутской области награжден к.т.н. Костромин Р.О.

Звание «Заслуженный ветеран Сибирского отделения РАН» присвоено к.ф.-м.н. С.В. Свининой, к.ф.-м.н. А.А. Лемперт, к.т.н. Гаченко А.С., к.т.н. Поповой А.К., программисту Хмельновой Т.Ф., ведущему экономисту Кумачеву А.А.

За разработку «Геопортала «Фарамант» дипломом лауреата Областного конкурса в сфере науки и техники 2022 года награжден к.т.н. Роман Фёдоров.

Д.ф.-м.н. Казакову А.Л. вручен Диплом научного руководителя ВКР, занявшей 2-е место в Сибирском федеральном округе (XV Международный конкурс выпускных квалификационных работ, выполненных с использованием "1С: Предприятия").

Именную стипендию мэра города Иркутска за достижения в области науки и техники получил к.т.н. Костромин Р.О.

Стипендия Президента РФ молодым ученым и аспирантам, осуществляющим перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям



модернизации российской экономики на 2021-2023 годы (СП-3931.2021.5) получил к.т.н. Костромин Р.О.

Стипендию Президента РФ молодым ученым и аспирантам, осуществляющим перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики на 2021-2023 годы (СП-978.2022.5) получил к.т.н. Дородных Н.О.

Итоги конкурса теоретических работ, представленных на Ляпуновские чтения в 2022 г.:

Первое место заняли:

Косов Александр Аркадьевич, Семенов Эдуард Иванович за статью «Построение решений и качественное исследование нелинейных дифференциальных уравнений».

Вторые места заняли:

Горский Сергей Алексеевич за статью «Средства поддержки высокопроизводительных вычислений в инструментальном комплексе ORLANDO TOOLS»;

Стрекаловский Александр Сергеевич за статью «Условия глобальной оптимальности для общей задачи ДС оптимизации и их применение для разработки численных методов решения задач ДС оптимизации и иерархического управления»;

Юрин Александр Юрьевич, Дородных Никита Олегович за статью «Подход к созданию баз знаний на основе модельных трансформаций».

В конкурсе теоретических работ молодых ученых второе место занял Кузнецов Павел Александрович за статью «Теоремы существования и точные решения нелинейных вырождающихся параболических уравнений и систем».



ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Измеримый процесс выметания с составным возмущением

В сепарабельном гильбертовом пространстве рассмотрен измеримый процесс выметания с составным возмущением. Движущиеся множества, генерирующие процесс, являются выпуклыми и замкнутыми, а ретракция процесса ограничена положительной радоновой мерой. Возмущение представляет собой сумму двух многозначных отображений. Значения первого из них замкнуты, ограничены, но необязательно выпуклы. Само отображение измеримо по времени, липшицево по фазовой переменной и удовлетворяет условию роста. Значения второго — замкнутые, выпуклые, но необязательно ограниченные множества. График этого отображения относительно фазовой переменной предполагается замкнутым. Оставшиеся условия описывают свойства пересечения второго отображения и многозначного отображения, определенного условиями роста. Предполагается, что это пересечение имеет непрерывный селектор и обладает определенными свойствами компактности. При описанных условиях доказано существование решения включения. Доказательство основано на теореме автора о непрерывных по параметру селекторах, проходящих через неподвижные точки сжимающего многозначного отображения с замкнутыми, невыпуклыми, разлаживаемыми значениями и классической теореме Ки-Фана о неподвижной точке.

Автор: чл.-к. РАН Толстоногов А.А.

Публикации по результату:

Tolstonogov A.A. BV solutions of a convex sweeping process with a composed perturbation // Evolution Equations and Control Theory. 2022. Vol. 11, №2. pp. 537 - 557. DOI: 10.3934/eect.2021012. (Web of Science Q2)

2. Передаточная матрица системы дифференциально-алгебраических уравнений

Исследован круг вопросов, связанных с передаточной матрицей стационарной системы дифференциально-алгебраических уравнений (ДАУ). Передаточная матрица характеризует связь между входным управлением и наблюдаемым выходом. Она находит широкое применение в теории управления и при анализе различных инженерных систем. Для ДАУ с регулярным матричным пучком получен вид передаточной матрицы, минимальную реализацию которой в пространстве состояний предлагается искать в классе ДАУ имеющих наиболее простую внутреннюю структуру, с разделенными дифференциальной и алгебраической составляющей. Показано, что частотная характеристика системы ДАУ обладает свойством, которое делает ее доступной для практических измерений. Предложены простые алгоритмы построения минимальных реализаций, как при наличии возмущений, так и при отсутствии таковых.

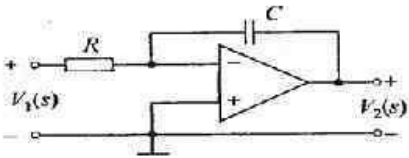
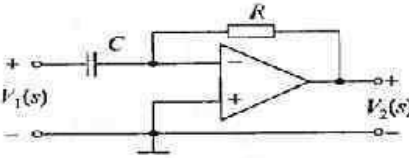
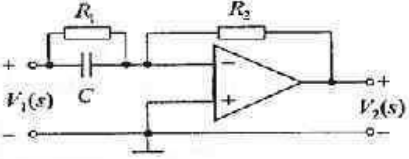
Автор: д.ф.-м.н. Щеглова А.А.

Публикации по результату:

Щеглова А.А. Передаточная матрица системы дифференциально-алгебраических уравнений // Сибирский математический журнал. 2022. Т. 63, № 6. С. 1411-1421. (Shcheglova



A.A. The Transfer Matrix of Differential-Algebraic Equations // Siberian Mathematical Journal. 2022. Vol. 63, no.6. Pp. 1208-1222.)

Передаточные функции динамических элементов цепей:	
Элемент или система	$G(s)$
Интегрирующая цепь, фильтр 	$\frac{V_2(s)}{V_1(s)} = -\frac{1}{RCs}$
Дифференцирующая цепь 	$\frac{V_2(s)}{V_1(s)} = -RCs$
Дифференцирующая цепь 	$\frac{V_2(s)}{V_1(s)} = -\frac{R_2(R_1Cs + 1)}{R_1}$

3. Необходимые условия оптимальности с позиционными управлениями, порожденные слабо убывающими решениями неравенства Гамильтона – Якоби

Любое слабо убывающее решение неравенства Гамильтона–Якоби допускает постановку так называемой присоединенной задачи динамической оптимизации на множестве конструктивных движений Красовского–Субботина, соответствующих позиционным экстремальным стратегиям. Получены условия, при которых оптимальная траектория рассматриваемой задачи терминального управления является минимально присоединенной задачей для фиксированной мажоранты — некоторого решения указанного неравенства Гамильтона–Якоби. Результат формулируется в терминах совместимости этого решения с оптимальной траекторией. В общем случае негладкой мажоранты (и негладкой задачи) условие совместимости означает, что проксимальный субдифференциал мажоранты, вычисленный вдоль оптимальной траектории, имеет компоненту, совпадающую с некоторым решением сопряженного включения из принципа максимума Кашкоч–Лоясиевича. В этом состоит общий позиционный принцип минимума — необходимое условие глобальной оптимальности, усиливающее известные принципы максимума для задач без терминальных ограничений.

Автор: д.ф.-м.н. В.А. Дыхта



Публикации по результату:

1. Дыхта В.А. О множестве необходимых условий оптимальности с позиционными управлениями, порожденном слабо убывающими решениями неравенства Гамильтона – Якоби // Тр. ИММ УрО РАН. 2022. Т. 28, № 3. С. 83-93. <https://doi.org/10.21538/0134-4889-2022-28-3-83-93>
2. Дыхта В.А., Сорокин С.П. О множестве необходимых условий оптимальности с позиционными управлениями, порожденном слабо убывающими решениями неравенства Гамильтона - Якоби // Теория оптимального управления и приложения (ОСТА 2022): Материалы международной конференции (Екатеринбург, 27 июня – 1 июля 2022 г.). – Екатеринбург: ИММ УрО РАН, ООО Изд-во УМЦ УПИ, 2022. – С. 74-78.

4. Методика аппроксимации множества достижимости управляемой системы с постоянным запаздыванием

Разработана методика построения внутренних аппроксимаций множества достижимости (МД) для нелинейных систем с постоянным запаздыванием при условии линейного вхождения скалярного управления. В основу методики положены подходы, основанные на «bang-bang»-принципе; для интегрирования систем с запаздыванием реализован специализированный алгоритм, обобщающий метод Рунге–Хейна–Кутты второго порядка.

В качестве примера приводятся расчеты по обобщенной модели нелинейного маятника, в которой присутствует запаздывание. Динамика системы описывается на интервале времени $[0, 5]$ уравнениями

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_2(t) + \text{eps} \cdot x_1(t-1), \quad \dot{x}_2 = u(t) - \sin x_1(t). \\ x_1(0) &= 5, \quad x_2(0) = 0, \quad t \in [-1, 0].\end{aligned}$$

На управление наложены ограничения: $-1 \leq u(t) \leq 1$. Параметр eps задает степень влияния запаздывающей компоненты на решение. На рис.1–8 приведены полученные аппроксимации множеств достижимости для различных значений параметра eps из набора $\{0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.5\}$.

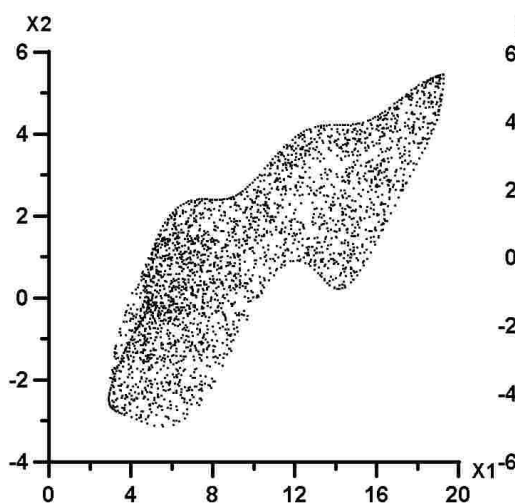


Рис. 1. МД при $\text{eps} = 0.0$

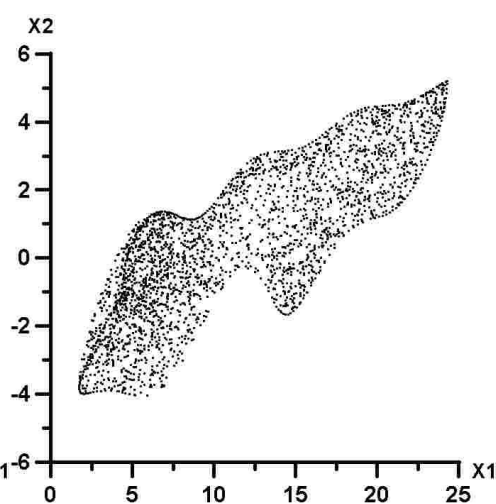


Рис. 2. МД при $\text{eps} = 0.1$

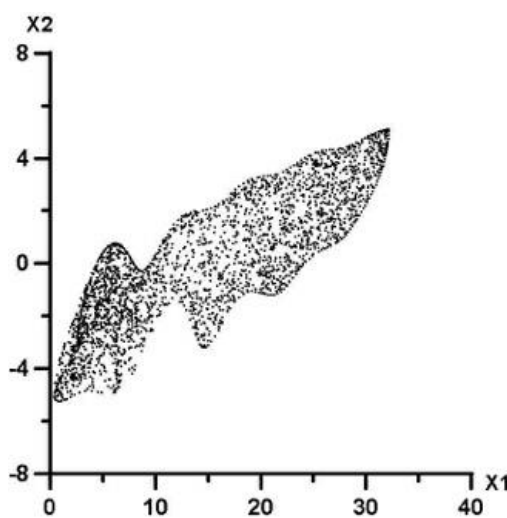


Рис.3. МД при $\epsilon = 0.2$

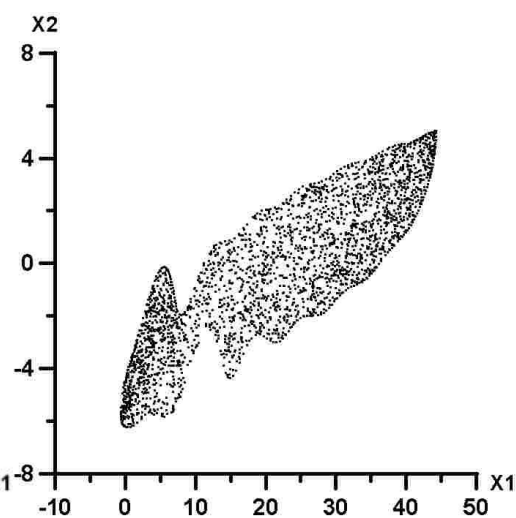


Рис.4. МД при $\epsilon = 0.3$

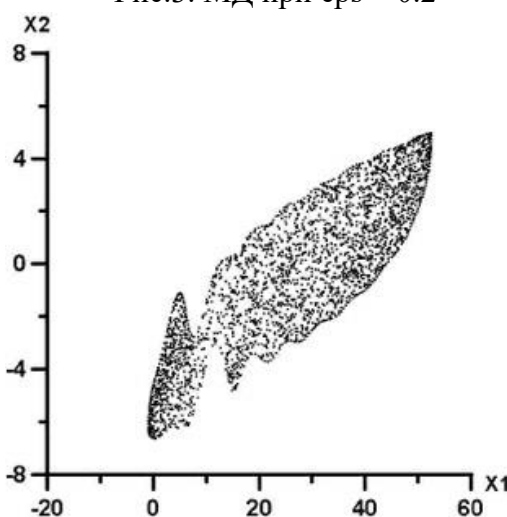


Рис.5. МД при $\epsilon = 0.35$

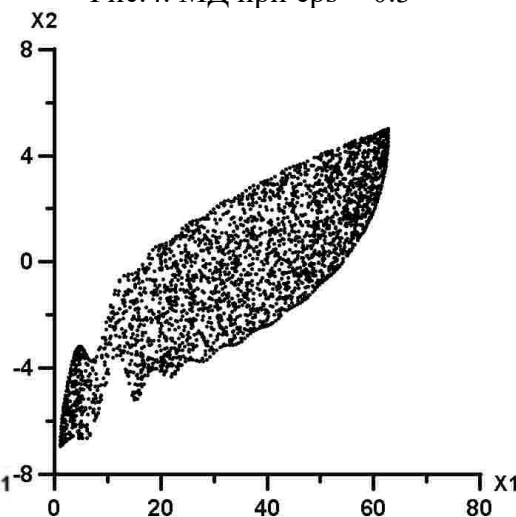


Рис.6. МД при $\epsilon = 0.4$

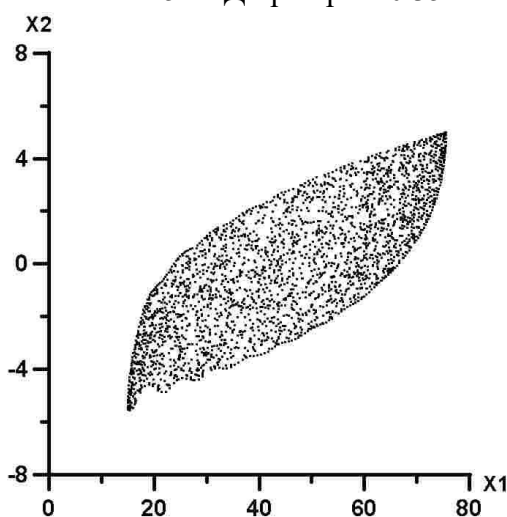


Рис.7. МД при $\epsilon = 0.45$

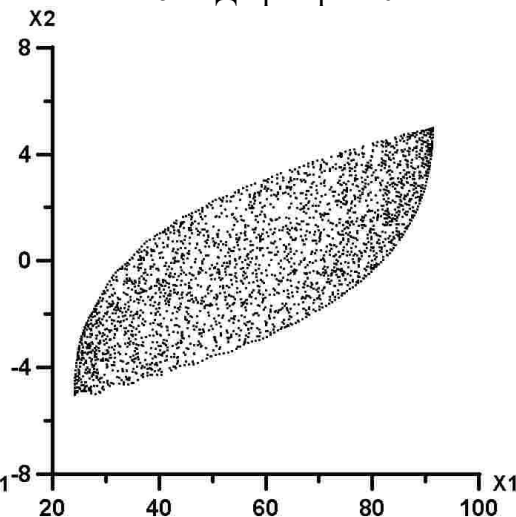


Рис.8. МД при $\epsilon = 0.5$

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



Публикации по результату:

1. А.Ю. Горнов, А.И. Тятюшкин, Т.С. Зароднюк. Методика аппроксимации множества достижимости управляемой системы с постоянным запаздыванием // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5–9 декабря 2022 г.) – 2 с. (В печати).
2. Zarodnyuk T.S., Gornov A.Yu. Monowave boundary construction method for the non-convex reachable set of the controlled dynamical system // Springer book: ICOCS'2022 (in print).

5. Трехэтапная вычислительная технология поиска низкопотенциальных состояний атомно-молекулярных кластеров Морса размерностей от 460 до 590 атомов.

Для решения задач поиска низкопотенциальных состояний атомно-молекулярных кластеров Морса разработана трехэтапная вычислительная технология, которая на каждом этапе включает различные методы. В основе первого этапа лежит стохастическая аппроксимация окрестности известной рекордной точки с помощью коллекции алгоритмов-генераторов разнохарактерных начальных приближений. На втором этапе решается задача быстрого спуска из полученных на первом этапе приближений, для решения которой применяется один из «алгоритмов-стартеров» – алгоритмов, позволяющих, в действительности, находить уже низкопотенциальные кластеры с минимальными вычислительными затратами. Предложены и реализованы следующие варианты «алгоритмов-стартеров»: модификация метода Б.Т. Поляка 1969 г., декомпозиционный градиентный метод («рейдер-метод»), модификация многомерного дихотомического метода. Для уточняющих локальных спусков, реализуемых на третьем этапе, применяется квазиньютоновский метод L-BFGS.

Целевая функция, соответствующая потенциальной энергии, имеет следующий вид:

$$f(x) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=i+1}^N e^{\rho(1-r_{ij})} (e^{\rho(1-r_{ij})} - 2) \rightarrow \min, \rho = 3,$$

$$r_{ij} = \sqrt{\left(x_{3(i-1)+1} - x_{3(j-1)+1}\right)^2 + \left(x_{3(i-1)+2} - x_{3(j-1)+2}\right)^2 + \left(x_{3(i-1)+3} - x_{3(j-1)+3}\right)^2}.$$

Здесь r_{ij} – расстояние между атомами i и j , N – число атомов.

К настоящему времени опубликованы результаты расчетов для кластеров Морса из 5–147 (в базе данных [The Cambridge Energy Landscape Database. URL: <http://www-wales.ch.cam.ac.uk/CCD.html>]), 148–240 (в работах групп из Китая [Feng Y., Cheng L., Liu H. Putative global minimum structures of Morse clusters as a function of the range of the potential: $161 \leq n \leq 240$ // The Journal of Physical Chemistry A. 2009. Vol. 113, No. 49. P. 13651–13655] и Португалии [Marques J.M.C., Pais A., Abreu P.E. On the use of big-bang method to generate low-energy structures of atomic clusters modeled with pair potentials of different ranges // Journal of Computational Chemistry. 2012. Vol. 33, No. 4. P. 442–452]), 241–450 атомов (в ранних публикациях авторов). В рамках полученного результата проведены системные численные расчеты нахождения низкоэнергетических состояний кластеров из 460–590 атомов с шагом



10 (см. табл. 1). На рис. 9 приведен график зависимости наилучших найденных значений потенциальной энергии от числа атомов.

Сравнительный анализ результатов численных экспериментов не выявил резких отклонений от наблюдаемой закономерности между найденными значениями потенциальной функции и числом атомов. Авторам неизвестно о других попытках численного решения задач оптимизации атомно-молекулярных кластеров Морса для рассматриваемых размерностей.

Таблица 1. Наилучшие найденные значения

N	Значение	N	Значение
460	-6243.648248019	530	-7378.800085184
470	-6403.362569640	540	-7548.160215814
480	-6559.388536652	550	-7700.516816109
490	-6718.903820962	560	-7881.460359659
500	-6893.650167511	570	-8034.433295304
510	-7054.414052166	580	-8210.328569772
520	-7216.954714920	590	-8374.874243188

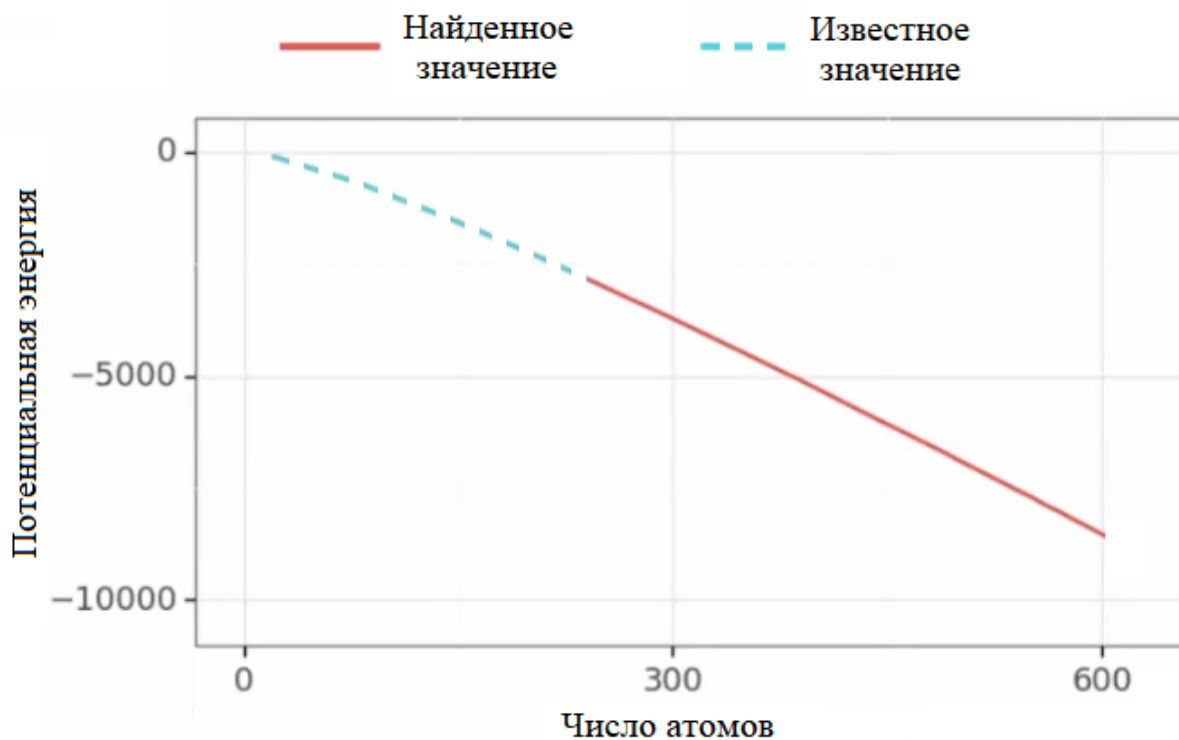


Рис. 9. Зависимость наилучших найденных значений от числа атомов

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



Публикации по результату:

1. Горнов А.Ю., Аникин А.С., Сороковиков П.С. Низкопотенциальные атомные кластеры Морса размерностей от 460 до 590 атомов // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5–9 декабря 2022 г.). – Иркутск: ИДСТУ СО РАН, 2022.
2. Sorokovikov P., Anikin A. Computational techniques for investigating low-potential Gupta clusters of extremely large dimensions // Mathematics and its Applications in New Computer Systems. Lecture Notes in Networks and Systems. – Springer, 2022. – Vol. 424. – P. 407–414. DOI: 10.1007/978-3-030-97020-8_37.

6. U(1) модель портала Штюкельберга для связи темной материи и Стандартной модели

Предложено расширение Стандартной модели (СМ) с $U_{A'}(1)$ калибровочно-инвариантным темным сектором, связанным с СМ через новый портал - портал Штюкельберга, возникающий в рамках генерации массы темного фотона A' через механизм Штюкельберга. Этот портал открывается через эффективные операторы размерности 5, построенные из ковариантного члена вспомогательного скалярного поля Штюкельберга σ , обеспечивающего флейверные недиагональные перенормируемые связи σ и A' с фермионами СМ ψ . Скаляр Штюкельберга играет роль бозона Голдстоуна в генерации массы темного фотона. В отличие от обычного портала кинетического смешивания, в нашем сценарии флейверная диагональная A' - ψ связь не пропорциональна зарядам фермионов и, вообще говоря, является недиагональной по флейвейру. Построенная таким образом модель имеет нетривиальную зависимость между константами взаимодействия фермионов Стандартной модели со скалярными и векторными темными бозонами. Используя данные по расхождению теории и эксперимента на аномальный магнитный момент (АММ) лептонов, ограничения на конверсию лептонов и процесс распада лептона $l_i \rightarrow l_k \gamma$ с нарушением лептонного аромата, были оценены константы связи с лептонами. Ограничения получены в рамках консервативного сценария, когда константы связи без нарушения лептонного числа были равны единице. Показано, что аномалию, связанную с АММ электрона и мюона может быть объяснена за счет одного из каналов (см рис. 1).

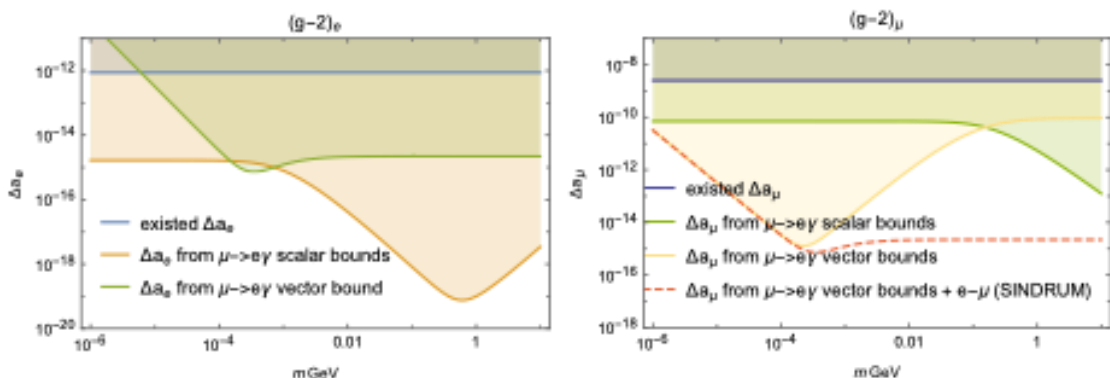


Рис. 10. Вклад в АММ лептонов для темного фотона и скаляра с учетом ограничений из АММ, лептонной конверсии и распада лептона с учетом нарушения лептонного аромата. Поведение представлено в рамках консервативного сценария

Автор: к.ф.-м.н. Жевлаков А.С.



Публикация по результату:

A. Kachanovich, S. Kovalenko, S. Kuleshov, V. E. Lyubovitskij and A. S. Zhevlakov.
Lepton Phenomenology of Stueckelberg Portal to Dark Sector, Phys. Rev. D 105 (2022) no.7,
0750042.

7. Теоремы существования, точные и приближенные решения нелинейного эволюционного параболического уравнения с вырождением

Изучено вырождающееся нелинейное параболическое уравнение второго порядка, содержащее конвективный член, а также источник. Рассматривается вопрос построения точных и приближенных решений этого уравнения при заданном законе движения диффузионной волны. Предложен пошаговый алгоритм численного решения с разностной схемой по времени, причем впервые в подобных задачах используется разностная схема второго порядка. На каждом шаге задача решается итерационно на основе метода коллокаций. Для верификации алгоритма численного решения применяются два класса точных решений, имеющих вид обобщенной бегущей волны, построение которых сводится к решению задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения с особенностью при старшей производной. Для нее доказана теорема существования и единственности аналитического решения в виде степенного ряда, для которого получены оценки радиуса сходимости. С помощью метода Эйлера доказывается аналогичное утверждение о существовании непрерывного решения в неаналитическом случае. Выполнен анализ свойств решений методами качественной теории дифференциальных уравнений. Таким образом, в одном частном (но содержательном) случае выполнен исчерпывающий анализ рассмотренного математического объекта, являющегося одной из известных моделей математической физики. На рис. 11 представлен фазовый портрет указанного уравнения в одном из частных случаев.

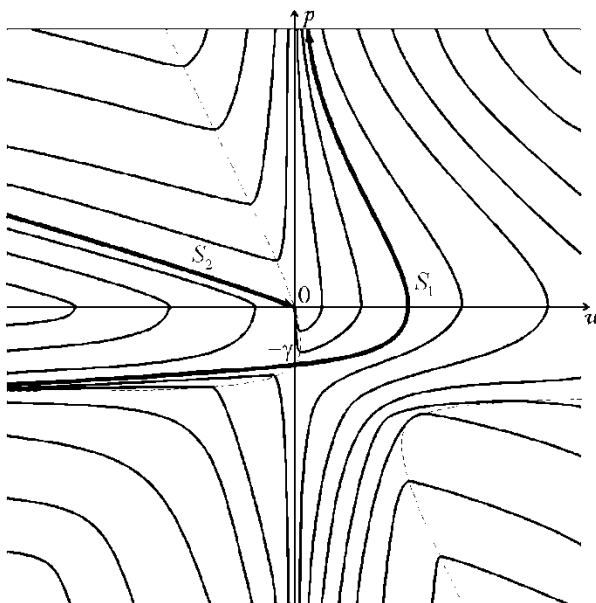


Рис. 11. Фазовый портрет. Сепаратрисе, лежащей в первом и четвертом квадрантах, соответствует солитонное решение исходной задачи

Автор: д.ф.-м.н. Казаков А.Л.



Публикации по результату:

1. Kazakov A., Lempert A. Diffusion-wave type solutions to the second-order evolutionary equation with power nonlinearities // Mathematics. 2022. Vol. 10, no. 2. P.232. (Scopus, Q1)
2. Kazakov A., Spevak L. Constructing exact and approximate diffusion wave solutions for a quasilinear parabolic equation with power nonlinearities // Mathematics. 2022. Vol. 10, no. 9. P. 1559. (Scopus, Q1)

8. Аналитические решения типа диффузионной волны для системы "хищник-жертва"

Рассмотрена специальная краевая задача для нелинейной эволюционной системы, предложенной Дж. Мюрреем и применяемой для описания популяционной динамики. Краевые условия задачи предполагают наличие у возможных решений нулевого фронта – линии, на которой искомые функции обращаются в нуль, и происходит вырождение системы. Доказана теорема существования и единственности нетривиального аналитического решения исследуемой задачи. В ходе доказательства решение построено в виде рядов Тейлора, записаны рекуррентные формулы коэффициентов, которые в дальнейшем могут быть использованы для верификации численных расчётов. Представлены некоторые точные решения системы, имеющие нулевой фронт. Отдельно рассмотрены примеры, иллюстрирующие поведение решения при отступлении от условий теоремы. В первом примере показана возможность существования решений исходной системы с двумя различными нулевыми фронтами. Второй пример – аналог известного контрпримера С.В. Ковалевской в рассмотренном случае. Таким образом, сделан первый (и значительный) шаг по распространению ранее предложенного модельно-алгоритмического подхода на новый класс задач математической биологии.

Авторы: д.ф.-м.н. Казаков А.Л., к.ф.-м.н. Кузнецов П.А.

Публикации по результату:

1. Кузнецов П.А. Аналитические диффузионные волны в нелинейной параболической модели «хищник-жертва» // Труды Института математики и механики УрО РАН. 2022. Т. 28, № 2. С. 158-167. (Scopus)
2. Казаков А.Л., Кузнецов П.А. Аналитические решения с нулевым фронтом для нелинейной вырождающейся параболической системы // Дифференциальные уравнения. 2022. Т. 58. № 11. С. 1461-1470. (Scopus)

9. О положениях равновесия в задаче о движении системы двух тел в поле постоянной тяжести

Проведен качественный анализ дифференциальных уравнений, описывающих вращательное движение относительно неподвижной точки O_1 двух связанных твердых тел S_1 и S_2 (Рис. 12) под действием поля постоянной тяжести (направление силы тяжести противоположно вектору ν). Тела соединены посредством идеального сферического шарнира O_2 . Оси систем координат $O_i x_i y_i z_i$ ($i = 1, 2$) направлены вдоль главных осей инерции тел.

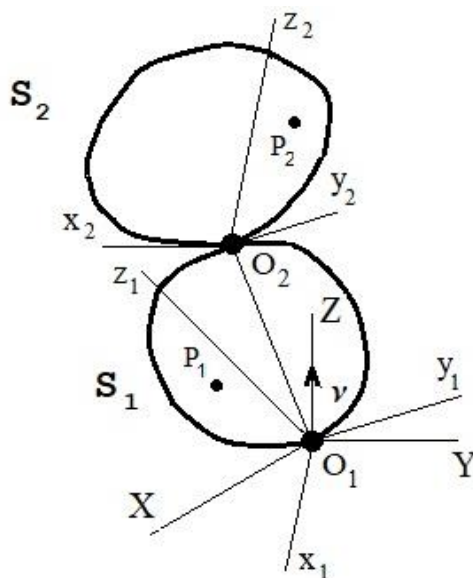


Рис. 12

Рассматривалась система общего вида: тела несимметричные, шарнир расположен не на пересечении главных осей инерции тел, центры масс P_1 и P_2 также не принадлежат этим осям. С использованием написанного на языке системы компьютерной алгебры “Mathematica” комплекса программ получены в символьном виде уравнения движения системы. В рамках проведенного исследования уравнений указаны условия существования двумерных и одномерных инвариантных многообразий (ИМ) в виде ограничений на параметры задачи и выделены сами многообразия. Получены семейства стационарных решений, принадлежащие этим ИМ. С механической точки зрения, элементы найденных семейств решений соответствуют положениям равновесия исследуемой механической системы. Доказана их неустойчивость по первому приближению. Все результаты получены в аналитическом виде.

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

Публикация по результату:

Irtegov V., Titorenko T. On Equilibrium Positions in the Problem of the Motion of a System of Two Bodies in a Uniform Gravity Field // Lecture Notes in Computer Science. 2022. Vol. 13366. pp. 165-184. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-14788-3_10

10. Метод анализа серии космических снимков

Разработан метод классификации данных ДЗЗ, который анализирует упорядоченную последовательность снимков на заданную территорию. Метод состоит из двух основных шагов: классификация снимков по отдельности и анализ последовательности результатов классификации. Существуют определенные зависимости и ограничения динамики территорий, в том числе временные. При анализе последовательности производится учет этих ограничений, что позволяет избежать ошибок классификации за счет сужения возможного набора классов.

Для классификации спутниковых изображений применялась сверточная нейронная сеть ResNet-50. Входными данными для нейронной сети являются тензоры, размерность



которых 64x64 пикселя, т.е. 640 на 640 метров. Каждый пиксель представлен 13 исходными каналами Sentinel-2. Сформирована обучающая выборка из 12 классов по 13000 образцов.

С помощью метода сформированы карты подстилающей поверхности Иркутской области и республики Бурятии за 2019-2020 гг., которые не содержат облачность, зоны отсутствия данных и подтопления. Учет ограничений позволил улучшить точность классификации за счет сужения возможного набора классов.

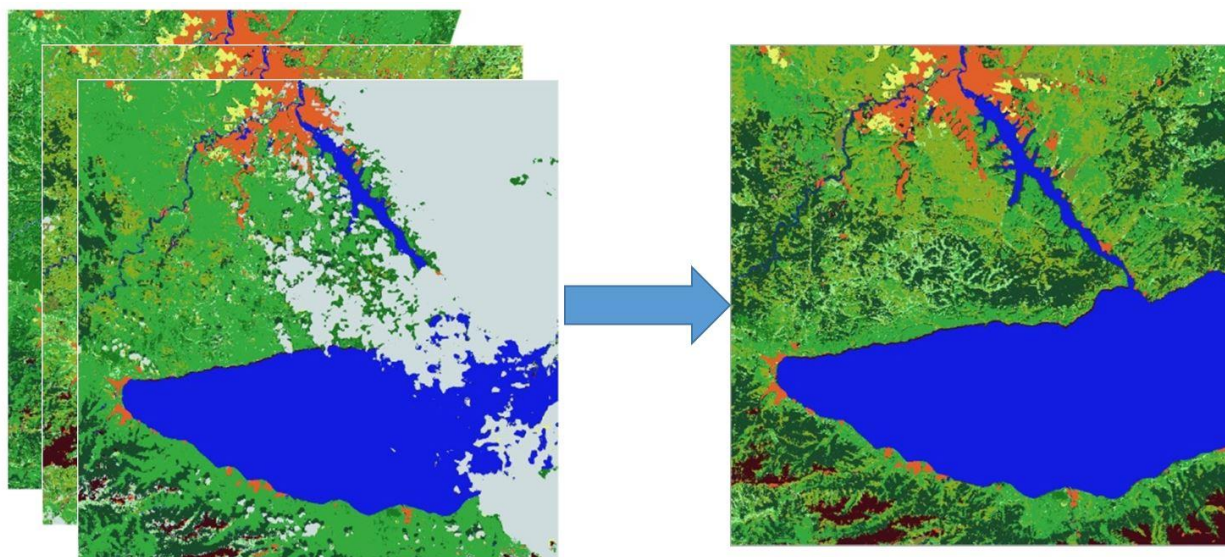


Рис. 13. Анализ последовательности снимков

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

Публикации по результату:

1. Bychkov I.V., Ruzhnikov G.M., Fedorov R.K., Popova A.K., Avramenko Y.V. Classification of Sentinel-2 satellite images of the Baikal Natural Territory // Computer Optics. 2022. Vol. 46, №1. pp. 90-96. DOI: 10.18287/2412-6179-CO-1022. URL: <http://www.computeroptics.ru/KO/PDF/KO46-1/460111.pdf>. (Web of Science Emerging Sources Citation Index)
2. Bychkov I.V., Fedorov R.K., Popova A.K. Application of artificial intelligence technologies for the remote sensing data processing for the forest complex // Ресурсы, окружающая среда и региональное устойчивое развитие в Северо-Восточной Азии: Тезисы V Междунар. конф. (Иркутск, 23–26 августа 2022 г.). 2022. pp. 14. (РИНЦ)
3. Авраменко Ю.В., Федоров Р.К. Технология построения карт земельного покрова на основе данных Sentinel-2 // В сборнике: РОССИЯ И МОНГОЛИЯ: РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ НАУЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА: Труды Междунар. конф. (Иркутск, 6–8 апреля 2022 г.). 2022. С. 300-302. (РИНЦ)
4. Фёдоров Р.К., Попова А.К., Авраменко Ю.В. Классификация спутниковых снимков с помощью нейронных сетей // Материалы IX Международной научной конференции "Региональные проблемы дистанционного зондирования земли" (Красноярск, 13–16 сентября 2022 г.). 2022. С. 303-306. (РИНЦ)



11. Подход к прогнозированию риска (опасности) лесных пожаров на основе прецедентного подхода

Подход обеспечивает решение задачи прогнозирования риска лесных пожаров на основе прецедентного подхода и включает следующие основные этапы (Рис.14): предобработку данных, формирование модели прецедента, создание прототипа прецедентной экспертной системы, ее отладку и интеграцию в веб-сервис мониторинга лесных пожаров, а также оценку эффективности его работы. В качестве исходных данных использовалась информация о пожарах на территории Иркутской области за период с 2017 по 2020 гг. Апробация подхода осуществлена для Казачинско-Ленского и Бодайбинского лесничеств. По результатам оценки сделан вывод о необходимости применения комплекса разных методов (интеллектуальных анализ данных, нейросети) для более точного прогнозирования.

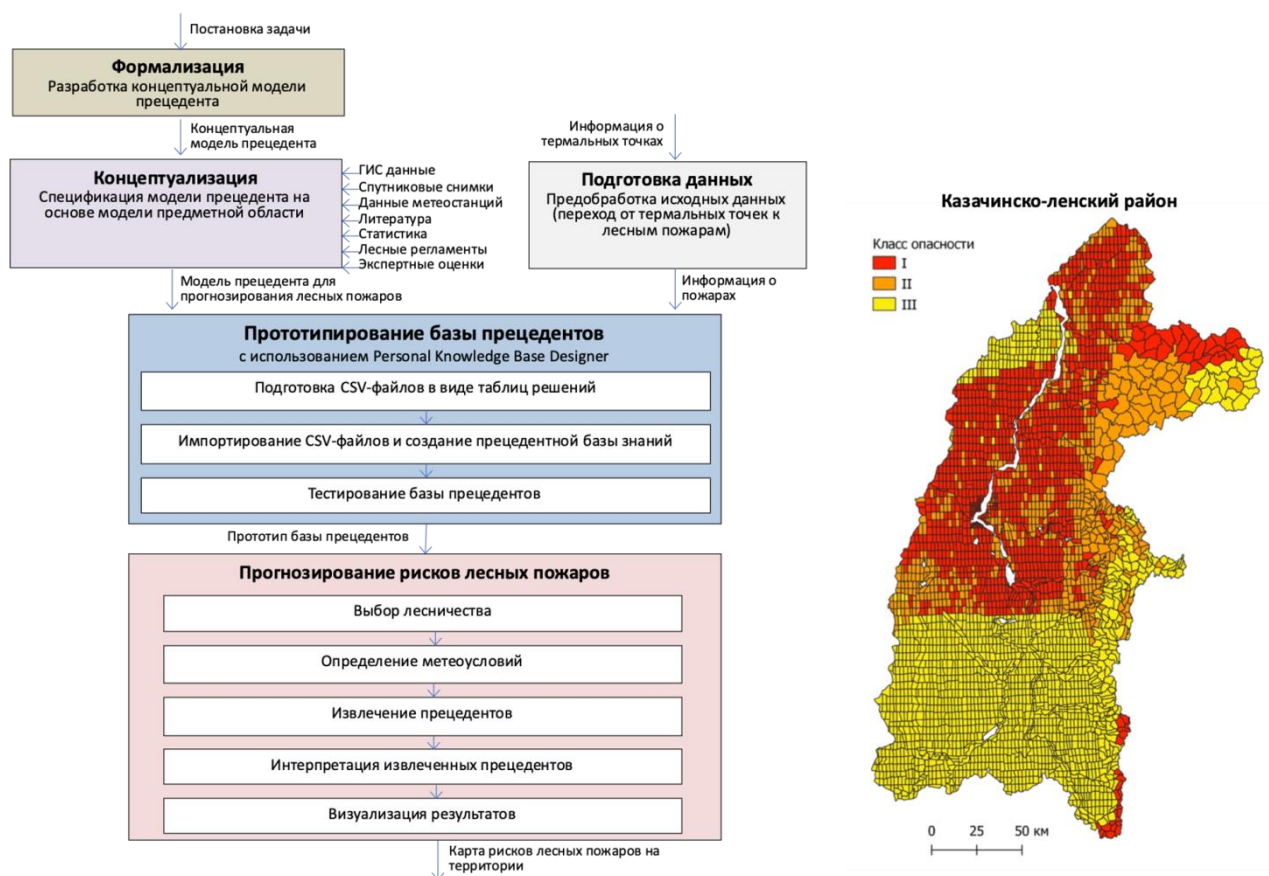


Рис. 14. Основные этапы подхода и результаты его работы

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

Публикации по результату:

1. Dorodnykh N.O., Nikolaychuk O.A., Pestova J.V., Yurin A.Yu. Forest Fire Risk Forecasting with the Aid of Case-Based Reasoning // Applied Sciences, 2022, Vol. 12, No. 17, P. 1-24. DOI: 10.3390/app12178761 (Scopus, Q2)



2. Дородных Н.О., Николайчук О.А., Пестова Ю.В., Юрин А.Ю. Использование прецедентного подхода для прогнозирования риска лесных пожаров // Вычислительные технологии. – 2022. – Т.27. – №5. – С.43-54. DOI:10

12. Параллельные методы качественного анализа динамических свойств управляемых, сингулярных и неявных моделей булевых сетей

В терминах разработанного авторами метода булевых ограничений для рассматриваемого класса моделей даны формальные определения и получены логические модели выполнимости локальных динамических свойств, свойства продолжимости локального решения, свойства цикличности траектории, свойств управляемости и достижимости. Для решения базовой задачи булевой выполнимости глубоко структурированной логической формулы (учитываются уравнения динамики булевой сети и логического определения динамического свойства) разработан специализированный параллельный алгоритм с высокими показателями ускорения и масштабируемости при увеличении размерности модели и временного интервала ее функционирования. Практическая значимость полученных теоретических и алгоритмических результатов продемонстрирована на примерах решения ряда сложных комбинаторных задач и задач планирования действий на основе разработанной авторами гибридной микросервисной интеллектуальной вычислительной платформы (рис. 15).

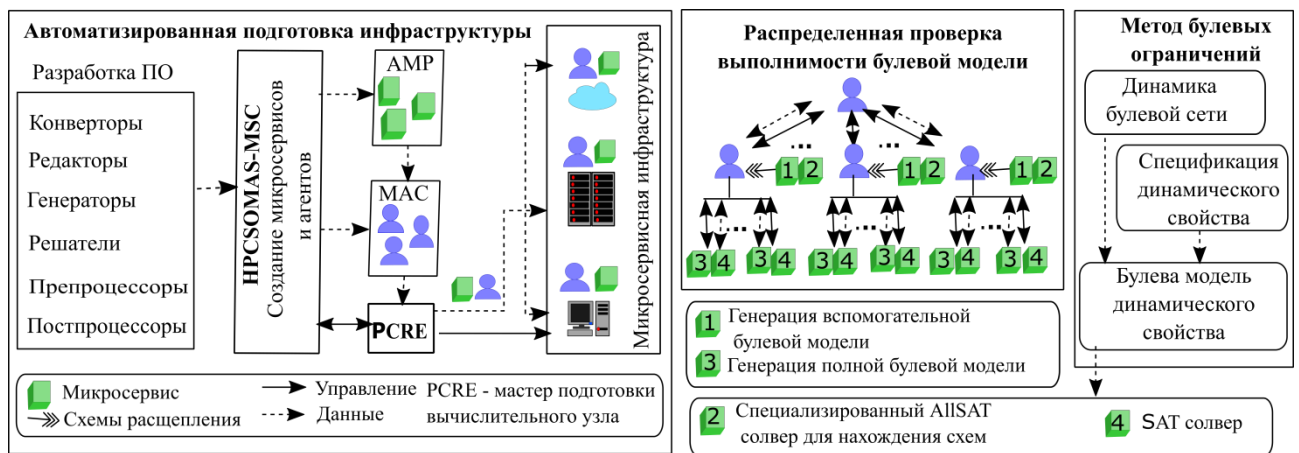


Рис. 15. Технологическая схема исследования динамических свойств булевых сетей на основе микросервисной платформы

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

Публикации по результату:

1. Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A. A logical approach to qualitative analysis of controlled nonlinear binary dynamic systems // MESA. – 2022. – Vol. 13. – № 1. – P. 1–9. (Scopus: Q4, SJR: 0.19)

2. Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A. Implicit Boolean networks and their application to combinatorial problems // MESA. – 2022. – Vol. 13. – № 1. – P. 25–35. (Scopus: Q4, SJR: 0.19)



3. Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A. Implicit Boolean network for planning actions // Proc. of the 45th Jubilee International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO), 2022. – IEEE. – 2022. – P. 871–876. (Scopus: Q4, EID: 2-s2.0-85133928369, DOI: 10.23919/MIPRO55190.2022.9803418)

4. Опарин Г.А. Богданова В.Г., Пашинин А.А. Технология качественного исследования двоичных динамических систем в микросервисной инфраструктуре // Информационные и математические технологии. – 2022. – № 4(28). – С. 137–148. (РИНЦ, ВАК, DOI:10.38028/ESI.2022.28.4.011)

5. Oparin G., Bogdanova V., Pashinin A. The Boolean constraint method application for qualitative analysis of the dynamical properties of singular Boolean networks // Вычислительные технологии. Принята в печать. (Scopus: Q4).

13. Технология создания цифровых двойников для описания процессов функционирования инфраструктурных объектов

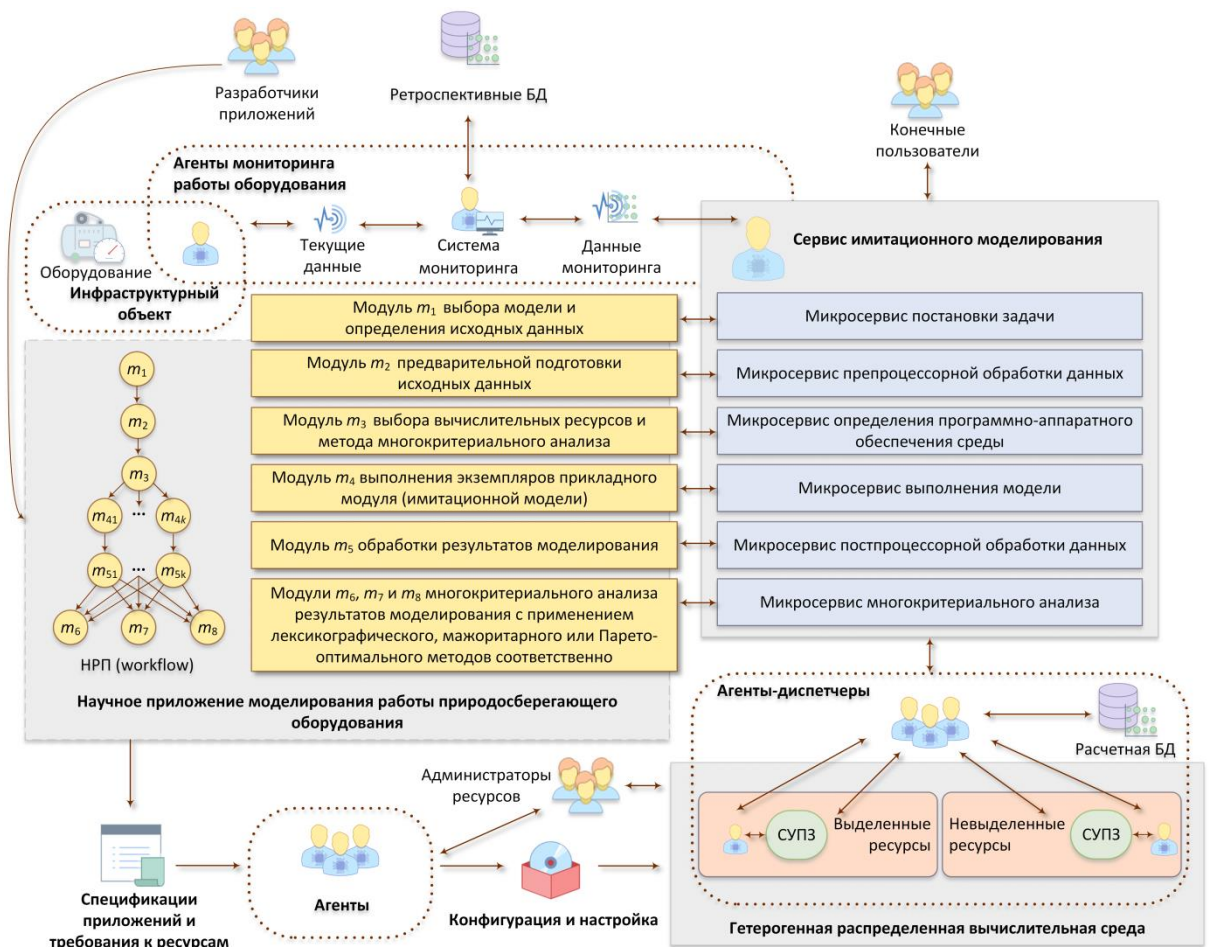


Рис. 16. Схема создания и применения цифровых двойников

Предложена новая технология создания цифровых двойников для описания процессов функционирования инфраструктурных объектов Байкальской природной территории, использующих природосберегающие технологии. Данная технология ориентирована на



исследование, прогнозирование и оптимизацию технологических, экономических и экологических показателей функционирования изучаемых объектов на основе интеллектуального анализа информационных потоков предметных данных в среде имитационного моделирования (рис. 16). Суть и новизна разработанной технологии по сравнению с известными заключаются в интегрированном применении методов и средств факторного анализа, многокритериальной оптимизации, искусственного интеллекта, инженерии знаний, концептуального и сервис-ориентированного программирования, обработки больших данных, высокопроизводительных вычислений и технологий мультиагентных систем.

*Авторы: ак. Бычков И.В., д.т.н. Феоктистов А.Г., к.т.н. Костромин Р.О.,
к.т.н. Горский С.А., к.т.н. Сидоров И.А., к.т.н. Башарина О.Ю.*

Публикации по результату:

1. Бычков И.В., Ружников Г.М., Федоров Р.К., Хмельнов А.Е., Попова А.К., Авраменко Ю.В., Парамонов В.В., Михайлов А.А., Фереферов Е.С., Гаченко А.С., Юрин А.Ю., Николайчук О.А., Дородных Н.О., Феоктистов А.Г. Концептуальные основы инструментальной, инфраструктурной и прикладной цифровой платформ экологического мониторинга // Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории. Отв. ред. И.В. Бычков, Д.П. Гладкочуб, Г.М. Ружников. Новосибирск: СО РАН, 2022. С. 12–50.

2. Feoktistov A., Gorsky S., Kostromoin R., Fedorov R., Bychkov I. Integration of Web Processing Services with Workflow-Based Scientific Applications for Solving Environmental Monitoring Problems // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2022. Vol. 11, № 1. P. 8. (Web of Science: Q2, JSR: IF 3.099; Scopus: Q1, SJR: IF 0.721).

3. Bychkov I.V., Feoktistov A.G., Gorsky S.A., Kostromin R.O., Fedorov R.K. Automation in Integrating Web Processing Services of Environmental Monitoring Data with Distributed Scientific Applications // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing. 2022. Vol. 58, № 4. P. 373–379. (Scopus: Q3, SJR: IF 0.219).

4. Бычков И.В., Феоктистов А.Г., Костромин Р.О., Башарина О.Ю., Сидоров И.А. Моделирование работы природосберегающего оборудования инфраструктурных объектов в микросервисной среде // Вычислительные технологии. 2022. Т. 27, № 5. С.30–42. (Scopus: Q4, SJR: IF 0.218, Q4).

14. Иерархический подход к управлению разнородными группами мобильных роботов при автономном выполнении продолжительных миссий в различных средах

Разработан иерархический подход к динамическому управлению группами гетерогенных мобильных роботов, действующих в автономном режиме в условиях комплексных пространственно-временных и технических ограничений (рис. 17). Основная идея подхода заключается в разделении первичной многоатрибутной задачи распределения ресурсов и планирования маршрутов на задачу декомпозиции миссии (верхний уровень) на основе прогнозируемой последовательности событий и на задачу маршрутизации группы на



ограниченном горизонте планирования (средний уровень). Нижний уровень предлагаемой системы управления отвечает за реализацию роботами уже построенных планов.

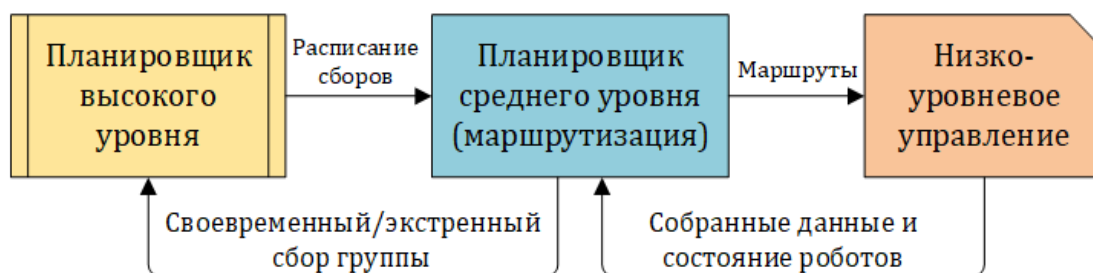


Рис. 17. Блок-схема трехуровневой системы управления группой роботов

Включение в задачу верхнеуровневого планирования только глобальных временных ограничений позволяет отделить ее модель от специфики конкретной среды и типа роботов, делая акцент на общем наборе ограничений (энергетических, коммуникационных, композиционных и др.), свойственных групповым робототехническим миссиям. Средний уровень планирования в этом случае фокусируется на удовлетворении именно проблемно-ориентированных требований и ограничений конкретной миссии.

Сформулирована математическая модель задачи планирования верхнего уровня в терминах задачи составления расписания рабочих смен в ее обратной постановке. Разработан гибридный эволюционный алгоритм, реализующий быструю генерацию допустимых расписаний высокого качества. Произведена программная реализация подхода и проведен ряд вычислительных экспериментов по синтезу планировщика с уже реализованными ранее алгоритмами маршрутизации среднего уровня: задачей циклического мониторинга области группой дронов, задачей экстренного оповещения внутри распределенной группы наземных роботов, задачей продолжительного освещения обстановки группой подводных аппаратов (рис. 18).

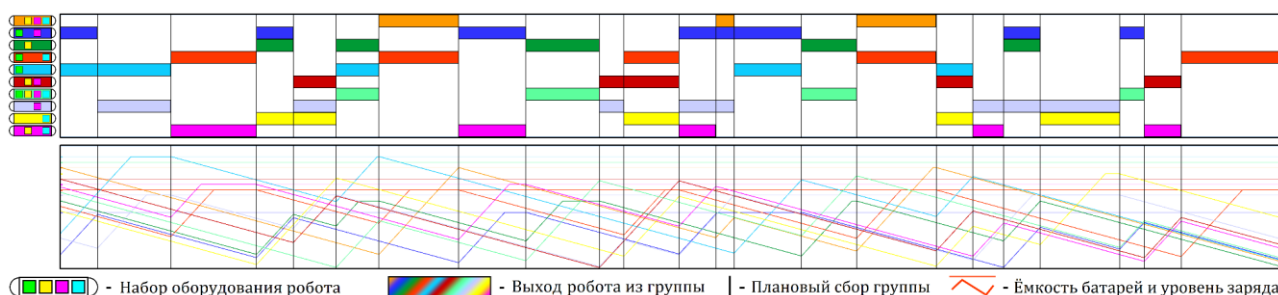


Рис. 18. Сгенерированное верхнеуровневое расписание для группы из десяти параметрически разнородных подводных роботов

Авторы: Кензин М.Ю., ак. Бычков И.В., к.т.н. Максимкин Н.Н.

Публикации по результату:

1. Kenzin M., Bychkov I., Maksimkin N. A Hierarchical Approach to Intelligent Mission Planning for Heterogeneous Fleets of Autonomous Underwater Vehicles // Journal of Marine Science and Engineering. – 2022. – 10(11):1639. (Web of Science Q1)
2. Kenzin M., Bychkov I., Maksimkin N. Self-adaptive coordination for fuel-constrained robot teams with periodic and aperiodic communications // Proceedings of the



15. Новые условия глобальной оптимальности для задачи оптимального управления с d.c. ограничениями

Исследована задача оптимального управления (ОУ) линейной по состоянию системой, где целевой функционал и ограничения-неравенства типа Больца задаются функциями, представимыми в виде разности двух выпуклых функций по фазовым переменным (являются d.c. функциями по состоянию). С помощью Теории точного штрафа исходная задача сводится к вспомогательной оштрафованной задаче без ограничений, с d.c. целевым функционалом по состоянию. Для такой структуры предложены и обоснованы Условия глобальной оптимальности (УГО), обладающие конструктивным (алгоритмическим) свойством, которое дает возможность выйти из любой локальной ямы с улучшением целевого функционала исходной задачи, если это возможно. Установлены взаимосвязи новых УГО с современной теорией ОУ (в частности, с Принципом Понтрягина, ПМП). Эффективность разработанного подхода демонстрируется на примерах.

Автор: д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский

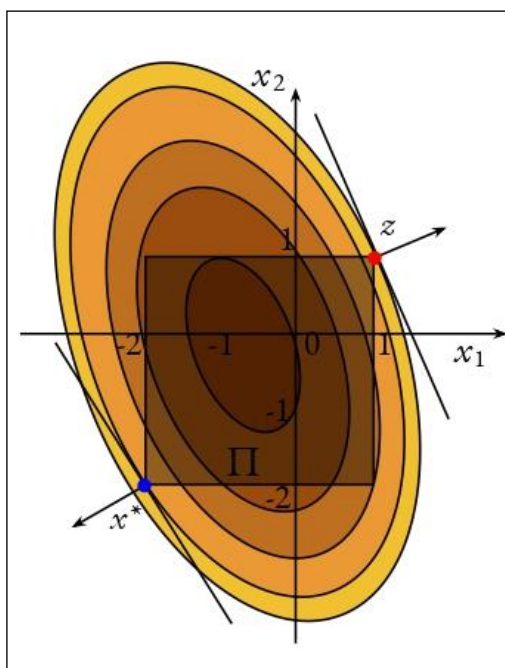


Рис.19. Иллюстрация работы УГО для простейшей задачи ОУ

Публикации по результату:

1. Strekalovsky A.S. Global optimality conditions for DC-constrained optimal control problems // Communications in Optimization Theory. Vol. 2022 (2022), Article ID 28, pp. 1-20. DOI: 10.23952/cot.2022.28
2. Strekalovsky A.S. State-DC Optimal Control Problems // В сб.: Optimal Control Theory and Applications (OCTA 2022): Proceedings of the Intern. Conf. (27 июня – 1 июля 2022 г.). 2022. С. 335-339. (РИНЦ)



16. Обобщенная модель работы сегмента железнодорожной сети на основе СеМО с несколькими входящими МАР- и ВМАР-потоками, и групповым обслуживанием.

Предложена методика моделирования работы сегмента железнодорожной сети, основанная на применении сетей массового обслуживания (СеМО) с несколькими независимыми МАР- и ВМАР-потоками, что позволяет учесть в модели поступление различных категорий поездопотоков (пассажирских и грузовых) с двух и более направлений, нелинейную иерархическую структуру системы с несколькими возможными маршрутами движения поездов, а также местные поездопотоки, которые зарождаются на станциях рассматриваемого объекта.

Разработана имитационная модель, которая основана на следующих принципах:

- 1) Входящий поток состоит из последовательно поступающих групп заявок, размеры которых являются случайными величинами.
- 2) Система состоит из S узлов. Запросы передаются от одного узла к другому в соответствии с матрицей маршрутизации P .
- 3) Каждый узел представляет собой СМО, которая имеет m_i каналов обслуживания и n_i мест в очереди ($i = 1, 2, \dots, S$).
- 4) Каналы каждого узла работают независимо, их распределения времени обслуживания и размеров обслуживаемых групп могут отличаться.
- 5) Каналы могут быть заблокированы, чтобы предотвратить потерю запросов между узлами в случае переполнения системы.

На основе предложенной методики была построена стохастическая модель Иркутского железнодорожного узла, который включает восемь станций, в виде СеМО с 31 узлом и двумя МАР-потоками.

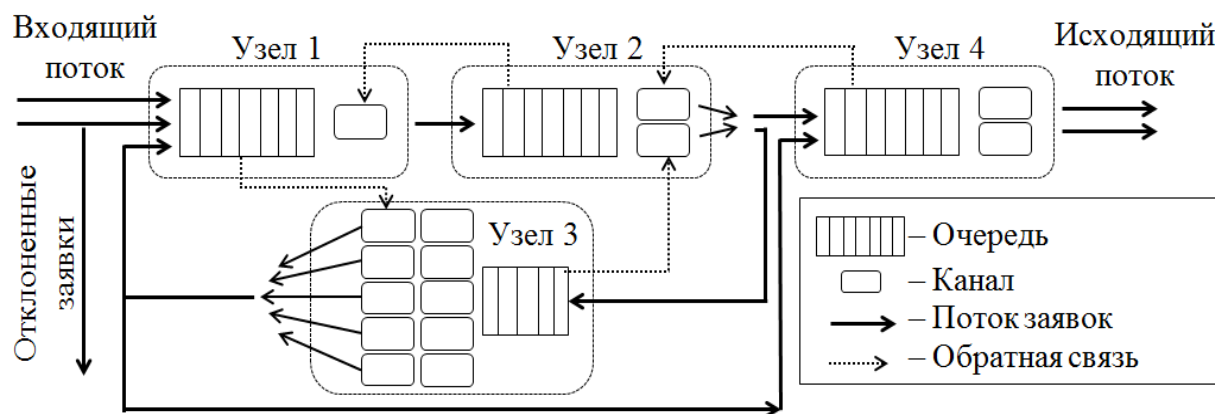


Рис. 20. Фрагмент схемы Иркутского железнодорожного узла

С помощью имитационной модели были определены текущая и максимальная допустимая пропускная способность объекта и «узкие места» в его структуре.

Отдельно рассмотрена крупнейшая грузовая железнодорожная станция в Иркутской области, которая также выполняет функции сортировочной станции, построена модель ее работы в виде трехфазной системы массового обслуживания с входящим ВМАР-поток и групповым обслуживанием. Затем проведен анализ переходных процессов этой СМО, в



результате которого сделаны выводы о времени перехода станции на стационарный режим работы после аварии.

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

Публикации по результату:

1. Zharkov M., Kazakov A., Lempert A. On the application of queuing theory in the analysis of transients in the operation of a freight railway station // Communications in Computer and Information Science. 2022. Vol 1605. P. 266–277. DOI: 10.1007/978-3-031-09331-9
2. Жарков М.Л., Супруновский А.В. О моделировании железнодорожных узлов на основе теории массового обслуживания // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2022. № 1 (25). С. 120–132. DOI: 10.38028/ESI.2022.25.1.010
3. Жарков М.Л., Казаков А.Л., Лемперт А.А. Моделирование переходных процессов грузовых железнодорожных станций на основе теории массового обслуживания // Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2021): Материалы XX Международной конференции имени А.Ф. Терпугова. Томск: Издательство Томского государственного университета, 2022. С. 341–345.



ПРОЕКТЫ В РАМКАХ ПРОГРАММЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РФ

В соответствии с Планом НИР и Государственным заданием на 2022 год выполнялись исследования по 6 научным (базовым) темам в рамках двух приоритетных направлений и программ фундаментальных научных исследований в РФ на 2021–2030 гг.

НАПРАВЛЕНИЕ НАУКИ: 1.1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

№ гос. регистрации: 121041300060-4

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

Изучены вопросы, относящиеся к G -сходимости последовательности максимально монотонных операторов Немыцкого, определенных на пространстве интегрируемых с квадратом функций, отображающих интервал действительной оси в сепарабельное гильбертово пространство. Каждый оператор Немыцкого сгенерирован зависящими от времени максимально монотонными операторами. Значения этих максимально монотонных операторов являются нормальными конусами к замкнутым выпуклым множествам. Результаты о сходимости максимально монотонных операторов Немыцкого использованы для изучения зависимости от параметра решений процессов выметания (*автор: д.ф.-м.н. А.А. Толстоногов*).

В сепарабельном гильбертовом пространстве рассмотрен измеримый процесс выметания с составным возмущением. Движущиеся множества, генерирующие процесс, являются выпуклыми и замкнутыми, а ретракция процесса ограничена положительной радоновой мерой. Возмущение представляет собой сумму двух многозначных отображений. Значения первого из них замкнуты, ограничены, но необязательно выпуклы. Само отображение измеримо по времени, липшицево по фазовой переменной и удовлетворяет условию роста. Значения второго — замкнутые, выпуклые, но необязательно ограниченные множества. График этого отображения относительно фазовой переменной предполагается замкнутым. Оставшиеся условия описывают свойства пересечения второго отображения и многозначного отображения, определенного условиями роста. Предполагается, что это пересечение имеет непрерывный селектор и обладает определенными свойствами компактности. При описанных условиях доказано существование решения включения. Доказательство основано на теореме автора о непрерывных по параметру селекторах, проходящих через неподвижные точки сжимающего многозначного отображения с замкнутыми, невыпуклыми, разлаживыми значениями и классической теореме Ки-Фана о неподвижной точке выметания (*автор: д.ф.-м.н. А.А. Толстоногов*).

Рассмотрена система, описывающая динамику фазового перехода между твердым и жидким состоянием нескольких субстанций, находящихся в одном и том же контейнере.



Гистерезисный эффект проявляется у векторного параметра — абсолютного температурного соотношения. Система подвержена воздействию внешнего управления, ограничения на которое задаются некоторым многозначным отображением с невыпуклыми значениями. Доказано существование решений указанной управляемой системы, а также изучены некоторые ее свойства, связанные с релаксацией ограничений на управление, при минимальных требованиях к кривым, описывающим область гистерезиса (*автор: к.ф.-м.н. С.А. Тимошин*).

Рассмотрена система уравнений в частных производных, описывающая модель фазового перехода, в которой ограничение на порядок перехода зависит от температуры. Система состоит из энергетического балансового уравнения с достаточно общим нелинейным тепловым источником и уравнения, описывающего фазовую динамику, которое учитывает гистерезисный характер процесса. При минимальных требованиях к кривым, определяющим область гистерезиса, доказано существование периодических решений системы (*автор: к.ф.-м.н. С.А. Тимошин*).

Рассмотрена нелинейная управляемая система уравнений в частных производных, возникающая в популяционной динамике. Система состоит из трех уравнений диффузии, описывающих эволюцию трех биологических видов: хищники, жертвы и растительность (еда, которой питаются жертвы). Плотность "растительности" подчинена уравнению, в которое входит гистерезисный оператор типа "generalized stop". Рассматривалась задача минимизации заданного интегрального функционала на множестве решений описанной выше системы. Были исследованы вопросы релаксации указанной оптимизационной задачи, а также доказано существование почти оптимальных управлений (*автор: к.ф.-м.н. С.А. Тимошин*).

Рассмотрен новый класс обратных задач для динамических систем в пространстве вероятностных мер — задача восстановления нелокального векторного поля, осуществляющего перенос распределения вероятностей, по заданной статистической информации. Предложен общий подход, основанный на новой форме принципа максимума Понтрягина (ПМП) с выделенной сопряженной системой: известные ранее формы ПМП оперировали с “неразделенной” гамильтоновой системой — транспортным уравнением на кокасательном расслоении фазового пространства. На основе ПМП построен численный алгоритм спуска по функционалу с элементами параметрического поиска. Алгоритм реализован и проиллюстрирован на ряде сценариев, реализующихся в одной из классических распределенных моделей транспортного потока (*автор: к.ф.-м.н. Н.И. Погодаев*).

Исследована линейно-квадратичная задача оптимального управления континуальным ансамблем структурно идентичных не взаимодействующих динамических систем. Состояние ансамбля характеризуется плотностью распределения объектов в фазовом пространстве — т.н. средним полем, — динамика которого описывается уравнением переноса в метрическом пространстве вероятностных мер. Термин “линейно-квадратичная” отражает тот факт, что уравнение переноса линейно, а целевой функционал содержит повторный интеграл по мере — терминальному состоянию ансамбля. Получена точная формула приращения целевого



функционала (вариация бесконечного порядка) в терминах решений неконсервативных транспортных уравнений – аналогов сопряженной траектории принципа максимума и матричного импульса Габасова (двойственной траектории второго порядка). На основе точной формулы приращения разработан нелокальный итерационный метод, использующий конструкции управлений спуска форме обратной связи по мере – состоянию ансамбля. Подробно изучены ключевые аспекты численной реализации метода и проведен ряд вычислительных экспериментов на примере задачи синхронизации ансамбля гармонических осцилляторов в модели спайковых нейронов (*автор: к.ф.-м.н. Н.И. Погодаев*).

Исследован круг вопросов, связанных с передаточной матрицей стационарной системы дифференциально-алгебраических уравнений (ДАУ). Передаточная матрица характеризует связь между входным управлением и наблюдаемым выходом. Она находит широкое применение в теории управления и при анализе различных инженерных систем. Для ДАУ с регулярным матричным пучком получен вид передаточной матрицы, минимальную реализацию которой в пространстве состояний предлагается искать в классе ДАУ имеющих наиболее простую внутреннюю структуру, с разделенными дифференциальной и алгебраической составляющей. Показано, что частотная характеристика системы ДАУ обладает свойством, которое делает ее доступной для практических измерений. Предложены простые алгоритмы построения минимальных реализаций, как при наличии возмущений, так и при отсутствии таковых (*автор: д.ф.-м.н. А.А. Щеглова*).

Изучены свойства импульсной переходной матрицы линейной системы ДАУ с бесконечно дифференцируемыми коэффициентами. Импульсная переходная матрица (ИПМ) представляет собой функцию выхода при нулевом начальном состоянии и управляющем воздействии в виде дельта-функции Дирака. Показано, что ИПМ представима в виде суммы импульсных переходных матриц дифференциальной и алгебраической подсистем. Причем ИПМ алгебраической подсистемы ДАУ выражается в виде линейной комбинации дельта-функции и ее производных. Реализации этой матрицы в пространстве состояний строятся в классе ДАУ индекса 1. Получены необходимые и достаточные условия реализуемости ИПМ в классе алгебраических систем. Рассматривается вопрос о способах построения и о размерности минимальных реализаций такой матрицы при различных предположениях (*автор: д.ф.-м.н. А.А. Щеглова*).

Исследовано асимптотическое поведение и вопросы притяжения для неавтономных систем, представленных дифференциальными уравнениями с матрицей при производных и с разрывной или многозначной правой частью. В частности, механические системы с сухим трением и управляемые на принципе декомпозиции механические системы с уравнениями Лагранжа второго рода. Исследованы вопросы аппроксимации нелинейных управляемых систем, представленных в форме дифференциальных включений с импульсными позиционными управлениями, под которыми понимаются некоторые абстрактные операторы с функцией Дирака, сосредоточенной в каждый момент времени. Исследования опираются на аппроксимации Иосиды многозначных отображений (*автор: д.ф.-м.н. И.А. Финогенко*).



Рассмотрена система обыкновенных дифференциальных уравнений с тождественно вырожденной матрицей при производной функции состояния системы. Такие системы называют дифференциально-алгебраическими уравнениями (ДАУ). Мерой неразрешенности ДАУ относительно производных служит целочисленная величина, называемая индексом. Исследуется робастная управляемость ДАУ с возмущениями, заданными в виде интервальных матриц. При этом возмущения присутствуют как при искомой вектор-функции, так и при ее производной и вектор-функции управления. Задача робастной управляемости заключается в нахождении условий, при которых свойство управляемости сохраняется на указанном отрезке для возмущенной системы. Анализ основывается на преобразовании интервального семейства (2), (3) к структурной форме с разделенными дифференциальной и алгебраической подсистемами. Получены достаточные условия робастной полной и R-управляемости таких систем в стационарном случае (*автор: к.ф.-м.н. П.С. Петренко*).

Рассмотрен класс ДАУ с эффектом гистерезиса. Исследуются нестационарные ДАУ с нелинейностью в виде процесса выметания. Для таких ДАУ построена эквивалентная (в смысле решений) структурная форма и получены необходимые и достаточные условия существования и единственности начальной задачи (*автор: к.ф.-м.н. П.С. Петренко*).

Для линейных ДАУ высокого порядка получены условия разрешимости для начальных задач, когда заданы проекторы на допустимые множества начальных векторов. Продолжено исследование линейных ДАУ высокого порядка с особыми точками: изучено влияние особых точек на разрешимость неоднородных ДАУ высокого порядка (*авторы: д.ф.-м.н. В.Ф. Чистяков, к.ф.-м.н. Е.В. Чистякова*).

Изучены системы линейных интегро-дифференциальных уравнений, включая системы с тождественно вырожденной в области определения матрицей при старшей производной искомой вектор-функции. Доказана теорема о разрешимости таких систем уравнений. На ее основе показано, что кольцо операторов, соответствующих этим системам, содержит полугруппу операторов, для которых определен левый обратный оператор из этого кольца (*автор: д.ф.-м.н. В.Ф. Чистяков*).

Выделен класс линейных дифференциально-алгебраических уравнений с начальным условием. Этот класс имеет единственное непрерывно дифференцируемое решение, зависящее от производных правой части. Предполагается, что правая часть задана с известным уровнем погрешности. Показано, что метод, основанный на формуле дифференцирования назад, может порождать регуляризирующий алгоритм. Параметром регуляризации выступает шаг сетки, определенным образом связанный с возмущением правой части (*автор: к.ф.-м.н. Л.С. Соловарова*).

Рассмотрены интегральные уравнения Вольтерра I рода на конечном отрезке. Предполагается, что ядро и правая часть уравнения достаточно гладкие функции, ядро на диагонали не обращается в ноль, а правая часть в начальный момент интегрирования – обращается. Для численного решения таких уравнений предлагаются одношаговые методы, в основу построения которых положены двухшаговые квадратурные методы. В итоге такой дискретизации получим недоопределенную систему линейных алгебраических уравнений,



которая имеет множество решений. Предложено дополнить данные системы условием минимума нормы приближенного решения в некоторых аналогах пространства Соболева. При таком подходе приближенное решение в узлах дискретизации определяется однозначно. Данные методы всегда будут устойчивыми при выполнении аппроксимации второго порядка и сходятся к точному решению со вторым порядком (*автор: д.ф.-м.н. М.В. Булатов*).

Рассмотрены линейные многомерные дифференциально-алгебраические системы первого порядка с регулярной структурой характеристического многопараметрического пучка матриц-функций произвольного индекса. Предполагается, что все коэффициенты системы являются достаточно гладкими матрицами-функциями в области определения. Под индексом таких систем понимается максимальная кратность нулевых и бесконечных корней соответствующего характеристического многочлена. Для численного решения первой краевой задачи для таких систем предложен новый экономичный алгоритм, основанный на комбинации аддитивного метода А.А. Самарского (локально-одномерная разностная схема) и сплайн-коллокационного метода с расщеплением, разработанного ранее для численного решения одномерных дифференциально-алгебраических систем первого порядка. Такой алгоритм является абсолютно устойчивым и обладает высокой суммарной точностью. При построении алгоритма за базисные функции аппроксимирующих сплайнов взяты полиномы Лагранжа, записанные для равноотстоящих узлов сетки. На компьютерном языке C++ разработаны две расчетные программы, реализующие предложенный алгоритм в двух вариантах: без расщепления для систем индекса 1 и с предварительным расщеплением системы индекса выше 1. Обе программы подготовлены для решения двумерных систем. С их помощью выполнены расчеты систем, которые описывают возмущения скорости и давления на поверхности раздела двух полуограниченных пространств, заполненных невязкими жидкостями разной плотности. Такие системы имеют индекс 2 и эффективно решаются аддитивной сплайн-коллокационной разностной схемой с расщеплением. Аналогичной структурой обладает трехмерная система С.Л. Соболева. Она описывает движение симметричного волчка с полостью, наполненной жидкостью. Такая система также имеет индекс 2 (*автор: к.ф.-м.н. С.В. Свинина*).

Для задач динамической оптимизации без терминальных ограничений получены условия оптимальности, при которых оптимальная траектория рассматриваемой задачи является минимально присоединенной задачей для фиксированной мажоранты — некоторого решения указанного неравенства Гамильтона-Якоби. Результат формулируется в терминах совместимости этого решения с оптимальной траекторией. В общем случае негладкой мажоранты (и негладкой задачи) условие совместимости означает, что проксимальный субдифференциал мажоранты, вычисленный вдоль оптимальной траектории, имеет компоненту, совпадающую с некоторым решением сопряженного включения из принципа максимума Кашкоч–Лоясиевича. В этом состоит общий позиционный принцип минимума — необходимое условие глобальной оптимальности, усиливающее известные принципы максимума для задач без терминальных ограничений (*автор: д.ф.-м.н. В.А. Дыхта*).

Известные принципы максимума типа Понтрягина и соответствующие им условия экстремальности (Кларка, Кашкоч–Лоясиевича, Суссмана и других авторов) усиливаются до



необходимых условий глобальной оптимальности в форме позиционного принципа минимума для классических и негладких задач оптимального управления без терминальных ограничений. Формулировки позиционного принципа минимума (или соответствующего ему условия экстремальности) не выходят за рамки конструкций принципов максимума (функция Понтрягина или гамильтониан, сопряженная система или включение, их решения, т.е. котраектории), но собственно условие максимума функции Понтрягина или гамильтониана усиливается до вариационного: оптимальная траектория рассматриваемой задачи необходимо является минималью в некоторой присоединенной задаче динамической оптимизации. Эта задача ставится на множестве всех пучков конструктивных движений Красовского–Субботина, порожденных экстремальными стратегиями относительно супер-решения уравнения Гамильтона–Якоби, определенного явно через котраекторию исследуемого процесса и целевую функцию, задающую терминальный функционал. В более общем варианте позиционный принцип минимума использует обобщенные решения проксимального неравенства Гамильтона–Якоби для слабо убывающих (u -стабильных) функций (автор: д.ф.-м.н. В.А. Дыхта).

Впервые рассмотрена задача оптимального управления континуальным ансамблем траекторий с импульсными воздействиями высших порядков – т.н. полиномиальными импульсами. Ансамбль траекторий представляет собой управляемый случайный процесс на пространстве состояний. Его эволюция во времени характеризуется динамикой закона распределения – вероятностной меры на евклидовом пространстве, – которая удовлетворяет (в слабом смысле) линейному уравнению неразрывности. Импульсное управление таким объектом означает, что борелевскими мерами являются не только состояния, но и управление. При этом полиномиальные импульсные воздействия можно интерпретировать как “корни высоких степеней из управляющей меры”. Для поставленной задачи получен стандартный пакет результатов: построено конструктивное представление релаксационного расширения с помощью специальной разрывной замены времени и доказано существование оптимального решения в классе разрывных мерозначных кривых ограниченной вариации (авторы: к.ф.-м.н. Е.В. Гончарова, к.ф.-м.н. М.В. Старицын).

Разработана методика построения внутренних аппроксимаций множества достижимости (МД) для нелинейных систем с постоянным запаздыванием при условии линейного вхождения скалярного управления. В основу методики положены подходы, основанные на «bang–bang»-принципе; для интегрирования систем с запаздыванием реализован специализированный алгоритм, обобщающий метод Рунге–Хейна–Кутта второго порядка (авторы: д.т.н. А.Ю. Горнов, д.т.н. А.И. Тятюшкин, к.т.н. Т.С. Зароднюк).

Для решения задач поиска низкопотенциальных состояний атомно-молекулярных кластеров Морса разработана трехэтапная вычислительная технология, которая на каждом этапе включает различные методы. В основе первого этапа лежит стохастическая аппроксимация окрестности известной рекордной точки с помощью коллекции алгоритмов-генераторов разнохарактерных начальных приближений. На втором этапе решается задача быстрого спуска из полученных на первом этапе приближений, для решения которой применяется один из «алгоритмов-стартеров» – алгоритмов, позволяющих, в действительности, находить уже низкопотенциальные кластеры с минимальными вычислительными затратами. Предложены и реализованы следующие варианты «алгоритмов-стартеров»: модификация метода Б.Т. Поляка 1969 г., декомпозиционный



градиентный метод («рейдер-метод»), модификация многомерного дихотомического метода. Для уточняющих локальных спусков, реализуемых на третьем этапе, применяется квазиньютоновский метод L-BFGS (авторы: д.т.н. А.Ю. Горнов, к.ф.-м.н. А.С. Аникин, П.С. Сороковиков).

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

№ гос. регистрации: 121041300058-1

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

Рассмотрено построение явного вида коэффициентных функций третьего порядка $S_{q,q_1,q_2,q_3}^{(n) i_1 i_2 i_3}$, $n = 1, \dots, 4$, входящих в подинтегральное выражение канонического преобразования фермионного оператора $\hat{b}_q^i$. Данный оператор описывает фермионную степень свободы мягких возбуждений кварк-глюонной плазмы. Для решения этой задачи был использован общий формализм построения теории волн в нелинейных средах, основанный на классической гамильтоновой теории систем с распределёнными параметрами, предложенный в работах В.Е. Захарова и, в частности, подход В.П. Красицкого, развитый для систем с коллективными возбуждениями бозонного типа. В рамках данного подхода получены специальные канонические преобразования бозонной и фермионной переменных $\hat{a}_k^a$ и $\hat{b}_q^i$ в виде функционального разложения вплоть до третьего порядка по квазичастичным операторам рождения и уничтожения плазмонов $\hat{c}_k^{+a}$ и $\hat{c}_k^a$ и плазминов $\hat{f}_q^{+i}$ и $\hat{f}_q^i$. Данные преобразования позволили упростить исходный гамильтониан взаимодействия мягких кварк-антикварковых и глюонных возбуждений, исключив из него “несущественный” вклад третьего порядка $\hat{H}_3$ и тем самым определить новый эффективный гамильтониан четвёртого порядка $\hat{H}_4$, описывающий процессы упругого рассеяния плазминов друг на друге. Исключение гамильтониана $\hat{H}_3$, кроме того, позволило определить коэффициентные функции второго порядка $F_{k_1,q,q_1}^{(1,2,3) a_1 i_1 i_1}$, входящие в канонические преобразования бозонной и фермионной переменных.

Коэффициентные функции $S_{q,q_1,q_2,q_3}^{(1,3,4) i_1 i_2 i_3}$ более высокого, третьего порядка, в каноническом преобразовании фермионной переменной $\hat{b}_q^i$ однозначно определены из требования равенства нулю так называемых “индуцированных” нерезонансных вкладов четвертого порядка в эффективный гамильтониан взаимодействия, возникающих из гамильтониана свободного поля $\hat{H}_0$ и гамильтониана третьего порядка $\hat{H}_3$. Коэффициентная функция $S_{q,q_1,q_2,q_3}^{(2) i_1 i_2 i_3}$ входит в выражение для эффективного гамильтониана четвертого порядка $\hat{H}_4$, описывающего процесс упругого рассеяния плазмона на плазмине. Её роль сводится к полной симметризации эффективной амплитуды рассеяния $\tilde{T}_{q,q_1,q_2,q_3}^{(2) i_1 i_2 i_3}$ в подынтегральном выражении в $\hat{H}_4$, в то время как коэффициентные функции $S_{q,q_1,q_2,q_3}^{(1,3,4) i_1 i_2 i_3}$ не несут какой-либо динамической информации. Данная функция удовлетворяет двум условиям каноничности, которые фактически представляют собой два функциональных уравнения. Определено наиболее общее решение данной функциональной системы. Найденное



выражение для $S_{q,q_1,q_2,q_3}^{(2) i_1 i_2 i_3}$ позволяет определить полную эффективную амплитуду $T_{q,q_1,q_2,q_3}^{(2) i_1 i_2 i_3}$ для процесса рассеяния плазмона на плазмине и показано, что данная полная эффективная амплитуда удовлетворяет требуемым условиям симметрии без необходимости использования четырёх-волнового резонансного уравнения (авторы: д.ф.-м.н. Ю.А. Марков, д.ф.-м.н. М.А. Маркова, Н.Ю. Марков).

Предложен лагранжиан взаимодействия суперчастицы с внешним киральным (материальным) суперполем $\Phi(x, \theta, \bar{\theta})$, инвариантным относительно глобальной суперсимметрии. Кинематика суперчастицы определена в расширенном суперпространстве, описываемом обычными (бозонными) координатами x_μ , $\mu = 0, \dots, 3$ и дополнительными фермионными координатами θ_α , представляющими собой грассманоно-значные спиноры. С целью построения требуемого лагранжиана, введены в рассмотрение киральные аналоги супервекторного $A_\mu(x, \theta, \bar{\theta})$ и суперспинорных $A_\alpha(x, \theta, \bar{\theta})$, $\bar{A}_{\dot{\alpha}}(x, \theta, \bar{\theta})$ калибровочных полей, которые являются также матрицами в цветовом пространстве. Рассмотренная задача является первым шагом в получении динамических уравнений движения для спиновой цветозаряженной частицы во внешнем фермионном материальном поле. Эти уравнения движения имеют особую важность в случае, когда необходимо учесть влияние фермионных фоновых полей, наведенных в горячей кварк-глюонной плазме (КГП) термальными флуктуациями, на динамику жестких цветозаряженных партонов, пересекающих КГП. Кроме того, решение этой задачи сделает возможным, по крайней мере на качественном уровне, продвинуться в изучении движения во внешнем поле фермионной материи такого сложного физического объекта, как струна (авторы: д.ф.-м.н. Ю.А. Марков, д.ф.-м.н. М.А. Маркова, А.И. Бондаренко, Н.Ю. Марков).

В рамках базового проекта исследованы задачи с вырождением для квазилинейных эволюционных параболических уравнений и систем. Рассматривается нелинейное уравнение теплопроводности (фильтрации/диффузии), а также системы, состоящие из двух уравнений близкого вида, а именно, системы типа «реакция-диффузия» и «хищник-жертва». При равенстве нулю искомым функций происходит вырождение параболического типа и понижение порядка указанных уравнений и систем. Характерное следствие такого вырождения – конечная скорость распространения возмущений и возможность существования решений с нулевым фронтом, в том числе, тепловых (фильтрационных, диффузионных) волн. В таком случае целесообразно исследовать разрешимость краевых задач, предполагающих наличие подобного рода решений.

Одним из основных методов исследования выбран метод рядов, так как при относительной простоте он дает возможность раскрыть особенность, и построить конструктивное решение. Результат формулируется в виде теорем существования и единственности в классе аналитических функций.

Недостаток метода рядов заключается в его локальности (радиус сходимости редко удается оценить). Последнее обстоятельство отчасти компенсируется точными решениями. Для их построения исследуемая задача сводится к задаче Коши для обыкновенного дифференциального уравнения или системы. Вырождение при этом сохраняется. Точные решения также используются для верификации численных расчетов. Последние выполнены на основе метода граничных элементов, метода радиальных базисных функций, метода



коллокаций. Таким образом, предложена эффективная методика всестороннего исследования рассмотренных математических объектов, являющихся математическими моделями многих физических, химических и биологических процессов (*авторы: д.ф.-м.н. А.Л. Казаков, к.ф.-м.н. П.А. Кузнецов*).

В рамках базового проекта проводились исследования двухфотонных форм-факторов мезонов в рамках эффективной кварковой модели. Нелокальное ядро взаимодействия выбиралось как в виде, мотивированном моделью вакуума КХД, как жидкости инстантонов, так и в форме, сходной с обменом эффективным глюоном. Обсуждались вопросы моделирования конфайнмента с тем, чтобы кварковые петлевые диаграммы не имели особенностей соответствующих рождению свободных кварков. Наиболее важными являются результаты по форм-факторам аксиально-векторных мезонов, которые были использованы для оценок вклада в аномальный магнитный момент мюона (*автор: д.ф.-м.н. А.Е. Раджабов*).

Исследовалось нелинейное многомерное уравнение теплопроводности со степенным коэффициентом, точные решения которого строились методом многомерной редукции на основе использования специальных анзацев двух видов. В результате редукции задача сводится к решению систем матрично-векторных алгебраических уравнений, определяющих зависимость от пространственных переменных, и интегрированию обыкновенных дифференциальных уравнений, определяющих зависимость от времени. Для ряда примеров с различными значениями показателей степени получены явные выражения через элементарные функции для точных многомерных решений, в том числе анизотропных по пространственным переменным. С помощью многомерного квадратичного анзаца отыскиваются обобщенно-автомодельные решения уравнения нелинейной диффузии со степенным коэффициентом. Для различных значений показателя степени найдены новые точные решения, выражаемые элементарными или специальными функциями. Выделены случаи, когда найденные решения являются радиально-симметричными или анизотропными по пространственным переменным. Приведен ряд примеров, показывающих новизну найденных решений. Найденные точные решения могут быть полезны при построении приближенных решений краевых задач для нелинейного уравнения теплопроводности с помощью численных методов, приводящих к необходимости решения систем уравнений высокой размерности. Изучалось нелинейное обыкновенное дифференциальное уравнение второго порядка специального вида, частный случай которого возникает при построении точных решений уравнения нелинейной теплопроводности со степенным коэффициентом. Получены условия на параметры, при которых уравнение допускает однократное интегрирование. Приводится ряд примеров построения точных решений, выражаемых через элементарные функции или через специальную функцию Ламберта (*автор: к.ф.-м.н. Э.И. Семенов*).

В работе рассмотрено преобразование глюонного поля через вильсоновскую линию. Доказано, что в неабелевой теории в контурной калибровке глюонное поле может быть представлено в виде разложения на глюонную конфигурацию, являющуюся физической степенью свободы, и на глюонную конфигурацию чистой калибровки, которая полностью изолирована на границе и представляет собой особый тип остаточной калибровочной свободы. Показано, что контурная калибровка не может окончательно устранить новый вид остаточной калибровочной свободы. Данное разделение играет важную роль при анализе



различных вкладов в определение вкладов в спин нуклона и правильного понимания разделения на калибровочные слагаемые измеряемых величин (*автор: к.ф.-м.н. А.С. Жевлаков*).

7. Рассмотрена диагонализация пропагатора для системы смешивающихся фермионов на основе проблемы собственных значений. Получено преобразование подобия, переводящее матричный пропагатор в диагональную форму, что является необходимым элементом при перенормировке матрицы смешивания фермионов. Предложенная диагонализация обладает простыми алгебраическими свойствами для фермионов на массовой оболочке и может быть использована в перенормировке матрицы смешивания фермионов (*автор: к.ф.-м.н. В.П. Ломов*).

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»

№ гос. регистрации: 121041300056-7

Научный руководитель – д.т.н. А.В. Лакеев

Рассмотрен нелинейный функциональный оператор Релея–Ритца, определенный на множестве пар измеримых функций и равный отношению их модулей, если знаменатель отличен от нуля, и нулю в противном случае. Исследована непрерывность этого оператора относительно сходимости по мере. Показано, что для сходимости значения оператора на последовательности пар к значению на предельной паре функций необходимо не только сходимость по мере его аргументов, но и сходимость по мере носителей второго аргумента к носителю его предела. Это приводит к введению специальной неинвариантной метрики, относительно которой пространство измеримых функций не обладает векторной топологией. Полученные результаты имеют приложения в качественной теории обратных задач нелинейных дифференциальных эволюционных уравнений высших порядков в сепарабельном гильбертовом пространстве (*авторы: д.ф.-м.н. А.В. Лакеев, д.ф.-м.н. В.А. Русанов*).

Исследована разрешимость задачи реализации оператор-функций инвариантного полилинейного регулятора (*IPL*-регулятора) нестационарной дифференциальной системы (*D*-системы) второго порядка, позволяющего для конечного числа пучков управляемых траекторных кривых, индуцированных в этой *D*-системе двумя разными полилинейными регуляторами, объединить через действие *IPL*-регулятора эти пучки в подсемейство допустимых решений данной *D*-системы. Рассматриваемая задача относится к типу нестационарных коэффициентно-операторных обратных задач для эволюционных уравнений, в том числе гиперболических, в бесконечномерном сепарабельном гильбертовом пространстве и решается на основе качественного изучения свойств непрерывности и полуаддитивности функционального оператора Релея–Ритца. Полученные результаты имеют приложения в общей теории нелинейных адаптивных динамических систем для класса неавтономных полилинейных дифференциальных моделей высших порядков в гильбертовом пространстве (*авторы: д.ф.-м.н. А.В. Лакеев, д.ф.-м.н. В.А. Русанов*).



На базе проективизации нелинейного функционального оператора Релея–Ритца и тензорного произведения вещественных гильбертовых пространств, для конечного пучка интегральных кривых управляемой билинейной системы второго порядка, определены необходимые и достаточные условия существования дифференциальной реализации этого пучка в классе линейных нестационарных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка (в том числе гиперболических моделей) в сепарабельном гильбертовом пространстве. При этом исходная билинейная структура моделирует нелинейность динамики системы, как самой траектории, так и скорости движения на этой траектории. Полученные результаты имеют приложения в теории обратных задач нестационарных управляемых полилинейных дифференциальных моделей высших порядков и теории оптимального управления по технологии последовательных приближений в решении двухточечной краевой задачи на базе процедуры квазилинеаризации по методу Пикара (*автор: д.ф.-м.н. В.А. Русанов*).

В работе строится и исследуется нелинейная многомерная регрессионно-тензорная модель для обоснования необходимых/достаточных условий оптимизации технологического расчета многофакторного физико-химического процесса упрочнения сложных композитных сред металлопокрытий. Предложена адаптивно-апостериорная процедура параметрического формирования целевого функционала качества интегративных физико-механических свойств проектируемого металлопокрытия. Результаты исследования могут служить элементами математического языка при создании автоматизированного проектирования прецизионных нанотехнологий упрочнения поверхностей сложных композитных металлопокрытий на базе комплексных трибологических, а также противокоррозионных, испытаний (*автор: д.ф.-м.н. В.А. Русанов*).

В работе представлены возможности символьных вычислений при исследовании динамики вращательного движения по круговой орбите гиростата в ньютоновском центральном поле сил. В соответствии с задачей устойчивости по Ляпунову, из уравнений возмущённого движения в первом приближении в пространстве введённых параметров найдены области, в которых имеется гироскопическая стабилизация неустойчивых равновесий. Результаты получены с помощью прикладного программного обеспечения и функций символьно-численного моделирования системы компьютерной алгебры Mathematica (*автор: к.ф.-м.н. А.В. Банициков*).

С использованием средств компьютерной алгебры проведен качественный анализ дифференциальных уравнений, описывающих вращательное движение относительно неподвижной точки двух связанных твердых тел под действием поля постоянной тяжести. Тела соединены посредством идеального сферического шарнира, одно из тел имеет неподвижную точку. Рассматривалась система общего вида: тела несимметричные, шарнир расположен не на пересечении главных осей инерции тел, центры масс также не принадлежат этим осям. Анализ таких моделей представляет интерес, например, при изучении влияния динамической асимметрии на динамические свойства моделируемых технических приборов и устройств (промышленные роботы, платформенные механизмы, гироскопы и т.д.), поскольку любое реальное изделие имеет динамические несовершенства. При помощи написанного на языке системы компьютерной алгебры “Mathematica” комплекса программ получены в символьном виде уравнения движения системы. Для их анализа применялись обобщения метода Рауса–Ляпунова. В рамках проведенного



исследования указаны условия существования двумерных и одномерных инвариантных многообразий (ИМ) уравнений движения в виде ограничений на параметры задачи и выделены сами многообразия. Получены семейства стационарных решений, принадлежащие этим ИМ. С механической точки зрения, элементы найденных семейств решений соответствуют положениям равновесия системы. Доказана их неустойчивость по первому приближению (авторы: д.ф.-м.н. В.Д. Иртегов, к.т.н. Т.Н. Титоренко).

В задаче о движении твёрдого тела с неподвижной точкой под действием магнитного поля, порождённого эффектом Барнетта — Лондона, и потенциальных сил указаны частные случаи существования дополнительных квадратичных интегралов и проведён качественный анализ уравнений движения тела в одном из этих случаев. Выделены стационарные инвариантные многообразия (ИМ) коразмерности 3 и 4 и получены достаточные условия их устойчивости. Показано, что пересечением многообразий являются неподвижные точки фазового пространства системы, соответствующие перманентным вращениям тела. Доказана устойчивость этих движений по части переменных. Проведён также качественный анализ дифференциальных уравнений на одном из найденных ИМ. Выделены стационарные решения и ИМ коразмерности 2. Для стационарных решений на многообразии получены достаточные условия устойчивости и сопоставлены с необходимыми. Для анализа задачи применялись обобщения метода Рауса — Ляпунова и методы компьютерной алгебры (авторы: д.ф.-м.н. В.Д. Иртегов, к.т.н. Т.Н. Титоренко).

Рассматривается вращение твердого тела вокруг неподвижной точки, описываемое дифференциальными уравнениями первого порядка. Интерес к исследованию таких систем представляет большее число первых интегралов. В консервативных автономных системах трех степеней свободы как при интегрировании, так и изучению основных динамических свойств, достаточно четырех не зависящих от времени интегралов, которые могут быть как общие, так и частные. Как и ранее большее внимание к исследованию вызывали системы с частным интегралом Гесса, они так же привлекательны и в настоящее время. В работе вторым методом Ляпунова проведено исследование устойчивости одного из стационарных движений механической системы, допускающей частный интеграл Гесса. Функция Ляпунова строится по методу Четаева связкой из первых интегралов возмущенного движения. При анализе предварительно выполнено исключение части переменных, какими являются отклонения от стационарного движения, из первых интегралов с фиксированными константами. Для квадратичного выражения исключение переменных осуществляется разложением в восходящий ряд. Исследование положительной определенности неоднородной функции Ляпунова проведено критерием знакоопределенности многочленов многих переменных. В процессе анализа потребовалось большое количество всевозможных операций обработки символьной информации, которые выполнялись системой аналитических вычислений на персональном компьютере. В результате проведенных вычислений установлена формальная условная устойчивость почти всюду на членах до четвертого порядка включительно (автор: д.ф.-м.н. М.А. Новиков).



НАПРАВЛЕНИЕ НАУКИ: 1.2. КОМПЬЮТЕРНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ НАУКИ

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

№ гос. регистрации 121032400051-9

Научный руководитель – ак. И.В. Бычков

Трехуровневый подход к планированию групповых миссий мобильных роботов при выполнении обследовательских задач с комплексным набором ограничений

Разработан трехуровневый подход к организации и планированию комплексных обследовательских миссий для автономных групп мобильных роботов, действующих при сложных пространственно-временных и технических ограничениях. Главная идея подхода заключается в том, что выделить из задачи планирования индивидуальных маршрутов те общие ограничения, которые не являются специфическими для конкретной среды и типа роботов, а также трудно формализуемы в терминах задач распределения ресурсов и заданий, обычно решаемых на среднем уровне системы управления. В первую очередь, сюда относятся требования, предъявляемые к динамике конфигурации группы во времени, такие как энергетические ограничения, коммуникационные требования, запланированные изменения целей и задач миссии и т.д. Выявленную группу ограничений предлагается выделить в качестве отдельной задачи временного планирования. Отказ от включения в нее любых специализированных ограничений позволяет построить ее универсальную математическую модель в общем виде как вариацию задач составления расписаний.

Согласно предложенной схеме, на верхнем уровне системы управления предлагается решать задачу построения расписания периодических групповых сборов, где каждому такому сбору ставится в соответствие одно или несколько запланированных изменений в конфигурации группы. Это позволит не только организовать регулярную актуализацию данных внутри действующей группы роботов при каждом сборе, но и обеспечить функциональную возможность для оперативного реагирования на любые непредвиденные события высокой значимости, возникающие в процессе выполнения миссии. Для решения задачи могут применяться как точные методы линейного программирования, так и приближительные эвристические подходы для тех случаев, когда решение должно строиться за время, близкое к реальному (например, при перепланировании в ходе миссии).

Отсутствие каких-либо запланированных изменений в конфигурации группы между двумя последовательно запланированными сборами позволяет рассматривать планирование маршрутов на этом периоде как статическую задачу распределения заданий и построения траекторий. На этом этапе формализуются все проблемно-ориентированные требования и ограничения к групповой работе, а также цели, задачи и возможности индивидуальных роботов. Эффективное решение такой многоатрибутной задачи маршрутизации в условиях ограниченного горизонта планирования обеспечивается применением современных метаэвристических методов, выбираемых в зависимости от специфики конкретной миссии.



Третий уровень системы управления, согласно предложенному подходу, отвечает за реализацию каждым роботом запланированных маршрутов и выполнение предписанных ему задач. Также этот уровень отвечает за сбор, хранение и обработку накапливаемых роботом данных, которые затем, при осуществлении группового сбора и обмена данными, будут использованы группой для восстановления полной картины мира и корректировки планов (авторы: М.Ю. Кензин, ак. И.В. Бычков).

Разработка метода формирования распределенной ситуационной модели внешней среды для оперативного управления группой роботов в среде с препятствиями

Разработан метод формирования распределенной ситуационной модели внешней среды для оперативного управления группой автономных подводных роботов (АПР) в среде с препятствиями. Модель строится на основе данных, генерируемых локаторами секторного обзора (ЛСО), установленными на каждом АПР. Основным элементом формируемой модели является ключевая точка препятствия. Набор ключевых точек в полной мере характеризует участок окружающего пространства, обозреваемый одним или несколькими АПР группы. В рамках предлагаемого метода разработаны алгоритм выделения ключевых точек препятствий из необработанных данных ЛСО и алгоритм объединения последовательностей ключевых точек. Также предложен набор правил, записанных в терминах событий, которые регулируют обмен ключевыми точками между роботами группы для формирования распределенной модели среды. По сравнению с известными методами построения сеточных моделей, активно применяемых в современных алгоритмах планирования пути, предложенный метод использует меньше памяти, так как формируемая им модель среды является локальной и содержит информацию лишь о наиболее значимых точках препятствий, а также требует меньше вычислительных ресурсов на ее построение, благодаря тому, что вычисления, по сути, распределены между всеми участниками группы. Использование предложенного метода в системах планирования совместного движения АПР позволяет повысить уровень осведомленности АПР, увеличить горизонт планирования, упростить согласование решений, генерируемых отдельными АПР, и, наконец, повысить точность локализации препятствий путем комплексирования локационных данных, генерируемых разными АПР (авторы: к.т.н. С.А. Ульянов, к.т.н. Н.Н. Максимкин).

Исследование особенностей реализации супервизорного управления дискретно-событийными системами, построенного на основе применения средств логического вывода

Были исследованы особенности реализации супервизорного управления дискретно-событийными системами (ДСС), построенного на основе применения средств логического вывода в исчислении позитивно-образованных формул (ПОФ), в составе многоуровневой системы управления мобильными роботами. Поскольку сложные робототехнические системы моделируются как совокупность подсистем, это позволяет использовать имеющуюся структуру, в частности, для упрощения процесса построения супервизоров в рамках теории супервизорного управления при применении формализма логических ДСС для высокоуровневого описания функционирования групп мобильных роботов. Исчисление ПОФ, созданное для решения задач управления сложными динамическими системами, хорошо приспособлено для учета модульной структуры системы. Более того, оно позволяет



использовать внешние данные и накопленные знания для обработки событий и построения управления.

Разработан алгоритм построения модульного супервизорного управления на основе ПОФ-представления ДСС для систем, состоящих из подсистем и спецификаций. При этом существенно используется тот факт, что для построения локального супервизора, обеспечивающего спецификацию, могут быть задействованы только те подсистемы, которые имеют общие события со спецификацией. Алгоритм включает этап проверки критического для существования супервизора свойства наблюдаемости языка спецификации. С помощью логического вывода в исчислении ПОФ может быть построен наибольший управляемый подязык спецификации во время процедуры проверки ее управляемости, что гарантирует максимально возможную реализацию ограничений, заданных спецификацией. Предложен общий вид ПОФ, реализующей модульное супервизорное управление для ДСС. Применение правил вывода исчисления ПОФ к этой формуле позволяет имитировать поведение системы в присутствии управления. При этом могут быть также задействованы вычисляемые предикаты, которые служат для обработки внешних данных о системе и среде и могут быть реализованы различными средствами, в том числе с помощью ПОФ (*авторы: А.В. Давыдов, А.А. Ларионов, к.ф.-м.н. Н.В. Нагул*).

Программные системы для исследования дискретно-событийных систем

Проведены исследования по разработке новой программной системы (прувера "Bootfrost") для автоматического доказательства теорем в исчислении позитивно-образованных формул (ПОФ) и архитектуры программной системы для исследования свойств и моделирования дискретно-событийных систем на основе ПОФ ("DES-PCF tools"), а также создания способов их взаимодействия (API). Использование прувера для решения прикладных задач требует дополнительных средств формализации, выходящих за пределы логических языков первого порядка. Для эффективного построения конечных автоматов, реализующих логические дискретно-событийные системы, а также моделирования их работы, применяются дополнительные правила (называемые стратегиями). В разрабатываемом прувере реализован каркас, названный базовой стратегией, где пользователь задает функцию оценки приоритетности вопроса ПОФ и одну из двух стратегий поиска ответов на вопросы: "первый подходящий" или "лучший". Отметим, что в качестве критериев пользователь может реализовать любую функцию, в том числе дающую пользователю возможность выбора ответа вручную.

Реализован ряд вычислимых функций: арифметические операции, конкатенация строк, операторы сравнения, функция поиска логического вывода для заданной формулы, функция замены подстроки в строке. Также реализован механизм команд. Команда — это список вычислимых функций, которые выполняются в случае успешного применения ответа на вопрос или в случае добавления конкретной консеквенты в базу ПОФ. Например, это может быть команда удаления атома из базы, команда вывода информации на экран, команда маркировки вопроса, на который больше нет необходимости искать ответы, и др.

Разработан прототип программной системы, являющейся одновременно пользовательским интерфейсом для разрабатываемого прувера и визуальным инструментальным средством. По программной системе "Bootfrost" подготовлен комплект



документов для заявки на получение свидетельства о государственной регистрации (*авторы: А.В. Давыдов, А.А. Ларионов, к.ф.-м.н. Н.В. Нагул*).

Разработка стратегий управления мобильными агентами при решении задачи обследования нестационарных полей концентрации

Разработано семейство подходов к управлению скоординированной группой мобильных агентов, применяемое для решения задачи обследования нестационарного поля концентрации с целью поиска и мониторинга его источников. Семейство состоит из трех стратегий, различающихся требованиями к количеству доступных агентов, потенциальными целями, а также результативностью их достижения.

Первый из предложенных подходов называется стратегией управления единой популяцией. Согласно нему, к каждому агенту прикладывается две силы: градиентная и кооперирующая, где первая направляет группу в направлении ближайшего экстремума функции поля (источника), а вторая обеспечивает отсутствие столкновений между агентами. Второй подход – стратегия управления кластеризованной популяцией – позволяет производить одновременный поиск и мониторинг нескольких источников. Это достигается за счет сбалансированного разбиения множества доступных агентов на кластеры, по 3-4 робота, а также добавления сегрегирующей силы. Последняя воздействует на кластеры, которые еще не обнаружили какой-либо источник, отталкивая их от областей, находящихся под контролем других кластеров.

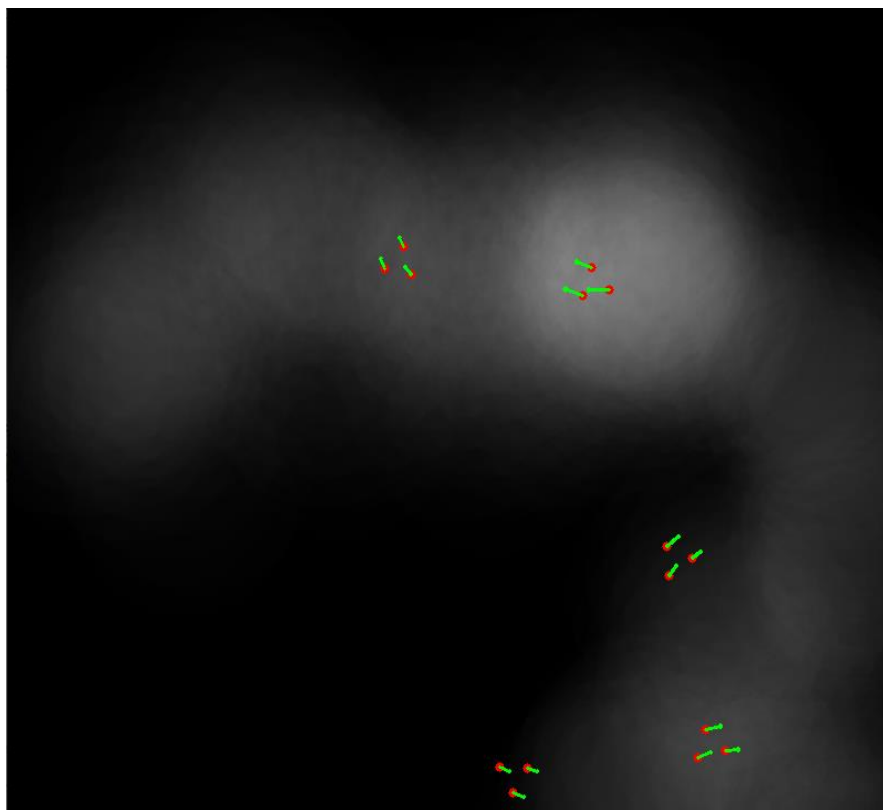


Рис. 21. Пример распределения кластеров агентов по полю концентрации



Последний подход получил название “стратегия управления гетерогенной популяцией”. В его основе лежит комбинация вышеописанной стратегии и подхода на основе популяционного алгоритма оптимизации WOA-GWO (Whale Optimization Algorithm, Grey Wolf Optimizer). В этом случае, изначально все агенты находятся под управлением WOA-GWO-подхода. Однако, при обнаружении заранее заданного порогового значения функции поля часть агентов образуют новый кластер и переходят к более точному определению положения источника поля и его дальнейшему мониторингу. Данный подход позволяет более равномерно обследовать поле концентрации на всех этапах решения задачи, а также быстрее реагировать на обнаружение новых источников и исчезновение старых (авторы: к.т.н. С.А. Ульянов, А.А. Толстухин).

Развитие методов моделирования и идентификации параметров формаций подвижных агентов с распределенными характеристиками

Исследовалось нелинейное многомерное уравнение диффузии со степенным коэффициентом, точные решения которого строились методом многомерной редукции на основе использования специальных анзаццев двух видов. В результате редукции задача сводится к решению систем матрично-векторных алгебраических уравнений, определяющих зависимость от пространственных переменных, и интегрированию обыкновенных дифференциальных уравнений, определяющих зависимость от времени. Выделены случаи, когда найденные решения являются радиально-симметричными или анизотропными по пространственным переменным. Найденные точные решения могут быть использованы для моделирования процесса распространения распределенных по территории формаций роботов, описываемых в терминах плотностей, с некоторой начальной области (базы) на прилегающую территорию, а также продвижение диффузионных фронтов волн, представляющих границы областей с положительными плотностями.

Разработан алгоритм решения задачи идентификации распределенных параметров (т.е. локализации базы, с которой идет распространение на окружающую территорию, и границы нулевой плотности) двух взаимодействующих распределенных формаций, основанный на био-инспирированных методах оптимизации и проведении наблюдений группой координируемых автономных роботов.

Предлагаемая стратегия управления группой разделяет все множество доступных агентов на две подгруппы, отвечающие соответственно за поиск источника и границ фронта распространения. Агенты первой подгруппы используют био-инспирированный подход, основанный на поведении омаров. Решение второй подзадачи основывается на управлении с переключением между двумя режимами: преследование фронта распространения и избегание угрозы столкновений. При этом переключение между режимами происходит в соответствии с задаваемыми управляющими параметрами. Проведенные серии компьютерных экспериментов демонстрируют приемлемую точность и скорость решения каждой из подзадач. Предложенная стратегия управления применима, в том числе и для тех случаев, когда границы фронта являются невыпуклыми (авторы: к.ф.-м.н. А.А. Косов, А.А. Толстухин).

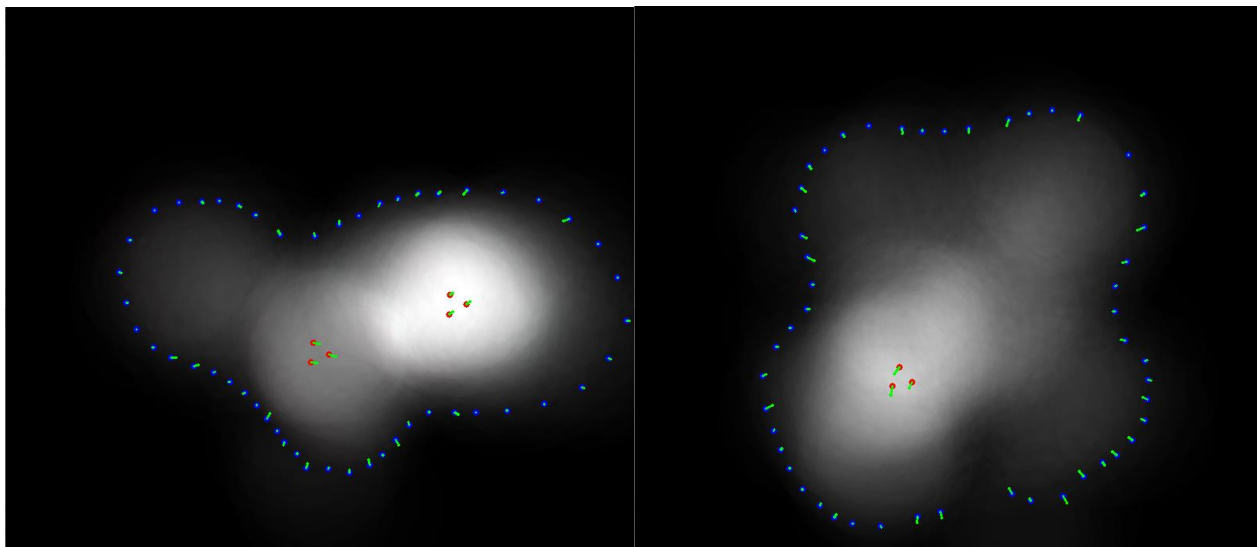


Рис. 22. Примеры распределения агентов по заданной линии уровня модели

Исследование устойчивости стационарных движений гиростатов при действии момента потенциальных, гироскопических и циркулярных сил

Были изучены уравнения движения гиростата вокруг неподвижной точки при действии момента потенциальных, гироскопических и циркулярных сил в различных случаях, аналогичных классическим. Получены аналоги случая Бобылева-Стеклова, показано, что в отличие от классического случая твердого тела подходы Бобылева и Стеклова не являются эквивалентными и могут давать взаимодополняющие результаты. Найдены условия, при которых построены параметрические семейства частных решений, выражаемых эллиптическими функциями. Выделены шесть типов стационарных решений и методом интегральных связей Четаева получены условия их устойчивости.

Выделено шесть аналогов случая Гесса, в которых система уравнений движения имеет линейный частный интеграл. Для двух случаев найден дополнительный общий интеграл, для одного случая установлена интегрируемость уравнений движения. Установлено, что компонента вектора угловой скорости, не входящая в интеграл Гесса, совершает колебания с нулевым средним значением на всех решениях вне множества Гесса. Приведены три типа стационарных решений и методом интегральных связей Четаева получены достаточные условия их устойчивости (*автор: к.ф.-м.н. А.А. Косов*).

Модель и алгоритмы планирования вычислений с избыточностью и неопределенностью.

Предложены новая модель и алгоритмы планирования вычислений в распределенных пакетах прикладных программ. Их отличительной особенностью является использование времени выполнения модулей пакетов на ресурсах среды в процессе их непрерывной интеграции, доставки, развертывания и классификации. Предложенные модель и алгоритмы позволяют строить избыточные НРП. На практике избыточность НРП позволяет адаптировать процесс к изменяющимся характеристикам ресурсов среды и повысить эффективность и надежность вычислений. (*авторы: ак. Бычков И.В., д.т.н. Феоктистов А.Г., к.т.н., Костромин Р.О., к.т.н. Горский С.А., к.т.н. Сидоров И.А., к.т.н. Башарина О.Ю.*)



Параллельные методы качественного анализа динамических свойств управляемых, сингулярных и неявных моделей булевых сетей. В терминах разработанного авторами метода булевых ограничений для рассматриваемого класса моделей даны формальные определения и получены логические модели выполнимости локальных динамических свойств, свойства продолжимости локального решения, свойства цикличности траектории, свойств управляемости и достижимости. Для решения базовой задачи булевой выполнимости глубоко структурированной логической формулы (учитываются уравнения динамики булевой сети и логического определения динамического свойства) разработан специализированный параллельный алгоритм с высокими показателями ускорения и масштабируемости при увеличении размерности модели и временного интервала ее функционирования. Практическая значимость полученных теоретических и алгоритмических результатов продемонстрирована на примерах решения ряда сложных комбинаторных задач и задач планирования действий на основе разработанной авторами гибридной микросервисной интеллектуальной вычислительной платформы. (Авторы: д.т.н. Опарин Г.А., к.т.н. Богданова В.Г., Пашинин А.А.)

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»

№ гос. регистрации: 121030500071-2

Научный руководитель – д.т.н. Г.М. Ружников

Исследование и разработка методов построения композиций сервисов на основе онтологических моделей, статистических данных, методологических и предметных баз знаний, а также методов обработки больших объёмов разноформатных междисциплинарных данных и знаний, включая разработку методик, моделей (онтологии), алгоритмов и сервисов

Реализованы новые методы полуавтоматического и автоматического построения композиций сервисов на основе статистических данных применения сервисов пользователей. Реализация этих методов позволяет создавать композиции сервисов в виде DAG, анализируя связи по данным отдельных применений сервисов. Создаваемые композиции сервисов упрощают повторное применение последовательности сервисов для разных наборов данных

Разработаны методы автоматизации построения вычислительных цепочек, впервые среда позволяет автоматизировать и упростить построение композиции сервисов и данных в виде вычислительных цепочек на основе анализа семантической сети сервисов, основанных на метаданных и статистических данных, позволяющее получить возможное взаимодействие между сервисами и данными (авторы: к.т.н. Р.К. Федоров, к.т.н. А.К. Попова, к.т.н. Ю.В. Авраменко, д.т.н. Г.М. Ружников, к.т.н. Т.И. Маджара).

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. Разработка методов и



форматов данных структурирования информации, представленной в сервисах хранения больших данных, для интеграции результатов научных исследований

В спецификациях приложений БД поддержано описание виджетов - элементов управления, используемых для редактирования значений полей на форме редактирования отдельной записи. Использование виджетов реализовано в алгоритме генерации форм графического пользовательского интерфейса приложения. Для этого из кода метода генерации поля формы был выделен метод определения типа виджета по умолчанию по типу и описанию поля, а код создания конкретных элементов управления был перенесён в подпрограммы инициализации виджетов соответствующих типов. Теперь при создании поля используется заданный в спецификации виджет, если это было сделано, иначе используется виджет, соответствующий типу поля по умолчанию. Помимо ранее использовавшихся виджетов реализован ряд новых, например, редактирования цвета, URL.

На базе интерпретатора FlexT реализована динамическая библиотека, упрощающая создание кода для работы с бинарными данными при помощи спецификаций форматов бинарных данных.

Реализована генерация кода на разные целевые языки программирования (Паскаль и C++) через универсальное промежуточное представление. Кроме модуля для чтения данных может быть автоматически сгенерирована и вспомогательная тестовая программа, демонстрирующая основные приёмы работы с этим модулем на примере решения базовой задачи – распечатки содержимого файла. Получаемый код использует небольшую вспомогательную библиотеку FmtSys, описывающую базовые классы и более простые типы данных, отсутствующие в традиционных языках программирования. В остальном генерируемые модули являются полностью независимыми от кода самого интерпретатора FlexT. При этом до сих пор генерация кода поддерживана не для всех видов типов данных и не для всех выражений языка, поэтому она может использоваться, хоть и для большей части, но не для всех описанных на FlexT форматов данных.

Непосредственно с использованием кода интерпретатора FlexT была реализована динамическая библиотека libFlexT, позволяющая открывать любые описанные на FlexT файлы и получать доступ к любым находящимся там структурам данных с использованием определений из соответствующих спецификаций. Библиотеку libFlexT можно рассматривать в качестве драйвера бинарных данных.

Разработан вариант распределенной среды хранения документов и содержательной информации (РСХД), обеспечивающей необходимые сервисы для автоматизации ведения распределенного документооборота вуза. РСХД позволяет организовать процедуры семантической разметки хранимых документов, с обеспечением функций изъятия содержательной информации, сохранение ее в графе знаний, интерпретации через внешние ссылки на ресурсы Открытых связанных данных. Сервис разметки конструирует структурированное представление хранимой информации, представленной в документах (авторы: к.т.н. А.Е. Хмельнов, к.т.н. А.С. Гаченко, к.т.н. Е.С. Фереферов, к.т.н. Е.А. Черкашин, Т.Ф.Хмельнова).

Исследование и развитие теоретических основ представления, анализа, интерпретации, интероперабельности и интеграции электронных документов на основе



логического вывода, машинного обучения, обработки естественного языка и графов знаний

Предложены и исследованы теоретические основы методов анализа структуры электронных документов. Результаты включают: литературный обзор текущего состояния исследований; выделение задач и методов их решения; проектирование и реализацию инструментального программного обеспечения, позволяющего создавать системы обработки слабоструктурированных документов. Полученные технологические решения будут применимы на практике для восстановления синтаксической структуры электронных документов при решении задач структуризации накапливаемых в информационных системах данных и автоматизации документооборота.

Выполнен литературный обзор (более 300 источников) современного состояния исследований автоматического понимания табличной информации, включающий анализ ограничений в существующих постановках задач автоматического понимания табличной информации и выработки стратегии для их преодоления. Обзор уточнил формулировку и структуру задач научной проблемы автоматического понимания табличной информации, сопоставив и унифицировав терминологии известных постановок. Кроме того, выявлены некоторые пробелы в изучении вопросов данной проблемы, которым не уделялось должного внимания в прошлом; предложены направления дальнейших исследований по устранению этих пробелов.

Для РСХД разработаны инструментальные средства анализа слабоструктурированных PDF-документов, имеющих общий сценарий формирования, но отличающихся видом исходного шаблона, правилами представления элементов документа. Примерами таких документов выступают документация, сопровождающая образовательную деятельность в вузах. Инструментальные средства позволяют распознавать абзацы документа, списки, разделы документа, выделять таблицы, ассоциировать части документа с разделами, назначать семантику разделам, экстрагировать содержательную информацию, учитывая свойства контекста (семантики раздела). Из полученной содержательной информации формируется граф знаний об образовательном процессе, исходные данные для алгоритмов машинного обучения, направленных на построение моделей курсов вуза: зависимостей содержания курса от выделяемых зачетных единиц на различные виды образовательной активности, отображения тем содержания курса на формируемые компетенции, формирование и динамика набора компетенций преподавателя.

Предложенная архитектура РСХД и методика проектирования информационных систем распределенного документооборота позволяет решать задачи интероперабельности документов: содержательные данные, хранимые одних документов могут быть изъятые из структурированных/неструктурированных документов, представлены в виде элементов графа знаний и использованы в других документах. Содержательная информация также может быть использована при формировании информационной модели документооборота предприятия. В практическом примере вуза – это модель образовательного процесса.

Разработан метод удаления фона для извлечения текста из документов со сложным фоном. Некоторые типы документов, например, лицензии или свидетельства, включают в себя подложенные текстуры и фоновые рисунки, что затрудняет распознавания текста на таких изображениях. В таких случаях требуется предварительная обработка документа с целью удаления фона.



Для устранения влияния фона на распознавание текста был выдвинут ряд различных гипотез для решения этой задачи. Ключевыми из них можно выделить следующие три предположения:

1. Текст на документе при размытии является темным пятном, а фон светлым. Таким образом, чем темнее область при размытии, тем больше ей нужно уделять внимания.
2. Благодаря сверткам можно преобразовать документ таким образом, что фон станет более однородным, а текст останется приемлемым для распознавания.
3. За счет изменения яркости можно снизить влияния фона, при этом яркости текста будет приемлемой, чтоб OCR Tesseract мог его распознать.

Обнаружено, что перед тем, как обработать документ со сложным фоном, нужно избавиться от рамок в документе. Для этих целей был разработан метод их удаления на основе быстрого преобразования Фурье.

Результаты исследования были реализованы в виде набора скриптов на языке программирования Python. Произведена сравнительная оценка разработанного подхода на наборе данных, размеченном вручную. Результаты тестирования показали улучшение в 2,5 раза после предварительной обработки в сравнении с применением OCR Tesseract к исходному изображению. Для оценки качества использовалась метрика – расстояние Левенштейна (авторы: к.т.н. А.О. Шигаров, к.т.н. В.В. Парамонов, к.т.н. А.А. Михайлов, к.т.н. Е.А. Черкашин).

Проблемно-ориентированные языки и средства разработки интеллектуальных систем на основе прецедентов и онтологий

В рамках повышения эффективности решения задач диагностики и прогнозирования на основе логических правил, онтологий и прецедентов предложено расширение формализмов диаграмм переходов состояний (State Transition Diagram) и таблиц решений.

Расширение формализма диаграмм переходов состояний заключается в использовании открытого набора параметров со значениями при описании перехода между состояниями, а также использование в качестве значений множеств нечисловых выражений.

Формальное представление расширения:

$D = \langle N, T \rangle$, D – диаграмма переходов состояний, N – состояния (узлы), T – переходы (ребра), $N = \{ n_i \}$, $n_i = \langle name, P \rangle$, P – набор свойств $P = \{ p_j \}$, $p_j = \langle pname, psign, pvalue \rangle$, где $pname$ – наименование свойства, $pvalue$ – значение свойства, $psign$ – ограничение на значение свойства $psign = \{ =, <, >, < \}$, $pvalue = \{ num, string, num_interval, string_interval \}$; $T = \{ t_k \}$, $t_k = \langle event, [condition], action \rangle$, где $event$ – ожидаемое событие, $condition$ – спусковое условие, $action$ – действие, выполняемое при переходе, $condition = \{ P \}$.

Расширение позволяет генерировать программные коды продукционных баз знаний для задач диагностики, содержащие логические правила с множеством параметров в условиях (Рис.23).

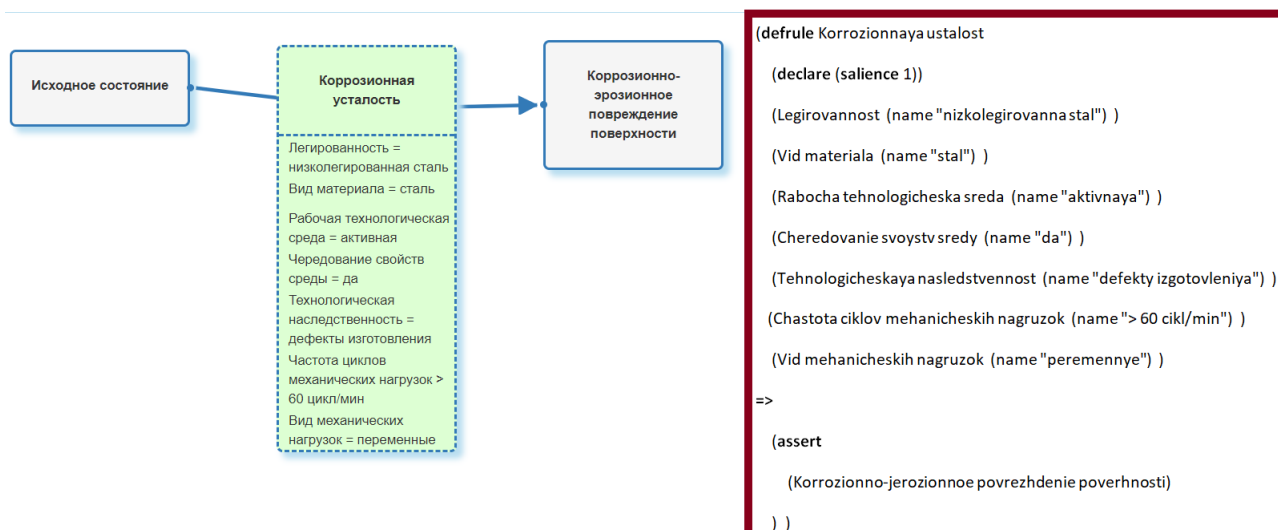


Рис. 23. Пример фрагмента расширенной диаграммы состояний (State Transition Diagram Editor) и ее представление разным формам представления в процесс преобразования

Для поддержки данного расширения разработан веб-ориентированный редактор – State Transition Diagram Editor (STDE). Редактор обладает клиент-серверной архитектурой и ориентирован на непрограммирующих пользователей (экспертов предметной области, аналитиков и т.д.). Основными функциями редактора являются:

- управление диаграммами переход состояний (создание, открытие, закрытие, удаление);
- добавление, редактирование и удаление отдельных элементов диаграммы, в том числе состояний и переходов;
- добавление, редактирование и удаление отдельных свойств состояний и условий переходов, а также их значений;
- экспорт создаваемых диаграмм переходов состояний в виде XML-документов в формате STD;
- импорт онтологий в формате OW2 DL и генерация диаграмм переходов состояний на их основе.

STDE является отдельной подсистемой в рамках программной системы моделирования знаний – Knowledge Modeling System (KMD) (Рис.24) и интегрируется (Рис.25) с другими разработками коллектива (например, Decision Table Editor и Personal Knowledge Base Designer) благодаря использованию совместимых форматов ЕКВ, EETD, CSV, STD.

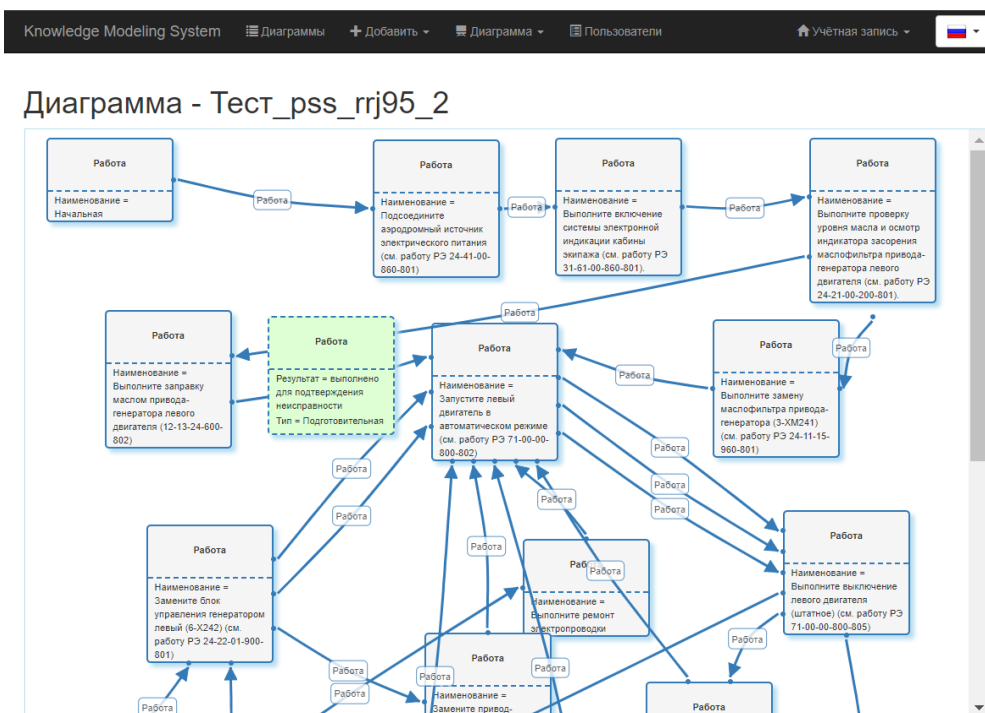


Рис. 24. Пример интерфейса State Transition Diagram Editor

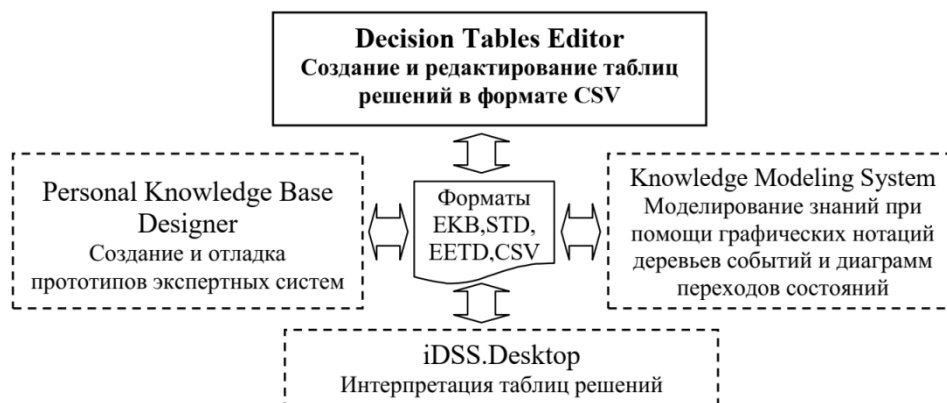


Рис. 25. Комплекс интегрированных «по данным» средств для создания баз знаний

Таблицы решений относятся к наиболее известным способам представления предметных знаний, выбор которого обусловлен простотой и популярностью данного метода у специалистов предметников, а также возможностью использования распространенных редакторов таблиц (например, Microsoft Excel) для их формирования с сохранением в виде файлов CSV (Comma-Separated Values).

Специализация формы таблиц решений заключается во введении следующих элементов (Рис.26): символа "#", обеспечивающего возможность индикации зависимых столбцов; строки разделителя ":" для задания составных имен столбцов, включающих имя сущности (или имя класса) и имя ее свойства. Кроме того снимается ограничение на значения в ячейках, т. е. они могут состоять не только из набора значений {да, нет}, представляя собой вырожденную форму таблиц истинности, но содержать конкретные произвольные значения в



качестве значений ячеек, а не только значения, указывающие на наличие или отсутствие определенного свойства (компонента) в структуре правила.

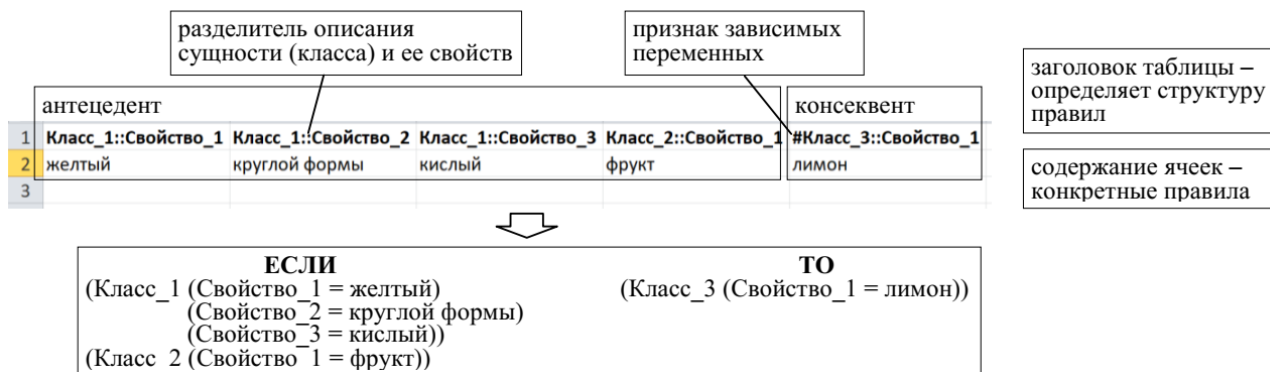


Рис. 26. Пример фрагмента таблицы решений специализированной формы (Microsoft Excel) и ее соответствие логическому правилу

Специализация позволяет моделировать логические правила и прецеденты, а также однозначно отображать их в программные коды для задач диагностики.

Для поддержки предлагаемой специализации разработан прототип программы-оболочки iDSS.Desktop (Рис.27), основное назначение которого – создание интеллектуальных систем поддержки при обучении и решении задач диагностики с возможностью адаптации (настройки) системы конечными пользователями. Основные функции программы:

- ввод информации о внешних проявлениях неисправностей (отказов);
- поиск решения на основе логических правил;
- поиск решения по прецедентам;
- формирование и контроль плана устранения неисправности (отказа);

Для реализации основных функций разработана архитектура, включающая следующие модули:

- подсистему взаимодействия с таблицами решений, обеспечивающую доступ к файлам с описанием систем, операций (работ) и неисправностей;
- подсистему генерации пользовательского интерфейса, формирующую элементы управления для ввода информации о внешних проявлениях неисправности (отказа), а также отображения результатов;
- решатель (машину вывода) для поиска решения на основе логических правил;
- решатель (машину вывода) для поиска решения на основе прецедентов.

Продукции и прецеденты хранятся в форме таблиц решений специализированного вида в виде отдельных файлов CSV, что позволяет их редактировать с помощью Microsoft Excel и тем самым настраивать систему.

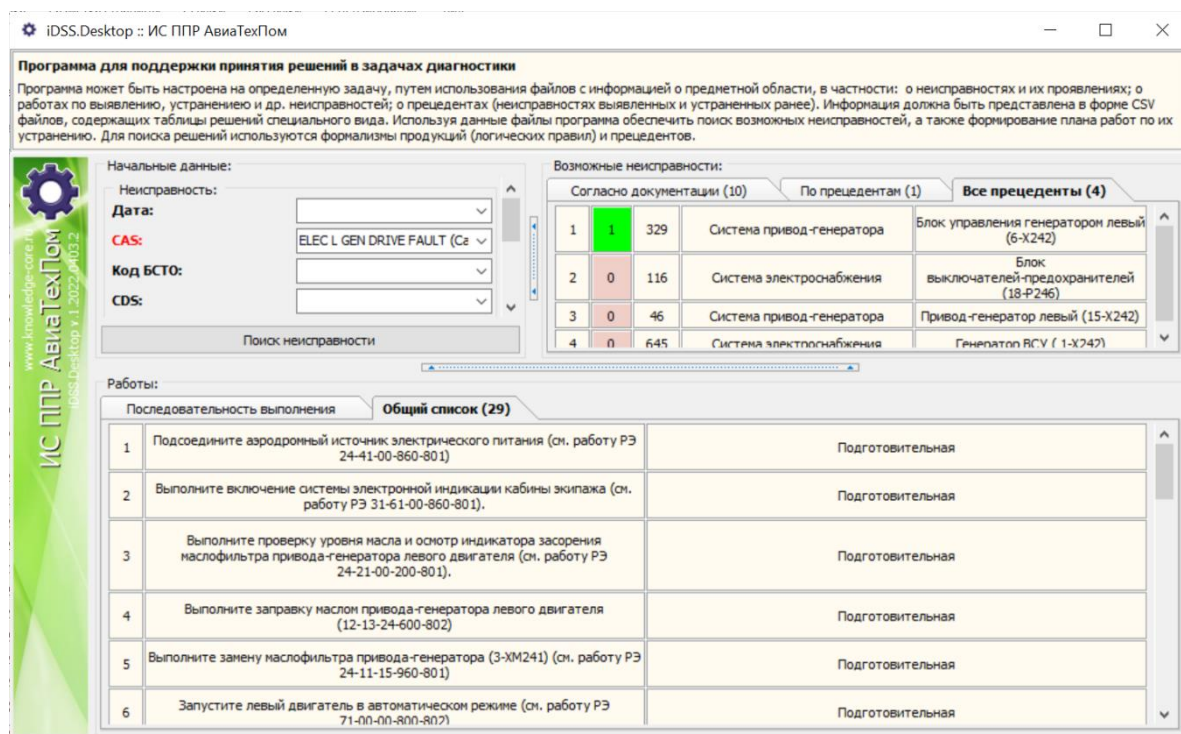


Рис. 27. Результаты интерпретации таблиц решений в iDSS.Desktop: возможные неисправности и операции по их устранению

Предлагаемые расширения и реализующие их программные системы апробированы при разработке прототипов баз знаний для систем идентификации эмоций по лицевым признакам, диагностики неисправностей системы электроснабжения СухойСуперджет и прогнозирования риска лесных пожаров (авторы: к.т.н. Н.О. Дородных, д.т.н. О.А. Николайчук, к.т.н. А.Ю. Юрин, Д.А. Денисова).

Специализация модельно-управляемого подхода для реализации самоорганизующейся технологии автоматизации интеллектуальной деятельности на основе онтологического моделирования

Рассматриваются системы автоматизации интеллектуальной деятельности, осуществляющие поддержку принятия решений на основе обработки знаний предметной области, представленных в виде продукционной модели.

Процесс разработки систем автоматизации интеллектуальной деятельности (далее «помощник») является развитием метода создания интеллектуальных систем [Юрин А.Ю. Технология создания интеллектуальных систем с декларативными базами знаний на основе модельных трансформаций: дис. ... докт. техн. наук: 05.13.11: защищена 20.09.22 / Юрин Александр Юрьевич. - Иркутск, 2022. - 258 с.] и представлен последовательностью этапов (Рис.28):

- 1) Построение проблемно-ориентированной модели предметной области является первым этапом. Выходная информация этого этапа:
 - онтология методологии решения задачи;
 - онтология объекта решения задачи;
 - онтология задачи, включая описание методов и средств ее решения.



Полученные модели рассматриваются как вычислительно-независимые и могут быть представлены в виде OWL-онтологии (Рис.29), UML-моделей (в частности, в виде UML-диаграмм классов) или карт памяти.

2) Построение платформу-независимых моделей является вторым этапом. Выходная информация этого этапа:

- описание правил (причинно-следственных зависимостей между понятиями предметной области, описывающих ее закономерности);
- описание алгоритмов решения задачи.

Модели данного этапа являются результатом трансформации вычислительно-независимой модели, в процессе преобразования которой осуществляется следующее: понятия онтологии объекта O^{Obj} преобразуются в шаблоны фактов и элементы правил, такие как условия и действия, а причинно-следственные связи преобразуются в логические правила, RVML используется для визуализации и последующего уточнения элементов полученной модели; понятия онтологий O^M и $O^{Problem}$ преобразуются в спецификацию для интерпретации/выполнения функциональности помощника, для визуализации используется авторская нотация STD (см. результат 1). Создание моделей O^M и $O^{Problem}$ возможно на основе онтологических шаблонов.

3) Третьим этапом является построение платформу-зависимых моделей. Количество этих моделей определяется количеством платформ, для которых создается помощник. В настоящее время спецификация ориентирована на платформы коллектива (*PKBD*, *ADSkIt*). Платформу-зависимые являются результатом автоматических преобразований платформу-независимой модели с помощью специальных инструментов с последующей модификацией конечным пользователем.

В рамках этого этапа конечный пользователь должен уточнить RVML модели правил с учетом особенностей определенного языка представления/программирования знаний (например, CLIPS), такие как: приоритеты правил, значения слотов «по умолчанию» и коэффициент уверенности (определенности).

Модели алгоритмов реализуются в рамках авторских платформ, поэтому трансформация моделей выполняется автоматически.

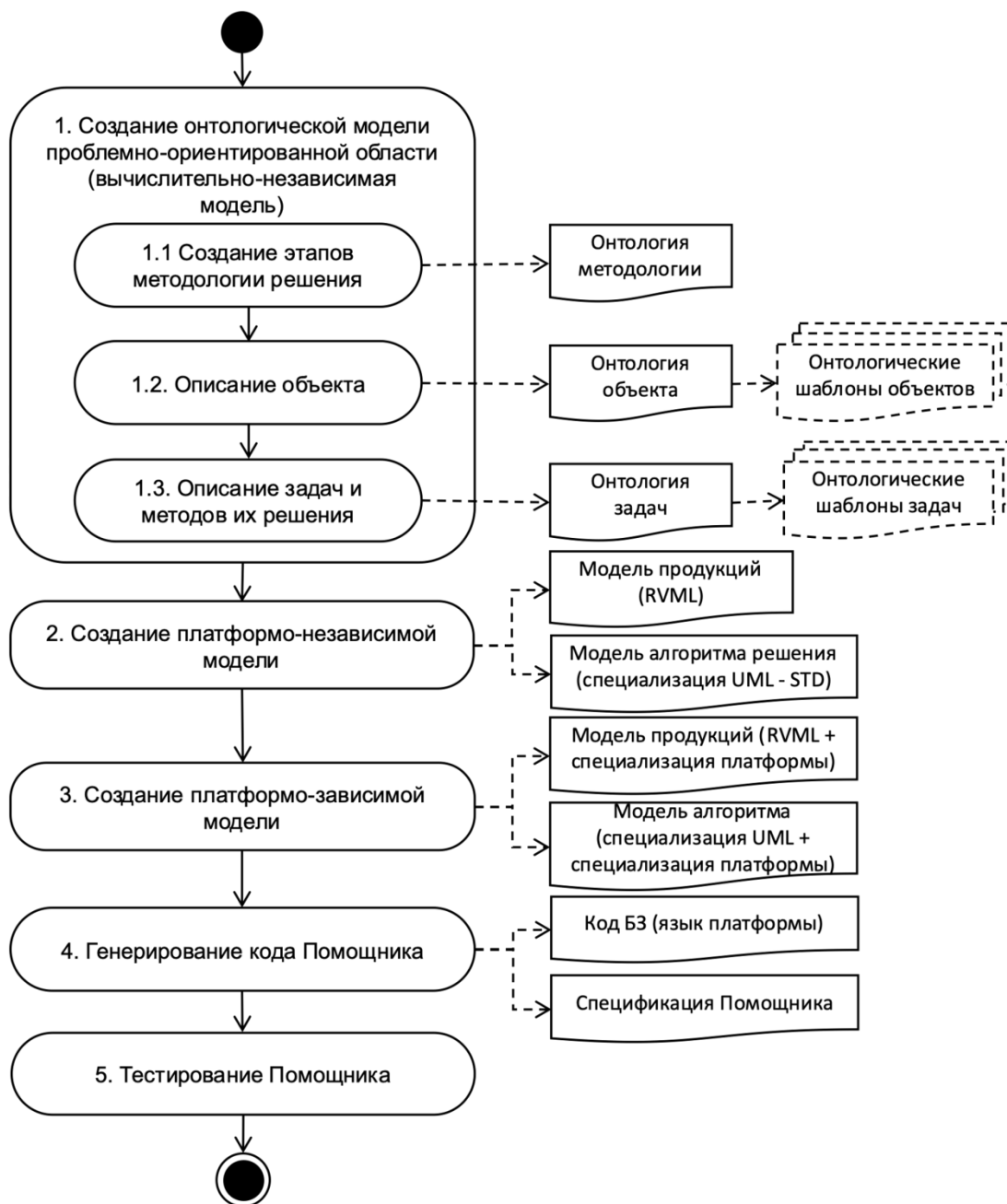
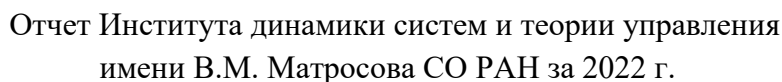


Рис.28. Основные этапы и модели предлагаемого метода



58



4) Четвертым этапом является генерация программных кодов и спецификаций БЗ и Помощника.

В результате выполнения данного этапа пользователь получает:

- код БЗ для определенного языка программирования (например, CLIPS);
- спецификации помощника для интерпретатора платформы (Таблица 1).

Спецификация помощника в дальнейшем будет развиваться на основе результатов исследования.

Таблица.1 Фрагмент таблицы отображения элементов моделей (вычислительно-независимой модели в платформно-независимую и платформно-независимой)

Вычислительно-независимая модель	Платформно-независимая модель	Элементы кода
Онтология (Ont^D)	Специализация UML – RVML (UML^{RB_KB})	CLIPS
Project (name, description)	Knowledge base (name, description)	-
Class (name, description)	Template (name, description)	deftemplate
Object (name, description)	Fact (name, description)	deffacts
Method	-	-
Property	Slot (description, value)	slot
Property value	Slot value	default
Property type	Slot type	type
Relationship	Rule (nodal element)	defrule
Онтология (Ont^M)	Специализация UML – Methodology Diagram (UML^{CD}) Специализация UML – State Transition Diagram (UML^{STD})	Платформа (PKBD, ADSkit)
Methodology (name, description)	Methodology diagram name (name, description)	Screen “Methodology” (Input/Viewing/Delete)
Methodology stage (name, description)	State “Methodology stage” (name, description)	Screen “Methodology stage”
Methodology task (name, description)	Substate “Methodology task” (name, description)	Screen “Methodology task”
Relation “Part Of”	Relation “State - Substate”	
Relation “Consecution”	Transition “State - State”	
Онтология (Ont^{Obj})	Специализация UML – Investigate Object Diagram (UML^{CD})	Платформа (PKBD, ADSkit)
Object (name, description)	Class name “Object”	Screen “Object”
ObjectProperties (name, description)	Class name “ObjectProperties”	Screen “ObjectProperties”
ObjectState	Class name “ObjectState”	Screen “ObjectState”



(name, description)		
System, Subsystem, Sub-subsystem (name, description)	Class name "System"; Class name "Subsystem"; Class name "Sub-subsystem"	Screen "System"; Screen "Subsystem"; Screen "Sub-subsystem"
Relation "Association"	Relation "Association"	
Онтология ($Ont^{Problem}$)	Специализация UML – Task Diagram (UML^{CD}) Специализация UML – State Transition Diagram (UML^{STD})	Платформа (PKBD, ADSkit)
Task (name, description)	Class name "Task" State "Task"	Screen "Task"; Execution "Task"
Task Concept (name, description)	Class name "Concept"	Screen "Concept"
Input Task Concepts (name, description)	Class name "InputTaskConcepts"	Screen Field "InputTaskConcepts"
Output Task Concepts (name, description)	Class name "OutputTaskConcepts"	Screen Field "OutputTaskConcepts"
Method (name, description)	Class name "Method"	Screen "Method" Method (name: MethodName; input: InputMethodConcepts; output: OutputMethodConcepts)
Input Method Concepts (name, description)	Class name "InputMethodConcepts"	Screen Field "InputMethodConcepts"
Output Method Concepts (name, description)	Class name "OutputMethodConcepts"	Screen Field "OutputMethodConcepts"
Algorithm (name, description)	Class name "Algorithm"	Screen "Algorithm"
Algorithm stage (name, description)	State "Algorithm stage"	Screen "Algorithm"
Software (name, description)	Class name "Software"	Screen "Software" Execution Software (name: SoftwareName; input: ; output:)
Relation "Association"	Relation "Association"	
Relation "Part Of"	Relation "State - Substate"	
Relation "Consecution"	Transition "State - State"	



Специализация модельно-управляемого подхода предназначена для реализации самоорганизующейся технологии автоматизации интеллектуальной деятельности на основе онтологического моделирования (авторы: д.т.н. А.Ф. Берман, д.т.н. О.А. Николайчук).

Архитектура и спецификация минимального набора компонентов для разработки платформы автоматизации создания интеллектуальных систем как сервиса (AI PaaS)

Для реализации платформы автоматизации создания интеллектуальных систем в инфраструктуре Яндекс.Облако был использован сервис API Gateway, позволяющий на основе спецификации OpenAPI 3.0 в декларативном виде описать архитектуру целевой программной системы, специфицировать способ реализации отдельных функций, а также их входы и выходы (Рис.30).

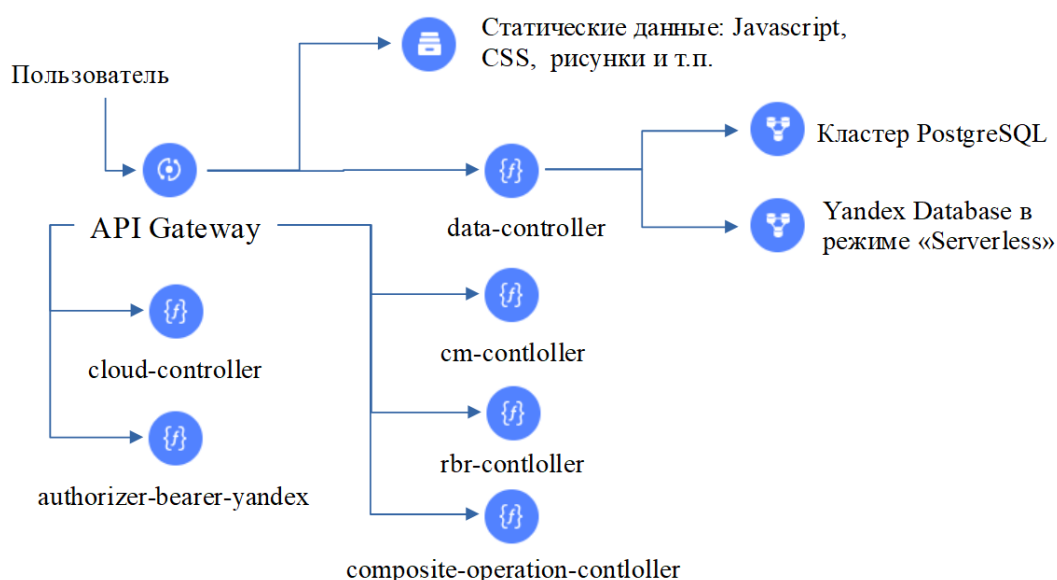


Рис.30. Архитектура платформы автоматизации создания интеллектуальных систем

Для реализации компонентов архитектуры платформы в рамках сервиса API Gateway был выбран следующий набор средств: вызов облачной функции и обращение к serverless контейнеру для реализации серверной части, обращение в Object Storage для Javascript кода, CSS скриптов и статических медиа данных, доступ к Yandex Database для хранения служебной информации. При этом сформированный на предыдущем этапе набор компонентов платформы (*data-controller* - компонент управления данными; *cm-controller* - компонент концептуального моделирования; *rbr-controller* - компонент рассуждения на основе правил, *composite-operation-controller* - редактор композитных операций) расширяется компонентом для авторизации пользователя (*authorizer-bearer-yandex*) и компонентом доступа к консоли Яндекс.Облака (*cloud-controller*). Первый компонент делегирует решение задачи защиты от несанкционированного доступа сервису Яндекс.ID (oauth.yandex.ru), а второй позволяет авторизованным пользователям выполнять ряд операций по управлению



облаком, например получение состояния, создание запуск и удаление виртуальных машин заданного типа из контекста платформы.

Таким образом, реализация архитектуры платформы на основе спецификации OpenAPI 3.0 обеспечивает постоянную поддержку ее архитектуры в актуальном состоянии, т. к. в этом случае она является артефактом разработки, а использование облачных функций и serverless контейнеров позволяет существенно облегчить интеграцию компонентов, включая задачу предоставления общего доступа к расчетным модулям математического моделирования изначально не ориентированным на использование в сети Интернет (*автор: к.т.н. А.И. Павлов*).

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

№ гос. регистрации: 121041300065-9

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

Новые условия глобальной оптимальности для задач оптимального управления с невыпуклыми ограничениями-неравенствами типа Больца

Для задачи невыпуклого оптимального управления линейной по состоянию системой, где целевой функционал и ограничения типа неравенства задаются функционалами Больца (при этом все функции, входящие в постановку задачи, являются д.с. по состоянию, т.е. представимы в виде разности выпуклых по состоянию функций), с помощью Теории точного штрафа разработаны новые Условия глобальной оптимальности, обладающие алгоритмическим (конструктивным) свойством (*автор: д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский*).

Специальный штрафной метод локального поиска в задаче двухуровневой оптимизации с биматричной игрой на нижнем уровне

Для одного класса двухуровневых задач с равновесием на нижнем уровне, где сформулирована параметрическая биматричная игра, разработана новая схема локального поиска, использующая эквивалентную одноуровневую постановку и Теорию точного штрафа, позволяющая изменять штрафной параметр в процессе работы алгоритма (*автор: к.ф.-м.н. А.В. Орлов*).

Гибридный алгоритм поиска ситуаций равновесия по Нэшу в полиматричных играх трех лиц

Разработан гибридный подход к решению полиматричных игр трех лиц (гексаматричных игр). С одной стороны, этот подход базируется на редукции игры к задаче невыпуклой оптимизации и Теории глобального поиска, созданной А.С. Стрекаловским для решения невыпуклых оптимизационных задач с д.с. функциями. С другой стороны, для повышения эффективности одного из ключевых этапов глобального поиска – конструирования аппроксимации поверхности уровня выпуклой функции, задающей базовую невыпуклость в исследуемой задаче – используются операторы генетического алгоритма. Проведен первый вычислительный эксперимент, демонстрирующий сравнительную эффективность гибридного подхода (*автор: к.ф.-м.н. А.В. Орлов*).



Оптимизационный подход к решению задач кластеризации с дивергенциями Брегмана

Исследовано обобщение базовой модели кластеризации, задачи о k -средних, в котором расстояния между заданными элементами и ближайшими центрами кластеров вычисляются с использованием дивергенции Брегмана. Для целевой функции так построенной невыпуклой оптимизационной задачи предложено несколько представлений в виде разности выпуклых функций (d.c. представлений). К решению задач кластеризации с несколькими широко известными дивергенциями Брегмана разработан подход, основанный на применении теории глобального поиска для задач d.c. оптимизации (*авторы: к.ф.-м.н. Т.В. Груздева, к.ф.-м.н. А.В. Ушаков*).

Алгоритм решения задач квадратичной оптимизации с невыпуклыми ограничениями-неравенствами

Для задачи квадратичной оптимизации с невыпуклыми ограничениями-неравенствами разработан и протестирован подход, в основе которого лежит сведение исходной задачи к оштрафованной задаче без ограничений посредством теории точного штрафа. Для решения полученной оштрафованной задачи, которая оказывается задачей d.c. минимизации, разработаны алгоритмы, локального и глобального поисков, базирующиеся на условиях глобальной оптимальности. Проведен вычислительный эксперимент по тестированию алгоритмов на задачах небольшой размерности ($n=30,40,50$) из известной библиотеки квадратичных тестовых примеров QPLIB (*авторы: д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский, М.В. Баркова*).

Алгоритмы решения задачи составления расписания выполнения работ для развертывания сетей мобильной связи

Предложена и исследована новая задача составления расписания выполнения работ для развертывания сетей мобильной связи, которая является обобщением задачи планирования выполнения проекта при ограничении на ресурсы (Resource constrained project scheduling problem). Целью задачи является минимизация времени и стоимости развертывания сети. Предложенная задача сформулирована в виде задачи смешанной (целочисленно-непрерывной) оптимизации, на основе которой были разработаны несколько так называемых МIP-эвристик. В частности, была разработана трехэтапная эвристика, основанная на так называемой стратегии ослабления и фиксирования переменных (relax and fix technique). Разработанные алгоритмы протестированы в ходе обширного вычислительного эксперимента как на тестовых, так и на прикладных задачах составления расписаний развертывания мобильных сетей (*автор: к.ф.-м.н. И.Л. Васильев*).

Эвристические алгоритмы решения задач упаковки прямоугольников в полосы с приложениями

Предложены и исследованы новые постановки задач упаковки прямоугольников в несколько полос, представленные в виде задач смешанной линейной оптимизации. В частности, были рассмотрены варианты задачи, в которых высота и ширина прямоугольника зависит от полосы, в которую он пакуется, а также ее частный случай, в котором



прямоугольники упаковываются на так называемые уровни (или полки). Предложенные задачи имеют несколько естественных приложений в области составления расписаний выполнения параллельных задач в гетерогенных, распределенных вычислительных средах, а также в области морской логистики (составление расписаний загрузки/разгрузки разнородных судов при наличии нескольких разнородных причальных стенок).

Для исследуемых задач разработаны два эвристических алгоритма поиска решений, основанных на так называемом skyline best-fit подходе. Первый алгоритм представляет собой skyline-эвристику, в которой одновременно все полосы исследуются для поиска наилучшего места для упаковки каждого прямоугольника. Второй подход представляет собой двухэтапную эвристику, в которой прямоугольники вначале распределяются между полосами на основе оптимального решения подзадачи, представляющей собой вариант задачи об оптимальном планировании работы машин общего назначения (unrelated-machines scheduling), а затем упаковываются с помощью skyline-эвристики. Разработанные алгоритмы реализованы и протестированы в рамках обширного вычислительного эксперимента как на искусственно сгенерированных тестовых задачах, так и на реальных задачах составления расписаний выполнения параллельных задач (авторы: к.ф.-м.н. И.Л. Васильев, к.ф.-м.н. А.В. Ушаков).

Оценка трудности булевых формул относительно лазеек (Backdoors)

Получены новые теоретические результаты, касающиеся оценки трудности булевых формул относительно лазеек (Backdoors). В частности, уточнена оценка, полученная в работе Р. Вильямса, К. Гомеш, Б. Селмана (2003 г.), выражающая сложность SAT через мощность минимальной лазейки относительно некоторого полиномиального алгоритма. В частности, было показано, что если для КНФ C над множеством переменных X существует лазейка

мощности $\leq \frac{|X|}{4,40349}$, то SAT для C может быть решена алгоритмом, сложность которого

есть $O(\text{poly}(|C|) \cdot c^{|X|})$, $c < 2$ (автор: к.т.н. А.А. Семенов).

Построены оценки атак на функции вида MD4- k , где k – число шагов функции сжатия криптографической алгоритма хеширования MD4. Для построения оценок использовались суперкомпьютеры «Академик В.М. Матросов (ИНЦ СО РАН) и “Polytechnic” (СПбПУ им. Петра Великого)». Построенные оценки показали, что для всех $k < 47$ ($k=48$ соответствует полнораундовой версии MD4) возможны атаки на соответствующие функции, которые существенно эффективнее атаки полным перебором (авторы: И.А. Грибанова, В.С. Кондратьев, к.т.н. А.А. Семенов).

Разработаны новые методы оценивания трудности булевых формул относительно полных алгоритмов решения SAT, ориентированные на задачу проверки эквивалентности двух булевых схем (Logical Equivalence Checking, LEC). Особенность разработанных методов состоит в том, что оценка трудности строится с использованием некоторого разбиения исходной формулы (SAT partitioning), задаваемого семейством формул, которые, вообще говоря, не являются кубами (как это делалось в известных работах). Соответствующие оценки являются вероятностными, и для них характерна низкая дисперсия в отличие от оценок, получаемых для кубов. Разработанные методы позволили строить



содержательные оценки трудности формул, кодирующих экстремально трудные LEC задачи (умножители и алгоритмы сортировки) (*авторы: к.т.н. А.А. Семенов, В.С. Кондратьев*).

Для препроцессинга формул, кодирующих LEC, были разработаны алгоритмы, основанные на использовании дизъюнктивных диаграмм. На экстремально трудных LEC задачах (умножители) было продемонстрировано, что разработанные алгоритмы дают упрощение итоговой SAT задачи до 10 % относительно оценок декомпозиционной трудности. Результат заслуживает внимания в контексте того, что любое (даже незначительное) улучшение времени решения LEC для умножителей вызывает интерес у специалистов, работающих в EDA (*автор: В.С. Кондратьев*).

С помощью алгоритмов решения проблемы булевой выполнимости исследованы функции сжатия криптографических функций MD4 и MD5. Несмотря на существование эффективных алгоритмов поиска коллизий для данных функций, задачи их обращения продолжают оставаться трудными. Полнораундовые версии данных функций состоят из 48 и 64 шагов, соответственно. Впервые решены задачи обращения для 40-, 41-, 42- и 43-шаговых функций сжатия MD4. Ранее подобный результат был получен лишь для 39-шаговой версии. Также впервые решены задачи обращения для 28-шаговой функции сжатия MD5 для хешей с наиболее регулярной структурой (128 нулей и 128 единиц) (*автор: к.т.н. О.С. Заикин*).

В рамках направления по разработке технологии сценарного анализа сложных объектов на основе их математического и имитационного моделирования получена новая версия концептуальной модели компонентно-ориентированного моделирования (в форме онтологии) и специализированное средство приобретения знаний для семантического аннотирования компонентов-моделей. Созданы правила продукционной базы знаний для согласования входных и выходных интерфейсов компонентов-моделей и проверки реализуемости цепочки вычислений комплексной модели по её онтологической спецификации (на примере расчета изменений гидролого-экологических характеристик водных объектов) (*автор: к.т.н. А.Б. Столбов*).

Для задачи оптимального размещения инфраструктурных, объектов покрывающих максимальную долю области обслуживания, в качестве критерия оптимальности предложено использовать суммарное время перемещения между этими объектами, а не пройденное при этом расстояние. При этом предполагается, что скорость движения зависит от времени. Тогда математическая модель принимает вид задачи построения покрытия равными кругами множества с динамической метрикой. В качестве инструмента исследования применяется оптико-геометрический подход, основанный на аналогии между распространением света в оптически неоднородной среде и минимизацией интегрального функционала. Предложен и программно реализован численный алгоритм построения покрытий. Выполнен вычислительный эксперимент, показавший эффективность предложенного модельно-алгоритмического инструментария (*автор: к.ф.-м.н. А.А. Лемперт*).



ПОИСКОВЫЙ НАУЧНЫЙ ПРОЕКТ «ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ НА СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ ОЗЕРА, ОПРЕДЕЛЕНИЕ УЩЕРБА ОБЪЕКТАМ ЭКОНОМИКИ И ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРИБРЕЖНОЙ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ, ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЕЙ ОЗЕРА И СБРОСОВ ИРКУТСКОЙ ГЭС»

Национальный проект «Экология». Федеральный проект «Сохранение озера Байкал»

№ госрегистрации 121122900205-9

Научный руководитель проекта – академик И.В. Бычков

В рамках научного проекта проведены аналитические работы для: определения влияния изменения уровня озера Байкал на экосистему его мелководной зоны и прибрежных территорий. Определены границы затопления/осушения мелководных зон и прибрежных территорий для озера Байкал (территорий, расположенных в границах отметок 455,54 – 457,85 м ТО), Иркутского водохранилища и нижнего бьефа Иркутской ГЭС с выделением отдельных участков по границе Иркутской области в зависимости от уровней озера и расходов через Иркутскую ГЭС, построены карты зон затопления на основе спутниковых и топографических материалов, подготовлены обзорные схемы с отображением территорий зон затопления/осушения, определены координаты зон затопления для различных уровней озера и расходов через Иркутскую ГЭС.

Для выполнения этих работ разработаны качественные высокоточные цифровые модели рельефа мелководных зон и прибрежных территорий, подверженных потенциальным ущербам при регулировании уровня озера Байкал, с выделением отдельных ключевых участков (для озера Байкал, Республики Бурятия, Иркутского водохранилища). В результате обработки данных полученных при помощи БПЛА, лидарной съемки, изолиний рельефа с векторной топоосновы масштабов 1:25000 и 1:50000; отметок глубин и изобат, оцифрованные с лоцманских карт водохранилища, промеры глубин, сделанные во время экспедиции с помощью эхолота и других источников информации были получены цифровые модели рельефа и определены границы затопления и осушения мелководных зон и прибрежных территорий для озера Байкал (территорий, расположенных в границах отметок 455,54 – 457,85 м ТО).

На территорию нижнего бьефа Иркутской ГЭС были сформирован тематический альбом с зонами затопления и осушения при различных сбросах Иркутской ГЭС. Были промоделированы различные расходы на Иркутской ГЭС и нанесены изолинии сбросов на карту местности Рис. 2.2.14. нилища и нижнего бьефа Иркутской ГЭС).

В результате выполнения большого объема комплексных работ получен набор совмещенных 3D модели рельефа для ряда водных объектов и их участков. Получена комплексная модель совмещенного рельефа на протяжении от ГЭС в городе Иркутске до впадения реки Белая в Ангару (протяженность порядка 132 км.) разработана оригинальная технология сопряжения надводного рельефа с подводным

Проведено ГИС-моделирование зон затопления/осушения мелководных зон и прибрежных территорий на отдельных участках в границах Республики Бурятия. Полученные данные переданы в Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Байкальский филиал ФГБНУ «ВНИРО», Иркутский государственный университет для определения ущербов объектам животного мира и растительности, экономики и др.



ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРОЕКТАМ, ПОДДЕРЖАННЫМ СОВЕТОМ ПО ГРАНТАМ ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СП-3931.2021.5. Костромин Р.О. «Разработка технологии автоматизации поставки и конфигурирования виртуализированного программного обеспечения цифровых двойников природосберегающего оборудования инфраструктурных объектов».

Результаты, полученные в 2022 г.:

1. Разработаны форматы данных и протоколы их передачи между компонентами разрабатываемой технологии автоматизации поставки и конфигурирования виртуализированного программного обеспечения цифровых двойников природосберегающего оборудования инфраструктурных объектов.

2. Разработаны методы, алгоритмы и система экспертной поддержки процесса управления конфигурациями виртуализированного программного обеспечения на основе характеристик средств реализации цифровых двойников природосберегающего оборудования инфраструктурных объектов.

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

Результаты, полученные в 2022 г.:

1. Метод классификации столбцов веб-таблиц с идентификацией ключевого (сущностного) столбца, определяющего смысловое наполнение таблицы, на основе техник распознавания именованных сущностей и регулярных выражений.

2. Гибридный метод семантической интерпретации (аннотирования) табличных данных на основе эвристических правил и глубоких нейросетевых моделей с использованием техник векторных представлений графов знаний.



ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ РОССИЙСКОГО НАУЧНОГО ФОНДА

**Проект РНФ № 18-71-10001 «Методология и инструментальная платформа
разработки систем извлечения данных из произвольных электронных таблиц»**

№ гос. регистрации: 122030300485-8

Руководитель проекта – к.т.н. А.О. Шигаров

Основные результаты:

1. Алгоритмы предобработки данных. Предлагаемое решение реализует преобразование исходных веб-таблиц в JSON-представление с последующей десериализацией в объектную модель таблицы. При этом осуществляется очистка табличных данных, определение категориальных и литеральных столбцов, а также идентификация сущностного (тематического) столбца.

2. Алгоритмы сопоставления ячеек с сущностями в графе знаний DBpedia, включая формирование набора кандидатных сущностей для каждого значения ячейки с использованием средств “DBpedia SPARQL Endpoint” и “DBpedia Lookup” и выбором референтной сущности из кандидатных. Предлагаемый подход состоит в агрегации оценок сходства сущностей: (1) лексическим сопоставлением строк; (2) на основе NER-меток; (3) на основе заголовка; (4) на основе семантической близости внутри векторных представлений сущностей RDF2Vec; (5) на основе сравнения контекста ячейки.

3. Алгоритмы сопоставления категориальных столбцов с классами в графе знаний DBpedia. Применяется комбинация из 3 методов: (1) голосование простым большинством (частота появления класса, определенных у референтных сущностей для каждой ячейки); (2) сходство по заголовку (лексическое сопоставление заголовка столбца с классом из множества кандидатов); (3) предсказание класса с помощью ИНС моделей COLNET (<https://github.com/alan-turing-institute/SemAIDA>). Алгоритмы сопоставления литеральных столбцов с типами данных XML-схемы (<http://www.w3.org/TR/xmlschema-2>) на основе распознанных NER-меток.

4. Алгоритмы сопоставления отношений между столбцами ($\langle S, P \rangle$, где S — сущностный, а P — любой другой) со свойствами (предикатами) в ГЗ DBpedia. На основе определенных классов и типов данных, которые были выбраны для соответствующих столбцов, осуществляется поиск и формирование набора кандидатных свойств из графа знаний. Референтное свойство определяется на основе голосования простым большинством.

5. Прототип программного средства — TabbyLD2 (<https://github.com/tabbydoc/tabbyld2>), реализующего предлагаемые алгоритмы. Прототип реализован на платформе Python с использованием библиотек: StanfordNLP Stanza, TensorFlow, Gensim и pyRDF2Vec.



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

№ гос. регистрации: 122080200026-9

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

1. Сформулированы достаточные условия существования единственного непрерывно-дифференцируемого решения для линейных ИАУ с переменными нижними пределами интегрирования равными $t - c_j$ ($c_j = \text{const}$, $j = 1, 2, \dots, k$, $k < n$ — размерности задачи). Эти условия сформулированы в терминах матричных пучков и критериев разрешимости СЛАУ. При выполнении данных условий, для поставленных ИАУ предложены многошаговые методы решения. Главную часть считают по экстраполяционной формуле, а интегральное слагаемое находят по квадратурной формуле, основанную на явных многошаговых методах Адамса. В итоге получают многошаговые алгоритмы высокого порядка. Метод был реализован, были просчитаны тестовые примеры. Результаты расчетов показали работоспособность предложенных алгоритмов.

2. Рассмотрены новые виды двумерных линейных интегральных уравнений Вольтерра I рода относительно симметричного на квадрате Ω ядра $K(s_1, s_2)$. Данные интегральные уравнения связаны с задачей идентификации переходных характеристик нелинейной динамической системы типа «вход-выход», представленной в виде конечного отрезка (полинома) интегро-степенного ряда Вольтерра, с помощью кусочно-линейных тестовых сигналов. В отличие от рассмотренных ранее подходов, основанных на применении линейной комбинации функций Хевисайда с отклоняющимся аргументом, в данной постановке $x(0) = 0$. Выделены необходимые и достаточные условия, обеспечивающие разрешимость исследуемых уравнений в классе симметричных функций, непрерывных на Ω .

Проект РНФ № 22-29-00819 «Разработка методов моделирования, идентификации и управления формациями с распределенными характеристиками»

№ гос. регистрации: 122011800177-6

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

Исследовались уравнения движения гиростата Горячева-Сретенского. Для случая совпадения точки подвеса с центром масс и действия гироскопического момента специального вида выполнено интегрирование в квадратурах. Приведены примеры явного представления решений элементарными или специальными функциями времени. Рассмотрена система дифференциальных уравнений, описывающая движение гиростата под действием момента потенциальных, гироскопических и циркулярно-гироскопических сил. Указан вид момента сил, при котором система имеет три первых интеграла заданного вида. Для аналога случая Лагранжа производится интегрирование в квадратурах. Также указаны аналоги случая полной динамической симметрии и случая Гесса. Приведен числовой пример, для которого найдено двухпараметрическое семейство точных, почти периодических решений, представленных тригонометрическими функциями.



Проект № 22-29-00819. Разработка методов моделирования, идентификации и управления формациями с распределенными характеристиками.

№ гос. регистрации: 122080200026-9

Руководитель проекта – ак. Бычков И.В.

1. Предложена двумерная распределенная модель распространения взаимодействующих роботов двух типов, описываемая системой двух уравнений в частных производных параболического типа на изменения плотностей в каждой точке пространства с течением времени. Найдены параметрические семейства точных решений модели, описывающие распространение роботов с некоторой базы на прилегающую территорию, а также продвижение фронтов волн, представляющих границы областей с положительными плотностями.
2. Разработан децентрализованный подход к управлению группой мобильных агентов (называемых «орлами») для решения задачи идентификации распределенных характеристик (локализация источника, локализация границ, отделяющих населенные области с положительными плотностями от ненаселенных с нулевыми плотностями) взаимодействующих формаций агентов двух типов (называемых «зайцы» и «зайчихи»). В основе подхода лежит управление с использованием двух режимов: поиска и преследования. При этом, благодаря предложенной сглаживающей функции, обеспечивающей плавную смену режимов, управление не терпит разрывов, а сам процесс управления проходит в соответствии с задаваемыми управляющими параметрами. Подход включает в себя механизм взаимодействия агентов, обеспечивающий отсутствие возможности их столкновения в процессе движения, а также равномерно распределяющий их по периметру искомой линии уровня.
3. Разработан эволюционный подход к решению задачи формирования траекторий движения группы агентов при коллективном осуществлении продолжительного мониторинга нестационарного поля. Проводить мониторинг предлагается на базе разбиения миссии на последовательность периодов планирования, по завершению каждого из которых производится корректировка текущей групповой стратегии. На каждом периоде необходимо строить маршруты агентов таким образом, чтобы обеспечить максимальное качество покрытия исследуемой области траекториями движения агентов, при этом гарантируя безопасное и своевременное возвращение каждого агента к точке его дислокации. Важной особенностью исследуемой задачи мониторинга является неравномерный вероятностный характер процедуры покрытия области. Математическая модель задачи мониторинга сформулирована в терминах циклической разновидности задач маршрутизации транспорта (Cyclic-VRP). Для ее эффективного решения разработан и программно реализован генетический алгоритм со специализированным набором операторов и эвристик. Кроме того, предложена алгоритмическая схема для осуществления эффективного разбиения миссии на смены в зависимости от критериев, определяющих качество групповой работы.



Проект РНФ № 22-21-00099 «Модели, методы и средства создания интегрируемых проблемно-ориентированных интеллектуальных помощников на основе модельно-ориентированного подхода»

№ гос. регистрации: 122011800202-5

Руководитель проекта – к.т.н. Юрин А.Ю.

Основные результаты:

1. Аналитический обзор для обоснования моделей, методов, средств и платформ для создания проблемно-ориентированного интеллектуальных помощников.

2. Принципы создания проблемно-ориентированных компонентов типа «интеллектуальный помощник» на основе цепочки модельных трансформаций, онтологического представления и стандартов OMG (MOF, XMI, UML).

3. Концептуальные вычислительно-независимые модели проблемно-ориентированного интеллектуального помощника, включая:

- типовую модель интеллектуального помощника;
- модели процесса поддержки принятия решений (включая, модели: контекста, диалога, решателей);
- модель проблемно-ориентированного интеллектуального помощника для решения задач поддержки принятия решений при техническом диагностировании воздушных судов.

4. Алгоритмы трансформации моделей для:

- построения модели предметной области (онтологии) на основе концептуальных моделей, описывающих как структурные, так и поведенческие аспекты;
- агрегирования моделей предметной области (онтология), полученных из разнородных источников информации;
- построения баз знаний на основе модели предметной области.

5. Концепция и прототип программной системы создания интеллектуальных помощников.

Проект РНФ № 22-21-00834 «Разработка эвристик для повышения эффективности современных алгоритмов решения проблемы максимальной выполнимости (MaxSAT)»

№ гос. регистрации: 122020900130-2

Руководитель проекта – н.с. С.Е. Кочемазов

В рамках проекта № 22-21-00834 исследованы вопросы повышения эффективности полных алгоритмов решения MaxSAT. Одним из наиболее продуктивных при решении MaxSAT является подход, в рамках которого алгоритм решения MaxSAT периодически вызывает SAT оракул (например, для проверки удовлетворения некоторого множества cardinality ограничений). От эффективности работы SAT решателя, выполняющего роль оракула, существенным образом зависит эффективность решения исходной MaxSAT задачи.



Применительно к оракулу, вызываемому при решении MaxSAT, исследована эффективность ряда эвристик, используемых в CDCL SAT-решателях. Более конкретно, MaxSAT-решатель RC2 был модифицирован таким образом, чтобы иметь возможность сохранять КНФ, на которых вызывается SAT-оракул. Далее было исследовано поведение SAT решателя, выполняющего роль оракула, на таких КНФ, а также исследованы и найдены дополнительные настройки эвристик, повышающие эффективность оракула на тестах, выбранных из недавних соревнований MaxSAT Evaluation. На основе полученных данных разработан модифицированный SAT-решатель, выполняющий роль оракула в MaxSAT решателе RC2.



ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ РОССИЙСКОГО ФОНДА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

По программам РФФИ выполнялись работы по проектам:

- | | |
|------------------|--|
| 20-07-00397 | «Разработка методов анализа и синтеза систем управления группировками автономных роботов на основе событий»
Руководитель проекта – к.т.н. С.А. Ульянов |
| 20-07-00407 А | «Технология математического моделирования естественнонаучных процессов на основе вырождающихся параболических уравнений»
Руководитель проекта – д.ф.-м.н. А.Л. Казаков |
| 20-47-380001 p_a | «Технология интеллектуальной и компьютерной поддержки исследований сложных уникальных систем на основе их математического моделирования и сценарного анализа с приложением к оценке состояния водных ресурсов Приангарья»
Руководитель проекта – к.ф.-м.н. А.А. Лемперт |
| 20-47-380002-p_a | «Математическое и информационное моделирование инфраструктурных объектов Байкальской природной территории»
Руководитель проекта – к.т.н. А.Г. Феоктистов |
| 20-47-383002 | «Исследование региональных транспортных систем на основе теории массового обслуживания (на примере Иркутской области)»
Руководитель проекта – к.т.н. М.Л. Жарков |
| 20-17-50233 | «Задачи размещения в области машинного обучения»
Руководитель проекта – к.ф.-м.н., А.В. Ушаков |

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ГРАНТЫ РФФИ

РФФИ №20-51-S52003 МНТ_a и Министерство по науке и технологиям Тайваня
«Численное решение эллиптических и параболических уравнений с особенностями,
основанное на интегральной записи»

Научный руководитель проекта от России – д.ф.-м.н. М.В. Булатов

Изучены частные случаи двумерных систем интегральных уравнений Вольтерра первого рода. К настоящему времени хорошо исследован подход, когда путем дифференцирования уравнений получают систему интегральных уравнений второго рода. Рассмотрен случай, когда указанный подход дает систему интегральных уравнений с тождественно вырожденной матрицей перед главной частью. В терминах матричных пучков сформулированы достаточные условия существования единственного гладкого решения.

Совместно с тайваньскими коллегами был выполнен анализ уравнения Лапласа в эллиптических областях с эллиптическими отверстиями. Для того чтобы преодолеть алгоритмическую сингулярность в задаче Дирихле, был применен метод двойственного нулевого поля.



ГРАНТЫ МИНОБРНАУКИ

Соглашение с Минобрнауки России №075-15-2020-787 от 30.09.2020. Крупный научный проект «Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории»

Научный руководитель проекта – академик И.В. Бычков

Одним из основных результатов является создание набора взаимосвязанных цифровых ресурсов и программно-реализованных методов обработки данных.

Основные компоненты цифровой платформы разработаны в предыдущие годы и реализуют основные этапы исследований: сбор данных – анализ – публикация. Все этапы работают на основе сервисов и могут применяться удаленно. В отчетном году в основном проводилась работы, связанные с доработкой выявленных недостатков в процессе эксплуатации, разработкой методов публикации данных и сервисов, стандартизацией сервисов по данным и т. д. Разработанная совокупность методов и технологий цифровых платформ, позволяет объединить в единую информационную среду на уровне алгоритмизированного сетевого взаимодействия независимых участников экологического мониторинга, что позволяет снизить транзакционные (временные) издержки и повысить эффективность проведения исследований экологической обстановки на БПТ. Инструментальная и инфраструктурная платформы включают в себя: систему алгоритмизированных взаимоотношений, объединенных единой информационной средой, модели и технологические разработки, пакеты цифровых технологий, сервисы обработки больших объёмов пространственно-временных данных, методы организации и планирования WPS-сервисов.

Научная новизна проведенных исследований заключается в том, что в отличие от существующих цифровых платформ проводились работы для реализации программного взаимодействия сервисов и автоматизации их композиции. Эти работы включают:

- стандартизация интерфейсов сервисов получения данных и их обработки;
- разработка каталогов для обмена метаданными;
- разработка требований к участникам проекта;
- создания сервисов предоставления данных в виде карт и графиков с типовыми интерфейсами и т. д.;
- разработка сервисов нормализации и конвертации данных;
- автоматизации формирования композиций сервисов на основе статистических данных применения сервисов.

Реализация программного взаимодействия сервисов помогает значительно упростить взаимодействие участников проекта, ускорить выполнение исследований.

Результаты раздела имеют большую научную и практическую значимость, новизну и восполняют существующий пробел в методах, моделях, технологиях и платформенном подходе комплексирования цифровых данных и сервисов мониторинга пространственно-временной структуры полей температуры воздуха и почвы, атмосферных осадков, потоков



солнечной радиации, скорости и направления ветра в пограничном слое атмосферы, полученных в БПТ, характеризующихся слабой редкой сетью метеорологических станций и научных стационаров.

Потребность в создании инфраструктурной платформы связана с активным развитием аппаратного и программно-алгоритмического обеспечения мониторинга природных объектов и процессов различными сенсорами. Реализованные методы, технологии и цифровые платформы позволяют поддерживать междисциплинарную интегрированность методов и технологий анализа и прогнозирования социально-эколого-экономического состояния БПТ, а также широкую информационную доступность получаемых результатов с целью прогнозирования основных рисков, связанных с экологической и антропогенной нагрузкой на природу.

Подход к прогнозированию риска (опасности) лесных пожаров на основе прецедентного подхода (Дородных Н.О., Николайчук О.А., Пестова Ю.В., Юрин А.Ю.)

Рассмотрены основные этапы процесса решения задачи прогнозирования риска лесных пожаров на основе прецедентного подхода, включая: предобработку данных, формирование модели прецедента, создание прототипа прецедентной экспертной системы, ее отладку и интеграцию в веб-сервис мониторинга лесных пожаров и оценку эффективности его работы. В качестве исходных данных использовалась информация о пожарах на территории Иркутской области за период с 2017 по 2020 гг. Апробация подхода осуществлена для Казачинско-Ленского и Бодайбинского лесничеств. По результатам оценки сделан вывод о необходимости применения комплекса разных методов (интеллектуальных анализ данных, нейросети) для более точного прогнозирования.

Разработаны **сервис-ориентированные средства, обеспечивающие автоматическое построение графиков, диаграмм для визуализации как табличных данных из ретроспективной базы данных, так и текущих значений параметров работы исследуемого инфраструктурного оборудования.** Данные средства обеспечивают управление параметрами диаграмм с помощью спецификаций источников данных. Каждая диаграмма позволяет задать вид диаграммы, количество источников (для временных рядов и столбцов), и также параметры легенды и надписей осей диаграмм. Таким образом, с помощью данных средств автоматизируются задачи построения графиков по заданным источникам данных, а также обеспечивается сохранение параметров графиков для повторного использования с новыми данными. Сервис-ориентированная архитектура разработанных средств позволяет интегрировать их со средствами разработки и анализа цифровых двойников.



ИССЛЕДОВАНИЯ ПО МОЛОДЕЖНЫМ ПРОЕКТАМ

СП-3931.2021.5. Костромин Р.О. «Разработка технологии автоматизации поставки и конфигурирования виртуализированного программного обеспечения цифровых двойников природосберегающего оборудования инфраструктурных объектов».

Результаты, полученные в 2022 г.:

1. Разработаны форматы данных и протоколы их передачи между компонентами разрабатываемой технологии автоматизации поставки и конфигурирования виртуализированного программного обеспечения цифровых двойников природосберегающего оборудования инфраструктурных объектов.

2. Разработаны методы, алгоритмы и система экспертной поддержки процесса управления конфигурациями виртуализированного программного обеспечения на основе характеристик средств реализации цифровых двойников природосберегающего оборудования инфраструктурных объектов.

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

Результаты, полученные в 2022 г.:

1. Метод классификации столбцов веб-таблиц с идентификацией ключевого (сущностного) столбца, определяющего смысловое наполнение таблицы, на основе техник распознавания именованных сущностей и регулярных выражений.

2. Гибридный метод семантической интерпретации (аннотирования) табличных данных на основе эвристических правил и глубоких нейросетевых моделей с использованием техник векторных представлений графов знаний.

Стипендии Президента РФ молодым ученым и аспирантам, осуществляющим перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики на 2021-2023 годы, получили:

Костромин Р.О., проект СП-3931.2021.5 «Разработка технологии автоматизации поставки и конфигурирования виртуализированного программного обеспечения цифровых двойников природосберегающего оборудования инфраструктурных объектов».

Дородных Н.О., проект СП-978.2022.5 «Методы и средство создания графов знаний на основе семантической интерпретации веб-таблиц в контексте обработки больших данных»



РАБОТЫ ПО РАЗВИТИЮ ИНФРАСТРУКТУРЫ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ИРКУТСКОГО НАУЧНО- ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА (ИИВС ИРНОК)

Руководитель – ак. И.В. Бычков

Отв. исполнители – д.т.н. Г.М. Ружников, к.т.н. Т.И. Маджара

Центр коллективного пользования

В отчетном году продолжал функционировать Телекоммуникационный центр коллективного пользования «Интегрированная информационно-вычислительная сеть Иркутского научно-образовательного комплекса» (ИрНОК). Фактическая загрузка оборудования ЦКП по данным официального Отчета о деятельности ЦКП в 2022 г. составила 100 %.

Развитие инфраструктуры

В отчетном году в Блоке ЭВМ осуществлен запуск первой очереди Центра обработки данных (ЦОД), общей площадью 128 кв.м.

В рамках проекта «Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории» материально-техническая база ИИВС ИРНОК на базе нового ЦОД развернут вычислительный GPU-кластер (рис.31).

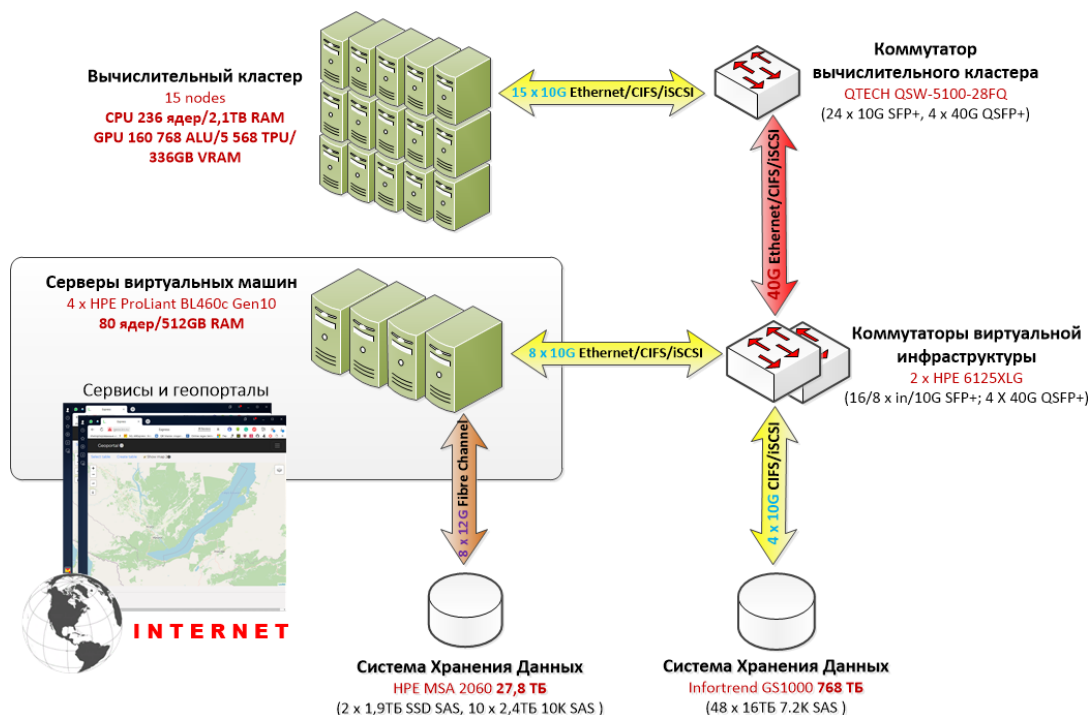


Рис. 31 Вычислительный GPU-кластер

Ситуационный Центр. В целях визуализации и обсуждения результатов работ современных высокопроизводительных вычислительных систем и специально разработанного программного обеспечения для поддержки комплексного научного онлайн-



мониторинга различных экологических показателей, анализа и прогнозирования состояния окружающей среды в рамках крупного научного проекта (КНП) «Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории» в 2022 г. на базе ИИВС открыт Ситуационный Центр цифрового мониторинга (рис. 32). Ввиду универсальности примененных подходов по созданию мультимедиа-инфраструктур Ситуационный Центр также стал востребованной площадкой для проведения тематических семинаров, видеоконференций и совещаний по вопросам научных проектов, ведущихся как ИДСТУ СО РАН, так и другими научными учреждениями.



Рис 32. Рабочее совещание в Ситуационном Центре

Развитие каналов связи.

В целях более глубокой интеграции с научно-образовательным сообществом в 2022 г. ИИВС присоединилась к НИКС (научно-исследовательская компьютерная сеть России) – крупнейшей в стране научно-образовательной телекоммуникационной сети, являющейся опорной сетью национального уровня, обладающей протяженной высокоскоростной магистральной инфраструктурой (более 5000 км) и международными каналами, обеспечивающими интеграцию с зарубежными научно-образовательными сетями. Канал, объединивший ИИВС и НИКС имеет пропускную способность до 10 Gb/s. Вместе с подключением к НИКС, пропускная способность основной магистрали ИИВС также увеличена до 10 Gb/s (рис. 3)



Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2022 г.

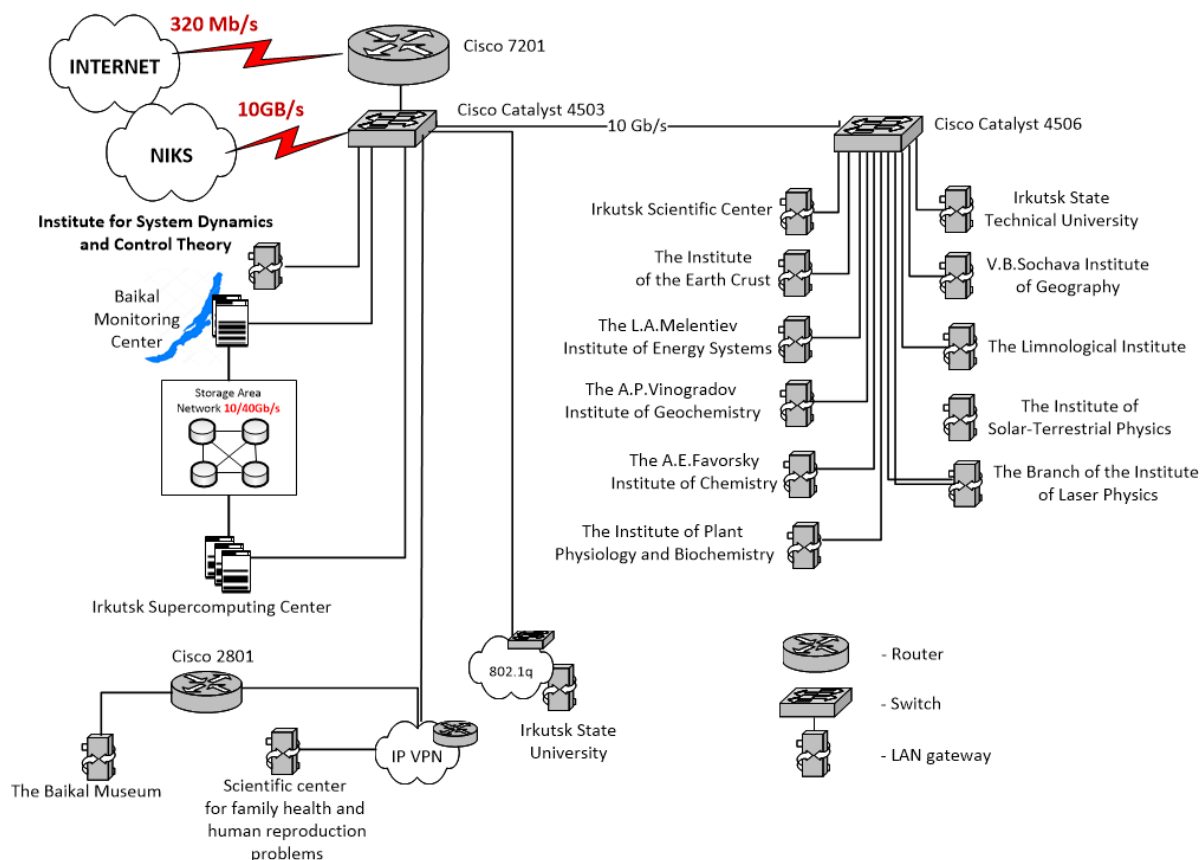


Рис 33. Схема ИИВС ИРНОК в 2022 г.

Техническое обслуживание и информационно-консультационное обеспечение. В течение года проводилось плановое техническое обслуживание, модернизация и сопровождение локально-вычислительных сетей, каналов связи, сетей, серверов, программно-аппаратных комплексов, систем и сетей хранения данных, а также инженерно-технического оборудования.

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



ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЕ ЦКП «ИРКУТСКИЙ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЙ ЦЕНТР СО РАН» (ИСКЦ)

Руководитель – ак. И.В. Бычков

Исполнители – к.т.н. А.П. Новопашин, к.т.н. И.А. Сидоров, Р.О., к.т.н. Костромин

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

1. В рамках модернизации оборудования ЦКП ИСКЦ подготовлен и реализован государственный контракт на поставку вычислительного сервера с графическими процессорами NVidia A100 «Ampere», предназначенного для решения задач высокопроизводительных вычислений (HPC) и искусственного интеллекта (AI/ML/DL). Пиковая производительность сервера: 78 Tflops (FP64 Tensor) / 624 Tflops (TF32); производительность на тестах: 59 Tflops (HPL) / 232 Tflops (HPL-AI).

2. В соответствии с запросом Минобрнауки России № МН-13/1137 от 20.07.2022 г. подготовлены и направлены в министерство перечень и спецификация оборудования ЦКП ИСКЦ, необходимого для увеличения вычислительной мощности центра коллективного пользования до ~1 Pflops (FP64).

3. В целях дальнейшего развития ЦКП ИСКЦ разработан эскизный проект второй очереди центра, предполагающий строительство на территории института здания площадью 2000 кв. м, оснащение здания современными инженерными подсистемами и последующего размещения в нем вычислительного оборудования мощностью до 100 Pflops. Проект планируется реализовать на принципах государственно-частного партнерства.

4. Участие в конкурсе РНФ № 79 на получение грантов по мероприятию «Проведение исследований на базе существующей научной инфраструктуры мирового уровня». Сформирован комплект заявок, в которых ЦКП ИСКЦ задействован в качестве объекта научной инфраструктуры.

5. Участие в заседаниях Совета по суперкомпьютерным вычислениям СО РАН, в том числе с докладом, посвященным деятельности ЦКП ИСКЦ и перспективам развития супервычислений в СО РАН.

6. Проведение экскурсий в ЦКП ИСКЦ в рамках Дня науки и научных мероприятий, проводимых в ИДСТУ СО РАН.

7. Обеспечение непрерывного функционирования оборудования ЦКП ИСКЦ, в том числе:

- ремонт и восстановление системы хранения данных;
- переосвидетельствование модулей системы автоматического пожаротушения;
- организация и проведения планового технического обслуживания оборудования вычислительной и инженерной инфраструктуры с привлечением сторонних организаций;

- сопровождение программного обеспечения.

8. Работа с пользователями ЦКП ИСКЦ, в том числе:

- заключение договоров,
- регистрация и инструктаж новых пользователей,
- обработка обращений пользователей в службу технической поддержки,
- информационно-методическая поддержка пользователей ЦКП ИСКЦ – обновление материалов, размещаемых на сайте ЦКП ИСКЦ <http://hpc.icc.ru>.

9. Поддержание в актуальном состоянии документов, регламентирующих деятельность ЦКП ИСКЦ (в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 17 мая 2016 года №429).

10. Подготовка отчета о деятельности ЦКП ИСКЦ по запросу Минобрнауки России.



ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В 2022 г. получено 11 свидетельств о государственной регистрации результатов интеллектуальной деятельности:

1. Федоров Р.К., Авраменко Ю.В. Программа расчета спектральных индексов и построения композитного отображения для космоснимков Sentinel-2: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2022615805 от 04.04.2022. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2022.
2. Попова А.К. Программа для обработки спутниковых данных о загрязнении атмосферного воздуха: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2022615806 от 04.04.2022. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2022.
3. Дородных Н.О., Юрин А.Ю. iDSS.Desktop: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2022617130 от 19.04.2022. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2022.
4. Горский С.А. Средства обработки и анализа природно-климатических данных экологического мониторинга: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2022661560 от 23.06.2022. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2022.
5. Денисова Д.А., Дородных Н.О., Юрин А.Ю. OntoGen: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2022664022 от 22.07.2022. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2022.
6. Дородных Н.О., Шпаченко Д.Н., Юрин А.Ю. State Transition Diagram Editor: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2022664023 от 22.07.2022. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2022.
7. Павлов А.И., Столбов А.Б., Лемперт А.А. Веб-ориентированная программная система поддержки исследований водных объектов: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2022667441 от 21.09.2022. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2022.
8. Свирина С.В. Аддитивный сплайн-коллокационный метод: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2022669055 от 15.10.2022. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2022.
9. Свирина С.В. Аддитивный сплайн-коллокационный метод с расщеплением: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2022669056 от 15.10.2022. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2022.
10. Пашинин А.А., Богданова В.Г. Микросервис-ориентированный параллельный решатель



проверки выполнимости булевых ограничений MSCSAT : Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2022669091 от 17.10.2022. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2022.

11. Костромин Р.О. Средство автоматизации конфигурирования информационно-вычислительных ресурсов среды имитационного моделирования: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2022684064 от 12.12.2022. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2022.

НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

УЧЕНЫЙ СОВЕТ

Ученый совет Института утвержден приказом директора ИДСТУ СО РАН № 15 от 27.05.2022 г. В 2022 году проведено 11 заседаний, на которых рассматривались вопросы научной и научно-организационной деятельности. Заслушаны отчеты о результатах НИР по плановым темам Института за 2022 г., проведены конкурсы на замещение должностей научных работников, утверждены темы НИР, выдвигаемые для участия в конкурсах.

ДИССЕРТАЦИОННЫЙ СОВЕТ

Диссертационный совет Д 003.021.01 утвержден при ИДСТУ СО РАН приказом Высшей аттестационной комиссии РФ от 2 ноября 2007 г. № 2249-1522.

Срок полномочий Совета продлен на период действия Номенклатуры специальностей научных работников, учрежденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59, с правом принимать к защите диссертации по специальностям:

01.01.02 – Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление (физико-математические науки);

05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в технике, экологии и экономике, физико-математические науки);

05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей (технические науки).

В диссертационном совете в 2022 г. состоялись защиты двух диссертаций на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.11 Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей:

Феоктистовым А.Г. на тему «Организация предметно-ориентированных распределенных вычислений в гетерогенной среде на основе мультиагентного управления заданиями» (дата защиты – 07.04.2022). Научный консультант – ак. Бычков И.В.;

Юриным А.Ю. на тему «Методы и программные средства создания интеллектуальных систем с декларативными базами знаний на основе модельных трансформаций» (дата защиты – 20.09.2022). Научный консультант – ак. Бычков И.В.

НАУЧНЫЕ КАДРЫ

По состоянию на 31 декабря 2022 г. в Институте работали 140 человек, из них 79 – научные работники, в том числе 1 действительный член РАН, 1 член-корреспондент РАН, 23 доктора наук и 47 кандидатов наук.

Возрастная структура кадров по категории штатных научных работников приведена в таблице

Научные работники	до 39 лет	40–60 лет	61–64 лет	65 лет и старше
Академики	–	1	–	–
Чл.-к. РАН	–	–	–	1
Доктора наук	–	7	3	13
Кандидаты наук	17	24	3	3
Без ученой степени	7	1	–	–
Всего	24	33	6	17

Средний возраст:	докторов наук	– 67,0
	кандидатов наук	– 44,2
	научных работников без степени	– 32,0

Всего в 2022 году (по состоянию на 31.12.2022) в Институте обучалось 8 аспирантов.

КОНФЕРЕНЦИИ И СЕМИНАРЫ

Институтом в 2021 году организованы и проведены:

1. IV Международный семинар по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (IV International Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments, ICCS-DE 2022), 4-8 июля 2022 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН (смешанный формат).
2. 7-я Международная школа-семинар «Нелинейный анализ и экстремальные задачи» НЛА-2022 (7th International School-Seminar «Nonlinear Analysis and Extremal Problems», NLA-2022), 15-22 июля 2022 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН (смешанный формат).
3. 38 Международная конференция Ляпуновские чтения, 5–9 декабря 2022 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН.

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 в Институте математики, экономики и информатики Иркутского государственного университета (кафедра Информационных



технологий – базовая ИДСТУ СО РАН), ведут преподавательскую работу в Байкальском государственном университете экономики и права, Иркутском национальном исследовательском техническом университете, Иркутском государственном университете путей сообщения, на факультете сервиса и рекламы Иркутского государственного университета, в Бурятском государственном университете.

ЧЛЕНСТВО В СОВЕТАХ РАН И СО РАН

- Президиум РАН – ак. И.В. Бычков.
- Президиум СО РАН – 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 по сотрудничеству Сибирского отделения РАН с Академией наук Монголии ак. И.В. Бычков.
- Объединенный ученый совет СО РАН (ОУС СО РАН) по машиностроению, механике, энергетике и процессам управления – к.т.н. Н.Н. Максимкин.
- Объединенный ученый совет СО РАН по нанотехнологиям и информационным технологиям – ак. И.В. Бычков, д.т.н. Г.М. Ружников.
- Научный совет РАН по глобальным экологическим проблемам – ак. И.В. Бычков.
- 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.
- Межакадемический совет по проблемам развития Союзного государства – ак. И.В. Бычков.
- Объединенный ученый совет СО РАН по нанотехнологиям и информационным технологиям – д.ф.-м.н. А.К. Казаков.
- 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.



ЧЛЕНСТВО В НАЦИОНАЛЬНЫХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

- Mathematical Optimization Society (MOS) – д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский.
- Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM) – 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.
- International Society of Difference Equations (ISDE) – к.ф.-м.н. А.К. Свинин.
- International Association of Applied Mathematics and Mechanics (GAMM) – д.ф.-м.н. А.Л. Баландин.
- Международная общественная организация «Академия навигации и управления движением» – д.ф.-м.н. А.В. Лакеев.
- Российский национальный комитет по автоматическому управлению (РНКАУ) – д.ф.-м.н. Финогенко И.А.
- Бюро Российского Национального Комитета по Автоматическому Управлению – д.ф.-м.н. Лакеев А.В.
- Российская ассоциация искусственного интеллекта – к.т.н. А.Б. Столбов.

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 НАУЧНЫХ ИЗДАНИЙ

- Автометрия – ак. И.В. Бычков.
- Вестник Бурятского государственного университета. Серия «Математика, информатика» – д.ф.-м.н. А.В. Лакеев.
- Вестник компьютерных и информационных технологий – ак. И.В. Бычков.
- Вестник НГУ. Информационные технологии – ак. И.В. Бычков.
- Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления – д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский.
- Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии – д.т.н. Г.А. Опарин.
- Вычислительные технологии – ак. И.В. Бычков.
- Известия Иркутского государственного университета. Серия «Математика» – ак. И.В. Бычков, д.ф.-м.н. В.А. Дыхта, д.ф.-м.н. А.Л. Казаков, чл.-к. РАН А.А. Толстоногов (гл. редактор).
- Известия Байкальского государственного университета – ак. И.В. Бычков.
- Информационные технологии – ак. И.В. Бычков.
- Информационные и математические технологии в науке и управлении – д.т.н. А.Ю. Горнов.
- Подводные исследования и робототехника – ак. И.В. Бычков.
- Программные системы: теория и приложения – ак. И.В. Бычков.
- Сибирский журнал индустриальной математики – чл.-к. РАН А.А. Толстоногов.
- Системы управления, связи и безопасности – к.т.н. А.Г. Феоктистов.



- Современные технологии. Системный анализ. Моделирование – ак. И.В. Бычков.
- Управление большими системами – ак. И.В. Бычков, д.ф.-м.н. А.В. Лакеев.
- Искусственный интеллект и принятие решений – ак. И.В. Бычков.
- Экология и защита окружающей среды (КНР) – д.т.н. А.Ф. Берман.
- Computer Communication & Collaboration – к.т.н. А.Ю. Юрин.
- Discussiones Mathematicae, Differential Inclusions, Control and Optimization – чл.-к. РАН А.А. Толстоногов.
- Industry 4.0 – ак. И.В. Бычков.
- Journal of Optimization Theory and Applications (Springer) – д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский.
- Journal of Communications in Optimization Theory – д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский.
- Спецвыпуск «International Journal of Artificial Intelligence» по итогам International Conference, MOTOR 2021 (Irkutsk, Russia, July 5–10, 2021) – к.ф.-м.н. Т.В. Груздева (приглашенный редактор).
- Numerical Algebra, Control and Optimization, USA – д.т.н. А.Ю. Горнов.
- Chinese Journal of Artificial Intelligence – ак. И.В. Бычков.
- Информационные и математические технологии в науке и управлении – д.ф.-м.н. А.Л. Казаков.

ЧЛЕНСТВО В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СОВЕТАХ И КОМИССИЯХ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ 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, д.т.н. Г.М. Ружников.
- 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, д.т.н. Ружников Г.М.
- 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.
- 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. Малтугова.
- Иркутское отделение Российского научного общества анализа риска – д.т.н. А.Ф. Берман (председатель).
- Иркутское отделение Российской ассоциации искусственного интеллекта – д.т.н. О.А. Николайчук (председатель).
- Российская ассоциация искусственного интеллекта (РАИИ) – д.т.н. А.Ф. Берман, д.т.н. О.А. Николайчук, к.т.н. А.Ю. Юрин.
- Молодежная секция Координационного совета по науке при губернаторе Иркутской области – к.ф.-м.н. М.В. Старицын.
- Совет молодых учёных и специалистов (СМУС) при губернаторе Иркутской области – к.т.н. А.А. Михайлов, к.ф.-м.н. С.П. Сорокин.
- Научно-технический совет при Минобрнауки по вопросам проведения научных исследований по влиянию изменений уровня воды озера Байкал на состояние его уникальной экосистемы, рассмотрению результатов указанных научных исследований – ак. И.В. Бычков.
- Управляющий совет по комплексному развитию Байкальского муниципального образования при Губернаторе Иркутской области – ак. И.В. Бычков.
- Координационный совет по развитию профессиональных квалификаций и внедрению регионального стандарта кадрового обеспечения промышленного роста при Губернаторе Иркутской области – ак. И.В. Бычков.
- Правление Экологического фонда Иркутской области «Сохрани Байкал» – ак. И.В. Бычков.

ЭКСПЕРТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Пятеро научных сотрудников ИДСТУ СО РАН являются экспертами РАН, шестеро – экспертами РФФИ, двое 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 2022 году сотрудниками ИДСТУ СО РАН совершено 12 выездов в зарубежные командировки в Монголию для участия в работе международных конференций и семинаров и решения научно-организационных вопросов.

2. Сотрудничество с зарубежными научными центрами

Проводились научные исследования:

1) по договору между ИДСТУ СО РАН и представительством компании Huawei в России ООО «Техкомпания Хуавэй» (Huawei Technologies Co. Ltd) на выполнение научно-исследовательской работы «Распознавание образов задач библиотеки GTSlib на основе их общих формулировок MIP», руководитель проекта старший научный сотрудник лаборатории 6.1 Невыпуклой оптимизации к.ф.-м.н. Т.В. Груздева;

2) по договору между ИДСТУ СО РАН и представительством компании Huawei в России ООО «Техкомпания Хуавэй» (Huawei Technologies Co. Ltd) на выполнение научно-исследовательской работы «Решение задач управления энергетическими системами», руководитель проекта главный научный сотрудник лаборатории 6.1 Невыпуклой оптимизации д.ф.-м.н. Д.Н. Сидоров.

В настоящее время ИДСТУ СО РАН имеет 12 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);
- Centro de Investigacion Cientifica y de Educacion Superior de Ensenada (CICESE) (Мексика);
- K.N. Toosi University of Technology (Иран).
- Научно-исследовательским и инновационным центром Университета Седжонг (Республика Корея);
- Xiamen Kuaishangtong Technologies Co., Ltd (Китай);
- Ляонинским университетом (Liaoning Shihua University) (Китай);
- Объединенным институтом проблем информатики НАН Беларуси (Республика Беларусь).
- Институтом математики и цифровых технологий Академии наук Монголии (Монголия).



3. Приём иностранных учёных

№ п/п	ФИО	Страна	Организация, должность	Дата визита	Цель визита
1	Джу Цзиньвэй, Jinwei Zhu	КНР	Российский исследователь- ский институт Хуавэй, директор Новосибирского исследовательского центра	18.03.2022	Обсуждение перспектив дальнейшего научного сотрудничества между иркутскими учеными и Техкомпанией Хуавэй
2	Цзи Джен, Jie Ren	КНР	Российский исследователь- ский институт Хуавэй, главный инженер	14-16.03.2022, 18.03.2022	
3	Вэньтао Чэн, Wentao Cheng	КНР	Российский исследователь- ский институт Хуавэй, главный инженер	18.03.2022	
4	Дапэн Чай, Dapeng Chai	КНР	Российский исследователь- ский институт Хуавэй, главный инженер	18.03.2022	
5	Лихуа Сюй, Lihua Xu	КНР	Российский исследователь- ский институт Хуавэй, главный инженер	18.03.2022	
6	Вэй Хуан, Wei Huang	КНР	Российский исследователь- ский институт Хуавэй, главный инженер	18.03.2022	
7	Юйлей Сяо, Yulei Xiao	КНР	Российский исследователь- ский институт Хуавэй, главный инженер	18.03.2022	
8	Сюйин Чень, Xujin Chen	КНР	Российский исследователь- ский институт Хуавэй, главный инженер	18.03.2022	
9	Вэй Хуан, Wei Huang	КНР	Российский исследователь- ский институт Хуавэй, главный инженер	18.03.2022	
10	Вэйхан Жан, Wei Han Zhang	КНР	Российский исследователь- ский институт Хуавэй, главный инженер	18.03.2022	
11	Хон Сюй, Hong Sui	КНР	Российский исследователь- ский институт Хуавэй, главный инженер	18.03.2022	
12	Юин Сон, Yuying Song	КНР	Российский исследователь- ский институт Хуавэй, специалист по кадрам	18.03.2022	
13	Баатар Отгонгэрэл, Baatar Otgongerel	Монголия	Институт физики и технологий Академии наук Монголии, руководитель исследовательской группы, кандидат наук		Участие в работе Междунар. научной конференции «Россия и



Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2022 г.

№ п/п	ФИО	Страна	Организация, должность	Дата визита	Цель визита
14	Базар Буянтогтох, Bazar Buyantogtokh	Монголия	Институт астрономии и геофизики Академии наук Монголии, научный сотрудник		Монголия: результаты и перспективы научного сотрудничества», приуроченной к 100-летию установления дипломатических связей и 50-летию открытия Генерального консульства Монголии в Иркутске
15	Балт Батгерел, Balt Batgerel	Монголия	Институт математики и цифровых технологий Академии наук Монголии, нач. сектора, к.ф.-м.н.		
16	Батсайхан Цэрэнпил, Batsaikhan Tserenpil	Монголия	Институт астрономии и геофизики Академии наук Монголии, зав. лаб., к.г.-м.н.		
17	Баттуулай Цэгмэд, Battuulai Tsegmed	Монголия	Институт астрономии и геофизики Академии наук Монголии		
18	Баяр Бат-Эрдэнэ, Bayar Bat-Erdene	Монголия	Монгольский государственный университет науки и технологий		
19	Даваажав Эрдэнэчимэг, Davaajav Erdenechimed	Монголия	Институт геологии Академии наук Монголии, зав. лаб.		
20	Дугэр Рэгдэл, Duger Regdel	Монголия	Академия наук Монголии, президент		
21	Дэмбэрэлдулам Мунхжаргал, Dembereldulam Munkhjargal	Монголия	Институт астрономии и геофизики Академии наук Монголии, научный сотрудник		
22	Жадамба Норовсүрэн, Jadambaa Norovsuren	Монголия	Институт биологии Академии наук Монголии, академик, д.б.н.		
23	Жугдэрдэмидийн Гурагчаа, Jugderdemid Gurrachaa	Монголия	Институт астрономии и геофизики Академии наук Монголии, руководитель Астропарка		
24	Лхагва Дагзинмаа, Lkhagva Dagzinmaa	Монголия	Институт астрономии и геофизики Академии наук Монголии, научный сотрудник		Участие в работе Междунар. научной конференции «Россия и Монголия: результаты и перспективы научного сотрудничества», приуроченной к 100-летию установления дипломатических связей и 50-летию открытия Генерального консульства
25	Нямдорж Цогбадрах, Nyamdorj Tsogbadrakh	Монголия	Национальный центр по изучению зоонозных инфекций Монголии		



Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2022 г.

№ п/п	ФИО	Страна	Организация, должность	Дата визита	Цель визита
26	Мьягмарсүрэн Батмунх, Myagmarsuren Batmunkh	Монголия	Монгольский государственный университет науки и технологий, младший научный сотрудник		Монголии в Иркутске
27	Нямдорж Эрдэнэбат, Nyamdorj Erdenebat	Монголия	Национальный центр по изучению зоонозных инфекций Монголии		
28	Содномсамбуу Дэмбэрэл, Sodnomsambuu Demberel	Монголия	Институт астрономии и геофизики Академии наук Монголии, директор		
29	Сухбат Соёлмаа, Sukhbat Soyolmaa	Монголия	Институт философии Академии наук Монголии, старший научный сотрудник сектора философии, к.филос.н.		
30	Сэрээтэрийн Батмунх, Sereeter Batmunkh	Монголия	Монгольский государственный университет науки и технологий		
31	Цагаан Баасанбат, Tsagaan Baasanbat	Монголия	Институт астрономии и геофизики Академии наук Монголии		
32	Церендаш Наранцэцэг, Tserendash Narantsetseg	Монголия	Институт геологии Академии наук Монголии, ведущий научный сотрудник		
33	Чойндонжамц Эрдэнэжаргал, Choindonjamts Erdenejargal	Монголия	Институт геологии Академии наук Монголии, научный сотрудник		
34	Эрдэнэцогт Номин-Эрдэнэ, Erdenetsogt Nomin- Erdene	Монголия	Институт астрономии и геофизики Академии наук Монголии, научный сотрудник		
35	Лхунрэв Роломжав, Lkhunrev Rolomjav	Монголия	Национальный центр по изучению зоонозных инфекций Монголии		
36	Кортес Мендоса Хорхе Марио, Cortes Mendoza Jorge Mario	Мексика	Южно-Уральский государственный университет, профессор, старший научный сотрудник кафедры «Электронные	04-09.07.2022	Участие в работе IV Междунар. семинара по информационным, вычислительным



№ п/п	ФИО	Страна	Организация, должность	Дата визита	Цель визита
			вычислительные машины»		и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2022)
37	Базаррагчаа Барсболд, Bazarragchaа Barsbold	Монголия	Монгольский государственный университет, Школа прикладных наук и инженерии, доцент факультета прикладной математики, профессор	13-19.07.2022	Участие в работе VII Междунар. школы-семинара «Нелинейный анализ и экстремальные задачи» (НЛА-2022)
38	Гайко Валерий Александрович	Республика Беларусь	Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси, ведущий научный сотрудник	15-22.07.2022	
39	Кругер Александр Яковлевич	Республика Беларусь	Центр информатики и прикладной оптимизации Федерального университета Австралии, профессор	14-23.07.2022	

4. Проведение международных конференций

1. Международная научная конференция «Россия и Монголия: результаты и перспективы научного сотрудничества», приуроченная к 100-летию установления дипломатических связей и 50-летию открытия Генерального консульства Монголии в Иркутске, 6-9 апреля 2022 года, г. Иркутск, Иркутский филиал СО РАН, Сибирское отделение РАН, Академия наук Монголии, ИДСТУ СО РАН и др. научные учреждения ИрФ СО РАН (смешанный формат).

2. IV Международный семинар по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (IV International ICCS-DE 2022), 4-8 июля 2022 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН (смешанный формат).

3. 7-я Международная школа-семинар «Нелинейный анализ и экстремальные задачи» НЛА-2022 (7th International School-Seminar «Nonlinear Analysis and Extremal Problems», NLA-2022), 15-22 июля 2022 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН (смешанный формат).

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

Членство в международных научных организациях:

- Mathematical Optimization Society (MOS) – д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский.



- Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM) – 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.
- International Society of Difference Equations (ISDE) – к.ф.-м.н. А.К. Свинин.
- International Association of Applied Mathematics and Mechanics (GAMM) – д.ф.-м.н. А.Л. Баландин.
- Международная общественная организация «Академия навигации и управления движением» – д.ф.-м.н. А.В. Лакеев.

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.
- Computer Communication & Collaboration – к.т.н. А.Ю. Юрин.
- Journal of Optimization Theory and Applications (Springer) – 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.
- Symmetry-Basel, Switzerland – д.ф.-м.н. А.Л. Казаков.
- «International Journal of Artificial Intelligence» – к.ф.-м.н. Т.В. Груздева (приглашённый редактор).



ПЕРЕЧЕНЬ ПУБЛИКАЦИЙ И ПОЛУЧЕННЫХ ПАТЕНТОВ

Монографии и главы в монографиях

1. Бычков И.В., Ружников Г.М., Федоров Р.К., Хмельнов А.Е., Попова А.К., Авраменко Ю.В., Парамонов В.В., Михайлов А.А., Фереферов Е.С., Гаченко А.С., Юрин А.Ю., Николайчук О.А., Дородных Н.О., Феоктистов А.Г. Концептуальные основы инструментальной, инфраструктурной и прикладной цифровой платформ экологического мониторинга. Новосибирск: СО РАН, 2022. С. 12-50.
2. Бычков И.В., Ружников Г.М. и др. Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории. Новосибирск: СО РАН, 2022. 350 с.

Статьи в российских журналах

3. Аникин А.С., Матюхин В.В., Пасечнюк Д.А. Ускоренные проксимальные оболочки: применение к покомпонентному методу // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2022. Т. 62, № 2. С. 342-352.
4. Аникин И.В., Жевлаков А.С. О теореме декомпозиции для глюонов // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2022. Т. 162, № 1. С. 87-95.
5. Башарина О.Ю. Методика сбора, обработки и анализа социально-экономических данных в рамках математического и информационного моделирования объектов Байкальской природной территории // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 7. С. 21-25.
6. Берман А.Ф. Катастрофические отказы сложных механических систем как следствие чувствительности начальных условий // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2022. № 5. С. 15-32.
7. Блашке Д., Фризен А.В., Калиновский Ю.Л., Раджабов А.Е. Диссоциация Мотта и отношение каонов к пионам в модели EPNJL // Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2021. Т. 52, № 4. С. 911-912.
8. Булатов М.В., Маркова Е.В. Коллокационно-вариационные подходы к решению интегральных уравнений Вольтерра I рода // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2022. Т. 62, № 1. С. 105-112.
9. Булатов М.В., Соловарова Л.С. О двумерных системах интегральных уравнений Вольтерра первого рода // Итоги науки и техники. Сер. Современная математика и ее приложения. 2022. № 208. С. 3-10.
10. Булатов М.В., Соловарова Л.С. О системах интегро-дифференциальных и интегральных уравнений с тождественно вырожденной матрицей перед главной частью // Дифференциальные уравнения. 2022. Т. 58, № 9. С. 1226-1233.
11. Бычков И.В., Ружников Г.М., Федоров Р.К., Попова А.К., Будээбазар А., Балт Б., Ууганбаатар Д. Цифровая трансформация экологического мониторинга оз. Хубсугул и Прихубсугулья // Вычислительные технологии. 2022. Т. 27, № 5. С. 14-29.
12. Бычков И.В., Феоктистов А.Г., Горский С.А., Костромин Р.О., Федоров Р.К. Автоматизация интеграции сервисов веб-обработки данных экологического мониторинга с распределенными научными приложениями // Автметрия. 2022. Т. 58, № 4. С. 67-75.
13. Бычков И.В., Феоктистов А.Г., Костромин Р.О., Башарина О.Ю., Сидоров И.А. Моделирование работы природосберегающего оборудования инфраструктурных объектов в микросервисной среде // Вычислительные технологии. 2022. Т. 27, № 5. С. 30-42.



14. Бычков И.В., Фереферов Е.С. Цифровые технологии мониторинга и прогнозирования экологической обстановки в Сибири // Вестник Российской академии наук. 2022. Т. 92, № 4. С. 315-323.
15. Герцекович Д.А., Башарина О.Ю., Ларин С.Н., Подлиняев О.Л. Формирование национальных инвестиционных стратегий на базе экономических индексов // Финансовый бизнес. 2022. № 7 (229). С. 22-29.
16. Горнов А.Ю., Аникин А.С., Зароднюк Т.С., Сороковиков П.С. Модификация алгоритма доверительного бруса, основанного на аппроксимации главной диагонали матрицы Гессе, для решения задач оптимального управления // Автоматика и телемеханика. 2022. № 10. С. 122-133.
17. Горнов А.Ю., Аникин А.С., Сороковиков П.С., Зароднюк Т.С. Технология параллельной оптимизации для атомно-молекулярных кластеров Морса // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2021. № 4 (24). С. 60-67.
18. Данеев А.В., Русанов В.А., Плеснев П.А. О реализации принципа суперпозиции для конечного пучка интегральных кривых билинейной системы второго порядка. I // Известия Самарского научного центра РАН. 2022. Т. 24, № 1(105). С. 59-66.
19. Дородных Н.О., Николайчук О.А., Пестова Ю.В., Юрин А.Ю. Использование прецедентного подхода для прогнозирования риска лесных пожаров // Вычислительные технологии. 2022. Т. 27, № 5. С. 43-54.
20. Дородных Н.О., Николайчук О.А., Юрин А.Ю. Использование онтологических шаблонов содержания при построении баз знаний для технического обслуживания и ремонта авиационной техники // Онтология проектирования. 2022. Т. 12, № 2 (44). С. 158-171.
21. Дородных Н.О., Юрин А.Ю. Подход к автоматизированному наполнению графов знаний сущностями на основе анализа таблиц // Онтология проектирования. 2022. Т. 12, № 3 (45). С. 336-352.
22. Дыхта В.А. Позиционный принцип минимума: вариационное усиление понятий экстремальности в оптимальном управлении // Известия Иркутского гос. ун-та. Сер. Математика. 2022. Т. 41. С. 19-39.
23. Дыхта В.А. О множестве необходимых условий оптимальности с позиционными управлениями, порожденном слабо убывающими решениями неравенства Гамильтона - Якоби // Труды института математики и механики УрО РАН. 2022. Т. 28, № 3. С. 83-93.
24. Еделев А.В., Береснева Н.М., Горский С.А. Анализ уязвимости энергетической инфраструктуры и его реализация // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 1. С. 47-52.
25. Жарков М.Л., Супруновский А.В. О моделировании железнодорожных узлов на основе теории массового обслуживания // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2022. № 1 (25). С. 120-132.
26. Иртегов В.Д., Титоренко Т.Н. Об одном подходе к качественному исследованию нелинейной динамической системы // Сибирский журнал вычисл. математики. 2022. Т. 25, № 1. С. 59-75.
27. Иртегов В.Д., Титоренко Т.Н. О качественном анализе уравнений движения твердого тела в магнитном поле // Сибирский журнал индустриальной математики. 2022. Т. 25, № 1. С. 54-66.
28. Казаков А.Л., Жарков М.Л., Супруновский А.В. О моделировании трансграничных российско-монгольских железнодорожных перевозок // Вестник УрГУПС. 2022. № 3. С. 23-32.



29. Казаков А.Л., Кузнецов П.А. Аналитические решения с нулевым фронтом для нелинейной вырождающейся параболической системы // Дифференциальные уравнения. 2022. Т. 58, № 11. С. 1461-1470.
30. Казаков А.Л., Кузнецов П.А., Спевак Л.Ф. Построение решений вырождающейся системы «реакция-диффузия» в случаях цилиндрической и сферической симметрии при нелинейностях общего вида // Итоги науки и техники. Современная математика и ее приложения. 2022. Т. 213. С. 54-62.
31. Казаков А.Л., Лемперт А.А. Точные решения типа диффузионных волн для нелинейного вырождающегося параболического уравнения второго порядка // Труды института математики и механики УрО РАН. 2022. Т. 28, № 3. С. 114-128.
32. Казаков А.Л., Спевак Л.Ф. Решения нелинейной вырождающейся системы «реакция-диффузия», имеющие тип диффузионных волн с двумя фронтами // Прикладная механика и техническая физика. 2022. Т. 63, № 6. С. 1-12.
33. Казаков А.Л., Спевак Л.Ф., Чуев Н.П. Аналитическое и численное исследование динамики свободной границы изолированной массы самогравитирующего газа // Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures. 2022. № 4. С. 61-80.
34. Косов А.А. Об аналогах случая Бобылева–Стеклова для гиростата при действии момента гироскопических сил // Прикладная математика и механика. 2022. Т. 86, № 3. С. 299-312.
35. Косов А.А. Об аналогах случая Гесса для гиростата при действии момента гироскопических и циркулярных сил // Прикладная математика и механика. 2022. Т. 86, № 6. С. 839-856.
36. Косов А.А., Семенов Э.И. On the Movement of Gyrostat under the Action of Potential and Gyroscopic Forces // Журнал СВМО. 2022. Т. 24, № 1. С. 66–75.
37. Косов А.А., Семенов Э.И. Метод редукции и новые точные решения многомерного уравнения нелинейной теплопроводности // Дифференциальные уравнения. 2022. Т. 58, № 2. С. 185-191.
38. Костромин Р.О. Стенд имитационного моделирования и визуализации процессов работы инфраструктурных объектов // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 1. С. 59-64.
39. Кузнецов П.А. Аналитические диффузионные волны в нелинейной параболической модели «хищник – жертва» // Труды института математики и механики УрО РАН. 2022. Т. 28, № 2. С. 158-167.
40. Лакеев А.В., Линке Ю.Э., Русанов В.А. Метрические свойства оператора Релея-Ритца // Известия вузов. Математика. 2022. № 9. С. 54-63.
41. Лебедев П.Д., Лемперт А.А., Казаков А.Л. Алгоритмы построения оптимального покрытия плоских фигур в динамической метрике // Известия Института математики и информатики Удмуртского гос. ун-та. 2022. Т. 60. С. 58-72.
42. Михайлов А.А. Автоматическая разметка данных для сегментации изображений документов с использованием глубоких нейронных сетей // Труды ИСП РАН. 2022. Т. 34, № 6.
43. Новиков М.А. Об устойчивости одного стационарного движения механической системы с частным интегралом Гесса // Вестник Бурятского гос. ун-та. Математика, информатика. 2022. № 2. С. 85-101.
44. Опарин Г.А., Богданова В.Г., Пашинин А.А. Технология качественного исследования двойных динамических систем в микросервисной инфраструктуре // Информационные и математические технологии. 2022. № 4(28). С. 144–155.
45. Погодаев Н.И., Старицын М.В. Нелокальные уравнения баланса с параметром в пространстве знакопеременных мер // Математический сборник. 2022. Т. 213, № 1. С. 69-94.



46. *Свинина С.В.* Об устойчивости сплайн-коллокационной разностной схемы для линейных многомерных дифференциально-алгебраических систем // Известия вузов. Сер. Математика. 2022. № 8. С. 69–80.
47. *Семенов А.А.* О скрытых упрощающих структурах в комбинаторных задачах и их вероятностных обобщениях // Прикладная дискретная математика. Приложение. 2022. № 15. С. 100-104.
48. *Соловарова Л.С., Фьонг Т.* О численном решении жестких линейных дифференциально-алгебраических уравнений второго порядка // Журнал СВМО. 2022. Т. 24, № 2. С. 151–161.
49. *Сороковиков П.С., Горнов А.Ю.* Пакет программ МЕОРТ для решения невыпуклых задач параметрической идентификации // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2022. № 2 (26). С. 53-60.
50. *Толстоногов А.А.* G-сходимость максимально монотонных операторов Немыцкого // Сибирский математический журнал. 2022. Т. 63, № 6. С. 1361-1373.
51. *Тятюшкин А.И.* Многометодная оптимизация управления в линейных системах // Журнал передовых исследований в области естествознания. 2022. № 17. С. 13-27.
52. *Тятюшкин А.И.* Многометодная оптимизация управления // Журнал передовых исследований в области естествознания. 2022. № 16. С. 4-14.
53. *Феоктистов А.Г.* Дискретные модели выбора результатов моделирования работы экологических установок // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 1. С. 102-106.
54. *Феоктистов А.Г., Костромин Р.О., Горский С.А., Бычков И.В., Черных А.Н., Башарина О.Ю.* Алгоритмы планирования вычислений с учетом избыточности и неопределенности // Труды ИСП РАН. 2022. Т. 34, № 1. С. 123-140.
55. *Финогенко И.А.* Об асимптотическом поведении механических систем с трением // Сибирский математический журнал. 2022. Т. 63, № 5. С. 1158–1169.
56. *Хмельнов А.Е.* Обратимая целочисленная аппроксимация преобразований цветового пространства для сжатия без потерь цветных растровых данных большого объема // Компьютерная оптика. 2022. Т. 46, № 3. С. 492-505.
57. *Хмельнов А.Е.* Алгоритмы и структуры данных для автоматической генерации кода чтения и отображения бинарных данных по спецификациям форматов данных на языке FLEXT // Вычислительные технологии. 2022. Т. 27, № 3. С. 125-140.
58. *Хмельнов А.Е., Гаченко А.С.* Источники информации о подводном, прибрежном и наземном рельефе и их применение для построения совмещенных моделей рельефа // Вычислительные технологии. 2022. Т. 27, № 5. С. 55-68.
59. *Чистяков В.Ф.* О свойствах колец интегро-дифференциальных операторов и соответствующих им уравнений // Математические заметки. 2022. Т. 112, № 2. С. 291-297.
60. *Шигаров А.О., Парамонов В.В.* Сегментация текста неразмеченных pdf-документов // Вычислительные технологии. 2022. Т. 27, № 5. С. 69-78.
61. *Щеглова А.А.* Передаточная матрица системы дифференциально-алгебраических уравнений // Сибирский математический журнал. 2022. Т. 63, № 6. С. 1411-1421.
62. *Юрин А.Ю.* Программа-оболочка для построения систем поддержки принятия решений // Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации: Сб. трудов XI Междунар. научно-практической конф., посвященной празднованию 100-летия конструкторского бюро «Туполев». 2022. Т. 1. С. 199-206.



Статьи в зарубежных и переводных журналах

63. *Anikin A., Gasnikov A., Gornov A., Kamzolov D., Maximov Y., Nesterov Y.* Efficient numerical methods to solve sparse linear equations with application to PageRank // *Optimization Method & Software*. 2022. Vol. 37, № 3.
64. *Anikin A.S., Matyukhin V.V., Pasechnyuk D.A.* Accelerated Proximal Envelopes: Application to Componentwise Methods // *Computational Mathematics and Mathematical Physics*. 2022. Vol. 62, № 2. P. 336-345.
65. *Anikin I.V., Zhevnikov A.S.* On the Decomposition Theorem for Gluons // *Journal of Experimental and Theoretical Physics*. 2022. Vol. 135, № 1. P. 73-80.
66. *Banshchikov A.V.* Application of Symbolic-Numerical Modeling Tools for Analysis of Gyroscopic Stabilization of Gyrostat Equilibria // *Lecture Notes in Computer Science*. 2022. Vol. 13366. P. 51-61.
67. *Baturin V.A., Silykh V.N., Daneev A.V.* Second-order iterative method for optimal control problems of multistage processes // *Advances in Differential Equations and Control Processes*. 2022. Vol. 26. P. 21-38.
68. *Beresneva N.M., Edelev A.V., Gorsky S.A., Marchenko M.A.* Comprehensive analysis of multi-energy system vulnerability // *Computational Technologies*. 2022. Vol. 27, № 5. P. 79-88.
69. *Bin C., Minchev E., Timoshin S.A., Jin X.* Control of a Multi-Component Phase Transition Model with Hysteresis // *Applied Mathematics and Optimization*. 2022. Vol. 85, № 1.
70. *Bin C., Timoshin S.A.* Periodic Solutions of a Phase-Field Model with Hysteresis // *Applied Mathematics and Optimization*. 2022.
71. *Blaschke D., Friesen A.V., Ivanov Yu.B., Kalinovsky Yu.L., Kozhevnikova M., Liebing S., Radzhabov A., Ropke G.* QCD phase diagram at nica energies: K^+/π^+ horn effect and light clusters in THESEUS // *ACTA Physica Polonica B Proceedings Supplement*. 2022. Vol. 14, № 3. P. 485-489.
72. *Bulatov M.V., Markova E.V.* Collocation-Variational Approaches to the Solution to Volterra Integral Equations of the First Kind // *Computational Mathematics and Mathematical Physics*. 2022. Vol. 62, № 1. P. 98-105.
73. *Bulatov M.V., Solovarova L.S.* On Systems of Integro-Differential and Integral Equations with Identically Singular Matrix Multiplying the Principal Part // *Differential Equations*. 2022. Vol. 58. P. 1217-1224.
74. *Bulatov M.V., Solovarova L.S.* On a certain class of quasilinear second-order differential-algebraic equations // *Journal of Mathematical Sciences*. 2022. Vol. 268, № 1.
75. *Bychkov I.V., Feoktistov A.G., Gorsky S.A., Kostromin R.O., Fedorov R.K.* Automation in Integrating Web Processing Services of Environmental Monitoring Data with Distributed Scientific Applications // *Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing*. 2022. Vol. 58, № 4. P. 373-379.
76. *Bychkov I.V., Fereferov E.S.* Digital technologies for monitoring and forecasting the environmental situation in Siberia // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2022. Vol. 92, № 2. P. 133-140.
77. *Bychkov I.V., Ruzhnikov G.M., Fedorov R.K., Popova A.K., Avramenko Y.V.* Classification of Sentinel-2 satellite images of the Baikal Natural Territory // *Computer Optics*. 2022. Vol. 46, № 1. P. 90-96.
78. *Chen Z., Zheng S., Jiang P., Shan Z., Li Z., Liu J., Xu H., Bychkov I.V., Hmel'nov A.E.* An adaptive data cleaning framework: a case study of the water quality monitoring system in China // *Hydrological Sciences Journal*. 2022.



79. *Chertovskih R., Pereira F.L., Pogodaev N., Staritsyn M.* Optimization in a traffic flow model as an inverse problem in the Wasserstein space // IFAC-PapersOnLine. 2022. Vol. 55, № 16. P. 32-37.
80. *Chistyakov V.F.* On the Properties of Rings of Integro-Differential Operators and Their Corresponding Equations // Mathematical Notes. 2022. Vol. 112, № 1-2. P. 303-308.
81. *Daneev A.V., Lakeev A.V., Rusanov V.A., Plesnev P.A.* Differential Non-autonomous Representation of the Integrative Activity of a Neural Population by a Bilinear Second-Order Model with Delay // Lecture Notes in Networks and Systems: 5th Intern Virtual Conf. and 6th Intern. Conf. on Human Interaction and Emerging Technologies: Future Systems (IHET-FS 2021 Virtual, 27-29 August 2021). 2022. Vol. 319. P. 191-199.
82. *Davydov A.V., Larionov A.A., Nagul N.V.* On events processing in a formal logical approach to control of discrete event systems // Computational Technologies. 2022. Vol. 27, № 5. P. 89-100.
83. *Dolzhiykov D.A., Kaloshin A.E., Lomov V.P.* Fermion propagator diagonalization and eigenvalue problem // Modern Physics Letters A. 2022. Vol. 37, № 14. P. 2250084.
84. *Dorodnykh N., Nikolaychuk O., Pestova J., Yurin A.* Forest Fire Risk Forecasting with the Aid of Case-Based Reasoning // Applied Sciences (Switzerland). 2022. Vol. 12, № 17. P. 1-24.
85. *Dorodnykh N.O., Shigarov A.O., Yurin A.Yu.* Using the Semantic Annotation of Web Table Data for Knowledge Base Construction // ACM Intern. Conf. Proceeding Series: 4th Artificial Intelligence and Cloud Computing Conference (AICCC 2021, 17-19 December 2021). 2022. P. 122-129.
86. *Dorodnykh N.O., Yurin A.Yu.* Knowledge Graph Augmentation Based on Tabular Data: A Case Study for Industrial Safety Inspection // Lecture Notes in Networks and Systems: Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). 2022. Vol. 566. P. 314-324.
87. *Dorodnykh N.O., Yurin A.Yu.* Spreadsheet Data Transformation for Ontology Engineering in Petrochemical Equipment Inspection Tasks // Lecture Notes in Networks and Systems: 5th Intern. Scientific Conf. on Intelligent Information Technologies for Industry (IITI 2021; Sochi, 30 September - 4 October 2021). 2022. Vol. 330. P. 562-571.
88. *Dykhta V.A.* On the set of necessary optimality conditions with positional controls generated by weakly decreasing solutions of the Hamilton–Jacobi inequality // Trudy Instituta Matematiki i Mekhaniki UrO RAN. 2022. Vol. 28, № 3. P. 83-932.
89. *Feoktistov A., Gorsky S., Kostromin R., Fedorov R., Bychkov I.* Integration of web processing services with workflow-based scientific applications for solving environmental monitoring problems // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2022. Vol. 11, № 1. P. 8-1–8-25.
90. *Finogenko I.A.* On the Asymptotic Behavior of Mechanical Systems with Friction // Siberian Mathematical Journal. 2022. Vol. 63, № 5. P. 974-982.
91. *Finogenko I.A., Seseikin A.N.* Approximation of positional impulse controls for differential inclusions // Ural Mathematical Journal. 2022. Vol. 8, № 1 (14). P. 43-54.
92. *Gladush A., Gribanova I., Kondratiev V., Pavlenko A., Semenov A.* Measuring the Effectiveness of SAT-Based Guess-and-Determine Attacks in Algebraic Cryptanalysis // Communications in Computer and Information Science. 2022. Vol. 1618. P. 143-157.
93. *Gornov A., Zarodnyuk T., Anikin A., Sorokovikov P., Tyatyushkin A.* Software engineering for optimal control problems // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 424. P. 415-426.
94. *Gornov A.Yu., Sorokovikov P.S., Zarodnyuk T.S., Anikin A.S.* Three search algorithms for three nonconvex optimization problems // Journal of Mathematical Science. 2022. Vol. 267, № 4. P. 457–465.



95. *Gornov A.Yu., Zarodnyuk T.S.* An approach to boundary approximation of a non-convex reachable set of controlled dynamical systems // Proc. of the 14th Intern. Conf. «Intelligent Data Processing: Theory and Applications» (IDP–2022). 2022. P. 198–201.
96. *Gorsky S., Feoktistov A., Edelev A.* Data processing in problem-solving of energy system vulnerability based on in-memory data grid // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 424. P. 271–279.
97. *Gruzdeva T., Ushakov A.* On a Nonconvex Distance-Based Clustering Problem // Lecture Notes in Computer Science: 21st Intern. Conf. on Mathematical Optimization Theory and Operations Research (MOTOR 2022). 2022. Vol. 13367. P. 139–152.
98. *Hmelnov A.E.* Reversible integer approximation of color space transforms for lossless compression of big color raster data // Computer Optics. 2022. Vol. 46, № 3. P. 492–505.
99. *Irtegov V., Titorenko T.* On Equilibrium Positions in the Problem of the Motion of a System of Two Bodies in a Uniform Gravity Field // Lecture Notes in Computer Science. 2022. Vol. 13366. P. 165–184.
100. *Irtegov V.D., Titorenko T.N.* On an Approach to Qualitative Analysis of Nonlinear Dynamic Systems // Numerical Analysis and Applications. 2022. Vol. 15, № 1. P. 48–62.
101. *Irtegov V.D., Titorenko T.N.* On the Qualitative Analysis of the Equations of Motion of a Rigid Body in a Magnetic Field // Journal of Applied and Industrial Mathematics. 2022. Vol. 16, № 1. P. 58–69.
102. *Kachanovich A., Kovalenko S., Kuleshov S., Lyubovitskij V., Zhevlakov A.* Lepton phenomenology of Stueckelberg portal to dark sector // Physical Review D. 2022. Vol. 105, № 7. P. 075004.
103. *Kazakov A., Lempert A.* Diffusion-Wave Type Solutions to the Second-Order Evolutionary Equation with Power Nonlinearities // Mathematics. 2022. Vol. 10, № 2. P. 232.
104. *Kazakov A., Spevak L.* Constructing exact and approximate diffusion wave solutions for a quasilinear parabolic equation with power nonlinearities // Mathematics. 2022. Vol. 10, № 9. P. 1559.
105. *Kazakov A.L., Kuznetsov P.A.* Analytical Solutions with a Zero Front to the Nonlinear Degenerate Parabolic System // Differential Equations. 2022. Vol. 58, № 11. P. 1457–1467.
106. *Kazakov A.L., Lempert A.A.* Exact solutions of diffusion wave type for a nonlinear second-order parabolic equation with degeneration // Trudy Instituta Matematiki i Mekhaniki UrO RAN. 2022. Vol. 28, № 3. P. 114–128.
107. *Kazakov A.L., Lempert A.A.* Solutions of the second-order nonlinear parabolic system modeling the diffusion wave motion // the Bulletin of Irkutsk State University. Series: Mathematics. 2022. Vol. 42. P. 43–58.
108. *Kazakov A.L., Spevak L.F.* Solutions to a Nonlinear Degenerating Reaction-Diffusion System of the Type of Diffusion Waves with Two Fronts // Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. 2022. № 6.
109. *Kenzin M., Bychkov I., Maksimkin N.* A Hierarchical Approach to Intelligent Mission Planning for Heterogeneous Fleets of Autonomous Underwater Vehicles // Journal of Marine Science and Engineering. 2022. Vol. 10, № 11. P. 1639.
110. *Kenzin M., Bychkov I., Maksimkin N.* Self-adaptive coordination for fuel-constrained robot teams with periodic and aperiodic communications // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part C: Journal of Mechanical Engineering Science. 2022. Vol. 236, № 17. P. 9730–9742.
111. *Kosov A.A.* On Analogs of the Bobylev–Steklov Case for a Gyrostat under the Action of a Moment of Gyroscopic Forces // Mechanics of Solids. 2022. Vol. 57, № 7. P. 1633–1643.
112. *Kosov A.A.* On Analogues of the Hess Case for a Gyrostat under the Action of a Moment of Gyroscopic and Circular Forces // Mechanics of Solids. 2022. Vol. 57, № 8. P. 1848–1861.



113. *Kosov A.A., Semenov E.I.* Reduction Method and New Exact Solutions of the Multidimensional Nonlinear Heat Equation // *Differential Equations*. 2022. Vol. 58, № 2. P. 187-194.
114. *Kosov A.A., Semenov E.I.* On first integrals and stability of stationary motions of gyrostat // *Physica D: Nonlinear Phenomena*. 2022. Vol. 430. P. 133103.
115. *Kosov A.A., Semenov E.I.* New Exact Solutions of the Diffusion Equation with Power Nonlinearity // *Siberian Mathematical Journal*. 2022. Vol. 63, № 6. P. 1102-1116.
116. *Kuznetsov P.* Analytic diffusion waves in a nonlinear parabolic «predator-prey» model // *Trudy Instituta Matematiki i Mekhaniki UrO RAN*. 2022. Vol. 28, № 2. P. 158-167.
117. *Lebedev P.D., Lempert A.A., Kazakov A.L.* Algorithms of optimal covering of 2D sets with dynamical metrics // *Izvestiya Instituta Matematiki i Informatiki Udmurtskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2022. Vol. 60. P. 58–72.
118. *Li Zi.C., Huang H.Ts., Zhang Li.P., Lempert A., Lee M.G.* Numerical experiments of the dual null field method for Dirichlet problems of Laplace's equation in elliptic domains with elliptic holes // *The Bulletin of Irkutsk State University. Series: Mathematics*. 2022. Vol. 39. P. 80-95.
119. *Liu J., Cheng Yu., Jiang P., Wang B., Hu H., Bychkov I., Hmelnov A.* A novel deployment strategy of monitors for vehicle emission remote sensing system // *ISA Transactions*. 2022.
120. *Liu J., Jiang P., Song C., Xu H., Hmelnov A.E.* Manifold-Preserving Sparse Graph and Deviation Information Based Fisher Discriminant Analysis for Industrial Fault Classification Considering Label-Noise and Unobserved Faults // *IEEE Sensors Journal*. 2022. Vol. 22, № 5. P. 4257-4267.
121. *Markov Y.A., Markova M.A., Markov N.Yu.* Hamiltonian Formalism for Collective Fermionic Waves in a Quark-Gluon Plasma // *Russian Physics Journal*. 2022. Vol. 64, № 12. P. 2246-2260.
122. *Oparin G., Bogdanova V., Pashinin A.* A logical approach to qualitative analysis of controlled nonlinear binary dynamic systems // *Mathematics in Engineering, Science and Aerospace*. 2022. Vol. 13, № 1. P. 1-9.
123. *Oparin G., Bogdanova V., Pashinin A.* Implicit Boolean networks and their application to combinatorial problems // *Mathematics in Engineering, Science and Aerospace*. 2022. Vol. 13, № 1. P. 25-35.
124. *Orlov A.V.* Hybrid global search algorithm with genetic blocks for solving hexamatrix games // *The Bulletin of Irkutsk State University. Series: Mathematics*. 2022. Vol. 41. P. 40-56.
125. *Pogodaev N.I., Staritsyn M.V.* Nonlocal balance equations with parameters in the space of signed measures // *Sbornik Mathematics*. 2022. Vol. 213, № 1. P. 63-87.
126. *Rusanov V.A., Daneev A.V., Lakeyev A.V., Linke Yu.É.* Semiadditivity of the entropy Rayleigh-Ritz operator in the problem of realization an invariant polylinear controller of a nonstationary hyperbolic system // *Advances in Differential Equations and Control Processes*. 2022. Vol. 27. P. 181-202.
127. *Shcheglova A.A.* The Transfer Matrix of Differential-Algebraic Equations // *Siberian Mathematical Journal*. 2022. Vol. 63, № 6. P. 1208-1222.
128. *Shigarov A.* Table understanding: Problem overview // *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*. 2022. e1482.
129. *Sorokovikov P., Anikin A.* Computational techniques for investigating low-potential gupta clusters of extremely large dimensions // *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2022. Vol. 424. P. 407-414.
130. *Sorokovikov P., Gornov A.* Modifications of Flower Pollination, Teacher-Learner and Firefly Algorithms for Solving Multiextremal Optimization Problems // *Algorithms*. 2022. Vol. 15, № 10. P. 1-15.



131. *Staritsyn M., Goncharova E., Pereira F.L.* Ensemble Control of Dynamic Systems with Square Impulses // IFAC-PapersOnLine. 2022. Vol. 55, № 16. P. 242-247.
132. *Staritsyn M., Pogodaev N., Chertovskii R., Pereira F.L.* Feedback Maximum Principle for Ensemble Control of Local Continuity Equations: An Application to Supervised Machine Learning // IEEE Control Systems Letters. 2022. Vol. 6. P. 1046-1051.
133. *Staritsyn M., Pogodaev N., Pereira F.* Linear-Quadratic Problems of Optimal Control in the Space of Probabilities // IEEE Control Systems Letters. 2022. Vol. 6. P. 3271-3276.
134. *Strekalovsky A.S.* Global optimality conditions for DC-constrained optimal control problems // Communications in Optimization Theory. 2022. Vol. 2022. P. 1-20.
135. *Svinin A.K.* Advanced problems and solutions // Fibonacci Quartely. 2022. Vol. 60, № 2. P. 185.
136. *Svinina S.V.* On the Stability of Spline Collocation Difference Scheme for Linear Multidimensional Differential-Algebraic Systems // Russian Mathematics. 2022. Vol. 66, № 8. P. 56–65.
137. *Tolstonogov A.A.* Convergence of maximal monotone operators in a Hilbert space // Nonlinear Differential Equations and Applications. 2022. Vol. 29, № 6.
138. *Tolstonogov A.A.* The G-convergence of maximal monotone Nemytskii operator // Siberian Mathematical Journal. 2022. Vol. 63, № 6. P. 1169-1180.
139. *Tyatyushkin A.I.* Multimethod control optimization // Journal of Advanced Research in Natural Science. 2022. № 16. P. 4-14.
140. *Tyatyushkin A.I.* Multimethod control optimization in linear systems // Journal of Advanced Research in Natural Science. 2022. № 17. P. 13-27.
141. *Vasilyev I., Rybin Dmitryc., Kudria S., Ren J., Zhang D.* Multiple Project Scheduling for a Network Roll-Out Problem: MIP Formulation and Heuristic // Lecture Notes in Computer Science: 21st Intern. Conf. on Mathematical Optimization Theory and Operations Research (MOTOR 2022). 2022. Vol. 13367. P. 123-136.
142. *Yurin A.Y., Nikolaychuk O., Dorodnykh N., Kotlov Y.* A Technique for Rapid Development of Declarative Knowledge Bases for Aircraft Diagnostics Based on Decision Tables // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 502. P. 140-149.
143. *Yurin A.Yu., Dorodnykh N.O., Nikolaychuk O.A., Stolbov A.B., Kotlov Yu.V., Popov V.M.* Knowledge Bases Engineering Based on Event Trees Transformations: A Case Study for Aircraft Diagnostics // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 566. P. 3-12.
144. *Zharkov M., Kazakov A., Lempert A.* On the Application of Queuing Theory in the Analysis of Transients in the Operation of a Freight Railway Station // Communications in Computer and Information Science. 2022. Vol. 1605. P. 266-277.
145. *Zhevlakov A.S., Kirpichnikov D.V., Lyubovitskij V.E.* Implication of the dark axion portal for the EDM of fermions and dark matter probing with NA64e, NA64μ, LDMX, M3, and B a B ar // Physical Review D. 2022. Vol. 106, № 3.

Статьи в сборниках трудов конференций

146. *Anikin A.* Modifications of gradient methods with economical one-dimensional search // Proc. of the 14th Intern. Conf. «Intelligent Data Processing: Theory and Applications» (IDP–2022). 2022. P. 156–157.
147. *Balandin A.L.* Inverse scattering problem for the tensor fields in a coordinate-free representation // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 163-165.
148. *Basharina O.* Methodology for collecting, processing, and analyzing socio-economic information // Материалы IV Междунар. семинара по информационным,



- вычислительным и управляющим системам для распределенные сред (ICCS-DE 2022, Иркутск, 4–8 июля 2022 г.). 2022. P. 25-29.
149. *Chekan M.* Comparative analysis of tools for automating microgrid modeling // Материалы IV Междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2022, Иркутск, 4–8 июля 2022 г.). 2022. P. 111-113.
 150. *Davydov A., Larionov A., Nagul N.* On Checking Observability of Formal Languages in DES Control Problems // 8th Intern. Conf. on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT 2022). 2022. P. 1567-1572.
 151. *Denisova D.A., Dorodnykh N.O., Yurin A.Y.* Ontology Engineering Based on Spreadsheet Data Transformation // Proceedings 2022 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBREIT 2022, Yekaterinburg, 19-21 September 2022). 2022. P. 204-207.
 152. *Dorodnykh N.O., Shigarov A.O., Yurin A.Yu.* Using the Semantic Annotation of Web Table Data for Knowledge Base Construction // AICCC'21: Proceedings of the 4th Artificial Intelligence and Cloud Computing Conference. 2022. P. 122-129.
 153. *Dorodnykh N.O., Yurin A.Yu., Shigarov A.O., Turdakov D.Yu.* Ontology Engineering at the Assertion Level Based on Semantic Annotation of Tabular Data // Proceedings of the 2021 Ivannikov Memorial Workshop (IVMEM). 2022. P. 28-34.
 154. *Feoktistov A., Tchernykh A., Dmitriev V.* Mitigating uncertainty of resource allocation in heterogeneous computing environment // Материалы IV Междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2022, Иркутск, 4–8 июля 2022 г.). 2022. P. 74-78.
 155. *Gornov A., Zarodnyuk T., Anikin A., Sorokovikov P.* Applied non-convex optimization problems and their classification // Proc. of the 7th Intern. Conf. on Optimization, Simulation and Control (COSC'2022, Ulaanbaatar, June 20-22, 2022). 2022. P. 88-89.
 156. *Kondratiev V.* Using Disjunctive Diagrams for Preprocessing of Conjunctive Normal Forms // 45th Jubilee International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO 2022). 2022. P. 883-887.
 157. *Kostromin R., Sidorov I., Basharina O., Feoktistov A., Bychkov I.* Microservice-Oriented Approach to Simulating the Operation of Environmentally Friendly Equipment // Proceedings of the 12th Intern. Conf. on Applied Internet and Information Technologies (AIIT 2022, 14 October 2022, Zrenjanin, Serbia). 2022. P. 8-14.
 158. *Kostyleva O., Paramonov V., Shigarov A., Vetrova V.* Towards Comparison of Table Type Taxonomies // 45th Jubilee International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO 2022). 2022. P. 1461-1465.
 159. *Molozhnikova Ye.V., Shikhovtsev M.Yu., Popova A.K., Obolkin V.A., Khodzher T.V.* Comparative analysis of satellite and continuous surface measurements of gas impurities in the air basin at the Listvyanka station, Lake Baikal // Proc. of SPIE: 28th Intern. Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics. 2022. Vol. 1234158.
 160. *Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A.* Implicit Boolean Network for Planning Actions // 45th Jubilee International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO 2022). 2022. P. 871-876.
 161. *Shabalin A., Nikolaychuk O.* Adaptation of the Educational Process Using a Rule-based System // 8th Intern. Conf. on Information Technology and Nanotechnology (ITNT 2022, Samara, 23-27 May 2022). 2022. P. 1-6.
 162. *Sorokovikov P., Gornov A.* Computational technologies for optimizing atomic-molecular Sutton-Chen clusters with dimensions from 101 to 130 atoms // Proc. of the 14th Intern.



- Conf. «Intelligent Data Processing: Theory and Applications» (IDP-2022). 2022. С. 164–167.
163. *Stolbov A., Lempert A., Pavlov A.* A web-based software system for intelligent support in modeling and forecasting the water resources // Материалы IV Междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2022, Иркутск, 4–8 июля 2022 г.). 2022. С. 67-73.
164. *Strekalovsky A.S.* State-dc Optimal Control Problems // В сб. Optimal Control Theory and Applications (ОСТА 2022): Proceedings of the Intern. Conf. (27 июня – 1 июля 2022 г.). 2022. P. 335-339.
165. *Yurin A.Y., Dorodnykh N.O., Nikolaychuk O.A., Stolbov A.B.* Transformation of Decision Tables for the Creation of a Knowledge Base for Interpreting Facial Signs of Emotions // Proceedings 2022 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBREIT 2022, Yekaterinburg, 19-21 September 2022). 2022. P. 200-203.
166. *Авраменко Ю.В., Федоров Р.К.* Технология построения карт земельного покрова на основе данных Sentinel-2 // В сб.: Россия и Монголия: результаты и перспективы научного сотрудничества: Труды Междунар. конф. (Иркутск, 6–8 апреля 2022 г.). 2022. С. 300-302.
167. *Авраменко Ю.В., Федоров Р.К.* Методы ускорения классификации больших объемов данных ДЗЗ // Материалы Двадцатой Междунар. конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов) (Москва, 14 - 18 ноября, 2022 г.). 2022.
168. *Антипина Е.Д., Булатов М.В., Бирюков В.В.* Блочные методы для численного решения интегрального уравнения Вольтерра I рода // В сб.: Proc. of the 7th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2022, Irkutsk, 15–22 июля 2022 г.). 2022. С. 4-6.
169. *Берман А.Ф.* Техногенная безопасность на основе чувствительности начальных условий сложных механических систем // Тр. Пятнадцатой междунар. конф. «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2022, Москва, 26-28 сентября 2022). 2022. С. 1025-1034.
170. *Булатов М.В., Боттороева М.Н.* О существовании и единственности непрерывного решения интегро-алгебраических уравнений с переменными пределами интегрирования // Сб. материалов X Междунар. научной молодежной школы-семинар им. Е.В. Воскресенского (Саранск, 14–18 июля 2022 г.). 2022. С. 49-54.
171. *Булатов М.В., Солодуша С.В.* Об одном классе нелинейных интегро-алгебраических уравнений I рода // В сб. Теория оптимального управления и приложения (ОСТА 2022): Материалы Междунар. конф. (Екатеринбург, 27 июня – 1 июля 2022 г.). 2022. С. 35-38.
172. *Бычков И.В.* Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории // Россия в XXI веке в условиях глобальных вызовов: Сб. материалов Всерос. научно-практической конф. (Москва, 26–27 апреля 2022 г.). 2022. С. 37-41.
173. *Бычков И.В., Ружников Г.М., Федоров Р.К., Будээбазар А., Балт Б., Ууганбаатар Д.* Подходы к организации цифрового экологического мониторинга озера Хубсугул и Прихубсугуля // В сб.: Россия и Монголия: результаты и перспективы научного сотрудничества: Труды Междунар. конф. (Иркутск, 6–8 апреля 2022 г.). 2022. С. 17-21.
174. *Бычков И.В., Феоктистов А.Г., Костромин Р.О.* Платформа имитационного моделирования оборудования инфраструктурных объектов в распределенной среде //



- Информ. технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2022): Сб. трудов VIII Междунар. конф. и молодежной школы (Самара, 23–27 мая 2022 г.). 2022. С. 53772.
175. Бычков И.В., Фереферов Е.С. Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки байкальской природной территории // В сб.: Добрецовские чтения: наука из первых рук: Материалы Первой Всерос. конф., посвященной памяти акад. РАН Н.Л. Добрецова (Новосибирск, 1–5 августа 2022 г.). 2022. С. 48-50.
176. Бычков И.В., Федоров Р.К., Попова А.К. Цифровая платформа прогнозирования возникновения лесных пожаров // Импортзамещение, научно-техническая и экономическая безопасность: Сб. статей V Междунар. научно-технической конф. «Минские научные чтения». 2022. Т. 3. С. 70-74.
177. Бычков И.В., Федоров Р.К., Попова А.К., Авраменко Ю.В. Анализ временных рядов космоснимков на основе графа переходов состояний земной поверхности // Материалы Двдцдтой Междунар. конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов) (Москва, 14-18 ноября 2022 г.). 2022.
178. Горнов А.Ю., Зароднюк Т.С., Аникин А.С., Сороковиков П.С. Классификация задач оптимизации: прикладные постановки и методы поиска решения // Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения (DYSC 2022): Материалы 4-й Междунар. конф. (Иркутск, 19–22 сентября 2022 г.). 2022. С. 77-79.
179. Горский С., Костромин Р., Сидоров И. Интеграция средств контейнеризации для автоматизации разработки и выполнения пакетов прикладных программ // Материалы IV Междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2022, Иркутск, 4–8 июля 2022 г.). 2022. С. 121-126.
180. Должиков Д.А., Калошин А.Е., Ломов В.П. Диагонализация матричного фермионного пропагатора и задача на собственные значения // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 43-45.
181. Дородных Н.О., Николайчук О.А., Юрин А.Ю. Создание прототипов прецедентных баз знаний на основе трансформации таблиц решений для прогнозирования риска лесных пожаров // XX национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2022). 2022.
182. Дыхта В.А. О вариационных необходимых условиях оптимальности с позиционными управлениями спуска, усиливающих принцип максимума // Дифференциальные уравнения и оптимальное управление: Материалы Междунар. конф., посвященной 100-летию со дня рожд. акад. Е.Ф. Мищенко (Москва, 7-9 июня 2022 г.). 2022. С. 38-42.
183. Дыхта В.А. Позиционные экстремали в оптимальном управлении // В сб. Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения (DYSC 2022): Материалы 4-й Междунар. конф. (Иркутск, 19–22 сентября 2022 г.). 2022. С. 84-87.
184. Дыхта В.А., Сорокин С.П. О множестве необходимых условий оптимальности с позиционными управлениями, порожденном слабо убывающими решениями неравенства Гамильтона-Якоби // В сб. Теория оптимального управления и приложения (ОСТА 2022): Материалы Междунар. конф. (Екатеринбург, 27 июня – 1 июля 2022 г.). 2022. С. 74-78.
185. Жарков М.Л., Казаков А.Л., Лемперт А.А. Моделирование переходных процессов грузовых железнодорожных станций на основе теории массового обслуживания // Материалы XX Междунар. конф. им. А.Ф. Терпугова «Информационные технологии и математическое моделирование» (ИТММ-2021). 2022. С. 341–345.



186. *Жарков М.Л., Лемперт А.А., Петров М.Б.* Применение сетей массового обслуживания для моделирования транспортно-логистических систем различного уровня // Материалы VI Междунар. симпозиума по региональной экономике «Межтерриториальное неравенство: проблема или драйвер развития» (Екатеринбург, 23–25 июня 2021 г.). 2021. С. 29–37.
187. *Казаков А.Л., Кузнецов П.А.* О некоторых решениях с нулевым фронтом системы реакция-диффузия общего вида // Материалы 4-й Междунар. конф. «Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения» (DYSC 2022, Иркутск, 2022). 2022. С. 28-30.
188. *Казаков А.Л., Лемперт А.А.* О решениях типа диффузионных волн для нелинейных параболических уравнений // В сб. Теория оптимального управления и приложения (ОСТА 2022): Материалы Междунар. конф. (ИММ УрО РАН, Екатеринбург, 27 июня – 1 июля 2022 г.). 2022. С. 90-93.
189. *Казаков А.Л., Нефедова О.А., Сневак Л.Ф.* Численное моделирование эволюции ледового покрова с использованием нелинейной системы реакции-диффузии // В сб. Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения (DYSC 2022): Материалы 4-й Междунар. конф. (Иркутск, 19–22 сентября 2022 г.). 2022. С. 31-35.
190. *Лакеев А.В.* О внутренней устойчивости нелинейных формаций // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 90-97.
191. *Моложникова Е.В., Шиховцев М.Ю., Попова А.К., Оболкин В.А., Ходжер Т.В.* Сравнительный анализ данных спутниковых и непрерывных наземных измерений газовых примесей на станции Листвянка, Байкал // Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: Материалы XXVIII Международного симпозиума. 2022. Т. D. С. 141-144.
192. *Парамонов В.В., Шигаров А.О., Ветрова В.В.* Трансформация физической структуры заголовков Excel-таблиц // В сб. Россия и Монголия: результаты и перспективы научного сотрудничества: Труды Междунар. конф. (Иркутск, 6–8 апреля 2022 г.). 2022. С. 303-306.
193. *Пестова Ю.В.* Анализ данных из открытых источников для мониторинга объектов Байкальского региона туристской инфраструктуры // В сб. Коммуникационные технологии: социально-экономические и информационные аспекты: Материалы Всерос. молодежной научно-практической конф. (Иркутск, 6–20 апреля 2022 г.). 2022. С. 52-56.
194. *Петренко П.С.* О робастной управляемости одной вырожденной гибридной системы // Материалы 4-й Междунар. конф. «Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения» (DYSC 2022, 19-22 сентября 2022 г., Иркутск). 2022. С. 100-103.
195. *Попова А.К.* Использование спутниковых данных для мониторинга загрязнения атмосферы // В сб. Россия и Монголия: результаты и перспективы научного сотрудничества: Труды Междунар. конф. (Иркутск, 6–8 апреля 2022 г.). 2022. С. 307-310.
196. *Самсонюк О.Н.* Импульсное управление процессом выметания // В сб. Устойчивость и колебания нелинейных систем управления (конф. Пятницкого): Материалы XVI Междунар. конф. (Москва, 1–3 июня 2022 г.). 2022. С. 385-387.
197. *Самсонюк О.Н.* Представление BV-решений управляемого процесса выметания // В сб. Теория управления и математическое моделирование: Материалы Всерос. конф. с междунар. участием, посвященной памяти проф. Н.В. Азбелева и проф. Е.Л. Тонкова (Ижевск, 13–17 июня 2022 г.). 2022. С. 217-219.



198. *Свинина С.В.* Об аддитивных разностных схемах для линейных дифференциально-алгебраических систем // Междунар. конф. «Уравнения в частных производных и смежные проблемы» (Белгород, 15–19 июля 2022 г.). 2022. С. 124-125.
199. *Семенов А.А.* О концепции декомпозиционной трудности NP-трудных задач в ограничениях на примере SAT // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 126-129.
200. *Семинский К.Ж., Бобров А.А., Михайлов А.А., Семинский А.К.* Поиски предвестников землетрясений в Прибайкалье на базе комплексной обработки данных эманационного мониторинга // В сб. Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса от океана к континенту: Материалы конф. (Иркутск, 18–21 октября 2022 г.). 2022. Т. 20. С. 261-262.
201. *Сороковиков П.С., Горнов А.Ю.* Прогнозирование экономического развития Баргузинского района республики Бурятия // В сб. Прикладная математика и фундаментальная информатика: Материалы XII Междунар. молодежной научно-практической конф. с элементами научной школы (Омск, 16–21 мая 2022 г.). 2022. С. 30-31.
202. *Спасибко А.Б., Ветров А.А., Фереферов Е.С.* Информационные технологии для поддержки археологических исследований // Материалы IV Междунар. семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2022, Иркутск, 4–8 июля 2022 г.). 2022. С. 56-61.
203. *Толстоногов А.А.* Теоремы сравнения для эволюционных включений с максимально монотонными операторами // В сб. Теория оптимального управления и приложения (ОСТА 2022): Материалы Междунар. конф. (Екатеринбург, 27 июня – 1 июля 2022 г.). 2022. С. 218-222.
204. *Феоктистов А.Г.* Вероятностная нейронная сеть классификации вычислительных заданий // Прогрессивные научные исследования – основа современной инновационной доктрины: Сб. статей Междунар. научно-практической конф. (Киров, 25 ноября 2022 г.). 2022. С. 131–135.
205. *Фереферов Е.С., Ветров А.А., Спасибко А.Б.* Информационные технологии для геоархеологических исследований // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 142-144.
206. *Финогенко И.А.* Стабилизация управляемых систем с использованием функции Ляпунова со знакопостоянной производной // В сб. Устойчивость и колебания нелинейных систем управления (конф. Пятницкого): Материалы XVI Междунар. конф. (Москва, 1–3 июня 2022 г.). 2022. С. 478-481.
207. *Федоров Р.К., Белоцерковский А.М., Попова А.К., Лукашевич П.В., Авраменко Ю.В.* Классификация природных территорий на основе обработки и анализа последовательности снимков // Труды Междунар. научно-технического конгресса «Интеллектуальные системы и информационные технологии» («ИС & ИТ-2022», «IS&IT'22»). 2022. Т. 2. С. 132-136.
208. *Федоров Р.К., Попова А.К., Авраменко Ю.В.* Классификация спутниковых снимков с помощью нейронных сетей // Материалы IX Междунар. конф. «Региональные проблемы дистанционного зондирования земли» (Красноярск, 13–16 сентября 2022 г.). 2022. С. 303-306.
209. *Хмельнов А.Е., Гаченко А.С.* Источники информации о подводном, прибрежном и наземном рельефе и их применение для построения совмещенных моделей рельефа // В сб. Россия и Монголия: результаты и перспективы научного сотрудничества: Труды Междунар. конф. (Иркутск, 6–8 апреля 2022 г.). 2022. С. 311-314.
210. *Хмельнов А.Е., Гаченко А.С.* Возможные источники информации о подводном и прибрежном рельефах и построение комплексной модели на основе этих данных //



- Материалы IX Междунар. конф. «Региональные проблемы дистанционного зондирования земли» (Красноярск, 13–16 сентября 2022 г.). 2022. С. 163-166.
211. Чистяков В.Ф. Об односторонней устойчивости характеристик дифференциально-алгебраических уравнений к возмущениям входных данных // Материалы 4-й Междунар. конф. «Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения» (DYSC 2022, Иркутск, 19-24 сентября 2022 г.). 2022. С. 52-55.

Тезисы докладов

212. Anikin A. About one Modification of Broyden-family Quasi-Newton Methods // Proc. of the 7th Intern. Conf. «Nonlinear Analysis and Extremal Problems» (NLA-2022, Irkutsk, 15-22 July 2022). 2022. P. 3.
213. Antipina E.D., Bulatov M.V., Biryukov V.V. Block Integral Methods for the Numerical Solution of the Volterra Equation of the First Kind // Proc. of the 7th Intern. Conf. «Nonlinear Analysis and Extremal Problems» (NLA-2022, Irkutsk, 15-22 July 2022). 2022. P. 4-6.
214. Bulatov M.V., Solovarova L.S. Matrix polynomials and their application to high order differential-algebraic equations // The 7th Intern. Conf. on Random Dynamical Systems (Hanoi, June 21-25, 2022). 2022. P. 22.
215. Bychkov I.V., Fedorov R.K., Popova A.K. Application of artificial intelligence technologies for the remote sensing data processing for the forest complex // Ресурсы, окружающая среда и региональное устойчивое развитие в Северо-Восточной Азии: Тезисы V Междунар. конф. (Иркутск, 23–26 августа 2022 г.). 2022. P. 14.
216. Bychkov I.V., Nikitin V.M. Modern problems of lake Baikal level regulation // Тезисы докл. V Междунар. конф. «Ресурсы, окружающая среда и региональное устойчивое развитие в северо-восточной Азии» (Иркутск, 23–26 августа 2022 г.). 2022. P. 177.
217. Chistyakov V.F. On the Reduction of a Singular Linear-quadratic Control Problem to the Problem of Calculus of Variations // Proc. of the 7th Intern. Conf. «Nonlinear Analysis and Extremal Problems» (NLA-2022, Irkutsk, 15-22 July 2022). 2022. P. 22-23.
218. Chistyakova E. Solving a Heat Mass Transfer Problem Using Differential Algebraic Equations // Proc. of the 7th Intern. Conf. «Nonlinear Analysis and Extremal Problems» (NLA-2022, Irkutsk, 15-22 July 2022). 2022. P. 21.
219. Chistyakova E.V., Chistyakov V.F. On solvability of higher order differential algebraic equations with singular points // Proc. of the 9th Intern. Conf. Differential and Functional Differential Equations (Moscow, June 28 – July 5, 2022). 2022. P. 30-31.
220. Chistyakova E.V., Chistyakov V.F. On some issues in numerical treatment of linear higher order differential algebraic equations with singular points // Proc. of the 7th Intern. Conf. on Random Dynamical Systems (Hanoi, June 21-25, 2022). 2022. P. 23.
221. Finogenko I.A. Method of Limiting Differential Inclusions for Discontinuous Systems // Proc. of the 7th Intern. Conf. «Nonlinear Analysis and Extremal Problems» (NLA-2022, Irkutsk, 15-22 July 2022). 2022. P. 36-37.
222. Gornov A., Zarodnyuk T. Computational technology for constructing the reachable set boundary for nonlinear controlled dynamic system // Book of Abstracts of the XIII Intern. Conf. «Optimization and Applications» (OPTIMA-2022) (Petrovac, Montenegro, September 26–30, 2022). 2022. P. 31.
223. Gruzdeva T.V., Ushakov A.V. On an approach to solving clustering problem with Bregman divergences // Abstracts of the 7th Intern. Conf. on Optimization, Simulation and Control (COSC 2022). (June 20-22, 2022, UlaanBaatar, Mongolia). 2022. P. 64.
224. Hmelnov A.E., Gachenko A.S. Development of digital relief models for shallow water and near shore areas of lake Baikal, Irkutsk reservoir and downstream areas of Irkutsk HPP //



- Тезисы докл. V Междунар. конф «Ресурсы, окружающая среда и региональное устойчивое развитие в северо-восточной Азии» (Иркутск, 23–26 августа 2022 г.). 2022. P. 181.
225. *Kazakov A.L. , Kuznetsov P.A.* On Analytical Solvability of the Problem with a Given Zero Front for the Nonlinear Parabolic Predator-Prey System // Proc. of the 7th Intern. Conf. «Nonlinear Analysis and Extremal Problems» (NLA-2022, Irkutsk, 15-22 July 2022). 2022. P. 48-49.
226. *Kosov A., Semenov E.* On Exact Solutions of Equations Used in Modeling the Motion of Distributed Formations // Proc. of the 7th Intern. Conf. «Nonlinear Analysis and Extremal Problems» (NLA-2022, Irkutsk, 15-22 July 2022). 2022. P. 56-57.
227. *Orlov A.* On a local search in bilevel problems with a bimatrix game at the lower level // Abstracts of the 7th Intern. Conf. on Optimization, Simulation and Control (COSC 2022). (June 20-22, 2022, UlaanBaatar). 2022. P. 65.
228. *Orlov A.* Hybrid genetic global search algorithm for seeking Nash equilibria in three-person polymatrix games // Abstracts of the 7th Intern. Conf. on Optimization, Simulation and Control (COSC 2022). (June 20-22, 2022, UlaanBaatar). 2022. P. 66.
229. *Orlov A.* On a Local Search Method for Bilevel Optimization Problems with an Equilibrium at the Lower Level // Proc. of the 7th Intern. Conf. «Nonlinear Analysis and Extremal Problems» (NLA-2022, Irkutsk, 15-22 July 2022). 2022. P. 79-80.
230. *Petrenko P.* A Note on Differential-algebraic Equations with Hysteresis Phenomena // Proc. of the 7th Intern. Conf. «Nonlinear Analysis and Extremal Problems» (NLA-2022, Irkutsk, 15-22 July 2022). 2022. P. 86-87.
231. *Pogodaev N., Pravosudov I., Staritsyn M., Fernando Lobo Pereira.* Exact Cost Increment Formula for Linear Problems of Optimal Ensemble Control in the Space of Probability Measures // Proc. of the 7th Intern. Conf. «Nonlinear Analysis and Extremal Problems» (NLA-2022, Irkutsk, 15-22 July 2022). 2022. P. 90-91.
232. *Samsonyuk O.* A Numerical Scheme for Solving of a Bilinear Optimal Impulsive Control Problem with Intermediate State Constraints // Proc. of the 7th Intern. Conf. «Nonlinear Analysis and Extremal Problems» (NLA-2022, Irkutsk, 15-22 July 2022). 2022. P. 105.
233. *Shcheglova A.A.* Impulse Response Matrix for Time-Varying System of Differential-Algebraic Equations // Proc. of the 7th Intern. Conf. «Nonlinear Analysis and Extremal Problems» (NLA-2022, Irkutsk, 15-22 July 2022). 2022. P. 114.
234. *Solovarova L., Ta Duy Phuong.* On Numerical Solution of the Second Order Differential-algebraic Equations // Proc. of the 7th Intern. Conf. «Nonlinear Analysis and Extremal Problems» (NLA-2022, Irkutsk, 15-22 July 2022). 2022. P. 119-120.
235. *Solovarova L.S., Ta Duy Phuong.* On the numerical solution of second-order stiff linear differential-algebraic equations // The 7th Intern. Conf. on Random Dynamical Systems (Hanoi, June 21-25, 2022). 2022. P. 42.
236. *Sorokovikov P.* Combined Algorithms Based on Bioinspired and Local Search Methods for Solving Multiextremal Optimization Problems // Proc. of the 7th Intern. Conf. «Nonlinear Analysis and Extremal Problems» (NLA-2022, Irkutsk, 15-22 July 2022). 2022. P. 121-122.
237. *Sorokovikov P., Anikin A.* Parallel optimization technology for Gupta atomic-molecular clusters // Book of Abstracts of the XIII Intern. Conf. «Optimization and Applications» (OPTIMA-2022) (Petrovac, Montenegro, September 26–30, 2022). 2022. P. 71.
238. *Strekalovsky A.* New principles of non-convex optimization // Abstracts of the 7th Intern. Conf. on Optimization, Simulation and Control (COSC 2022). (June 20-22, 2022, UlaanBaatar). 2022. P. 8-9.
239. *Strekalovsky A.* On Nonconvex Optimal Control Problems // Proc. of the 7th Intern. Conf. «Nonlinear Analysis and Extremal Problems» (NLA-2022, Irkutsk, 15-22 July 2022). 2022. P. 123-124.



240. *Strekalovsky A., Barkova M.* On solving the optimization problem with DC inequality constraints // Abstracts of the 7th Intern. Conf. on Optimization, Simulation and Control (COSC 2022). (June 20-22, 2022, UlaanBaatar). 2022. P. 71.
241. *Svinina S.* On the Numerical Solution of Linear Multidimensional Differential- algebraic Systems // Proc. of the 7th Intern. Conf. «Nonlinear Analysis and Extremal Problems» (NLA-2022, Irkutsk, 15-22 July 2022). 2022. P. 131-132.
242. *Tyatyushkin A.* Control Optimization in Systems with Phase Constraints // Proc. of the 7th Intern. Conf. «Nonlinear Analysis and Extremal Problems» (NLA-2022, Irkutsk, 15-22 July 2022). 2022. P. 133.
243. *Zarodnyuk T., Gornov A.* The Modified Monowave Method for the Reachable Set Approximation of the Nonlinear Controlled System on the Plane // Proc. of the 7th Intern. Conf. «Nonlinear Analysis and Extremal Problems» (NLA-2022, Irkutsk, 15-22 July 2022). 2022. P. 153-154.
244. *Авраменко Ю.В., Бычков И.В., Гаченко А.С., Парамонов В.В., Попова А.К., Ружников Г.М., Фереферов Е.С., Федоров Р.К., Хмельнов А.Е.* Цифровая платформа мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 3-4.
245. *Авраменко Ю.В., Попова А.К., Федоров Р.К.* Построение картосхемы подстилающей поверхности // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 5.
246. *Авраменко Ю.В., Федоров Р.К.* Композиция сервисов в рамках платформы цифрового мониторинга озера Байкал // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 6.
247. *Амелина Е.В., Горнов А.Ю.* Методика численного решения задач оптимизации для функционалов с вычислительными особенностями // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 7.
248. *Аникин А.С.* Параллельный алгоритм аппроксимации множества достижимости нелинейной управляемой системы с линейным входением управляющих воздействий // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 10.
249. *Аникин А.С., Гасников А.В.* Методика «каталист» для ускорения сходимости алгоритмов выпуклой оптимизации // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 11.
250. *Баркова М.В.* Об одной задаче максимизации направленности излучения фазированных антенных решеток // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 12.
251. *Белых А.А., Груздева Т.В.* Алгоритмы поиска решений в некоторых обобщениях задачи о покрытии множества // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 13-14.
252. *Берман А.Ф., Николайчук О.А.* Аналогия чувствительности начальных условий природных и технических объектов для обеспечения свойств материалов // Тез. докл. Междунар. конф. «Физическая мезомеханика материалов. Физические принципы формирования многоуровневой структуры и механизмы нелинейного поведения» (5-8.09.2022, Томск). 2022. С. 8-9.
253. *Булатов М.В.* Дифференциально-алгебраические уравнения как класс некорректных задач // Тезисы семинара с междунар. участием «Неустойчивые задачи вычислительной математики» (Иркутск, 15–19 августа 2022 г.). 2022. С. 13.



254. Булатов М.В. Об одном алгоритме численного решения интегро-алгебраических уравнений // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 19.
255. Булатов М.В., Ботороева М.Н. Построение и исследование неклассических разностных схем для интегральных уравнений Вольтерра II рода // Тезисы семинара с междунар. участием «Неустойчивые задачи вычислительной математики» (Иркутск, 15–19 августа 2022 г.). 2022. С. 14.
256. Булатов М.В., Будникова О.С. О построении многошаговых методов для дифференциально-алгебраических уравнений второго порядка // Тезисы семинара с междунар. участием «Неустойчивые задачи вычислительной математики» (Иркутск, 15–19 августа 2022 г.). 2022. С. 15.
257. Булатов М.В., Соловарова Л.С. О разностных схемах для дифференциально-алгебраических уравнений второго порядка // Материалы Междунар. конф. «Воронежская весенняя матем. Школа» (Понtryгинские чтения - XXXIII, Воронеж, 3–9 мая 2022 г.). 2022. С. 59-60.
258. Гаченко А.С., Хмельнов А.Е. Методы построения 3D моделей рельефа с использованием беспилотных летательных аппаратов // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 24.
259. Горнов А.Ю. Численное исследование вариантов метода Q-поиска // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 25.
260. Горнов А.Ю. Экспериментальное исследование алгоритмов унимодальной оптимизации на основе сигнум-градиента // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 26.
261. Горнов А.Ю. О проблеме инвентаризации «строительных блоков» в алгоритмах нелинейной оптимизации // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 27.
262. Горнов А.Ю. Метод доверительных центров для задачи унимодальной оптимизации // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 28-29.
263. Горнов А.Ю., Тятюшкин А.И. Перспективные направления конструирования новых алгоритмов для невыпуклых задач непрерывной оптимизации // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 30.
264. Горнов А.Ю., Тятюшкин А.И., Зароднюк Т.С. Методика аппроксимации множества достижимости управляемой системы с постоянным запаздыванием // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 31-32.
265. Горнов А.Ю., Тятюшкин А.И., Зароднюк Т.С., Аникин А.С. Конкурентные подходы к решению прикладных задач невыпуклой оптимизации // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 33.
266. Горский С.А. Средства поддержки высокопроизводительных вычислений в инструментальном комплексе ORLANDO TOOLS // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 34.
267. Давыдов А.В., Ларионов А.А., Нагул Н.В. Проверка свойства наблюдаемости формального языка с помощью логического вывода // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 36-37.
268. Данчинова Г.А., Хаснатинов М.А., Федоров Р.К., Парамонов В.В., Ляпунова Н.А., Соловаров И.С., Лагунова Б.В., Хамнуева Н.В., Подкаменная Н.А. Эколого-эпидемиологический мониторинг трансмиссивных клещевых инфекций на БПТ с помощью ГИС и Интернет-технологий // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 38-39.



269. Дородных Н.О., Николайчук О.А., Пестова Ю.В., Юрин А.Ю. Оценка точности прогнозирования риска лесных пожаров на основе анализа прецедентов // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 46.
270. Дыхта В.А. Позиционный принцип минимума для смешанных стратегий в гладкой задаче оптимального управления // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 56-57.
271. Дыхта В.А. Позиционный принцип минимума: понтрягинская экстремальность и методы антизацикливания итераций спуска // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 52-55.
272. Дьякович М.П., Финогенко И.А. Использование методов системного анализа для оценки связанного со здоровьем качества жизни // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 50-51.
273. Еделев А.В., Фереферов Е.С. Автоматизированное рабочее место предметно-ориентированной среды для исследования живучести энергетической инфраструктуры // Тезисы XXVII Байкальской Всерос. конф. с междунар. участием «Информационные и математические технологии в науке и управлении» (Иркутск, 29 июня - 8 июля 2022 г.). 2022. С. 6-7.
274. Жарков М.Л., Лемперт А.А. О моделировании однопутного участка железнодорожной сети на основе сетей массового обслуживания // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 58.
275. Зароднюк Т.С. Нелокальная методика поиска оптимального управления на основе последовательной дискретизации // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 59.
276. Зароднюк Т.С., Аникин А.С. Методика «стоп-покрытий» для сравнительного исследования свойств невыпуклых моделей // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 60.
277. Индуцкая Т.С. Численное решение вырожденных систем дифференциальных уравнений дробного порядка // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 63.
278. Иртегов В.Д., Титоренко Т.Н. О качественном анализе уравнений движения системы двух тел в поле постоянной тяжести // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 64.
279. Климонов М.С. Сервис для формирования композиций сервисов для геопортала ИДСТУ СО РАН // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 65.
280. Кондратьев В.С. Препроцессинг в задаче проверки эквивалентности булевых схем с применением дизъюнктивных диаграмм // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 66-68.
281. Косов А.А. Об устойчивости стационарных решений уравнений движения гиростата Горячева–Сретенского с нелинейным потенциалом // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 73-74.
282. Косов А.А., Кензин М.Ю., Семенов Э.И., Толстихин А.А. Развитие методов моделирования, идентификации и управления формациями с распределенными характеристиками // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 75-76.
283. Косов А.А., Семенов Э.И. Построение решений и качественное исследование нелинейных дифференциальных уравнений // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 77-78.
284. Костромин Р.О., Ружников Г.М., Фереферов Е.С., Сидоров И.А., Воскобойников М.Л. Автоматизированное управление конфигурацией платформы имитационного



- моделирования инфраструктурных объектов // Тезисы XXVII Байкальской Всерос. конф. с междунар. участием «Информационные и математические технологии в науке и управлении» (Иркутск, 29 июня - 8 июля 2022 г.). 2022. С. 3.
285. *Костромин Р.О., Сидоров И.А.* Системы мониторинга смешанной вычислительной инфраструктуры // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 79.
286. *Кочемазов С.Е.* Эмпирический анализ примеров задачи булевой выполнимости, генерируемых при решении примеров задачи максимальной выполнимости // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 80-81.
287. *Кузнецов П.А.* Теоремы существования и точные решения нелинейных вырождающихся параболических уравнений и систем // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 82-83.
288. *Кузьменко В.В., Горнов А.Ю.* Отработка практических подходов к установлению референтных интервалов на основе данных пациентов // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 84-85.
289. *Кузьменко В.В., Горнов А.Ю., Зароднюк Т.С., Аникин А.С.* Применение математического моделирования и методов аппроксимации данных для оценки уровня аполипопротеина А1 // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 86-87.
290. *Куклин С.Г., Горнов А.Ю.* Новая версия программного комплекса анализа данных холтеровского мониторирования // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 88.
291. *Марков Ю.А., Маркова М.А., Марков Н.Ю.* Высшие коэффициентные функции в каноническом преобразовании фермионной переменной // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 100-102.
292. *Михайлов А.А.* Автоматическая разметка данных для сегментации изображений документов с использованием глубоких нейронных сетей // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 103.
293. *Новиков М.А.* О стационарных движениях механических систем с частным интегралом Горячева-Чаплыгина // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 105.
294. *Пестова Ю.В., Николайчук О.А.* Формирование туристического профиля территории на основе открытых источников данных // Тезисы докладов XXVII Байкальской Всерос. конф. с международным участием «Информационные и математические технологии в науке и управлении» (Иркутск, о. Ольхон, 29 июня - 8 июля 2022 г.). Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2022. С. 10.
295. *Петренко П.С.* О робастной управляемости интервального семейства дифференциально-алгебраических уравнений // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 113.
296. *Раджабов А.Е., Савкова Н.А.* Двухфотонный форм-фактор аксиально-векторного мезона в нелокальной кварковой модели // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 116-117.
297. *Самсонюк О.Н.* Оптимальное импульсное управление системой с гистерезисом // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 122.
298. *Свинин А.К.* О связи некоторых целочисленных последовательностей с интегрируемыми уравнениями математической физики // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 124-125.



299. *Свинина С.В.* О численном решении линейных дифференциально-алгебраических систем аддитивными разностными схемами // Междунар. конф. «Марчуковские чтения» (Новосибирск, 3-7 октября 2022 г.). 2022. С. 40.
300. *Соловарова Л. С.* О свойстве саморегуляризации ФДН-метода для дифференциально-алгебраических уравнений // Тезисы семинара с междунар. участием «Неустойчивые задачи вычислительной математики» (Иркутск, 15–19 августа 2022 г.). 2022. С. 25-26.
301. *Соловарова Л.С., Булатов М.В.* Коллокационно-вариационный подход для решения дифференциально-алгебраических уравнений // Девятая междунар. конф. по дифференциальным и функционально-дифференциальным уравнениям (Москва, 28 июня – 5 июля 2022 г.). 2022. С. 161.
302. *Сороковиков П.С.* Численное исследование свойств алгоритма гармонического поиска для решения задач нелокальной оптимизации // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 130-131.
303. *Сороковиков П.С., Горнов А.Ю.* Низкопотенциальные атомные кластеры Морса размерностей от 460 до 590 атомов // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 132.
304. *Сороковиков П.С., Горнов А.Ю.* Экспертный метод решения задач унимодальной оптимизации // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 133-134.
305. *Старицын М.В., Погодаев Н.И., Чертовских Р.А.* Exact increment formulas and feedback necessary optimality conditions for optimal mean-field control // Конференция 025w: Игры среднего поля, теория управления средним полем и их приложения (3-7 октября 2022 г., Сочи). 2022. Р. 23.
306. *Стрекаловский А.С.* Условия глобальной оптимальности для общей задачи dc оптимизации и их применение для разработки численных методов решения задач dc оптимизации и иерархического управления // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 135-136.
307. *Толстихин А.А.* Подход к управлению группой мобильных роботов при решении задачи обследования физического поля, основанный на поведении омаров // Тезисы XXII Всерос. конф. молодых ученых по матем. моделированию и информ. технологиям (Новосибирск, 25–29 октября 2021 г.). 2021. С. 46.
308. *Толстихин А.А.* Разработка многоцелевой стратегии обследования поля концентрации мобильными роботами // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 137.
309. *Тятюшкин А.И.* Многометодная оптимизация управления в системах с фазовыми ограничениями // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 138-140.
310. *Угорская Я.А.* Базовые элементы веб-конструирования проектов с внедрением технологий дополненной реальности // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 141.
311. *Финогенко И.А.* Комбинированное использование позиционных разрывных и импульсных управлений // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 145-146.
312. *Хандаров Ф.В., Сороковиков П.С.* Об одном подходе к распознаванию мотивов в орнаментальных композициях // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 148.
313. *Хмельнов А.Е.* Использование библиотеки LIBFLEXT для реализации кода чтения по спецификациям бинарных форматов данных // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 149-150.



314. Хмельнов А.Е., Гаченко А.С. Уточнение фрагментов модели рельефа по результатам воздушного лазерного сканирования и аэрофотосъемки // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 151-152.
315. Чекан М.А. Анализ применения средств создания мультиагентных систем в задаче моделирования взаимодействия микросетей // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 153-154.
316. Чистяков В.Ф. О гладких преобразованиях дифференциально-алгебраических уравнений // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 155-156.
317. Чистяков В.Ф. Теория и численные методы решения вырожденных систем линейных интегро-дифференциальных уравнений Вольтерра и Фредгольма // Неустойчивые задачи вычислительной математики: Тезисы семинара с междунар. участием (Иркутск, 15–19 августа 2022 г.). 2022. С. 31-33.
318. Чистякова Е.В., Чистяков В.Ф. О разрешимости линейных дифференциально-алгебраических уравнений высокого порядка с особыми точками // Материалы Междунар. конф. «Воронежская весенняя матем. школа» (Понtryгинские чтения - XXXIII, Воронеж, 3–9 мая 2022 г.). 2022. С. 272.
319. Чистякова Е.В., Чистяков В.Ф. О некоторых особенностях численного решения линейных дифференциально-алгебраических уравнений высокого порядка с особыми точками // Неустойчивые задачи вычислительной математики: Тезисы семинара с междунар. участием (Иркутск, 15–19 августа 2022 г.). 2022. С. 33.
320. Шабалин А.С., Николайчук О.А. Боты-помощники в образовательной среде FORLABS // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 157-158.
321. Энхбат Р., Сороковиков П.С., Горнов А.Ю. Методика численного решения задачи поиска равновесия «анти-бержа» в биматричной игре // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. С. 159-160.
322. Юрин А.Ю., Дородных Н.О. Подход к созданию баз знаний на основе модельных трансформаций // Материалы конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 5-9 декабря 2022 г.). 2022. Р. 161-162.

Электронные публикации

323. Markov Yu.A., Markova M.A., Bondarenko A.I., Markov N.Yu. Superparticle in an external chiral matter superfield // e-print ArXiv of Cornell University Library: hep-th/2209.11565, 25 p.
324. Rusanov V.A., Agafonov S.V., Daneev A.V., Gubanov I.A. Regression-tensor modeling of multivariate optimization of process for applying composite coatings // Research Trends and Challenges in Physical Science. 2022. Vol. 8. P. 101-121.
325. Башарина О.Ю., Курзыбова Я.В., Банищikov А.В. Компьютерные методы обработки вербальной информации средствами MS Word. Учебное пособие. Иркутск: Издательство ИГУ, 2022. 156 с.



**Свидетельства о государственной регистрации объектов
интеллектуальной собственности**

326. Горский С.А. Средства обработки и анализа природно-климатических данных экологического мониторинга: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2022661560 от 22.06.2022. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2022.
327. Денисова Д.А., Дородных Н.О., Юрин А.Ю. OntoGen: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2022664022 от 21.07.2022. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2022.
328. Дородных Н.О., Шпаченко Д.Н., Юрин А.Ю. State Transition Diagram Editor: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2022664023 от 21.07.2022. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2022.
329. Дородных Н.О., Юрин А.Ю. iDSS.Desktop: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2022617130 от 17.04.2022. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2022.
330. Костромин Р.О. Средство автоматизации конфигурирования информационно-вычислительных ресурсов среды имитационного моделирования: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2022684064 от 12.12.2022. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2022.
331. Павлов А.И., Столбов А.Б., Лемперт А.А. Веб-ориентированная программная система поддержки исследований водных объектов: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2022667441 от 20.09.2022. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2022.
332. Пашинин А.А., Богданова В.Г. Микросервис-ориентированный параллельный решатель проверки выполнимости булевых ограничений MSCSAT: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2022669091 от 17.10.2022. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2022.
333. Попова А.К. Программа для обработки спутниковых данных о загрязнении атмосферного воздуха: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2022615806 от 04.04.2022. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2022.
334. Свирина С.В. Аддитивная сплайн-коллокационная разностная схема с расщеплением: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2022669056 от 15.10.2022. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2022.
335. Свирина С.В. Аддитивная сплайн-коллокационная разностная схема: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2022669055 от 14.10.2022. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2022.
336. Федоров Р.К., Авраменко Ю.В. Программа расчета спектральных индексов и построения композитного отображения для космоснимков Sentinel-2: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2022615805 от 03.04.2022. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2022.



Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2022 г.