

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
«14» 02 2021 г.

ИТОГОВЫЙ ОТЧЕТ

*о научной и научно-организационной работе
за 2020 год*

Одобен Ученым советом
ИДСТУ СО РАН
Протокол № 1 от 29.01.2021

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



Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2020 г.



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.

Советник – чл.-к. РАН Толстоногов Александр Александрович.

Первый заместитель директора по информатизации – к.т.н. Хмельнов Алексей Евгеньевич.

Заместители директора по научной работе – к.т.н. Максимкин Николай Николаевич, д.т.н. Опарин Геннадий Анатольевич, д.ф.-м.н. Щеглова Алла Аркадьевна.

Заместитель директора по вычислительной инфраструктуре – к.т.н. Новопашин Алексей Петрович.

Заместитель директора по инженерной и инфокоммуникационной инфраструктуре – к.т.н. Маджара Тарас Игоревич.

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

Общая численность института – 154 чел., в т.ч. н.р. – 85. Из них ак. – 1, чл.-к. РАН – 1, д.н. – 24, к.н. – 52.

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 (д.ф.-м.н. В.А. Дыхта)

**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.т.н. Э.И. Дружинин)**

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. А.Г. Феоктистов)

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.т.н. А.А. Семенов)



ВВЕДЕНИЕ	7
ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ	11
РЕЗУЛЬТАТЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОГРАММАМ РАН.....	30
I. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ	30
Тема I.1.4.1. Эволюционные уравнения и управляемые системы: теория, численный анализ и приложения.....	30
Тема I.1.4.2. Развитие математических методов описания процессов в физике высоких энергий, высокотемпературной плазме и механике сплошных сред.....	38
Тема I.1.4.3. Качественный анализ динамических свойств и синтез управлений гибридными механическими системами с развитием средств компьютерной алгебры и средств численной реализации	42
IV. ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	45
Тема IV.38.1.1. Технологии разработки проблемно-ориентированных самоорганизу-ющихся мультиагентных систем группового управления: методы, инструментальные средства, приложения.....	45
Тема IV.38.1.2.3 Методы и технологии создания распределенной сервисно-ориентированной среды сбора, хранения, обработки больших объемов разноформатных междисциплинарных научных данных и знаний, основанных на конструктивных средствах спецификации, порождающем программировании и интеллектуализации.....	50
Тема IV.38.1.4. Информационно-телекоммуникационная платформа цифрового мониторинга озера Байкал на основе сквозных технологий	52
Тема № IV.38.1.3. Разработка методов непрерывной и дискретной оптимизации и их реализация на высокопроизводительных вычислительных системах для поддержки междисциплинарных научных исследований	53
ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРОЕКТАМ, ПОДДЕРЖАННЫМ СОВЕТОМ ПО ГРАНТАМ ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....	56
ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ РОССИЙСКОГО НАУЧНОГО ФОНДА.....	58
ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ РОССИЙСКОГО ФОНДА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	64
МЕЖДУНАРОДНЫЕ ГРАНТЫ РФФИ	67
ГРАНТЫ МИНОБРНАУКИ	67
ИССЛЕДОВАНИЯ ПО МОЛОДЕЖНЫМ ПРОЕКТАМ	68
РАБОТЫ ПО РАЗВИТИЮ ИНФРАСТРУКТУРЫ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ИРКУТСКОГО НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА (ИИВС ИРНОК)	69



ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЕ ЦКП «ИРКУТСКИЙ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЙ ЦЕНТР СО РАН» (ИСКЦ).....	70
ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.....	72
НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	73
Ученый совет.....	73
Диссертационный совет	73
Научные кадры	73
Конференции и семинары	74
Связи с вузами.....	74
Членство в советах РАН и СО РАН	74
Членство в национальных и международных научных организациях	75
Членство в редколлегиях научных изданий.....	75
Членство в научно-технических советах и комиссиях органов государственной власти	76
Экспертная деятельность	77
МЕЖДУНАРОДНЫЕ НАУЧНЫЕ СВЯЗИ И СОВМЕСТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ С ЗАРУБЕЖНЫМИ НАУЧНЫМИ УЧРЕЖДЕНИЯМИ.....	77
1. Выезд в зарубежные командировки.....	77
2. Сотрудничество с зарубежными научными центрами.....	77
3. Приём иностранных учёных.....	78
4. Проведение международных конференций.....	78
Членство в международных научных организациях:.....	79
Членство в редколлегиях международных научных изданий:.....	79
ПЕРЕЧЕНЬ ПУБЛИКАЦИЙ И ПОЛУЧЕННЫХ ПАТЕНТОВ.....	80
Статьи в российских журналах.....	80
Статьи в зарубежных и переводных журналах	83
Статьи в сборниках трудов конференций.....	93
Тезисы докладов.....	98
Свидетельства о государственной регистрации объектов интеллектуальной собственности	102
СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	104
ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ В РАМКАХ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАДАНИЯ ИДСТУ СО РАН.....	104
ЦЕЛЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛАНА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИДСТУ СО РАН	106



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 2020 году в Институте работали 154 человека, из них 85 – научные работники, в том числе 1 действительный член РАН, 1 член-корреспондент РАН, 24 доктора наук и 52 кандидата наук, молодых научных работников (до 39 лет) – 28, проходили обучение 6 аспирантов.

В 2020 году Институт проводил фундаментальные исследования в соответствии с Планом научно-исследовательской работы и Государственным заданием по 7 научным (базовым) темам в рамках двух приоритетных направлений Программы фундаментальных исследований государственных академий на 2013-2020 годы:

- I.1.4.1. Эволюционные уравнения и управляемые системы: теория, численный анализ и приложения (руководитель – чл.-к. РАН А.А. Толстоногов).
- I.1.4.2. Развитие математических методов описания процессов в физике высоких энергий, высокотемпературной плазме и механике сплошных сред (руководитель – д.ф.-м.н. Ю.А. Марков).
- I.1.4.3. Качественный анализ динамических свойств и синтез управлений гибридными механическими системами с развитием средств компьютерной алгебры и средств численной реализации (руководитель – д.т.н. Э.И. Дружинин).
- IV.38.1.1. Технологии разработки проблемно-ориентированных самоорганизующихся мультиагентных систем группового управления: методы, инструментальные средства, приложения (руководитель – ак. И.В. Бычков).



- IV.38.1.2. Методы и технологии создания распределенной сервисно-ориентированной среды сбора, хранения, обработки больших объемов разноформатных междисциплинарных научных данных и знаний, основанные на конструктивных средствах спецификации, порождающем программировании и интеллектуализации (руководитель – д.т.н. Г.М. Ружников).

- IV.38.1.3. Разработка методов непрерывной и дискретной оптимизации и их реализация на высокопроизводительных вычислительных системах для поддержки междисциплинарных научных исследований (руководитель – д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский).

- IV.38.1.4. Информационно-телекоммуникационная платформа цифрового мониторинга озера Байкал на основе сквозных технологий (руководитель – ак. И.В. Бычков).

В 2020 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».

Кроме того в 2020 году проводились фундаментальные исследования за счет внебюджетных источников по 27 научно-исследовательским проектам РФФИ, в том числе по 1 проекту молодых ученых, 2 международным проектам. Проводились также исследования по 3 проектам РНФ.

Все задания 2020 года выполнены.

В 2020 году сотрудником ИДСТУ СО РАН совершен 1 выезд в зарубежную командировку в Китай для выполнения совместных научных исследований

В 2020 году Институтом проведены следующие научные мероприятия:

- 2-й Международный семинар по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (2nd International Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments, ICCS-DE 2020), 6-7 июля 2020 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН;

- 3-й Научно-практический семинар «Информационные технологии: алгоритмы, модели, системы» (3rd Scientific-practical Workshop Information Technologies: Algorithms, Models, Systems, ITAMS-2020), 3 сентября 2020 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН;

- 36-я конференция «Ляпуновские чтения», 7–11 декабря 2020 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН;

- 1-й Международный семинар по передовым информационным и вычислительным технологиям и системам (1st International Workshop on Advanced Information and Computation Technologies and Systems, AICTS 2020), 7-10 декабря 2020 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН.

Сотрудниками Института в 2020 году опубликовано 310 работ, из них: 71 – в изданиях, включенных в международную базу цитирования Web of Science, 143 – в изданиях,



включенных в международную базу цитирования Scopus, 186 – в изданиях, включенных в базу РИНЦ, получено 6 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ в Российском агентстве по патентам и товарным знакам.

Ученое звание профессора присвоено д.ф.-м.н. А.Л. Казакову (приказ Минобрнауки РФ № 421/НК от 17 июня 2020 г.).

Диссертацию на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02 Теоретическая физика защитил А.Е. Раджабов (тема – «Адронные процессы в вакууме, горячей и плотной среде, поправки к аномальному магнитному моменту мюона в низкоэнергетической модели КХД», дата защиты – 28.11.2019, диплом ВАК 617/нк от 21.10.2020).

Диссертацию на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 Системный анализ, управление и обработка информации защитил А.С. Аникин (тема – «Параллельные вычислительные технологии решения конечномерных задач оптимизации большой размерности», дата защиты – 28.12.2020).

Грант Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук получил к.т.н. Н.О. Дородных.

Стипендии Президента РФ для молодых ученых получили И.А. Грибанова, С.Е. Кочемазов.

В рамках конференции «Ляпуновские чтения» признана лучшей монография к.т.н. Н.О. Дородных и к.т.н. А.Ю. Юрина «Технология создания продукционных экспертных систем на основе модельных трансформаций»; на конкурсе работ молодых ученых ИДСТУ СО РАН присуждено I место М.Ю. Кензину за цикл статей «Задачи планирования комплексных миссий большой продолжительности для разнородных групп мобильных роботов в условиях ограниченной коммуникации»; присуждено II место к.ф.-м.н. Т.В. Груздевой и д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловскому за цикл статей «Поиск глобальных решений в задачах дробной оптимизации».

М.Ю. Кензин и А.А. Толстихин получили Дипломы победителей конкурса молодых ученых за доклады на XXI Всероссийской конференции молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям (Новосибирск, 2020).

Почетной грамотой Министерства науки и высшего образования Российской Федерации награжден д.ф.-м.н. В.Д. Иртегов.

Почетное звание «Почетный работник науки и высоких технологий Российской Федерации» присвоено д.ф.-м.н. А.А. Щегловой.

Благодарность Губернатора Иркутской области получили к.ф.-м.н. А.В. Банщиков, Л.Ф. Зеленова, к.ф.-м.н. А.А. Лемперт, д.ф.-м.н. М.А. Новиков, Т.А. Петренко, Л.В. Регент, к.ф.-м.н. О.Н. Самсонюк, к.т.н. Р.К. Федоров.

Почетной грамотой мэра г. Иркутска награждены к.ф.-м.н. И.Л. Васильев, Г.Б. Кононенко, к.т.н. Т.И. Маджара.

Благодарность мэра г. Иркутска получили Д.Г. Бабанин, к.т.н. С.А. Горский, О.И. Гречка, Р.О. Костромин, А.А. Кумачев, д.ф.-м.н. А.Е. Раджабов, Г.Н. Столбова, к.т.н. С.А. Ульянов, к.т.н. А.О. Шигаров.



Почетной грамотой Российской академии наук награждены Е.Ю. Батурина, д.т.н. А.Ф. Берман, д.ф.-м.н. Э.И. Дружинин, д.ф.-м.н. А.Л. Казаков, к.ф.-м.н. А.А. Косов, д.ф.-м.н. Ю.А. Марков, д.т.н. О.А. Николайчук, к.т.н. А.А. Семенов, д.ф.-м.н. А.А. Тятюшкин, к.т.н. А.Е. Хмельнов.

Почетной грамотой Сибирского отделения Российской академии наук награждены д.ф.-м.н. А.Л. Баландин, Л.П. Гагарина, к.ф.-м.н. Т.В. Груздева, Е.Г. Жолудева, д.ф.-м.н. А.В. Лакеев, д.ф.-м.н. М.А. Маркова, к.т.н. А.П. Новопашин, к.ф.-м.н. А.В. Орлов, Н.В. Починская, к.т.н. И.А. Сидоров, М.И. Сухих, д.ф.-м.н. И.А. Финогенко, к.т.н. А.Г. Феоктистов, д.ф.-м.н. В.Ф. Чистяков, Т.И. Чупрова, к.т.н. А.Ю. Юрин.

Почетное звание «Заслуженный ветеран Сибирского отделения Российской академии наук» присвоено к.ф.-м.н. И.Л. Васильеву, к.т.н. Т.И. Маджаре, к.т.н. Р.К. Федорову, к.т.н. Е.А. Черкашину.

Почетной грамотой Профсоюза работников Российской академии наук награждены Н.П. Хартанова и Г.Г. Черкашина.



ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Приоритетное направление 1. Теоретическая математика

1. Эволюционное включение с максимально монотонным оператором и невыпуклым многозначным возмущением

Рассмотрено эволюционное включение в гильбертовом пространстве, правая часть которого содержит зависящий от времени максимально монотонный оператор и многозначное отображение с замкнутыми невыпуклыми значениями. Зависимость максимально монотонного оператора от времени описывается с помощью функции расстояния между максимально монотонными операторами в смысле Владимирова. Предполагается, что такое расстояние как функция от времени имеет ограниченную вариацию с верхней границей, заданной некоторой положительной неатомической мерой Радона. Под решением включения понимается непрерывная функция ограниченной вариации, чья производная (мера Стильеса) абсолютно непрерывна относительно указанной выше положительной меры Радона, а значения соответствующей функции плотности принадлежат почти всюду множеству из правой части включения. При традиционных предположениях (измеримость, липшицевость по фазовой переменной в метрике Хаусдорфа, условие подлинейного роста) доказываются существование решений и устанавливается ряд их свойств.

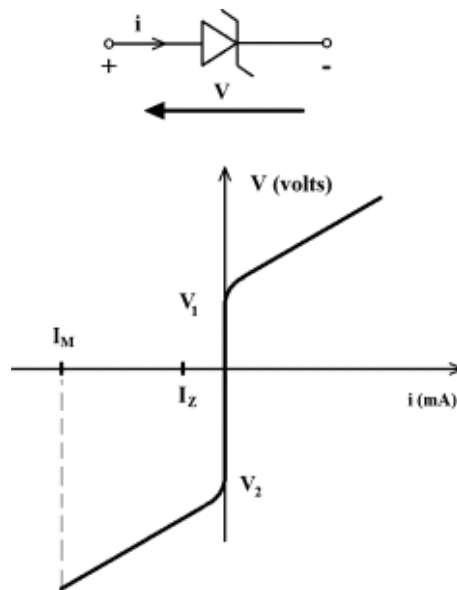


Рис. 1. График простейшего максимально монотонного оператора

Автор: чл.-к. РАН А.А. Толстоногов

2. Позиционный принцип минимума второго порядка в задачах оптимального управления

Получено необходимое условие глобальной оптимальности программного управления в классе позиционных управлений спуска по функционалу, экстремальных относительно новой квадратичной опорной мажоранты функционала. Результат усиливает и дополняет классический и позиционный принципы минимума первого порядка, и особенно эффективен в задачах с особыми и скользящими режимами.

Автор: д.ф.-м.н. В.А. Дыхта

3. Оптимальное управление в модели популяционной динамики с гистерезисом

Рассмотрена нелинейная управляемая система в частных производных, возникающая при моделировании динамики популяций. Система состоит из трех уравнений диффузии, описывающих эволюцию трех биологических видов: добыча, хищник и пища для добычи. Уравнение для плотности пищи включает в себя гистерезисный оператор типа обобщенный упор, учитывающий гистерезисные эффекты, возникающие при рассмотрении данного процесса. Изучена задача минимизации заданного интегрального функционала на решениях указанной системы. Многозначное отображение, определяющее ограничение на управление, имеет замкнутые, невыпуклые значения, а интегрант целевого функционала является функцией, невыпуклой по управлению. Наряду с исходной рассматривается релаксационная задача минимизации интегрального функционала с овыпукленным по управлению интегрантом на решениях управляемой системы с овыпукленным ограничением на управление. Доказан аналог классической теоремы Н.Н. Боголюбова в вариационном исчислении, устанавливающей связь между исходной задачей минимизации и релаксационной задачей.

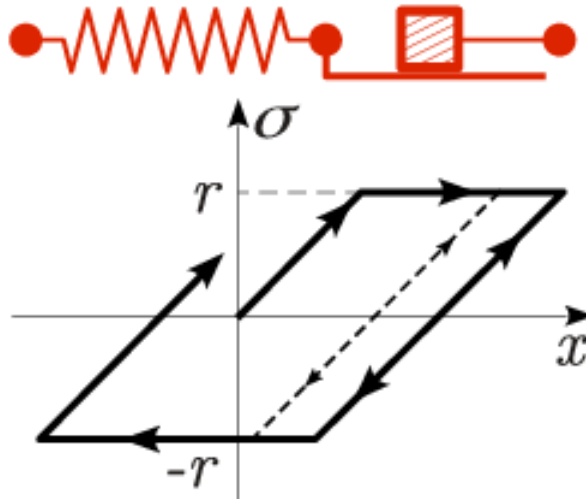


Рис. 2. Гистерезисный оператор типа упор

Автор: к.ф.-м.н. С.А. Тимошин

4. Метод численного решения задач управления динамическими системами с двумя независимыми типами импульсных воздействий на основе сингулярного пространственно-временного преобразования

Для гибридной задачи управления динамической системой с двумя независимыми типами импульсных воздействий разработана схема численного решения на основе нового сингулярного пространственно-временного преобразования, сочетающего разрывную замену времени с расширением фазового пространства. Последнее соответствует расщеплению разрывной траектории на две ветви, отвечающие ее (левому и правому) односторонним пределам. Схема позволяет адаптировать для изучаемого класса задач существующие алгоритмы оптимального управления и сторонние решатели. В рамках апробации развиваемого подхода получены результаты численного исследования нескольких моделей механических систем с блокируемыми степенями свободы и гиперимпульсными воздействиями вибрационной природы. Расчеты проведены прямым методом с привлечением пакета GEKKO и решателей IPOPT, APOPT и BPOPT.

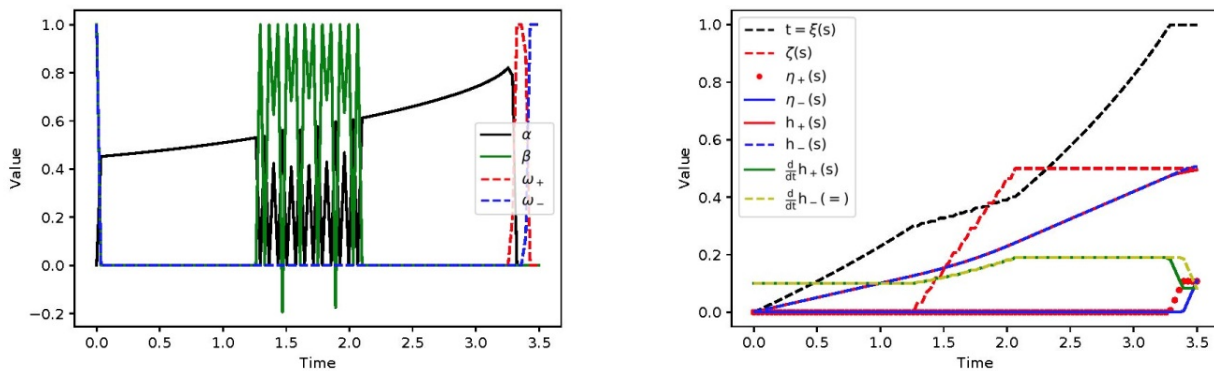


Рис. 3. Телескопический маятник с блокируемой степенью свободы: управления (слева) и траектории (справа) в преобразованной задаче. пилообразный участок на графике управлений (зеленый и черный цвет) соответствует вибрации – гиперимпульсу; финальный сегмент (красная и синяя пунктирные линии) характеризует импульсное блокирование линейной координаты

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

5. Оптимизация нелинейных импульсных процессов

Рассмотрен класс задач оптимизации нелинейных импульсных процессов с управлениями, заданными борелевскими мерами, и ограничениями на промежуточные значения разрывной траектории. Развита метод составных (векторных) функций типа Ляпунова со свойствами сильной и/или слабой монотонности относительно импульсной управляемой системы. Получены условия оптимальности, основанные на использовании множеств составных функций типа Ляпунова. Для билинейной задачи оптимального импульсного управления найдены составные функции, точно описывающие множества достижимости в промежуточные моменты времени и конкретизирующие необходимые и достаточные условия оптимальности.

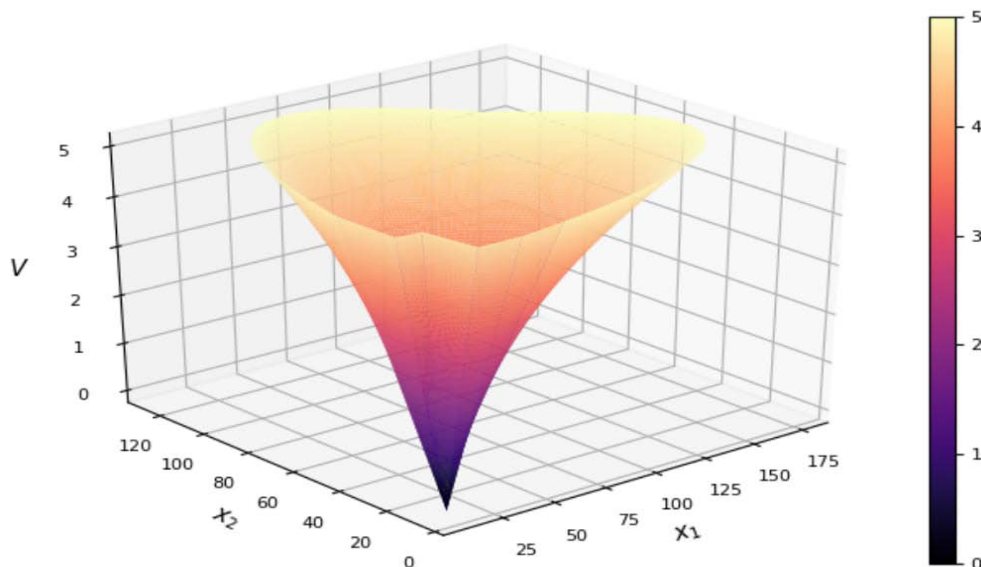


Рис. 4. Точное описание множества достижимости билинейной импульсной системы, заданное векторной (составной) функцией типа Ляпунова

Автор: к.ф.-м.н. О.Н. Самсонок



6. Математическая модель кипения недогретой жидкости в кольцевом канале

Рассмотрена модель кипения недогретой жидкости в кольцевом канале, представленная в виде смешанной системы обыкновенных дифференциальных уравнений, алгебраических соотношений и одного уравнения в частных производных. С помощью теории дифференциально-алгебраических уравнений определена область существования решения математической модели и предложен численный метод. Определенное в результате расчетов время исчезновения жидкой пленки соответствует данным физического эксперимента по изучению нарушения эффекта Лейденфроста при охлаждении металлической поверхности, омываемой потоком этанола (рис. 5).

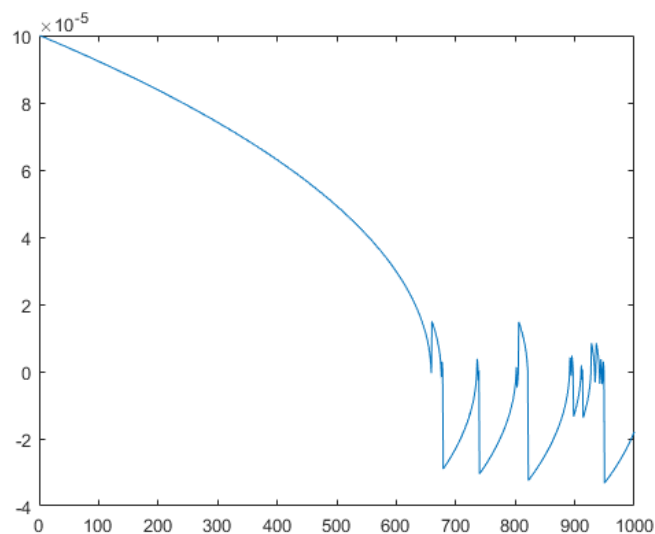


Рис. 5. Динамика изменения толщины слоя перегретой выше температуры насыщения жидкости

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

7. Параллельная вычислительная технология аппроксимации интегральной воронки динамической системы с полиэдральным управлением

Выполнена программная реализация методов решения задач аппроксимации интегральной воронки для полиэдрально управляемых динамических систем с применением технологий параллельного программирования. Предложенная технология основывается на редукции к задачам фазового оценивания и оптимального управления с ограничениями более простой структуры. Используемые для исследования вспомогательных задач обобщенные методы стохастической аппроксимации множества достижимости управляемой динамической системы опираются на построение управлений в виде функций релейного типа с заданным числом точек переключения. Для параллельной генерации допустимых управлений из полиэдрального множества с последующим интегрированием дифференциальной системы с целью нахождения соответствующего значения функционала применялись современные графические ускорители. Предлагаемые в работе подходы реализованы на языке C/C++ с использованием технологии параллельного программирования NVIDIA CUDA.

Расширенная коллекция тестовых задач с полиэдральными управляющими воздействиями использована для тестирования предложенных алгоритмов и программных средств. На рис. 6 представлены рассмотренные варианты полиэдральных ограничений на



управления: $u(t) \in U_i, i = \overline{1,5}$, а также множества достижимости динамической системы $\dot{x}_1 = 0.1u_2 \sin x_2, \dot{x}_2 = u_1 - |x_1|^{x_1}$ с фиксированными начальными значениями траектории $x_1(t_0) = 0.1, x_2(t_0) = 0$. Вычислительные эксперименты проводились на различных системах, имеющих в своём составе ускорители NVIDIA GeForce 1060, GeForce 1070 и GeForce 2080 Ti. Результаты, полученные в режиме одинарной точности (float), продемонстрировали значительное ускорение расчётов. С использованием разработанных вычислительных технологий решены содержательные задачи рассматриваемого типа.

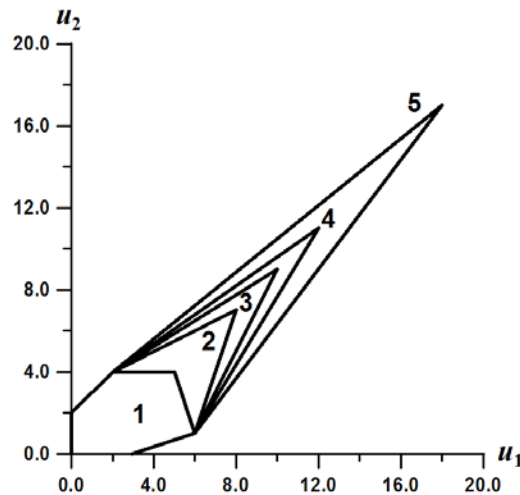


Рис. 6. Полиэдральные множества допустимых управлений для семейства тестовых ЗОУ

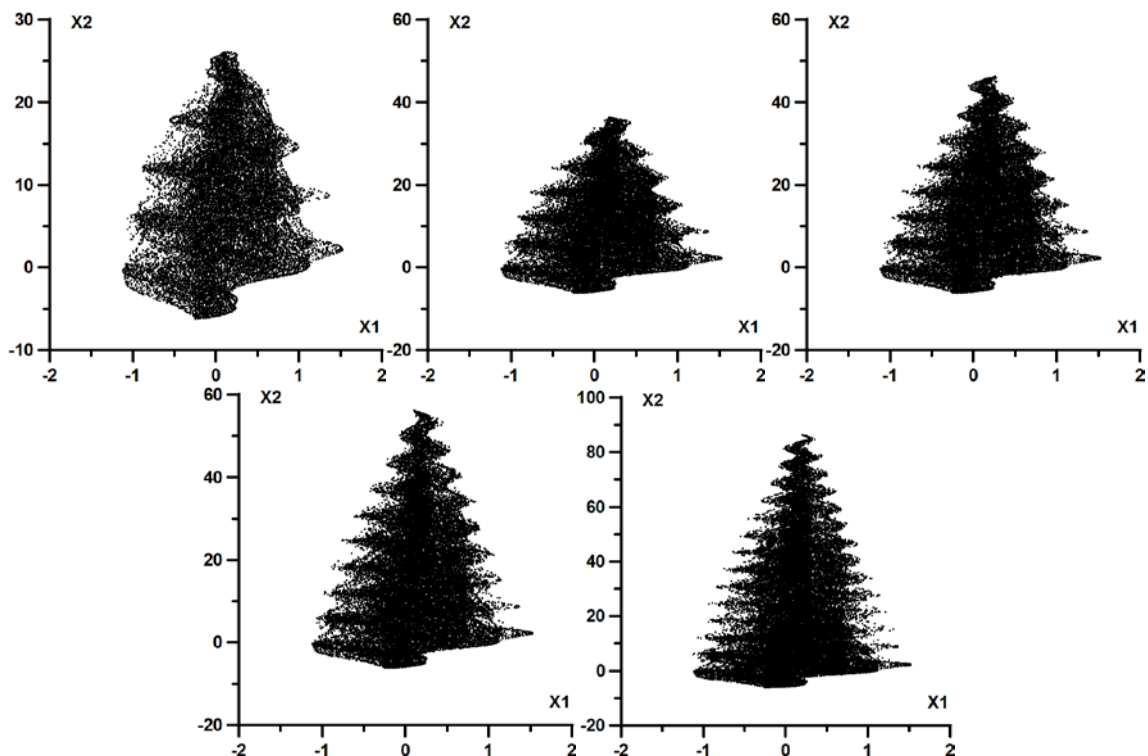


Рис. 7. Аппроксимация множества достижимости управляемой динамической системы для рассмотренного семейства тестовых задач

Авторы: д.т.н. А.Ю. Горнов, к.т.н. Т.С. Зароднюк, А.С. Аникин, П.С. Сорокиков

8. Гамильтонов формализм для мягких бозе-возбуждений в кварк-глюонной плазме

Решена задача построения гамильтоновой теории для коллективных продольно-поляризованных бесцветных возбуждений (плазмонов) в высоко-температурной глюонной плазме. Для решения этой задачи был применён общий формализм построения теории волн в нелинейных средах с дисперсией, развитый В.Е. Захаровым. В рамках данного подхода получено в явном виде специальное каноническое преобразование в форме функционального разложения по квазичастичным операторам рождения и уничтожения плазмонов, позволяющее упростить исходный гамильтониан взаимодействия мягких глюонных возбуждений, исключив из него вклад третьего порядка по взаимодействию и тем самым определить новый эффективный гамильтониан четвёртого порядка, описывающий процесс упругого рассеяния двух бесцветных плазмонов друг на друге. Эффективная амплитуда плазмон-плазмонного взаимодействия, которая входит в эффективный гамильтониан, имеет простую диаграммную интерпретацию, представленную на рис. 8:

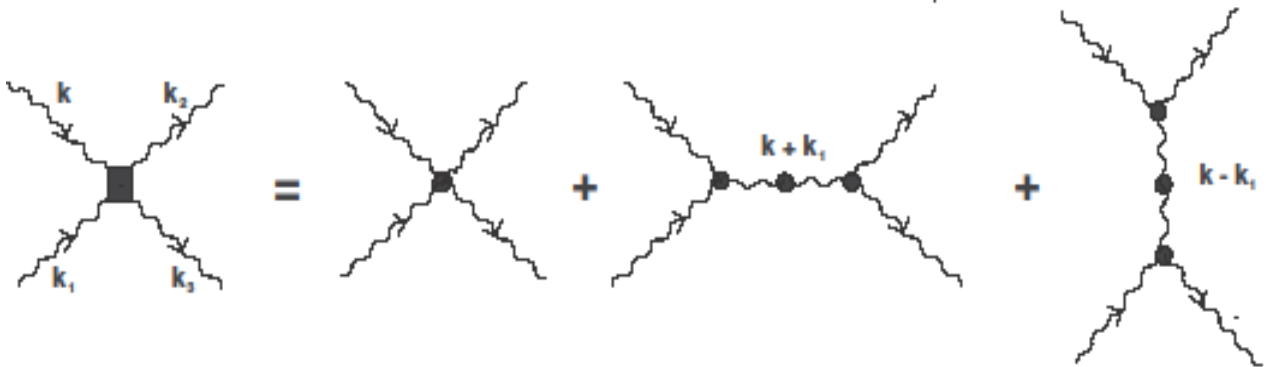


Рис. 8. Матричный элемент для четырехплазмонного распада.

Волновые линии обозначают плазмоны, а черные точки – эффективные трех- и четырех-глюонные вершинные функции в приближении жестких температурных петель

Введена в рассмотрение корреляционная функция второго порядка, определяющая функцию распределения числа плазмонов. Дан анализ корреляционных функций четвёртого и шестого порядков по операторам рождения и уничтожения.

Развитый подход использован далее для построения кинетического уравнения больцмановского типа, которое описывает процесс упругого рассеяния мягких бозонных возбуждений в чисто глюонной плазме и эффект так называемого нелинейного затухания Ландау. Проведено детальное сравнение эффективной амплитуды плазмон-плазмонного взаимодействия, определенной в рамках классической гамильтоновой теории, и соответствующего матричного элемента, вычисленного в рамках высокотемпературной квантовой хромодинамики, что позволило определить границы справедливости чисто классического подхода, представленного в работе. Определены в явном виде трёхплазмонные и четырёхплазмонные вершинные функции в рамках приближения жёстких температурных петель и аппроксимация эффективного глюонного пропагатора в плазмонном полюсе. Намечены возможные пути обобщения гамильтонового описания на случай сильновозбужденной горячей глюонной плазмы.

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



9. Решение задачи рассеяния с использованием принципа максимума энтропии

Решена трехмерная обратная задача рассеяния применительно к комптоновскому рассеянию с использованием принципа максимума энтропии, идея которого как метода решения физических задач с неполной информацией была предложена Е.Т. Джейнсом в 1957 году. Так как любые обратные задачи характеризуются, как правило, недостатком информации, то решение, соответствующее максимуму энтропии с наименьшей вероятностью, могут вводить в заблуждение наличием разного рода артефактов. В работе разработана итерационная процедура для реконструкции рассеивающего объекта по результатам комптоновского рассеяния, т.е. восстановление объекта по лучевому преобразованию в конической системе координат. На рис. 9 представлены результаты численного эксперимента (модельный объект слева, реконструкция справа). Ошибка реконструкции представлена на рис. 10.

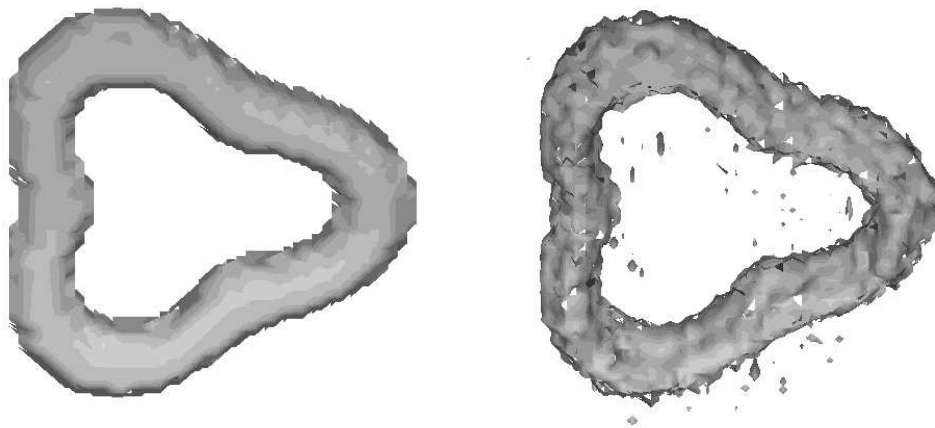


Рис. 9. Возмущенный тороидальной модой $m = 3$ модельный тороид (слева) и реконструированный (справа) с аспектным отношением $Asp = 5.0$. Относительная погрешность восстановления не более 10,5%

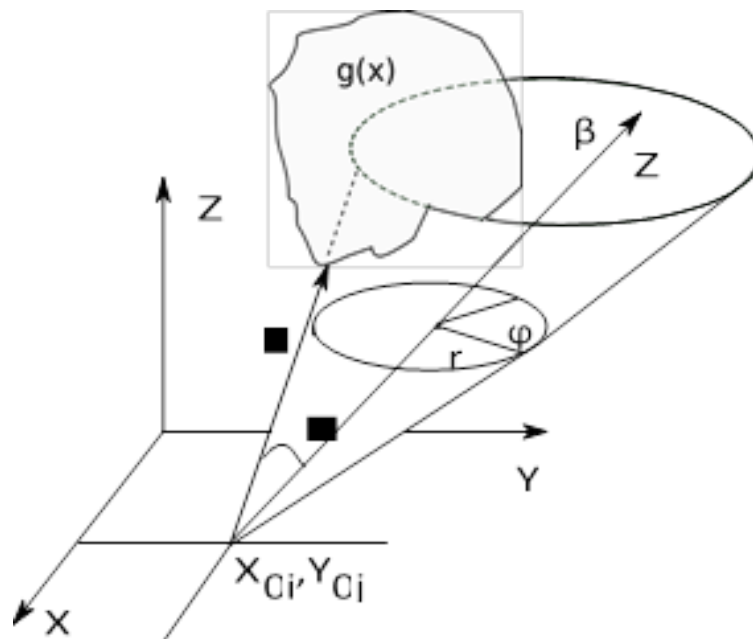


Рис. 10. Ошибка реконструкции (в процентах) в зависимости от числа измерений для различных тороидальных мод ($m = 1$ (- + -), $m = 2$ (- × -), $m = 3$ (-*-))

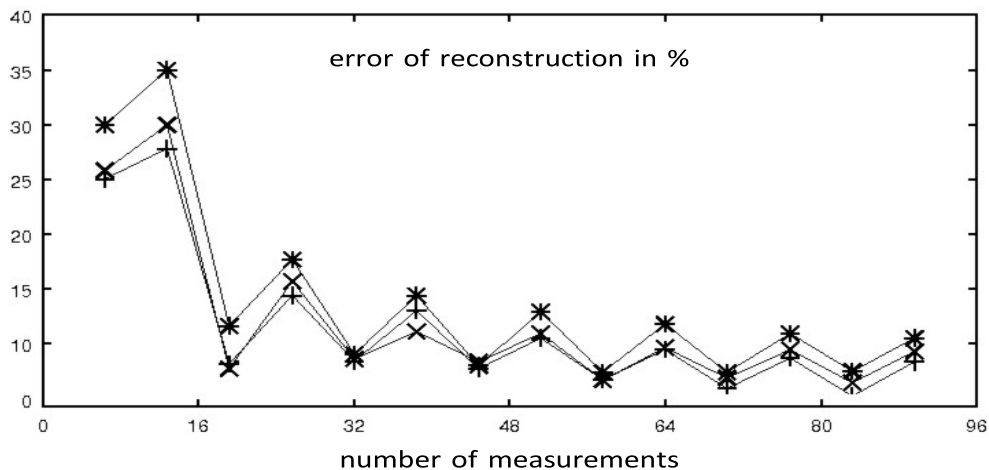


Рис. 11. Схема измерения рассеянного излучения для инверсии лучевого преобразования

Автор: д.ф.-м.н. А.Л. Баландин

10. Символьно-численный анализ необходимых условий устойчивости относительных равновесий орбитального гиростата

Исследована динамика вращательного движения по круговой орбите спутника-гиростата в центральном ньютоновском поле сил, а также получены необходимые условия устойчивости относительного положения равновесия (ОПР) общего вида для орбитального гиростата. При определении конкретных ОПР рассмотрен случай, когда вектор гиростатического момента системы находится в одной из трех плоскостей, образуемых главными центральными осями инерции. В пространстве введенных безразмерных параметров проведен параметрический анализ условий устойчивости некоторых равновесных состояний. Выполнено сравнение необходимых и полученных другими авторами достаточных условий устойчивости. Полученные области имеют аналитический вид или графическое представление в виде 2D-изображений (см., например, рис. 12). Нахождение необходимых условий устойчивости позволяет, например, рассмотреть вопрос о возможности гироскопической стабилизации неустойчивой системы под действием потенциальных сил. При исследовании применялись функции символьно-численного моделирования системы компьютерной алгебры (СКА) «Mathematica» и прикладное программное обеспечение, разработанное ранее на базе этой СКА.

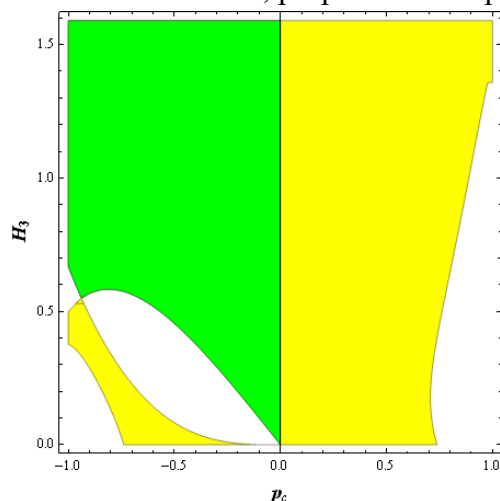


Рис. 12. Область необходимых условий устойчивости для одного из ОПР при конкретных значениях некоторых параметров, где в её зелёной части матрица потенциальных сил положительно определена

Автор: к.ф.-м.н. А.В. Банищikov



11. Построение и исследование решений, имеющих тип диффузионной волны, для нелинейных параболических уравнений и систем с особенностью

В рамках развития предложенной ранее технологии построения и исследования решений нелинейных параболических уравнений и систем с вырождением, описывающих диффузионные процессы в механике и физике, разработан оригинальный метод изучения специального класса решений – диффузионных волн, распространяющихся по невозмущенному фону с конечной скоростью. Основой предложенного метода является совместное использование характеристических рядов, методов граничных элементов и двойственной взаимности и точных решений, построение которых сводится к интегрированию задач Коши (зК) для обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), наследующих особенность у исходной задачи. Свойства уравнений исследуются аналитически, численно и методами качественной теории дифференциальных уравнений. Метод был применен для исследования нелинейного уравнения теплопроводности с источником и системы уравнений «реакция–диффузия». На рис. 13 показан фазовый портрет динамической системы, описывающей тепловую волну с логарифмическим фронтом, рис. 14 соответствует решениям зК для ОДУ, описывающим профиль волны.

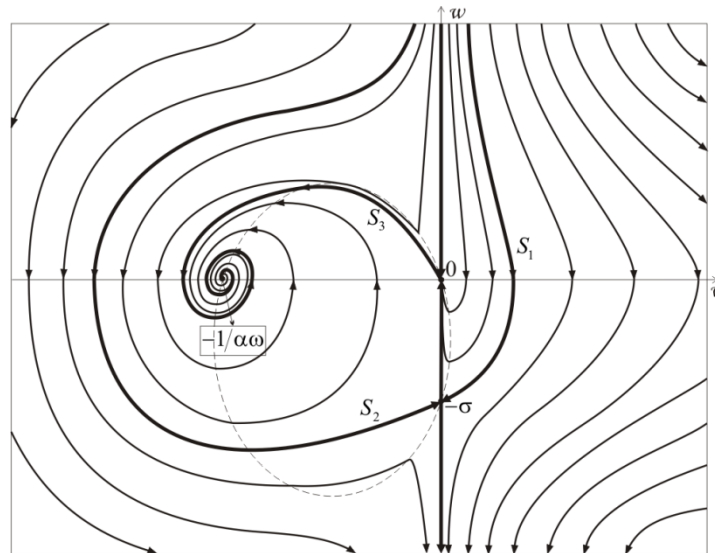


Рис. 13. Фазовый портрет

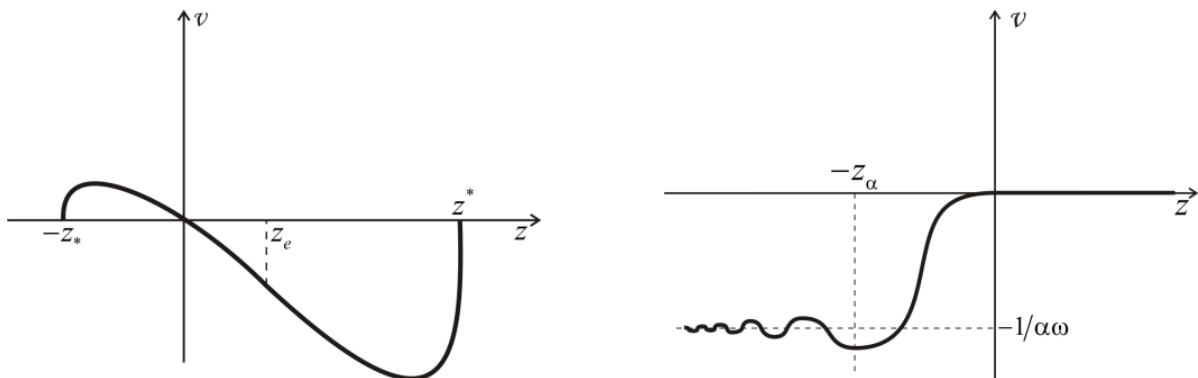


Рис. 14. Решение (слева), соответствующее сепаратрисам S_1 и S_2 ;
решение (справа), соответствующее сепаратрисе S_3 .

Автор: д.ф.-м.н. А.Л. Казаков



Приоритетное направление 38. Проблемы создания глобальных и интегрированных информационно-телекоммуникационных систем и сетей. Развитие технологий и стандартов GRID

1. Событийный подход к планированию пути в неизвестной среде для автономного необитаемого подводного аппарата

Успешное выполнение отдельных этапов сложной многоцелевой миссии невозможно без наделения автономного необитаемого подводного аппарата способностью коррекции своего движения в режиме реального времени для того, чтобы избежать столкновения с препятствиями. Исследована постановка задачи планирования пути в неизвестной среде, в рамках которой подводному аппарату предписано следовать по заданной опорной траектории и обходить препятствия, обнаруживаемые по ходу движения локатором секторного обзора. Для решения поставленной задачи разработан событийный подход, центральным компонентом которого является дискретно-событийная система, ответственная за выявление ситуаций, требующих коррекции пути. Предложены два алгоритма планирования пути, обеспечивающие безопасный обход обнаруживаемых препятствий и возврат на опорную траекторию по завершению обходного маневра. Генерируемые алгоритмами пути являются гладкими и удовлетворяют кинематическим ограничениям, заданным минимальным радиусом поворота аппарата. Разработанный подход в отличие от большинства известных не требует значительных вычислительных ресурсов и имеет потенциал быть реализованным на борту.

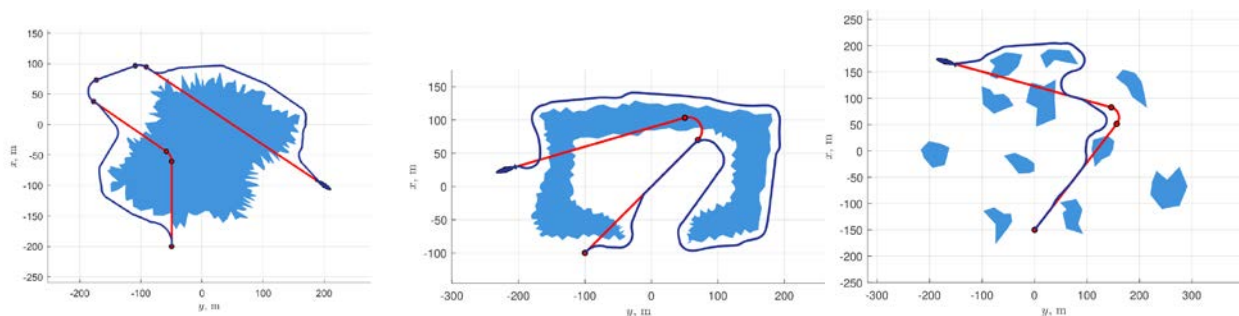


Рис. 15. Результаты моделирования для различных сценариев.

На рисунке: синие области – препятствия, красная линия – опорная (желаемая) траектория, синяя линия – фактическая, полученная моделированием траектория

Авторы: к.т.н. С.А. Ульянов, ак. И.В. Бычков, к.т.н. Н.Н. Максимкин

2. Эвристический подход к решению задачи экстренного оповещения распределенной группы мобильных роботов в условиях ограниченной коммуникации

Эффективность группы мобильных роботов во многом определяется ее способностью оперативно реагировать на возникающие изменения. Информирование всех членов группы об изменениях, способных повлиять на успех миссии, является нетривиальной задачей для больших мобильных группировок, особенно в условиях ограниченной коммуникации, когда обмен данными может осуществляться только между физически близкими роботами. Исследована задача поиска такого маршрута движения для робота, обладающего важной информацией, который обеспечил бы наискорейшее оповещение распределенной группы



роботов, функционирующей в заданном регионе. Предложена оригинальная постановка задачи, объединяющая в себе черты мультиагентных сетевых моделей и задач групповой маршрутизации. Ключевой особенностью постановки является тот факт, что каждый робот, получивший обновленные данные, также прекращает выполнение своих текущих целей и присоединяется к задаче группового оповещения. Для решения задачи предлагается ряд конструктивных эвристик для построения начальных маршрутов и процедура локального поиска для их дальнейшего улучшения. Получены результаты сравнительного анализа эвристик, разработаны алгоритмы для генерации реалистичного набора тестовых задач.

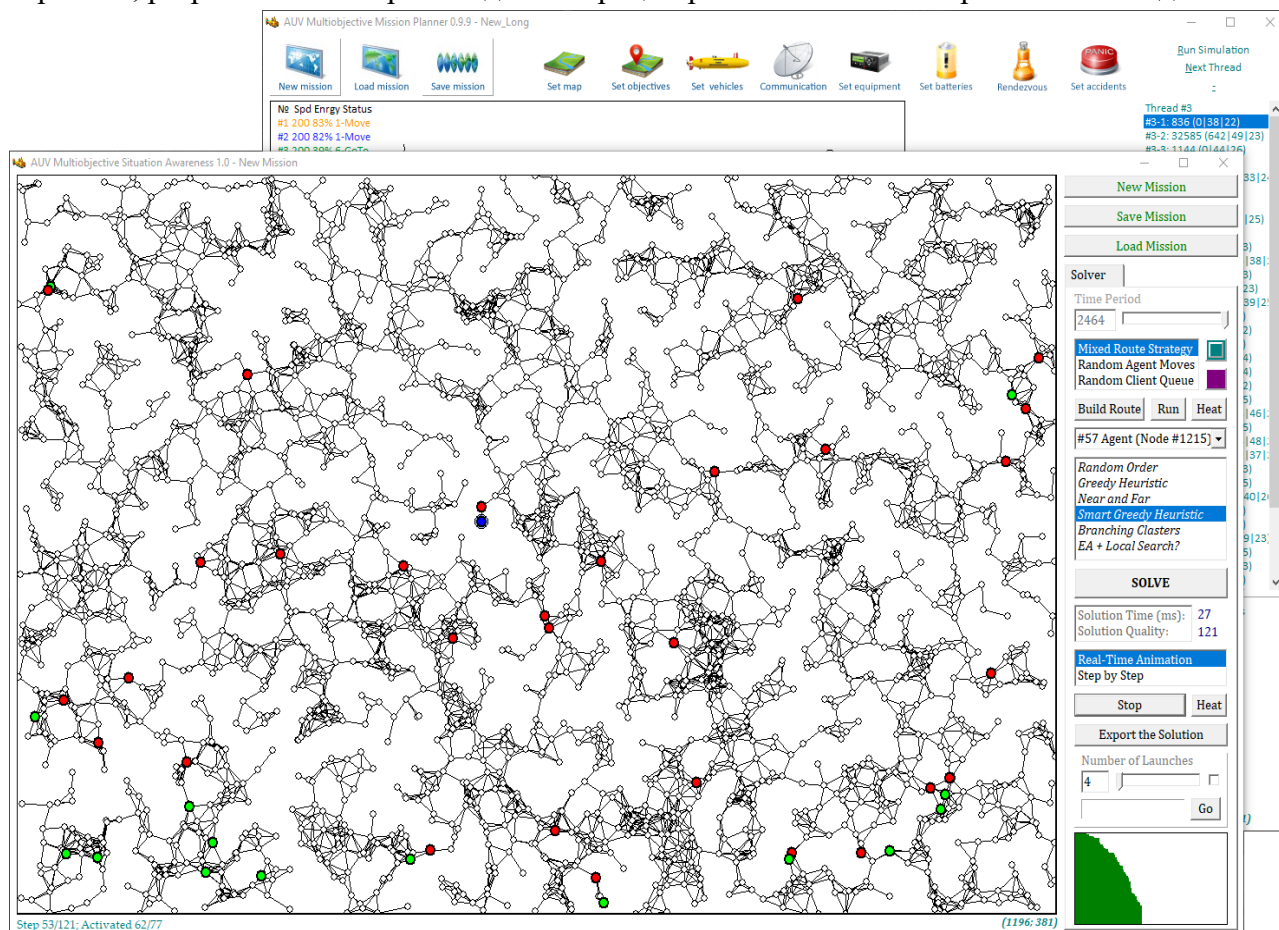


Рис. 16. Программная реализация задачи оповещения в рамках моделирующего комплекса

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

3. Верификация предсказаний глубоких нейросетевых моделей обнаружения таблиц в неразмеченных PDF документах

В настоящее время, большой объем нередатируемых документов публикуется и распространяется в формате PDF. Обычно они являются «неразмеченными», т.е. они не сопровождаются аннотацией о собственной структуре, в том числе нет метаданных о месторасположении и структуре таблиц. Одной из первостепенных задач автоматического понимания таких документов является обнаружение таблиц. Перспективным подходом к решению этой задачи является применение глубоких нейросетевых моделей обнаружения таблиц на изображениях документов. Однако значительная часть предсказаний, производимых такими моделями, все еще оказывается ложной.



С целью повышения качества обнаружения таблиц нами предлагается метод верификации таких предсказаний на основе сборки и анализа графового представления компоновки кандидатных таблиц, извлекаемых из неразмеченных PDF-документов. Предсказанный ограничивающий прямоугольник кандидатной таблицы используется, чтобы вырезать ее текстовое и графическое наполнение из PDF-документа. Анализ компоновки наполнения таблицы на основе адаптации алгоритмов «T-Rec» позволяет построить граф, вершины которого соответствуют текстовым блокам (т.е. абзацам текста внутри вероятных ячеек таблицы), а ребра выражают расположение текстовых блоков относительно друг друга (т.е. размещение внутри вероятных строк и столбцов таблицы). Набор таких графов, построенных по реальным позитивным примерам PDF-таблиц и синтетическим негативным примерам, позволил выделить и изучить графовые признаки, позволяющие идентифицировать наиболее вероятные таблицы среди кандидатных.

В результате была создана модель верификации кандидатных таблиц на основе алгоритма машинного обучения «Случайный лес». Обученная модель выполняет двоичную классификацию графов кандидатных таблиц, разделяя их на два класса: «истинные» и «ложные» случаи. Экспериментальные результаты демонстрируют, что реализованная верификационная модель позволяет исключить значительную часть ложноположительных случаев и тем самым существенно повысить точность обнаружения таблиц в неразмеченных PDF-документах.

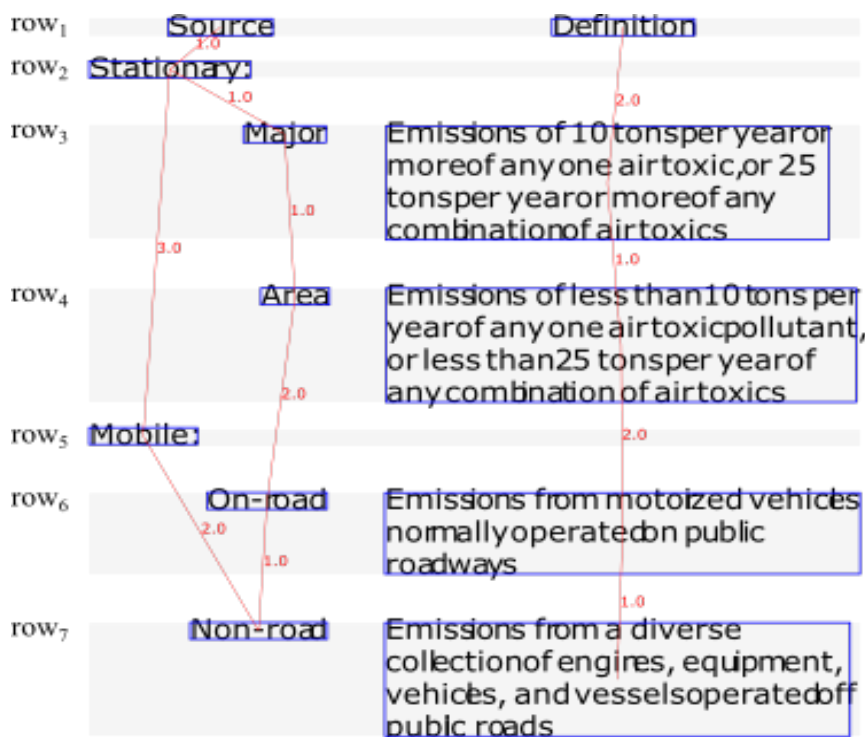


Рис. 17. Пример графового представления верифицируемой кандидатной таблицы

Авторы: к.т.н. А.А. Михайлов, И.А. Черепанов, Е.В. Рожков, к.т.н. А.О. Шигаров



4. Технология прототипирования продукционных экспертных систем на основе модельных трансформаций (ПЭСоТ)

Разработана информационная технология создания интеллектуальных систем, а именно, продукционных экспертных систем, переопределяющая и специализирующая принципы модельно-управляемого подхода, в частности, модели, метамодели, схемы метамоделирования и трансформаций.

Научная новизна технологии обусловлена включением в процесс разработки, переопределением и активным использованием вычислительно-независимой модели в форме онтологии; использованием авторских языков и нотаций: проблемно-ориентированного декларативного языка описания модельных трансформаций (TMRL); визуальной проблемно-ориентированной нотации для моделирования знаний в виде логических правил (RVML); оригинальным алгоритмическим и программным обеспечением, реализующим предлагаемый подход. Технология направлена на решение проблемы повышения эффективности и качества (технологичности) разработки компонентов проблемно-ориентированных систем искусственного интеллекта (включая базы знаний и экспертные системы). Технология апробирована при решении прикладных задач в области надежности и безопасности технических систем.

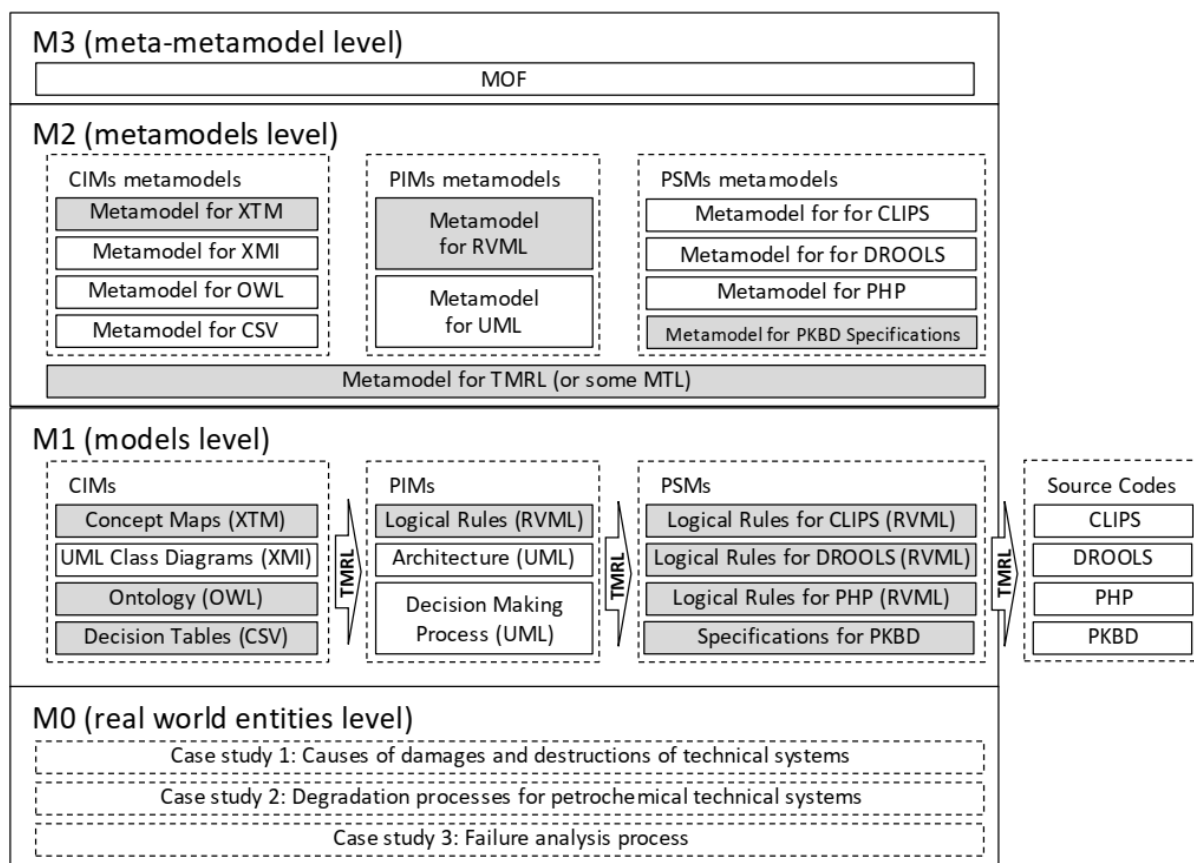


Рис. 18. Основные этапы, модели и трансформации технологии ПЭСоТ с точки зрения метамоделирования (новые элементы отмечены серым)

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



5. Принцип самоорганизации алгоритма обоснования свойств безопасности и приемлемого риска техногенных катастроф (ТК)

Новизна принципа самоорганизации основана на использовании метапродукций и продукций, формирующих совокупность требуемых задач и соответствующих экспертных систем и вычислительных модулей для их решения. Алгоритм самоорганизации с помощью метапродукций определяет предметную область и некоторую последовательность процесса обработки информации. Непосредственное решение задач осуществляется с помощью продукций. Алгоритм самоорганизации обеспечивает автоматическое/автоматизированное формирование интеллектуальной программной системы для решения задач.

Реализация процесса решения осуществляется в три этапа. На первом этапе на основе исходных данных, характеризующих воздействующие на объект факторы и требования к свойствам объекта, экспертные системы первого уровня (ЭС1) формируют набор задач, решение которых обеспечивает обоснование свойств безопасности. Информация о задачах поступает на вход экспертных систем второго уровня (ЭС2), которые определяют средства решения: экспертные системы, вычислительные модули (ВМ) и базы данных третьего уровня (ЭС3 и ВМ3), которые, в свою очередь, осуществляют непосредственное решение задач, сформированных на первом этапе.

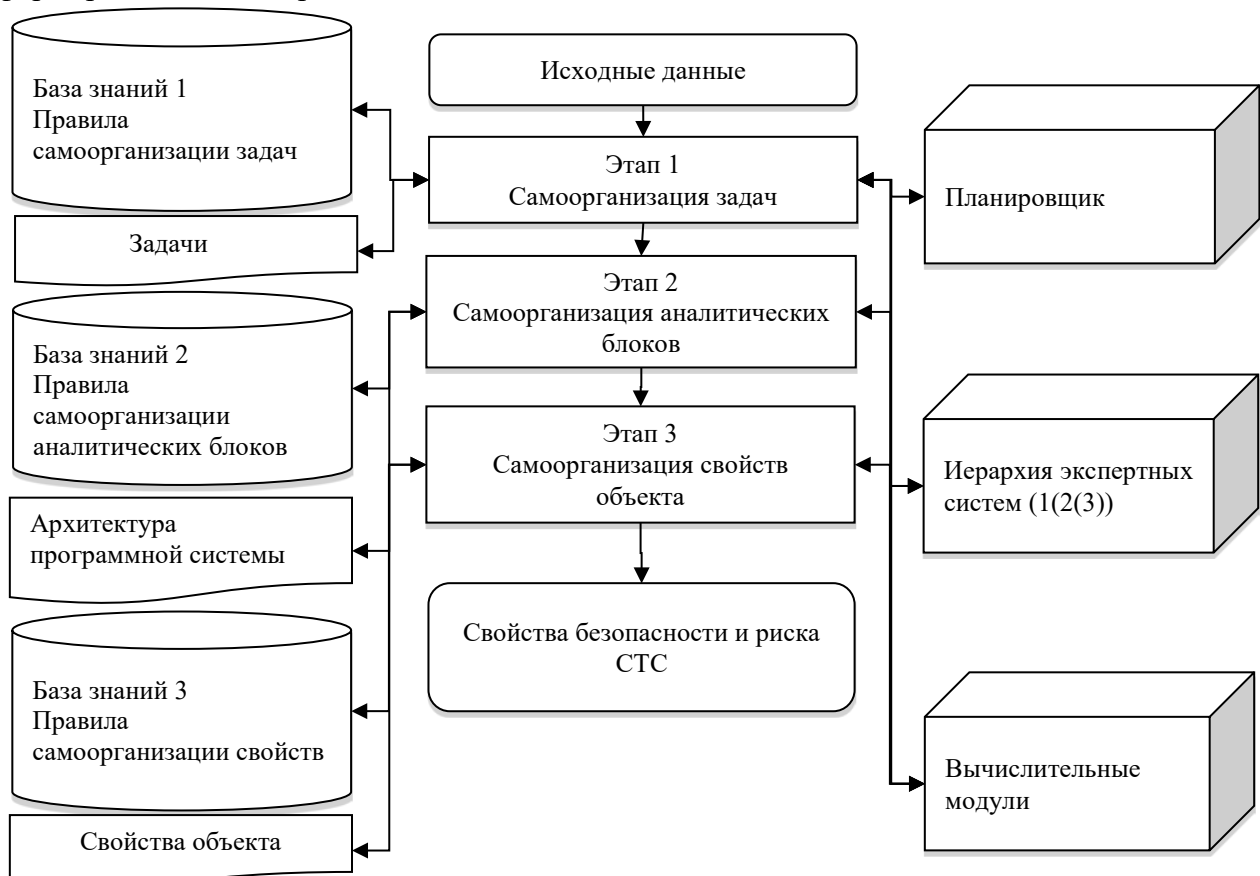


Рис.19. Алгоритм самоорганизации свойств безопасности и приемлемого риска техногенных катастроф

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

6. Средства автоматизации разработки композиций микросервисов для гибридных научных вычислений

Разработаны средства автоматизации построения композиций и ансамблей микросервисов на основе платформы HPCSOMAS-MSC (рис. 20). Эти средства ориентированы на применение в пакете прикладных микросервисов для решения вычислительно сложных задач качественного исследования двоичных динамических систем (ДДС) на основе метода булевых ограничений в гибридной вычислительной инфраструктуре, которая включает как облачные, так и локальные ресурсы. Преимуществом HPCSOMAS-MSC является поддержка как статического создания композитного сервиса на основе процедурной постановки задачи с иерархическим управлением его выполнения, так и динамического формирования композиции микросервисов на основе декларативной формулировки задачи с децентрализованным асинхронным управлением этой композицией на семантической P2P сети агентов, что обеспечивает адаптивность, надежность, масштабируемость вычислений и автоматическое подключение посредством агентов дополнительных ресурсов в силу открытости сети. Разработанные средства позволяют автоматизировать проведение исследований в разнообразных предметных областях, в которых ДДС используются в качестве моделей изучаемых объектов, например, биоинформатике и криптоанализе.

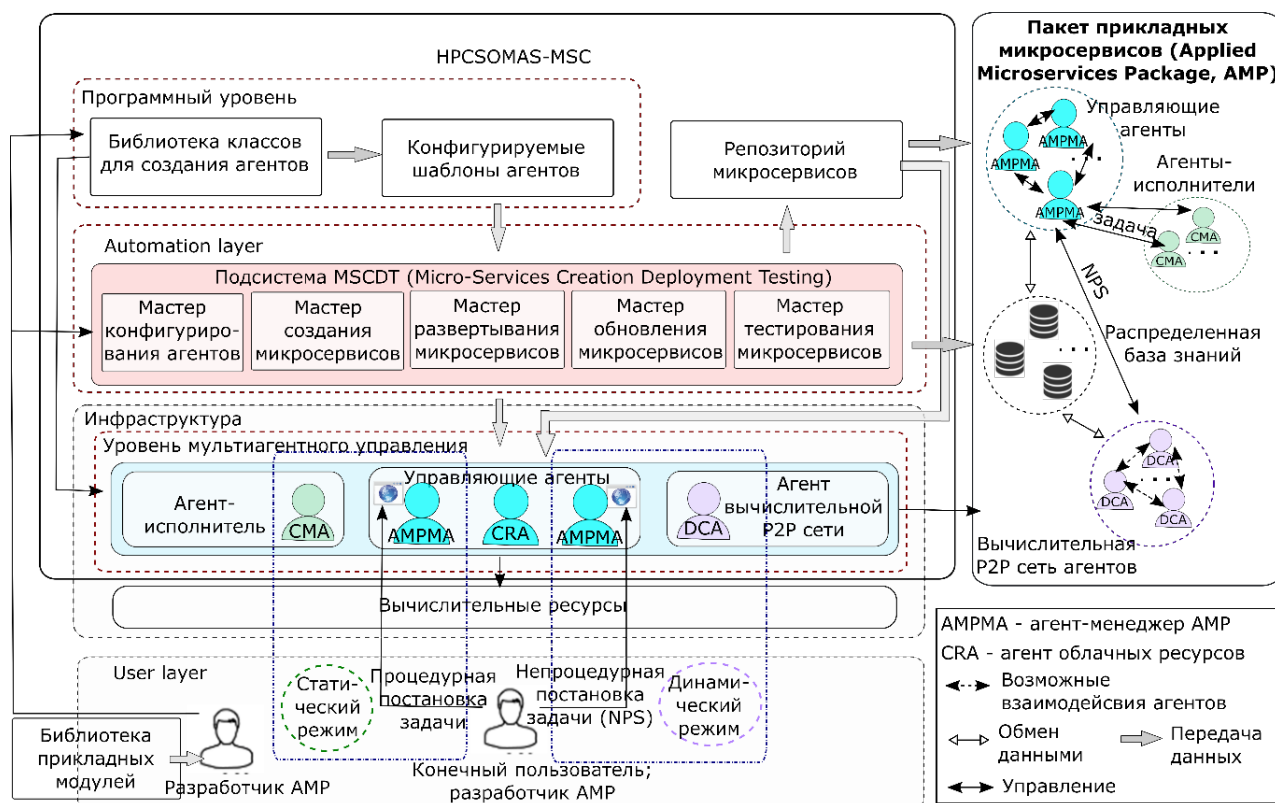


Рис. 20. Средства создания и управления композицией и ансамблем микросервисов на основе платформы HPCSOMAS-MSC

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

7. Инструментальные средства создания масштабируемых приложений на основе суперкомпьютерного инжиниринга

Разработаны средства создания масштабируемых приложений и их выполнения в среде, которая может включать ресурсы грид-систем, суперкомпьютерных центров и облачных платформ. В отличие от известных инструментариев, они базируются на применении инженерии знаний, непрерывной интеграции системного и прикладного ПО, конфигурирования ресурсов и мультиагентного управления. Ускорение вычислений, обеспечение их надежности и масштабируемости, а также повышение эффективности использования ресурсов при решении больших задач достигаются путем смягчения неопределенностей, возникающих при распределении вычислительной нагрузки, за счет извлечения знаний о времени выполнения приложений на ресурсах, классификации заданий, использования знаний о соответствии ресурсов классам заданий, а также сведений, получаемых в процессе разработки, доставки, развертывания и тестирования ПО. Практическая значимость разработанных средств показана при создании среды поддержки принятия решений в процессе моделирования Единой системы газоснабжения России с учетом отказов ее элементов (рис. 21).

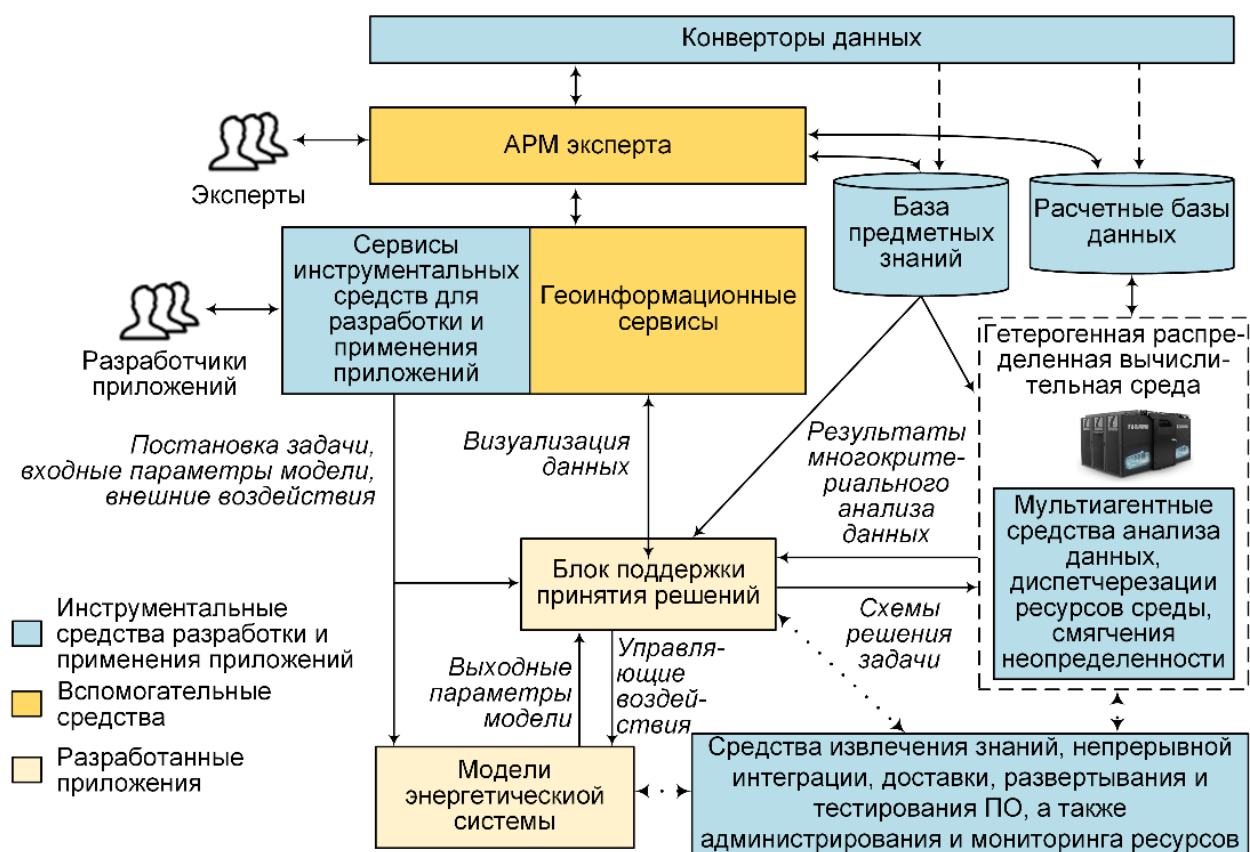


Рис. 21. Среда поддержки принятия решений

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

8. Методы локального и глобального поисков в невыпуклых задачах оптимизации

Для общей задачи математической оптимизации, где целевая функция и ограничения заданы d.c. функциями (т.е. представимыми в виде разности выпуклых функций) на основе условий глобальной оптимальности (УГО), разработаны новые специальные методы локального поиска, а также Схема (Стратегия) Глобального поиска. При этом важнейшее преимущество Схемы заключается в возможности использования для решения выпуклых линейаризованных задач, порожденных УГО, современных и классических методов выпуклой оптимизации, которые применяются «внутри» (на каждой итерации) методов локального поиска. Вся методология выглядит как матрешки: самая большая – Схема Глобального поиска; внутри – семейство методов локального поиска; и самые маленькие матрешки (для решения выпуклых задач) – классические методы оптимизации. Как следствие, для решения невыпуклых прикладных задач открываются возможности применения современных пакетов прикладных программ. Разработанная Схема может применяться для поиска именно глобальных решений в сложных практических задачах экономики, управления, энергетики, военного планирования, технического проектирования, искусственного интеллекта и машинного обучения и т.д., и т.п.



Рис 22. Иерархическая структура модулей Схемы Глобального поиска

Автор результата: д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский

9. Алгоритмы решения задач псевдобулевой оптимизации, дополняющие стратегию, основанную на принципе склеивания переменных.

Были разработаны алгоритмы решения задач псевдобулевой оптимизации, дополняющие стратегию, основанную на принципе склеивания переменных (Merging Variables Principle, MVP). Конкретно, были предложены новые техники выхода из т.н. «сильных» локальных экстремумов. Для этой цели использовались эволюционные алгоритмы («Fast Evolutionary Algorithm», предложенный Б. Доевром с соавторами, а также один вариант генетического алгоритма, показавший ранее хорошие результаты на задачах криптоанализа генераторов ключевого потока). Алгоритмы были реализованы в виде многопоточного программного приложения. Полученная программа показала более высокую эффективность в сравнении с известными многопоточными SAT решателями Lingeling и



Painless на задачах обращения известных криптографических хеш-функций (MD5, SHA-1, SHA-256) с дополнительными ограничениями на хеш. Также разработанный решатель на базе MVP был применен к экземплярам задачи MaxSAT, кодирующим один вариант известной проблемы размещения производств (Facility Location Problem). На этих тестах MVP-решатель превзошел по эффективности известный MaxSAT решатель Loandra, победивший в 2019 году на соревнованиях MaxSAT решателей среди неполных алгоритмов.

На рис. 23 показан график сравнения эффективности MVP-решателя, использующего новые техники выхода из сильных локальных экстремумов, с решателями Plingeling и Painless на задачах обращения криптографических хеш-функций с дополнительными ограничениями на хеш.

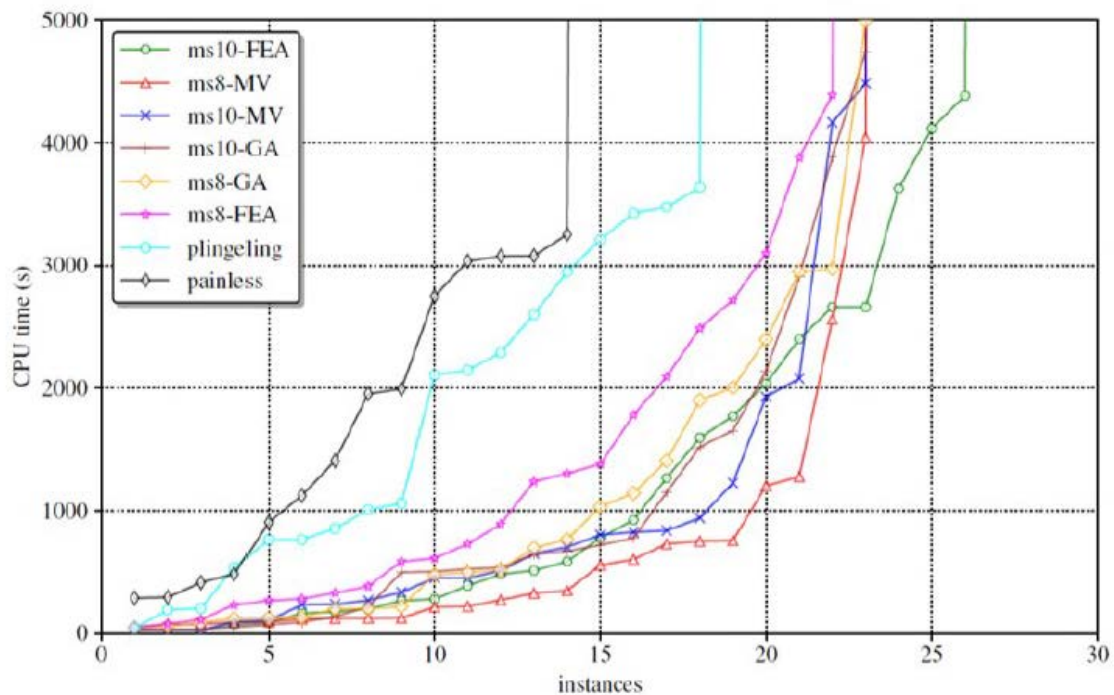


Рис.23. Сравнение эффективности различных алгоритмов на задачах обращения хеш-функций

Авторы результата: к.т.н. И.В. Отпущенников, к.т.н. А.А. Семёнов

10. Эвристики, нацеленные на повышение практической эффективности алгоритмов, ориентированных на построение разбиений трудных вариантов задачи о булевой выполнимости (SAT)

Разработанные эвристики используют информацию о пройденных точках пространства поиска и значениях целевой функции в них для приоритизации перспективных точек при обработке окрестностей текущих рекордов. Напомним, что при автоматическом построении разбиений трудных примеров SAT обычно применяются функции типа «черный ящик» (блэкбокс-функции), принимающие на вход описание подмножества переменных SAT-задачи и оценивающие их численно при помощи алгоритмов из класса методов Монте-Карло. При этом вычисление каждого значения целевой функции, как правило, обходится очень дорого. В силу особенностей задания целевой функции наиболее эффективные методы для её минимизации относятся к классу алгоритмов локального поиска и эволюционных вычислений. В рамках проведенных исследований были предложены две эвристики, которые



используют информацию о значениях целевой функции, полученных для ранее пройденных окрестностей пространства поиска с целью изменения порядка обработки точек из текущей окрестности. Вычислительные эксперименты показали, что предложенные эвристики позволяют существенно увеличить эффективность поиска разбиений трудных SAT-задач.

На рис. 24 представлены графики минимизации прогнозной функции для SAT-задач, кодирующих криптоанализ шифров Grain_v1, Trivium, ASG-192 и Wolfram-256. Ось абсцисс соответствует времени (в секундах), которое прошло с начала работы алгоритма оптимизации, а ось ординат – значению целевой функции в секундах для одного ядра процессора. По графикам легко видеть, что алгоритм Hill Climbing, дополненный предложенными эвристиками, зачастую показывает эффективность на уровне или лучше, чем у (1+1)-EA.

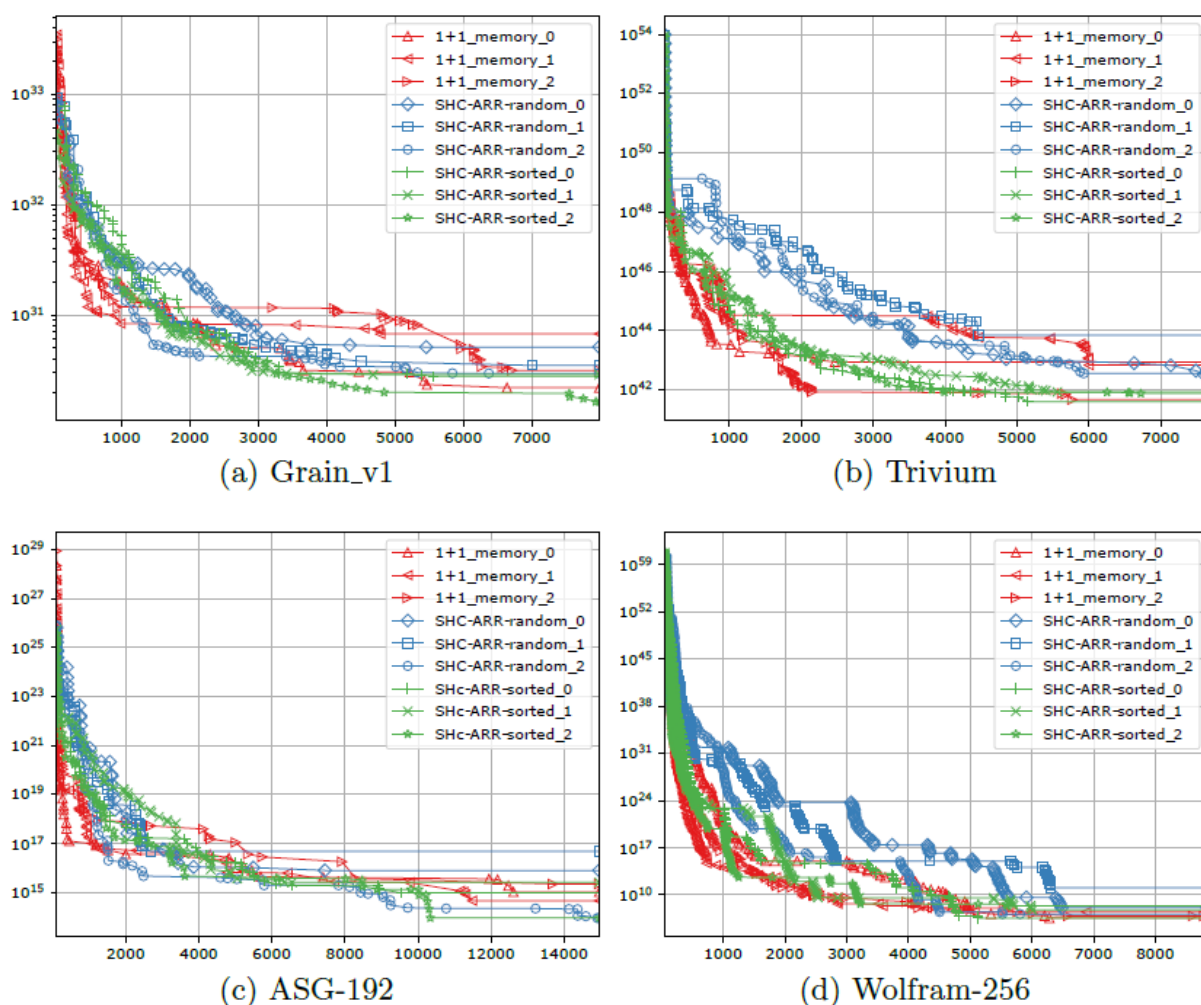


Рис. 24. Сравнение всех рассмотренных алгоритмов оптимизации. Ось X показывает количество вычислений целевой функции, прошедших с начала прогона, ось Y показывает обновления текущего наиболее известного значения целевой функции.

Для проведения вычислительных экспериментов использовался вычислительный кластер «Академик В.М. Матросов» Иркутского СКЦ.

Авторы результата: к.т.н. О.С. Заикин, С.Е. Кочемазов



РЕЗУЛЬТАТЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОГРАММАМ РАН

В соответствии с Планом НИР и Государственным заданием на 2020 год выполнялись исследования по 7 научным (базовым) темам в рамках двух приоритетных направлений и программ фундаментальных исследований СО РАН на 2017–2020 гг.

I. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Приоритетное направление 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МАТЕМАТИКА

Программа I.1.4. Исследование задач динамики и управления: качественный и численный анализ

Координатор программы: чл.-к. РАН А.А. Толстоногов

Тема I.1.4.1. Эволюционные уравнения и управляемые системы: теория, численный анализ и приложения

№ гос. регистрации: АААА-А17-117032210080-7

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

Рассмотрена модель кипения недогретой жидкости в кольцевом канале, представленная в виде смешанной системы обыкновенных дифференциальных уравнений, алгебраических соотношений и одного уравнения в частных производных. С помощью теории дифференциально-алгебраических уравнений определена область существования решения математической модели и предложен численный метод. Определенное в результате расчетов время исчезновения жидкой пленки соответствует данным физического эксперимента по изучению нарушения эффекта Лейденфроста при охлаждении металлической поверхности, омываемой потоком этанола (*авторы: д.ф.-м.н. В.Ф. Чистяков, к.ф.-м.н. Е.В. Чистякова*).

Рассмотрены вырожденные системы интегральных уравнений Вольтерра, предложены способы вычисления индекса таких систем и численная схема решения, основанная на методе наименьших квадратов (*авторы: д.ф.-м.н. В.Ф. Чистяков, к.ф.-м.н. Е.В. Чистякова*).

Рассмотрен один класс эволюционных дифференциально-алгебраических уравнений в частных производных, найден критерий, при выполнении которого рассматриваемые системы уравнений имеют единственное решение в заданной области. Показано, что зачастую метод наименьших квадратов является безальтернативным численным методом решения таких систем (*автор: д.ф.-м.н. В.Ф. Чистяков*).

Исследованы линейные системы интегральных и интегро-дифференциальных уравнений с матрицами-ядрами как Вольтерра, так и Фредгольма. Изучены системы, когда искомая вектор-функция зависит от одного аргумента и матрица перед главной частью является квадратной и тождественно вырожденной. В терминах матричных пучков и полиномов сформулированы условия существования и единственности решения рассматриваемых задач в классе достаточно-гладких функций (*автор: д.ф.-м.н. М.В. Булатов*).



Исследован коллокационно-вариационный метод с одной точкой коллокации. На тестовом примере показано, что данная разностная схема может порождать регуляризирующий алгоритм (обладать так называемым свойством саморегуляризации) с параметром регуляризации – шагом сетки (*автор: к.ф.-м.н. Л.С. Соловарова*).

Рассмотрена линейная гибридная система, неразрешенная относительно производной непрерывной составляющей искомой функции. Анализ работы существенным образом опирается на методику исследования вырожденных систем обыкновенных дифференциальных уравнений и проводится в предположении существования эквивалентной структурной формы. Данная структурная форма эквивалентна исходной системе в смысле решений, а преобразующий к ней оператор обладает левым обратным. Построение структурной формы носит конструктивный характер и не использует замену переменных, при этом автоматически решается проблема согласования начальных данных. Для случая с постоянными коэффициентами получены необходимые и достаточные условия R -управляемости (управляемости в пределах множества достижимости). Для нестационарных гибридных систем получены необходимые и достаточные условия разрешимости начальной задачи (*автор: к.ф.-м.н. П.С. Петренко*).

Рассмотрена начально-краевая задача для линейной многомерной дифференциально-алгебраической системы уравнений в частных производных первого порядка с определенной нормальной структурой многопараметрического матричного пучка, построенного по коэффициентам системы. Для численного решения такой задачи применен метод дробных шагов (J. Douglas, Н.Н. Яненко, А.А. Самарский и др.) с аппроксимацией искомой функции сплайном произвольного порядка. На языке Си++ создана расчетная программа, реализующая вычислительный процесс. Показано, что в методе дробных шагов набор разностных схем сохраняет первый порядок аппроксимации по времени. Также показано, что метод дробных шагов (локально-одномерный метод) связан с сильными ограничениями на структуру многопараметрического пучка матриц, что делает его менее эффективным при численном решении дифференциально-алгебраических уравнений. Таким же недостатком обладает другой экономичный метод – метод переменных направлений. Показано, что для численного решения многомерных дифференциально-алгебраических систем уравнений в частных производных, как и для уравнения переноса, наиболее эффективны схемы бегущего счета с аппроксимацией искомого решения сплайном произвольного порядка (*автор: к.ф.-м.н. С.В. Свинина*).

Представлен один из подходов исследования асимптотического поведения решений механических систем с кулоновым трением с переменными коэффициентами трения. Аналогичные методы могут использоваться для более общих неавтономных систем уравнений в случае, когда от времени зависят какие-либо активные силы, коэффициенты инерции или же позиционные управления. Примеры показали, что принцип инвариантности и его обобщения эффективны как основа в исследованиях притяжения и асимптотической динамики решений неавтономных систем. Это делает исследования актуальными. Результаты получены на стыке теорий дифференциальных включений, прямого метода Ляпунова. Использовались результаты и методы многозначного анализа, что обусловило новизну развиваемых методов в задачах притяжения и устойчивости (*автор: д.ф.-м.н. И.А. Финогенко*).



Рассмотрено уравнение неразрывности, заданное нелокальным (зависящим от меры) многозначным векторным полем в предположении, что последнее полунепрерывно сверху либо снизу в метрике Канторовича. Показано, что в обоих случаях для всякого начального распределения уравнение имеет решение, которое является абсолютно-непрерывной кривой в пространстве вероятностных мер. Данный результат применен для сведения смешанной системы, состоящей из нелокального закона сохранения и ОДУ, к функционально-дифференциальному уравнению, для исследования которого оказалось возможным применить разработанные ранее методы (*автор: к.ф.-м.н. Н.И. Погодаев*).

Рассмотрена нелинейная управляемая система в частных производных, возникающая при моделировании динамики популяций. Система состоит из трех уравнений диффузии, описывающих эволюцию трех биологических видов: добыча, хищник и пища для добычи. Уравнение для плотности пищи включает в себя гистерезисный оператор типа обобщенный упор, учитывающий гистерезисные эффекты, возникающие при рассмотрении данного процесса. Изучена задача минимизации заданного интегрального функционала на решениях указанной системы. Многозначное отображение, определяющее ограничение на управление, имеет замкнутые, невыпуклые значения, а интегрант целевого функционала является функцией, невыпуклой по управлению. Наряду с исходной рассматривается релаксационная задача минимизации интегрального функционала с овыпукленным по управлению интегрантом на решениях управляемой системы с овыпукленным ограничением на управление. Доказан аналог классической теоремы Н.Н. Боголюбова в вариационном исчислении, устанавливающей связь между исходной задачей минимизации и релаксационной задачей (*автор: к.ф.-м.н. С.А. Тимошин*).

Изучен процесс выметания с многозначным возмущением в сепарабельном гильбертовом пространстве. Предполагалось, что значения многозначного оператора возмущения – замкнутые, не обязательно выпуклые множества, а ретракция процесса выметания ограничена положительной мерой Радона. Решение процесса выметания – это пара непрерывных справа функций ограниченной вариации, производная которых является абсолютно-непрерывной относительно некоторой положительной меры Радона и измеримый селектор возмущения рассматривается вдоль этой функции, при этом плотность производной относительно описанной выше меры Радона удовлетворяет соответствующему включению. Помимо исходного возмущения рассматривалось возмущение с овыпукленными значениями. Доказаны теорема о существовании решений и теорема о релаксации. Под релаксацией подразумевается плотность множества решений процесса выметания с исходным возмущением в множестве решений процесса выметания с овыпукленным возмущением. Указанные множества решений являются подмножествами в прямом произведении пространства непрерывных справа функций ограниченной вариации и пространства интегрируемых функций. Эти пространства снабжены топологией равномерной сходимости на интервалах и слабой топологией, соответственно (*авторы: чл.-к. РАН А.А. Толстоногов, к.ф.-м.н. С.А. Тимошин*).

Изучены свойства многозначных отображений, определенных на отрезке числовой прямой, значениями которых являются полиэдры из сепарабельного гильбертова пространства. Пространство полиэдров наделяется метрикой, сходимость в которой эквивалентна сходимости по Моско последовательности замкнутых выпуклых множеств. Полиэдр определяется как пересечение конечного числа замкнутых полупространств,



которые описываются с помощью гиперплоскостей. В уравнении гиперплоскости присутствуют нормальные векторы и свободные члены. У полиэдрального многозначного отображения нормальные векторы и свободные члены являются функциями времени и рассматриваются как внутренние управления. Пространство полиэдральных многозначных отображений наделяется топологией равномерной сходимости. Изучены свойства множеств в пространстве полиэдральных отображений, выраженные в терминах внутренних управлений. Полученные результаты применены для изучения вопросов существования решений полиэдральных процессов выметания и зависимости решений от внутренних управлений. Рассмотрены задачи минимизации интегральных функционалов на решениях управляемых полиэдральных процессов выметания, в которых наряду с внутренними управлениями присутствуют традиционные измеримые управления, называемые внешними (автор: чл.-к. РАН А.А.Толстоногов).

Рассмотрено эволюционное включение в гильбертовом пространстве, правая часть которого содержит зависящий от времени максимально монотонный оператор и многозначное отображение с замкнутыми невыпуклыми значениями. Зависимость максимально монотонного оператора от времени описывается с помощью функции расстояния между максимально монотонными операторами в смысле Владимирова. Предполагается, что такое расстояние, как функция от времени, имеет ограниченную вариацию с верхней границей заданной некоторой положительной неатомической мерой Радона. Под решением включения понимается непрерывная функция ограниченной вариации, чья производная (мера Стильеса) абсолютно-непрерывна относительно указанной выше положительной меры Радона, а значения соответствующей функции плотности принадлежат почти всюду множеству из правой части включения. При традиционных предположениях (измеримость, липшицевость по фазовой переменной в метрике Хаусдорфа, условие подлинейного роста) доказываются существование решений и устанавливается ряд их свойств (автор: чл.-к. РАН А.А.Толстоногов).

В сепарабельном банаховом пространстве рассмотрено дифференциальное включение, правая часть которого является суммой двух многозначных отображений. Значениями первого являются замкнутые ограниченные не обязательно выпуклые множества, и оно является липшицевым по фазовой переменной. Значениями второго отображения являются замкнутые множества, и оно обладает смешанными условиями полунепрерывности: либо в фазовой точке отображение имеет замкнутый график и его значением является выпуклое множество, либо в некоторой окрестности этой точки оно является полунепрерывным снизу. При дополнительных предположениях, связанных с измеримостью и условиями роста, доказана теорема существования решения (автор: чл.-к. РАН А.А.Толстоногов).

Рассмотрена задача минимизации интегрального функционала на решениях управляемой системы, описываемой нелинейным дифференциальным уравнением в сепарабельном банаховом пространстве и вариационным неравенством. Это вариационное неравенство определяет гистерезисный оператор, входом которого является траектория управляемой системы, а выход содержится в правой части дифференциального уравнения, в ограничении на управление и в минимизируемом функционале. Ограничением на управление является многозначное отображение с замкнутыми, невыпуклыми значениями, а интегрант является функцией, невыпуклой по управлению. Наряду с исходной рассмотрена



задача минимизации интегрального функционала с овыпукленным по управлению интегрантом на решениях управляемой системы с овыпукленным ограничением на управление (релаксационная задача). Под решением управляемой системы понимается тройка: выход гистерезисного оператора, траектория и управление. Установлена связь между исходной задачей минимизации и релаксационной задачей. Эта связь является аналогом классической теоремы Н. Н. Боголюбова в вариационном исчислении. Изучена также связь между решениями исходной управляемой системы и системы с овыпукленным ограничением на управление. Эту связь обычно называют релаксацией. Для конечномерного пространства доказано существование оптимального решения в релаксационной задаче оптимизации (*автор: чл.-к. РАН А.А.Толстоногов*).

Исследована проблема робастной устойчивости линейной стационарной системы дифференциально-алгебраических уравнений (ДАУ) произвольно высокого индекса неразрешенности с интервальными возмущениями. Получены достаточные условия существования семейства линейных дифференциальных операторов, преобразующих рассматриваемое интервальное семейство в семейство ДАУ с разделенными дифференциальной и алгебраической частями. Эти условия представляют собой условия малости некоторых матричных норм, которым должны удовлетворять интервальные возмущения. Найдены условия, при которых каждый из этих операторов этого семейства обладает левым обратным оператором. Получены конструктивные оценки величины, определяющей размах неопределенностей, при выполнении которых каждая из систем интервального семейства асимптотически устойчива. В частности, условия робастной устойчивости получены в предположении сверхустойчивости номинальной системы (*автор: д.ф.-м.н. А.А. Щеглова*).

Рассмотрена динамическая система, состоящая из двух объектов - распределенная масса, движущаяся вдоль некоторого нелокального векторного поля и множество, движение которого определяется некоторым обыкновенным дифференциальным уравнением. Пример - движение большого автобуса в потоке машин. Вообще смысл в том, что мера должна обратно действовать на множество. Будет сформулировано корректное понятие решения для смешанной системы, включающей в себя нелинейный закон сохранения и ОДУ. Будут доказаны теоремы о непрерывной зависимости такого решения от начальных данных и управления системы (*автор: к.ф.-м.н. Н.И. Погодаев*).

Рассмотрен класс задач оптимизации нелинейных импульсных процессов с управлениями, заданными борелевскими мерами, и ограничениями на промежуточные значения разрывной траектории. Развита метод составных (векторных) функций типа Ляпунова со свойствами сильной и/или слабой монотонности относительно импульсной управляемой системы. Получены условия оптимальности, основанные на использовании множеств составных функций типа Ляпунова. Для билинейной задачи оптимального импульсного управления найдены составные функции, точно описывающие множества достижимости в промежуточные моменты времени и конкретизирующие необходимые и достаточные условия оптимальности (*автор: к.ф.-м.н. О.Н. Самсонок*).

Рассмотрен управляемый процесс выметания, заданный системой, состоящей из дифференциального уравнения с мерой (импульсным управлением) и дифференциального включения с правой частью, зависящей от многозначного отображения с ограниченной полной вариацией относительно метрики Хаусдорфа. Процесс выметания задан в

конечномерном пространстве, его решения принадлежат пространству пополнений графиков функций ограниченной вариации. Изучены вопросы существования и единственности решения при заданном импульсном управлении и вопросы получения условий оптимальности для одной задачи оптимального управления с гистерезисной нелинейностью типа «люфт», моделируемой таким процессом выметания (автор: к.ф.-м.н. О.Н. Самсонюк).

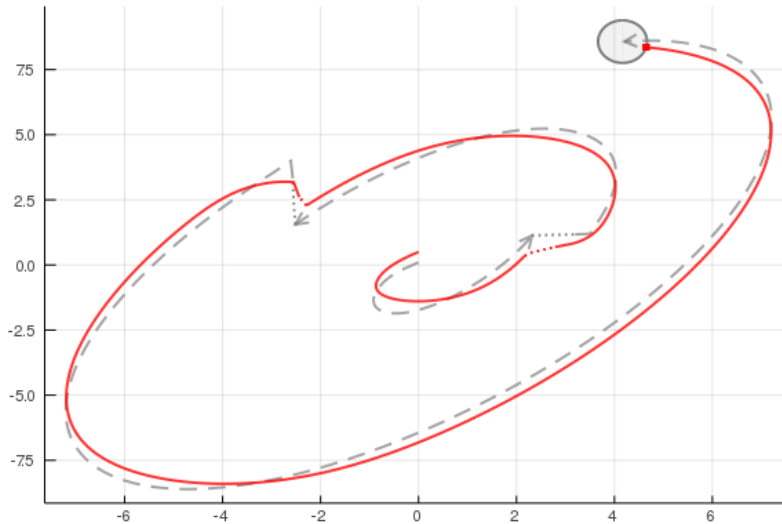


Рис. 25. Разрывный процесс выметания, соответствующий допустимому пополнению графика управляющей BV-функции

Для задачи оптимального импульсного управления нелокальным уравнением неразрывности в пространстве вероятностных мер с линейным терминальным функционалом получено представление в терминах интегрального уравнения с мерами в пространстве разрывных мерозначных кривых ограниченной вариации. Предложено эквивалентное преобразование поставленной задачи к задаче с ограниченным векторным полем и терминальным ограничением. Доказано необходимое условие оптимальности в форме принципа максимума (авторы: к.ф.-м.н. Н.И. Погодаев, к.ф.-м.н. М.В. Старицын).

Для гибридной задачи управления динамической системой с двумя независимыми типами импульсных воздействий разработана схема численного решения на основе нового сингулярного пространственно-временного преобразования, сочетающего разрывную замену времени с расширением фазового пространства. Последнее соответствует расщеплению разрывной траектории на две ветви, отвечающие её (левому и правому) односторонним пределам. Схема позволяет адаптировать для изучаемого класса задач существующие алгоритмы оптимального управления и сторонние решатели. В рамках апробации развиваемого подхода получены результаты численного исследования нескольких моделей механических систем с блокируемыми степенями свободы и гиперимпульсными воздействиями вибрационной природы (см. рис. 26). Расчёты проведены прямым методом с привлечением пакета GEKKO и решателей IPOPT, APOPT и WPOPT (авторы: к.ф.-м.н. Е.В. Гончарова, к.ф.-м.н. М.В. Старицын).

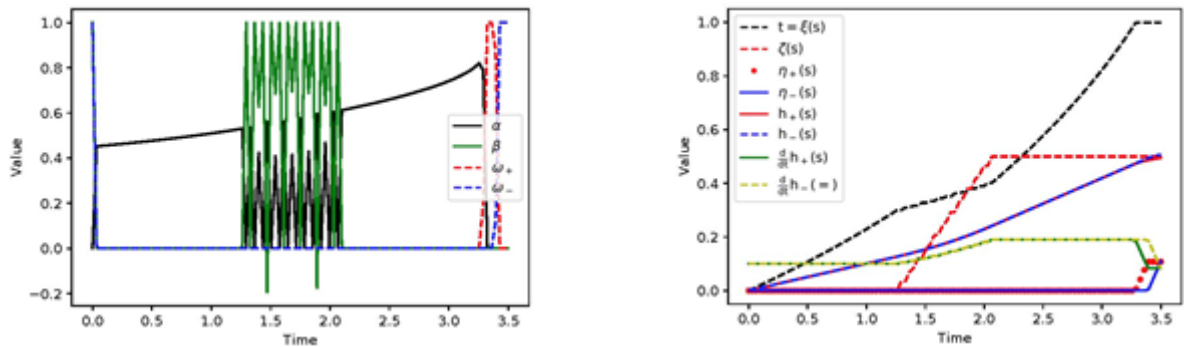


Рис. 26. Телескопический маятник с блокируемой степенью свободы: управления (слева) и траектории (справа) в преобразованной задаче. Пилообразный участок на графике управлений (зеленый и черный цвет) соответствует вибрации – гиперимпульсу; финальный сегмент (красная и синяя пунктирные линии) характеризует импульсное блокирование линейной координаты

Изучены базовые свойства нелокального неоднородного уравнения типа переноса (уравнения баланса) в пространстве знакопеременных мер на n -мерном евклидовом пространстве. Одной из интерпретаций таких моделей может служить описание динамики бесконечного ансамбля взаимодействующих заряженных частиц, движущихся в пространстве под воздействием векторного поля в присутствии «источника», моделирующего процесс появления новых частиц, их исчезновения или изменения заряда. Доказана теорема о существовании и единственности решения, а также установлена непрерывная зависимость решения от параметра и начального распределения. Даны примеры векторных полей и источников, возникающие в математической биологии. Исследование обобщает известные результаты по нелокальным транспортным уравнениям с источником в пространстве знакопеременных мер на более широкий класс векторных полей и источников, и составляет основу для исследования задач управления неконсервативными мультиагентными системами (автор: к.ф.-м.н. М.В. Старицын).

Разработаны три численных алгоритма оптимального управления импульсными системами с линейным состоянием. Алгоритмы основаны на стандартном преобразовании задач импульсного управления посредством разрывной замены времени и так называемых прямом и двойственном позиционных принципах минимума. Позиционные принципы минимума – это вариационные необходимые условия оптимальности, использующие управления с обратной связью, конструируемые с помощью обычных конструкций принципа максимума Понтрягина (ПМП); хотя эти условия оптимальности полностью сформулированы в формализме ПМП, они существенно усиливают этот классический результат. Все алгоритмы нелокальны в том смысле, что они нацелены на улучшение неоптимальных экстремалей ПМП (авторы: к.ф.-м.н. С.П. Сорокин, к.ф.-м.н. М.В. Старицын).

Разработана вычислительная технология решения невыпуклых задач динамической оптимизации с программным и параметрическим управлением. Рассматриваются задачи оптимального управления, включающие как управления-функции, так и управления-константы. Управления-функции традиционно располагаются в правых частях системы. Управления-константы могут находиться как в правых частях, так и в начальных состояниях,



так и в оптимизируемом функционале, который предполагается невыпуклым. Предложенная технология включает этап первоначального неявного сканирования множества достижимости системы, выполняемый с помощью модификации метода Лууса-Яколы, что позволяет – в не слишком сложных задачах – найти приближение в области притяжения глобального экстремума. Для улучшения найденного приближения – уточнения точки глобального экстремума – применяется декомпозиционная алгоритмическая градиентная схема, реализующая итеративный спуск сначала по управляющим параметрам, затем по управлениям-функциям.

Пример. Задача успокоения нелинейного маятника, в которой необходимо, помимо стабилизирующего управления, найти также наилучшее начальное положение системы и его скорость. Динамика системы описывается уравнениями $\dot{x}_1 = x_2$, $\dot{x}_2 = u(t) - \sin x_1$, $t \in [0, 5]$, на управление и начальные состояния наложены ограничения $|u(t)| \leq 1$ и $|x_1(0)| \leq 1$, $|x_2(0)| \leq 4$. Необходимо найти, перебирая $u(t)$ и $x_1(0)$, $x_2(0)$, минимальное значение функционала $I(u, x(0)) = \|x(5)\|^2 + x_1^2(0) - x_2^2(0)$. Выбрана равномерная сетка дискретизации управления-функции с числом узлов равным 50. Найдено два глобальных решения с одинаковым оптимальным значением $I^* = I(u^*, x^*(0)) = -9.7394$, первое представлено на рис. 27а):

$$u^*(t) = \begin{cases} -1, & t \in [0, 3] \\ 1, & t \in (3, 5] \end{cases}, \quad x^*(0) = (-0.4000, 3.2204);$$

второе – на рис. 27б):

$$u^*(t) = \begin{cases} 1, & t \in [0, 3] \\ -1, & t \in (3, 5] \end{cases}, \quad x^*(0) = (0.4000, -3.2204).$$

Множество достижимости системы и концы оптимальных траекторий, выделенные красными крестиками, изображены на рис. 28 (автор: д.т.н. А.Ю. Горнов).

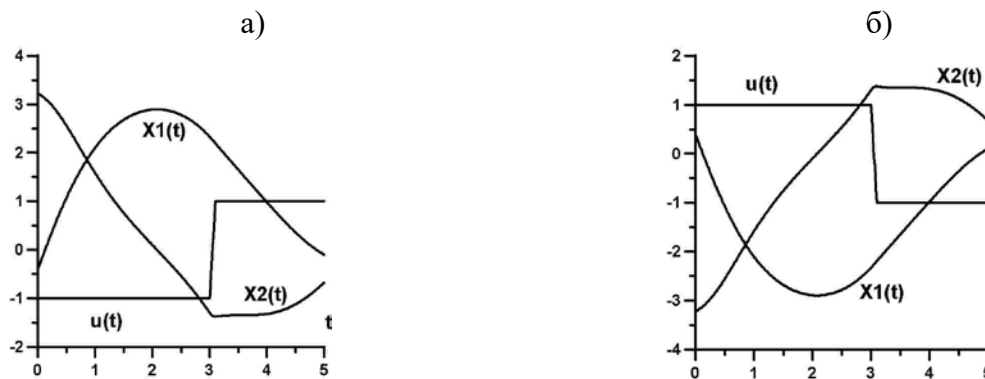


Рис. 27. Оптимальные траектории и управление в тестовой задаче стабилизации нелинейного маятника

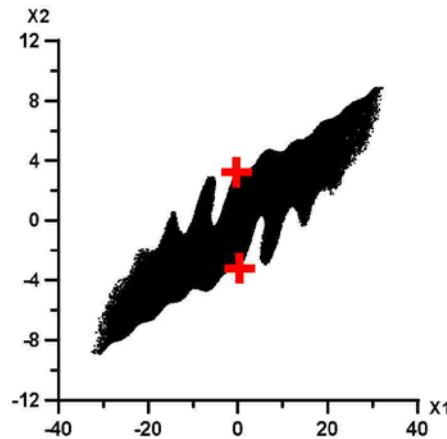


Рис. 28. Множество достижимости и экстремальные точки
в тестовой задаче стабилизации нелинейного маятника

**Тема I.1.4.2. Развитие математических методов описания процессов в физике
высоких энергий, высокотемпературной плазме и механике сплошных сред**

№ гос. регистрации: АААА-А17-117032210076-0

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

Установлена связь между деформированной алгеброй Дэффина-Кеммера-Петье и расширенной системой парафермионных трилинейных коммутационных соотношений для операторов рождения и уничтожения и некоторого дополнительного оператора, подчиняющихся парастатистике порядка 2, основанной на алгебре Ли $SO(2M + 2)$. Введена соответствующая система парафермионных когерентных состояний как функция пареграссмановых чисел. Получено представление для дополнительного оператора в терминах генераторов ортогональной группы $SO(2M)$, правильно воспроизводящее действие этого оператора на векторы состояний конечномерного пространства Фока. В алгебре пареграссмановых чисел введено некоммутативное ассоциативное произведение звездочка * (произведение Мойла) как прямое обобщение произведения звездочка в алгебре Грассмана. Показано, что при вычислении матричных элементов различных операторных выражений необходимо принимать во внимание, что мы работаем в так называемом обобщенном пространстве состояний Ohnuki и Kametuchi, векторы состояний которого включают в свое определение пареграссмановы числа, вместо стандартного пространства состояний (пространство Фока) (авторы: д.ф.-м.н. Ю.А. Марков, д.ф.-м.н. М.А. Маркова, А.И. Бондаренко).

Решена трехмерная обратная задача рассеяния применительно к комптоновскому рассеянию с использованием принципа максимума энтропии. Разработана итерационная процедура для реконструкции рассеивающего объекта по результатам комптоновского рассеяния, т.е. восстановление объекта по лучевому преобразованию в конической системе координат. Представлены результаты численного эксперимента (автор: д.ф.-м.н. А.Л. Баландин).

Построены новые точные решения нелинейного уравнения диффузии, имеющие вид диффузионных волн, распространяющихся по невозмущенному фону с конечной скоростью. Доказаны теоремы существования и единственности решений типа тепловой волны в классе



аналитических функций. Аналогичные результаты получены для системы уравнений «реакция-диффузия» (авторы: *д.ф.-м.н. А.Л. Казаков, к.ф.-м.н. П.А. Кузнецов*).

В ходе выполнения проекта исследовались актуальные проблемы физики элементарных частиц в рамках эффективных кварковых моделей: адронные поправки в аномальный магнитный момент мюона и сверхтонкое расщепление уровней мюонного водорода, возможные динамические механизмы, способные объяснить эффект появления пика в отношении выходов положительно заряженных каонов и пионов. Аномальный магнитный момент мюона является одной из наиболее точно измеренных величин в физике элементарных частиц и в ближайшее время ожидаются новые экспериментальные результаты, поэтому вычисление возможных поправок за счёт сильного взаимодействия представляет несомненный интерес. Была последовательно реализована программа вычислений возможных адронных поправок в процесс рассеяния света на свете в рамках нелокальной кварковой модели: были оценены вклады с участием псевдоскалярных, скалярных и аксиально-векторных промежуточных состояний, а также нерезонансные вклады. Далее модель была расширена на сектор с участием тензорных мезонов. Похожим образом были оценены в рамках кварковых моделей мезонные вклады в сверхтонкое расщепление уровней мюонного водорода.

Наличие пика в отношении выходов положительно заряженных каонов к пионам является одним из интересных экспериментальных наблюдений и в литературе часто обсуждается его возможное отношение к критической точке фазовой диаграммы квантовой хромодинамики. Были проведены исследования отношений выходов заряженных каонов к пионам в рамках различных вариантов кварковых моделей с участием эффективного потенциала калибровочных степеней свободы, записанных на основе петли А.М. Полякова, в том числе исследовались возможные расширения на сектор с участием векторных частиц, а также случай, когда константы четырех- и шести-кварковых взаимодействий имеют связь с калибровочными степенями свободы, и фазовые переходы деконфайнмента и восстановления киральной симметрии оказываются связанными. Проведенные исследования показали, что эффект пика может быть объяснен наличием химического потенциала у странных кварков, а также наличием неравновесного пионного химического потенциала и может не иметь отношения к критической точке фазовой диаграммы КХД (автор: *д.ф.-м.н. А.Е. Раджабов*).

Доказаны теоремы о тождествах для чисел Дженокки первого и второго рода, обобщающие одно известное тождество. Исследование основано на подходе, использующем некоторые специальные многочлены, порождающие эти числа. Числа Дженокки, в свою очередь, участвуют в представлении некоторого класса сумм, возникающих в непрерывном пределе некоторых интегрируемых дифференциально-разностных уравнений (автор: *к.ф.-м.н. А.К. Свинин*).

Исследовано обобщенное уравнение Ричардса со степенными нелинейностями, которое моделирует процессы фильтрации в пористых средах. Частными случаями обобщенного уравнения Ричардса являются известное уравнение нелинейной теплопроводности и уравнение конвекции-диффузии. Получены условия, при выполнении которых задача сводится к линейному уравнению теплопроводности или к нелинейным уравнениям с известными решениями. Найдены семейства явных точных решений,



выражаемых через элементарные функции или W-функцию Ламберта. Приводится ряд примеров, иллюстрирующих полученные результаты.

Исследована нелинейная кинетическая модель, описываемая системой двух уравнений эллиптического типа с экспоненциальными нелинейностями. Построены точные решения указанной модели в классе логарифмов от квадратичных функций пространственных переменных. Коэффициенты решений модели находятся из их систем квадратных матричных и линейных векторных уравнений. Предложенный подход применен, в частности, для построения анизотропных решений уравнения Лиувилля, часто используемого в качестве модели стационарных распределений в физике плазмы.

Изучено нелинейное уравнение в частных производных четвертого порядка, правая часть которого содержит многомерные аналоги уравнения Буссинеска, выражаемые через двукратные операторы Лапласа и квадраты градиентов искомым функций. С помощью специальной конструкции точного решения исходное уравнение в частных производных редуцируется к системе обыкновенных дифференциальных уравнений. Приведены примеры построенных точных решений уравнения типа Буссинеска, в том числе выражаемые через эллиптические функции Вейерштрасса и Якоби по времени и анизотропные по пространственным переменным. Найденные явные точные решения имеют не только теоретическое, но и прикладное значение, поскольку их можно использовать для тестирования, настройки и верификации численных методов и алгоритмов построения приближенных решений краевых задач для нелинейных уравнений в частных производных четвертого порядка, моделирующих гидродинамические процессы и явления (*автор: к.ф.-м.н. Э.И. Семенов*).

Получены ограничения на константы связи возможных гипотетических частиц темной материи: скаляра, псевдоскаляра, вектора и аксиального вектора, с учетом того, что эти частицы имеют P -четные и P -нечетные вершины взаимодействия с обычной материей Стандартной модели. Были даны оценки для чувствительности к поиску такой материи на эксперименте NA64 SPS CERN. В случае поиска за счет потери энергии на мюонном пучке, возможен канал, связанный с промежуточной скалярной или векторной частицей темной материи. Была проведена оценка гипотетической частицы ($X17$ МэВ), её вклада в радиус протона и показано, что этот вклад пренебрежимо мал.

Было проведено вычисление электрического дипольного момента (ЭДМ) протона и нейтрона, а также величина их Schiff импульса. Было показано что ЭДМ протона имеет тот же порядок что и в случае, когда они оба сгенерированы за счет CP-нарушенного перехода распадов η и η' мезонов в пару π -мезонов.

Величина ЭДМ дейтрона представляет собой сумму ЭДМ отдельных нуклонов и вклада от обменного слагаемого. Учет обмена нейтральным пионом был сделан в нулевом приближении, как было предложено ранее Хриповичем и Коркиным. Для этого были вычислены CP-нарушенные константы связи нейтрально пи-мезона с нуклонами, с учетом и без нарушения изоспина. Как итог было получено значение для ЭДМ дейтрона с учетом одно-мезонного обмена, $|d_D| < 2.2 \cdot 10^{-26}$ е см. Проведенный анализ для CP-нарушенных распадов η и η' мезонов в пару π -мезонов с учетом будущих измерений ЭДМ протона и дейтрона коллаборациями EDM и JEDI показывает, что относительные ширины для этих распадов будут на уровне $\sim 10^{-21}$ и $\sim 10^{-23}$. Измерение относительной ширины на таком уровне является невозможным. Поэтому если нижняя граница прямого измерения для таких



распадов будет выше, то это является сигналом для другого механизма, ответственного за эти CP-распады (*автор: к.ф.-м.н. А.С. Жевлаков*).

Введены качественные параметры для оценки корректности численного решения уравнения осцилляций нейтрино в среде. Рассмотрены фазовые картины эволюции решений при изменении энергии начального нейтрино. Проведено сравнение с точным решением для постоянной плотности и приближённым решением с медленно растущей линейной плотностью среды (*автор: к.ф.-м.н. В.П. Ломов*).



Тема I.1.4.3. Качественный анализ динамических свойств и синтез управлений гибридными механическими системами с развитием средств компьютерной алгебры и средств численной реализации

№ гос. регистрации: АААА-А17-117032210082-1

Научный руководитель – д.т.н. Э.И. Дружинин

Разработана новая технология расчета программных управлений ориентацией космических аппаратов (КА) с исполнительной гиросистемой, состоящей из 6-ти и 4-х гироскопов. Значение разработанной технологии заключается в радикальном решении знаменитой «проблемы сингулярности» гироскопов. Многовариантная численная реализация технологии для динамических моделей КА с числовыми данными из проектных (открытых) разработок АО «НПО Лавочкина» подтвердила её эффективность.

Помимо распространения новой технологии на 4 гироскопа в 2020 году исследования проводились по двум новым направлениям:

1) для КА с общим распределением масс и априорно не ограниченных законов движения исследовалась возможность изоляции динамики от воздействия неразгруженного до нуля кинетического момента аппарата;

2) обеспечение получения *одношагового* расчета законов управления, не содержащих сингулярных состояний гироскопов, для *динамически сбалансированного* орбитального телескопа, при этом обеспечить и *одношаговое* исполнение процессов наведения на цель телескопа с заданной точностью по времени и по состоянию.

При решении первой задачи предложен оригинальный прием формирования уравнений для расчета *законов управления, не порождающих сингулярных состояний* исполнительных гироскопов. Оригинальность заключается в использовании впервые 3-степенного гироскопа для освобождения динамики КА от влияния не разгружаемого разгонным блоком полностью кинетического момента аппарата. Важно отметить, что при этом не использовалось никакого априорного выбора *законов движения* КА.

Достигнутое решение второй задачи для динамически симметричного орбитального телескопа обеспечило отсутствие в законах программной ориентации телескопа сингулярных состояний гироскопов. Вычисленные по новой технологии законы управления исполняются *в один шаг* непрерывно по состоянию. Эти законы обеспечивают высокоточное наведение телескопа за заданное время на заданную область на подстилающей орбиту поверхности планеты. Такие законы ориентации реализуются параметризованным семейством *устойчивых прецессионных решений* двух точечных краевых задач уравнений динамики.

Результаты реализации технологии расчета законов управления КА, не содержащих сингулярных состояний **4-х гироскопов, получены, численно реализованы и опубликованы.** После завершения численных реализаций полученные результаты для первой и второй задач будут опубликованы в центральной печати (автор: д.т.н. Э.И. Дружинин).

Проведено изучение алгебраического расширения счетного семейства управляемых нелинейных динамических процессов, обладающего дифференциальной реализацией в классе обыкновенных квазилинейных неавтономных дифференциальных уравнений (с



программно-позиционным управлением и без) в сепарабельном гильбертовом пространстве. Данная конструкция служит отправной точкой развития общей теории нестационарных квазилинейных векторных полей, попутно создавая ей репутацию полезного инструмента в прецизионном апостериорном математическом моделировании сложных бесконечномерных динамических систем (*авторы: д.ф.-м.н. А.В. Лакеев, д.ф.-м.н. В.А. Русанов*).

Получены функционально-геометрические условия (необходимые и достаточные) существования пяти нестационарных билинейных операторов в модели дифференциальной реализации континуального пучка управляемых траекторных кривых (динамических процессов типа «вход–выход») в классе билинейных неавтономных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка (в том числе квазилинейных гиперболических моделей) в вещественном сепарабельном гильбертовом пространстве. Данная задача относится к типу нестационарных нелинейных коэффициентных обратных задач для эволюционных уравнений в гильбертовом пространстве и решалась на основе качественного изучения свойства непрерывности функционального оператора Релея–Ритца. Полученные результаты имеют приложение к качественной теории нелинейной структурной идентификации полилинейных нестационарных дифференциальных моделей высших порядков (*авторы: д.ф.-м.н. А.В. Лакеев, д.ф.-м.н. В.А. Русанов*).

Проведен анализ стационарных движений системы двух связанных твердых тел в постоянном поле тяжести. При помощи средств компьютерной алгебры построена характеристическая функция системы и получены уравнения движения. Стационарные решения этих уравнений, соответствующие перманентным вращениям системы, исследованы на устойчивость по Ляпунову. Для решения вычислительных задач применялась система компьютерной алгебры «Mathematica» и созданный на ее основе комплекс программ (*авторы: д.ф.-м.н. В.Д. Иртегов, к.т.н. Т.Н. Титоренко*).

Рассмотрена задача о движении твердого тела в случае Гесса-Аппельрота, когда уравнения движения кроме трех первых интегралов имеют инвариантное многообразие (ИМ) Гесса. На основе метода Рауса-Ляпунова и его обобщений проведен качественный анализ дифференциальных уравнений на этом многообразии. Выделены ИМ указанных уравнений. Предложено некоторое расширение методики нахождения таких множеств: получение новых множеств из ранее известных, применение «обратного метода Лагранжа». С использованием этих способов для дифференциальных уравнений на многообразии Гесса найдено семейство ИМ, из которого получено несколько ИМ более высокой размерности, и проведен анализ дифференциальных уравнений на одном из них. Найдены положения равновесия и семейства перманентных вращений тела. Для ряда решений получены достаточные условия устойчивости (*авторы: д.ф.-м.н. В.Д. Иртегов, к.т.н. Т.Н. Титоренко*).

Рассматривается механическая система двух связанных нелинейных осцилляторов. В описании потенциальной энергии системы участвует вещественный параметр для возможности достижения устойчивости по Ляпунову нулевого решения. Искомый параметр нужно подобрать в виде алгебраической зависимости от коэффициентов «притяжения» осцилляторов, из которых только один положителен. По известной теореме Лагранжа для устойчивости положения покоя рассматриваемой системы достаточно, чтобы в этой точке достигался минимум потенциальной энергии. Линейным преобразованием Чирнгаузена выражение потенциальной энергии системы можно привести к неполной форме четвертого порядка. По известному критерию положительной определенности знакоопределенность



такой формы выражается, в частности, неположительностью дискриминанта резольвентного кубического относительно параметра уравнения, составленного из приведенной формы неполного вида. Наибольший корень резольвентного уравнения задает нижнюю границу искомого параметра для области устойчивости нулевого решения. В полученном резольвентном уравнении с целью упрощения выполняются последовательные линейные преобразования. В результате многочлен удалось привести к виду, где коэффициенты первой и второй степеней принимают только положительные значения, а свободный член получается отрицательным. Проведено сравнение символьных выражений корней последнего уравнения. Окончательно оценка искомого параметра получается в виде суммы четырех дробных слагаемых, представленных символьными выражениями от коэффициентов «притяжения» осцилляторов (*автор: д.ф.-м.н. М.А. Новиков*).

Для формаций с произвольным ориентированным бесконтурным графом получены необходимые и достаточные условия внутренней устойчивости. Показано, что внутренней устойчивостью могут обладать практически только однолидерные формации. В классе формаций с одним лидером выделен подкласс (формации, граф которых является входящим деревом), в котором не возникает ограничений типа равенств на вектора, задающие требуемое взаимное расположение между ведомыми и ведущими и являющиеся основным препятствием для внутренней устойчивости многолидерных формаций (*автор: д.ф.-м.н. А.В. Лакеев*).



IV. ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Приоритетное направление IV.38. Проблемы создания глобальных и интегрированных информационно-телекоммуникационных систем и сетей, развитие технологий и стандартов GRID

Программа IV.38.1. Методы и технологии создания и интеграции гетерогенных распределенных информационно-вычислительных ресурсов для поддержки междисциплинарных научных исследований на основе сервис-ориентированной парадигмы

Координатор программы: ак. И.В. Бычков

Тема IV.38.1.1. Технологии разработки проблемно-ориентированных самоорганизу-ющихся мультиагентных систем группового управления: методы, инструментальные средства, приложения

№ гос. регистрации АААА-А17-117032210078-4

Научный руководитель – ак. И.В. Бычков

Разработана система индуктивного логического программирования на основе нехорновского языка позитивно-образованных формул. Как известно, индуктивное логическое программирование (ИЛП) – это раздел машинного обучения, который использует логическое программирование как форму представления примеров, фоновых знаний и гипотез. Получив описания уже известных фоновых знаний и набор примеров, представленных как логическая база фактов, система ИЛП может породить логическую программу в форме гипотез. Обычно реализации ИЛП делаются на языке Пролог. В данном исследовании ведется разработка более выразительного входного языка на основе языка исчисления позитивно-образованных формул (ПОФ). Формализуемые теории ИЛП формализуются с помощью ПОФ естественным образом, сохраняя положительные свойства последних. Например, сохраняется так называемая вопросно-ответная процедура поиска вывода, при этом вопросы к базе фактов ставятся в соответствие правилам ИЛП-теорий, а ответы – подстановкам, необходимым для применения правила вывода и «срабатывания» правил. Система ИЛП разработана как система управления конструктивным логическим выводом (ЛВ) в исчислении ПОФ, основные возможности которой были разработаны на предыдущем этапе проекта. На данном этапе разработана новая версия системы поиска ЛВ, служащая основой построенной системы ИЛП. Основные возможности системы:

- настройка любых вычислимых функций и предикатов. По умолчанию реализованы операции сложения, вычитания, умножения, деления, сравнения, логические операции отрицания, конъюнкции, дизъюнкции, а также конкатенации строк;

- настройка любых стратегий ЛВ. Понятие «стратегия» формализована как функция выбора вопроса и ответа на него в зависимости от текущего состояния ЛВ. Каждому вопросу ПОФ присвоен статический и динамический рейтинг. Статический рейтинг не меняется на протяжении всего ЛВ. Вычисляется на основе следующих критериев: является ли вопрос целевым; содержит ли вопрос подформулу, являющуюся целевым вопросом, их количество и на какой глубине они находятся; количестве ветвей в дизъюнктивном ветвлении. Динамический рейтинг вычисляется на каждом шаге вывода и зависит от следующих параметров: применялся ли ответ для данного вопроса ранее и, если применялся, то сколько



раз и сколько шагов назад; сработал ли триггер, указывающий на приоритетность данного вопроса (триггером выступает ответ на другой вопрос, либо попадание в базу определенной комбинации фактов). Вопросы сортируются в порядке их общего рейтинга и производится попытка поиска ответа. Для выбора ответа реализовано три критерия: последовательный выбор; выбор того ответа, который приводит к добавлению в базу новых фактов; выбор того ответа, который был получен только при использовании наиболее свежих фактов в базе;

- немонотонный вывод, за счет ввода специальной команды удаления факта или вопроса. Данная команда может срабатывать при ответе на вопрос, при добавлении новых атомов в базу, а также при других триггерах, заданных пользователем;

- откат в любое предыдущее состояние. Применяется в случае, если есть ограничение на глубину (количество шагов) ЛВ. Позволяет перебирать все возможные варианты ЛВ до определенной глубины;

- построение ЛВ для нехорновских формул реализовано за счет ввода в систему двух типов целевых вопросов – конструктивных и неконструктивных. Неконструктивные вопросы в случае ответа на них останавливают дальнейший поиск ЛВ для данной базы. Конструктивные – являются основной целью формализованной теории. Для такого рода формул ЛВ является успешно найденным, если все базы опровергнуты (как и в случае с классическим выводом), но при этом ровно одна база опровергнута ответом на конструктивный вопрос.

Тестирование системы проводилось на задачах из библиотеки TRTP, а также на задачах формализации и проверки свойств ДСС. Реализация осуществлена с использованием языка программирования Rust и доступна для компиляции для операционных систем семейства Windows, Linux и macOS. Язык Rust выбран, поскольку он обладает прозрачной системой управления памятью (это его выгодно отличает от систем со сборщиком мусора); инструментами для написания надежного кода; компилятором, генерирующим эффективный код (*авторы: А.В. Давыдов, А.А. Ларионов*).

Разработан иерархический подход к управлению группой разнородных мобильных роботов в условиях ограниченной коммуникации, обеспечивающий непрерывное выполнение комплексных миссий большой продолжительности с высокой степенью самоорганизации. Динамическое планирование и дальнейшая корректировка групповой стратегии осуществляются на основе взвешенного списка сценариев желательного и нежелательного коллективного поведения роботов группы при выполнении миссии. За эффективное составление планов группы на каждом уровне иерархии системы управления отвечают планировщики, формирующие групповую стратегию с различной степенью детализации в зависимости от масштаба планирования. Предложен эволюционный подход к реализации такого рода планировщиков. Разработаны примеры эволюционных алгоритмов для реализации задачи управления группой автономных подводных роботов при выполнении миссии по многоатрибутному систематическому мониторингу в условиях топливных и коммуникационных ограничений.

Предложенный подход заключается в том, чтобы произвести декомпозицию миссии на последовательность рабочих периодов таким образом, чтобы разделить работу с ограничениями различного масштаба между планировщиками разного уровня. Это позволяет перейти от решения единой глобальной задачи высокой сложности с большим набором одновременно действующих пространственно-временных ограничений и технических



ограничений обслуживания к решению ряда сравнительно несложных задач планирования. Понижение сложности при такой декомпозиции миссии достигается не только за счет снижения размерности задачи планирования с каждым уровнем разбиения, но и за счет того, что на каждом этапе действует только некоторая часть всех ограничений миссии (рис. 29). Стоит заметить, что на одном уровне может функционировать несколько планировщиков – базовый для формирования плановой стратегии группы, а также экстренные – для перехвата управления группой в случае возникновения критических событий, способных повлиять на успех миссии в целом или даже безопасность самой группы (авторы: М.Ю. Кензин, ак. И.В. Бычков).

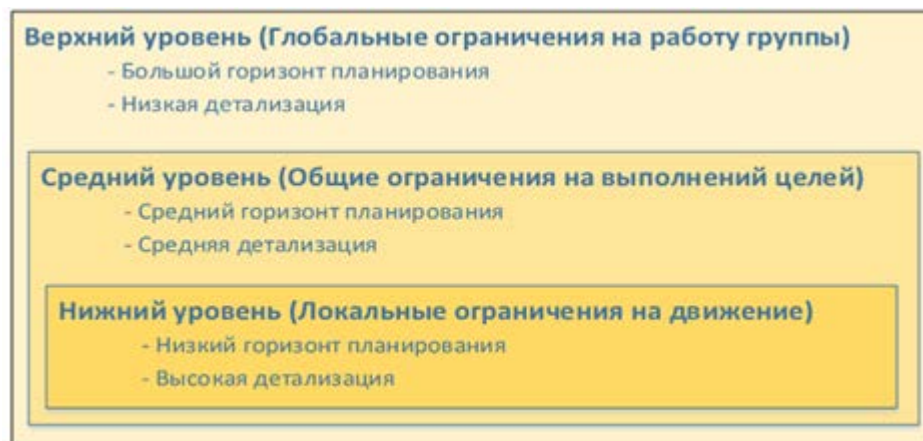


Рис. 29. Общая схема организации декомпозиции миссии на несколько уровней при иерархическом планировании

Взаимодействие роботов в составе подводного робототехнического комплекса рассматривается в рамках теории супервизорного управления (ТСУ) дискретно-событийными системами. В случае изменения условий функционирования роботов вследствие внешних или внутренних факторов парадигма ТСУ позволяет изменить спецификацию для отражения новых требований к системе, не меняя всей структуры системы. Изменения спецификации вызывают автоматическое построение нового управления, обеспечивая таким образом адаптацию системы к новым условиям функционирования. При этом для построения управления необходимо проводить проверку управляемости спецификации как формального языка, описывающего ограничения на функционирование ДСС и, в случае обнаружения неуправляемости, находить наибольшую возможную спецификацию на основе исходной. Для решения этих задач использованы средства автоматического доказательства теорем в исчислении позитивно-образованных формул (ПОФ). С помощью логического вывода в исчислении ПОФ может быть построен наибольший управляемый подязык спецификации во время процедуры проверки ее управляемости. Необходимая для этого параллельная композиция конечных автоматов также строится в процессе логического вывода. На основе построенного языка, принятого за новую спецификацию, строится реализующий ее супервизор (авторы: А.В. Давыдов, А.А. Ларионов, к.ф.-м.н. Н.В. Нагул).



Разработан подход, основанный на последовательной генерации траектории движения каждого робота группы с целью собрать их в окрестности источника физического поля. Сама задача обследования физического поля может быть представлена в виде задачи невыпуклой n -мерной (рассмотрен двумерный случай) black-box оптимизации, где источники физического поля являются локальными экстремумами. За генерацию промежуточных точек траектории отвечает гибридный популяционный алгоритм WOA-GWO, основанный на Whale Optimization Algorithm (WOA) и Grey Wolf Optimizer (GWO). Предложенный алгоритм не является ресурсоемким, может быть применен как для централизованного, так и для децентрализованного управления группой, а также естественным образом собирает поисковую группу в окрестности предполагаемого решения задачи. Для учета изменений, накладываемых нестационарностью физического поля, выраженной в возможности передвижения источников поля по заранее неизвестным траекториям в рамках обследуемой области, был предложен ряд модификаций. Основой данных модификаций служит построение диаграммы Вороного, имеющей дополнительную ось относительно обследуемой области – время со старта миссии. Площадь ячейки Вороного с сайтом в точке замера величины физического поля на срезе по оси времени используется для оценки качества решения, увеличивая или уменьшая привлекательность данной зоны на дальнейших поисковых итерациях. Если площадь такой ячейки обращается в ноль, то это значит, что замер полностью потерял актуальность и может быть удален из памяти роботов. Проведенные эксперименты демонстрируют высокую частотность ($\approx 90\%$) обнаружения источника нестационарного физического поля при использовании описанных модификаций, в то время как без них результативность не прогнозируема ($< 50\%$) (автор: А.А. Толстихин).

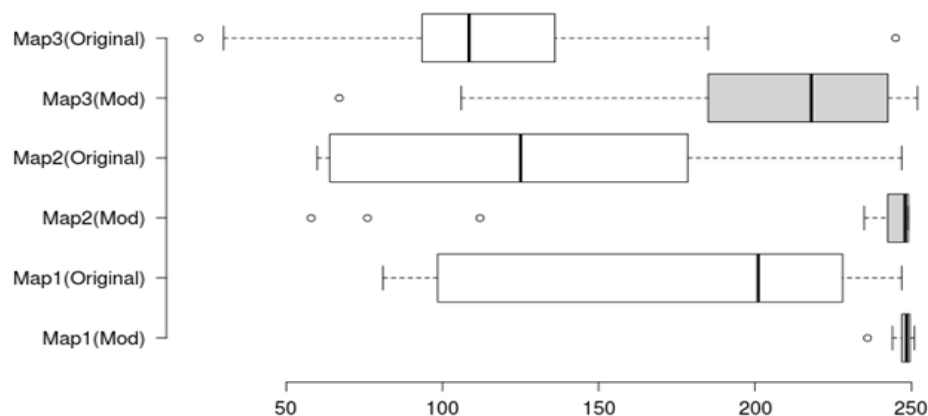


Рис.30. Диаграмма «ящик-с-усами» для сравнения работы подхода с модификациями и без них (50 независимых запусков для каждой из трех тестовых задач, величина физического поля в точке источника - 255)

Управление формациями подводных роботов в условиях неизвестной среды.

Разработан событийный подход к управлению группой автономных подводных роботов, обеспечивающий успешное выполнение отдельных этапов сложной многоцелевой миссии путем совместного следования по заданной опорной траектории в условиях отсутствия информации о внешней среде. Построены дискретно-событийные системы, ответственные за выявление ситуаций, требующих перестроения структуры формации и коррекции текущего пути. Синтезированы цифровые законы управления роботами, позволяющие обеспечить



требуемое качество формации в различных режимах движения группы. Предложены два алгоритма планирования пути, решающие задачи безопасного обхода обнаруживаемых по ходу движения препятствий и возврат на опорную траекторию по завершению обходного маневра. Генерируемые алгоритмами пути являются гладкими и удовлетворяют кинематическим ограничениям робота. Разработанный подход, в отличие от большинства известных, не требует значительных вычислительных ресурсов и имеет потенциал быть реализованным на борту (авторы: к.т.н. С.А. Ульянов, к.т.н. Н.Н. Максимкин, Д.А. Костылев).

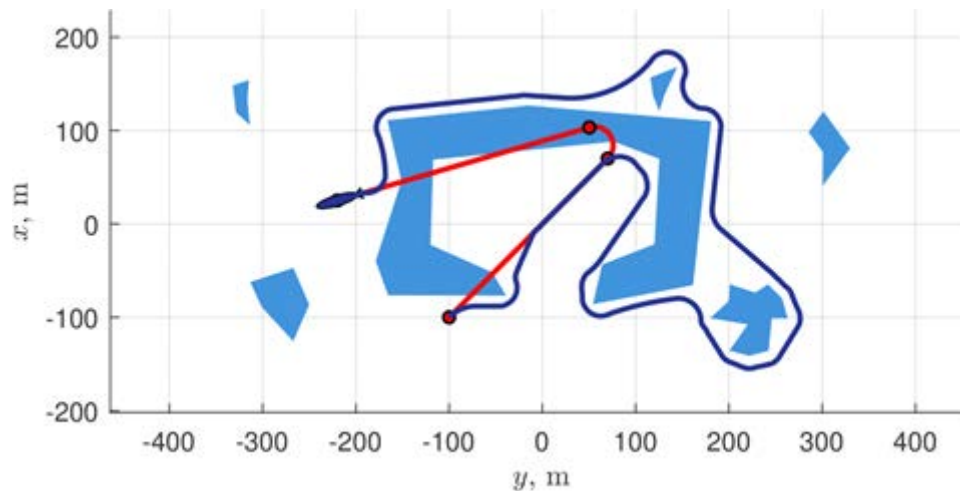


Рис. 31. Результаты численного моделирования для АПР, действующего в неструктурированной среде

Рассмотрена задача анализа устойчивости для замкнутой сложной системы управления движением формации подвижных объектов, вектор состояния которой отражает отклонения координат и скоростей объектов от предписанного или желаемого режима. Объекты распределены на группы, описываемые отдельными подсистемами, а в полной системе уравнений учитываются почти периодические возмущения и возможные взаимосвязи между подсистемами. Предложен способ построения векторной функции Ляпунова с компонентами, строящимися по информации только об изолированных подсистемах. Методом сравнения Матросова получены достаточные условия, при выполнении которых замкнутая сложная система обладает свойством почти периодической конвергенции, т.е. имеет почти периодическое решение, являющееся глобально асимптотически устойчивым. При этом если внешние возмущения являются малыми, то и почти периодическое решение будет иметь малую амплитуду, т.е. все подвижные объекты формации будут двигаться почти в предписанном режиме, совершая возле него малые колебания (автор: к.ф.-м.н. А.А. Косов).

Обеспечение функционирования и развитие экспериментальной распределенной вычислительной среды (исполнители Сидоров И.А., Костромин Р.О.):

1. Настройка и сопровождение ресурсов экспериментальной среды (узлов кластера Blackford).
2. Подготовка и проведение вычислительных экспериментов.



Тема IV.38.1.2.3 Методы и технологии создания распределенной сервисно-ориентированной среды сбора, хранения, обработки больших объемов разноформатных междисциплинарных научных данных и знаний, основанных на конструктивных средствах спецификации, порождающем программировании и интеллектуализации

№ гос. регистрации: АААА-А17-117032210079-1

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

Проведено проектирование и программно реализованы оригинальные сервисы и инструментальные средства поддержки декомпиляции и анализа программного кода, анализа и сопоставления данных, автоматизации создания кроссплатформенных проблемно-ориентированных систем. В частности: реализована Android-версии ГеоАРМ и средства сопоставления сущностей в независимо созданные БД, доработан декомпилятор программного кода файлов DCU. Реализованы инструментальные средства преобразования онтологических описаний в структуры UML с последующей их интерпретаций в виде программного кода компонент ИС и АРМ. (авторы: к.т.н. А.Е. Хмельнов, к.т.н. А.А. Михайлов, к.т.н. Е.А. Черкашин, к.т.н. А.С. Гаченко)

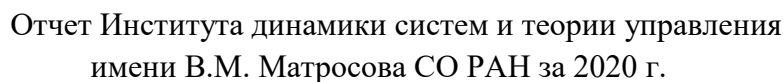
Разработаны методы автоматизации построения вычислительных цепочек, которые впервые позволяют автоматизировать формировать композиции сервисов и данных на основе анализа метаданных и статистических данных. (авторы: к.т.н. Р.К. Фёдоров, к.т.н. Ю.В. Авраменко, к.т.н. А.К. Попова)

Создано методологическое и инструментальное обеспечение поддержки процессов трансформации неструктурированных данных из произвольных таблиц. (автор: к.т.н. А.О. Шигаров)

Разработано программное обеспечение поиска «грязных» данных и их аккуратной очистки, а также проведено его тестирование. (автор: к.т.н. В.В. Парамонов)

Разработана концепция инструментального средства решения междисциплинарных задач на основе самоорганизации. Концепция включает основные принципы, концептуальные этапы самоорганизации процесса решения междисциплинарной задачи обоснования свойств безопасности сложных технических систем, а также архитектуру инструментального средства и особенности ее программной реализации (рис. 32).

Принципы информационной технологии включают совмещение онтологического представления знаний, группового принятия решений, компонентного и модельно-ориентированного подходов, обеспечивающих реализацию самоорганизующегося алгоритма. Архитектура инструментального средства содержит предметную и проблемную онтологии, базы данных и знаний, а также «решатели», на основе которых интеллектуальных планировщик, используя алгоритм самоорганизации, создает вычислительную среду для решения задач. Концептуальный алгоритм самоорганизации включает этапы определения методологии исследования, исходных данных, решения задачи и обучения системы. Самоорганизация системы основана на анализе состояния индикаторов и управлении состоянием через систему локальных правил (авторы: д.т.н. А.Ф. Берман, д.т.н. О.А. Николайчук, к.т.н. А.И. Павлов, к.т.н. А.Ю. Юрин).



B	C	D	E	F	G	H	I
Mineral	Color	Hardness (Moos)		Transparency		Syngony	
		Density	Value	Bandwidth	Refractive index	System	Appearance of crystals
Diamond	Transparent	3,47-3,55	10	Transparent	2,417-2,419	Cubic	Octahedral
Emerald	Green	2,7-2,8	7,5-8	Transparent, semi-transparent	1,56-1,6	Hexagonal	Massive
Turquoise	Blue-green	2,6-2,7	7,5-8	Transparent	1,56-1,6	Hexagonal	Massive
Spinel	Red, pink	3,47-3,55	10	Diamond	2,417-2,419	Cubic	Octahedral
Chrysolite	Green	2,6-2,7	7,5-8	Diamond	2,417-2,419	Cubic	Octahedral
Аметист	Violet	2,6-2,7	7,5-8	Diamond	2,417-2,419	Cubic	Octahedral
Amethyst	Green	2,6-2,7	7,5-8	Diamond	2,417-2,419	Cubic	Octahedral
Topaz	Pink, yellow	2,6-2,7	7,5-8	Diamond	2,417-2,419	Cubic	Octahedral
Opal	Yellow, red	2,6-2,7	7,5-8	Diamond	2,417-2,419	Cubic	Octahedral
Tourmaline	Red, green	2,6-2,7	7,5-8	Diamond	2,417-2,419	Cubic	Octahedral

Рис. 33. Примеры исходной электронной таблицы, канонической таблицы и результата работы РКВД.Onto в форме фрагмента схемы онтологии



Разработан метод исследования уникальных механических систем на основе агентного имитационного моделирования. Новизна данного метода заключается в том, что он основан на системе иерархических моделей, реализующих модельно-ориентированный подход создания программных систем. Система моделей включает описание метаонтологии и онтологических моделей методологии агентного моделирования, структуры и поведения объекта исследования (УМС). Модели поведения основаны на метамоделях продукционных знаний и операций. Реализация метода апробирована с использованием авторской платформы автоматизации создания систем основанных на знаниях ADSkit (авторы: д.т.н. О.А. Николайчук, к.т.н. А.И. Павлов, к.т.н. А.Б. Столбов).

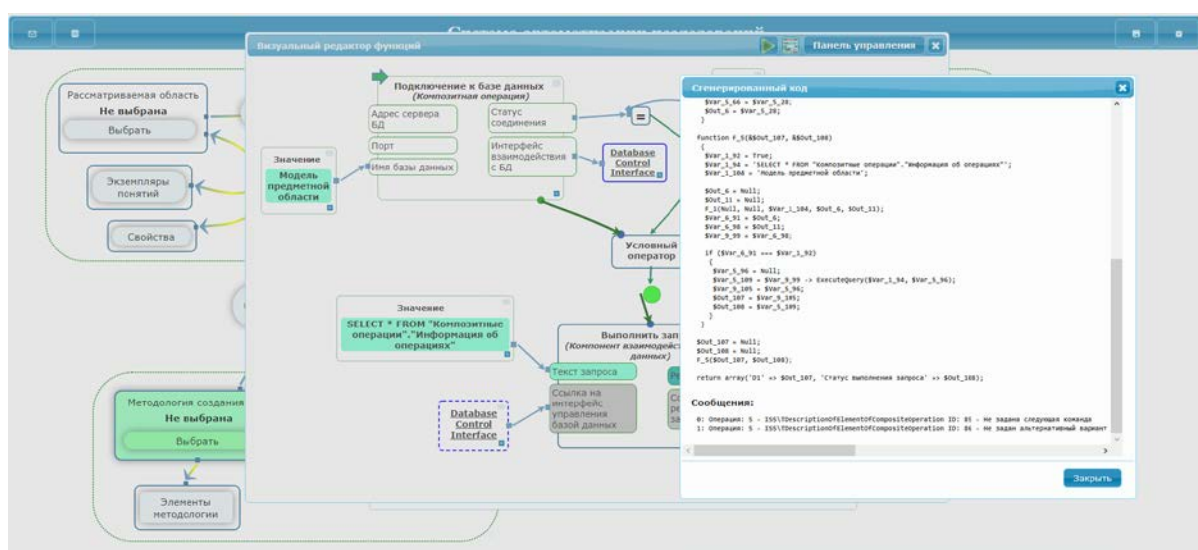


Рис. 34. Формы, демонстрирующие процесс генерации программного кода

Тема IV.38.1.4. Информационно-телекоммуникационная платформа цифрового мониторинга озера Байкал на основе сквозных технологий

Научный руководитель – ак. И.В. Бычков

Разработаны методы и форматы для обмена цифровыми данными с распределенными сенсорами научного оборудования для мониторинга озера Байкал.

Разработаны методы автоматизированного формирования сценариев использования композиции сервисов.

Созданы сервисы инструментального обеспечения поддержки процессов извлечения и трансформации данных из слабоструктурированных документов с текстовым и табличным содержанием.

Разработаны инструментальные средства создания проблемно-ориентированных и интеллектуальных систем поддержки принятия решений, основанных на использовании модельно-управляемого подхода, порождающего программирования и декларативных описаний: инструментального средства синтеза интеллектуальных систем поддержки принятия решений.



Тема № IV.38.1.3. Разработка методов непрерывной и дискретной оптимизации и их реализация на высокопроизводительных вычислительных системах для поддержки междисциплинарных научных исследований

№ гос. регистрации: АААА-А17-117032210077-7

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

Для общей задачи математической оптимизации, где целевая функция и ограничения заданы d.c. функциями (т.е. представимыми в виде разности выпуклых функций) на основе условий глобальной оптимальности (УГО), разработаны новые специальные методы локального поиска, а также Схема (Стратегия) Глобального поиска. Важнейшее преимущество Схемы заключается в возможности использования для решения выпуклых линеаризованных задач, порожденных УГО, современных и классических методов выпуклой оптимизации, которые применяются «внутри» (на каждой итерации) методов локального поиска (*автор: д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский*).

С использованием теории глобального поиска для общей задачи математической оптимизации с d.c. функциями разработан алгоритм, позволивший решить производственную задачу флотации медно-молибденовых руд, смоделированную по реальным данным монгольского предприятия «Эрдэнэт». Вычислительный эксперимент показал, что предложенный метод является достаточно гибким инструментом поиска оптимальных решений, удовлетворяющих всем технологическим ограничениям производства (*автор: к.ф.-м.н. Т.В. Груздева*).

На базе Теории глобального поиска А.С. Стрекаловского разработаны теоретические основы отыскания оптимистических решений в нелинейной двухуровневой задаче с общей задачей d.c. оптимизации на верхнем уровне и выпуклой оптимизационной задачей на нижнем уровне. В частности, с использованием теории точного штрафа осуществлена редукция этой задачи к общей задаче d.c. оптимизации и построен специальный штрафной метод локального поиска, являющийся одним из основных элементов Стратегии глобального поиска (*автор: к.ф.-м.н. А.В. Орлов*).

С использованием теории и методов целочисленного линейного программирования для задач составления расписаний исследованы новые задачи, возникающие в области маршрутизации и анализа трафика телекоммуникационных сетей. Предложены формулировки таких задач, а также разработаны точные алгоритмы поиска их решений. Проведено численное тестирование на задачах большой размерности, смоделированных с использованием реальных данных трафика сетей. Вычислительный эксперимент показал эффективность предложенных методов (*авторы: к.ф.-м.н. И.Л. Васильев, к.ф.-м.н. А.В. Ушаков*).

Была предложена методика, позволяющая строить математические модели работы транспортно-пересадочных узлов (ТПУ) с железнодорожной станцией в своей структуре. Для описания входящего транспортного потока применяется модель ВМАР-потоков. Это позволяет учесть наличие нескольких транспортных потоков с различными характеристиками, такими как тип транспорта, интенсивность его поступления и распределение размеров партий грузов или групп пассажиров. Для описания работы системы используются сети массового обслуживания. Их применение дает возможность детально



описать маршрут движения заявок внутри объекта с нелинейной иерархической структурой, что повышает адекватность получаемых моделей. На основе предложенной методики построена математическая модель ТПУ, в структуре которого функционирует станция городской электрички. Предложенная методика применима для описания функционирования транспортных объектов различных типов, включая грузовые и сортировочные железнодорожные станции. На ее основе построена модель работы грузовой железнодорожной станции, расположенной в Иркутской области (*авторы: к.т.н. М.Л. Жарков, к.ф.-м.н. А.А. Лемперт*).

Для задач размещения объектов точечной физической защиты в трехмерном пространстве были предложены две математические модели в форме задач оптимального покрытия шарами и оптимальной упаковки шаров в замкнутое множество. При этом применяется специальная неевклидова метрика, которая базируется на решении уравнения эйконала в случае неоднородной среды. Разработаны и программно реализованы новые вычислительные алгоритмы, основанные на композиции оптико-геометрического подхода и методов бильярдного моделирования, проведен вычислительный эксперимент, включающий решение тестовых и модельных задач (*автор: к.ф.-м.н. А.А. Лемперт*).

Была изучена задача размещения на плоскости при условиях: заданы производственные мощности для каждого предприятия и цена обслуживания каждого клиента пропорциональна квадрату расстояния от него до предприятия. Предложено рассматривать данную задачу в виде задачи безусловной минимизации некоторой специальным образом сконструированной функции. Данная функция дифференцируема почти всюду в своей области определения, размерность которой зависит лишь от числа предприятий. Для такой задачи был разработан алгоритм локального спуска, основанный на теореме о дифференцируемости квадрата метрики Вассерштейна. Для выхода из локального минимума предложено аппроксимировать некоторой задачей смешанного целочисленного программирования. Решение последней заведомо не хуже текущего локального минимума и стремится к решению исходной задачи при стремлении параметра аппроксимации к бесконечности. Для данной задачи разработан алгоритм локального спуска, алгоритм реализован на языке Julia и протестирован на ряде примеров (*автор: к.ф.-м.н. А.А. Лемперт*).

Выполнено подробное моделирование процесса формирования профиля температуры в многослойной системе с фазовым переходом на границе вода–лед (задача Стефана) и сформулирована обратная задача. Прямое решение задачи Стефана с заданными коэффициентами применялось для оценки влияния температуры воздуха, солнечной радиации и теплообмена в толще льда и подледной воде на изменчивость температуры в системе вода–лед. Решение обратной задачи Стефана на основе измеренных толщины льда, поступающей солнечной радиации и температуры толщи льда и подледного слоя воды в системе вода–лед использовалось для расчета коэффициента эффективной температуропроводности и оценки вертикального распределения потоков тепла (*автор: В.В. Козлов*).

Разработан метод решения задач оптимального управления на плавающей сети операторов. Рассматривается ориентированный граф, в вершинах которого рассчитываются входные и выходные параметры задачи. На ребрах графа заданы системы управляемых дифференциальных уравнений. Задан функционал как функция конечного состояния. Координаты вершин графа не фиксированы, поэтому данную задачу будем называть задачей



оптимального управления на плавающей сети операторов. Получены условия неулучшаемости управления и установлена связь с необходимыми и достаточными условиями сильного и слабого локального минимума. Разработаны методы последовательных улучшений первого и второго порядка. Для задач без ограничений на управления получены формулы расчёта новых координат вершин на каждой итерации методов последовательных улучшений. Все конструкции алгоритмов записываются через функции Понтрягина (*автор: д.ф.-м.н. В.А. Батулин*).

Были построены новые атаки, относящиеся к алгебраическому криптоанализу, на ограниченные по числу шагов варианты функции сжатия алгоритма хеширования MD4; далее используем обозначение MD4- k , где $1 \leq k \leq 48$ – число шагов базового алгоритма сжатия. Новизна построенных атак состоит прежде всего в использовании различных алгоритмов Black-Box-оптимизации для вычисления значений псевдобулевых функций, которые оценивают трудоемкость атак, основанных на использовании инверсных лазеек (Inverse Backdoor Set, IBS). Для оптимизации оценочных функций использовались следующие алгоритмы: алгоритм, относящийся к методам поиска с запретами (Tabu Search, TS); алгоритм (1+1)-FEA, а также вариант генетического алгоритма. Основной вывод: для различных задач лучшие результаты могут достигаться различными алгоритмами. В серии проведенных вычислительных экспериментов были построены атаки из класса «угадай и определяй» на основе инверсных лазеек, эффективность которых оказалась в десятки и сотни раз выше эффективности атак методом грубой силы. Для проведения экспериментов использовался вычислительный кластер «Академик В.М. Матросов» Иркутского суперкомпьютерного центра (*авторы: И.А. Грибанова, к.т.н. А.А. Семенов*).

В отношении ослабленных по числу шагов инициализации вариантов известного поточного шифра Trivium были построены алгебраические атаки, использующие понятие линеаризующего множества. Данное понятие близко по своей сути к понятию инверсной лазейки – только для решения ослабленных уравнений криптоанализа используется не SAT решатель, а любой алгоритм решения системы линейных уравнений над полем GF(2). Ранее атаки из этого класса показали высокую эффективность на задаче криптоанализа генератора A5/1. В 2020 году были решены задачи поиска линеаризующих множеств для версий шифра Trivium с числом шагов инициализации $k = 160, 192, 288, 384$. Для значений $k = 160$ и $k = 192$ полученные атаки оказались существенно эффективнее полного перебора ключевого пространства (*авторы: И.А. Грибанова, к.т.н. А.А. Семенов*).

Были программно реализованы алгоритмы представления нормальных форм булевых функций диаграммами специального вида. Конкретно, была реализована единая программная среда, в рамках которой совершенные дизъюнктивные нормальные формы (ДНФ) представляются как широко известными ZBDD (Zero-suppressed Binary Decision Diagrams), так и специально разработанными для представления ДНФ дизъюнктивными диаграммами. В ходе вычислительных экспериментов было показано, что дизъюнктивные диаграммы представляют ДНФ существенно более эффективно в сравнении с ZBDD (*авторы: В.С. Кондратьев, к.т.н. И.В. Отпущенников, к.т.н. А.А. Семенов*).



ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРОЕКТАМ, ПОДДЕРЖАННЫМ СОВЕТОМ ПО ГРАНТАМ ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Грант Президента РФ МК-1647.2020.9 «Методы и средство создания онтологий и их шаблонов на основе преобразований электронных таблиц в контексте обработки больших данных»

Руководитель проекта – к.т.н. Н.О. Дородных

Метод формирования онтологий в формате OWL/RDF на основе извлечения данных из исходных произвольных электронных таблиц в формате MS Excel;

метод формирования паттернов онтологического проектирования на основе трансформации концептуальных моделей;

мпрототипы модулей поддержки методов.

Стипендия Президента РФ молодым ученым и аспирантам СП-3545.2019.5 «Применение высокопроизводительных вычислений к построению алгебраических атак на криптографические хеш-функции»

Руководитель проекта – И.А. Грибанова

В 2020 году были построены новые атаки, использующие метод специальных функций и алгоритмы поиска инверсных лазеек (Inverse Backdoor Set, IBS), на хеш-функции вида MD4-k до k=48 включительно (k – число шагов базового алгоритма сжатия), а также на функции MD5-k до k=32. Основная новизна результатов состоит в использовании для поиска IBS эволюционных алгоритмов, а также в применении для оценки трудоемкости конкретной атаки меры, выраженной в числе инструкций процессорного кэша (для получения значений данной меры использовался программный инструмент Valgring). Еще один результат состоит в новом подходе к генерации ограничений, ослабляющих исходную задачу обращения. Конкретно, для получения специальных функций, к обращению которых сводится поиск прообразов рассматриваемой хеш-функции, организуется перебор возможных вариантов сочетаний ослабляющих ограничений. Перебор осуществляется при помощи эволюционного алгоритма, обходящего булев гиперкуб, в котором каждая точка задает конкретный набор ослабляющих ограничений. После того как множество перспективных наборов ограничений построено, эти наборы анализируются дополнительно (как правило, вручную), и из них выбирается несколько наборов, которые в дальнейшем используются для построения IBS атак. Применение этого алгоритма к функции сжатия алгоритма MD5 дало следующие результаты. Для первых двух раундов функции сжатия (то есть для 32 шагов) MD5 были найдены ослабляющие ограничения, давшие функции вида $g: \{0,1\}^{128} \rightarrow \{0,1\}^{128}$. Для этих функций были построены IBS-атаки, лучшая из которых имеет оценку сложности $9,17 \times 10^{39}$ инструкций кэша процессора, тогда как реализация метода грубой силы для обращения MD5-32 потребует $4,3 \times 10^{43}$ инструкций.



Стипендия Президента РФ молодым ученым и аспирантам СП-3545.2019.5
«Разработка комплекса алгоритмов для поиска декомпозиций трудных примеров
задачи булевой выполнимости с применением методов комбинаторной оптимизации»

Руководитель проекта – С.Е. Кочемазов

В рамках стипендии Совета по грантам Президента Российской Федерации № СП-2017.2019.5 был получен ряд результатов по комплексу направлений, связанных с разработкой и применением SAT-решателей для решения широкого спектра задач. Так, были разработаны несколько эвристик, нацеленных на повышение средней производительности современных SAT-решателей на широких классах тестовых задач. Помимо этого, были разработаны эвристики для реорганизации последовательности обработки точек в окрестностях, просматриваемых алгоритмами локального поиска в рамках их применения к оптимизации блэкбокс-функций, оценивающих трудоемкость решения конкретных трудных примеров SAT. Все полученные результаты опубликованы в трудах российских и зарубежных международных конференций и рейтинговых журналах.



ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ РОССИЙСКОГО НАУЧНОГО ФОНДА

Проект РНФ № 16-11-00053 «Разработка методов исследования и построения иерархических систем децентрализованного интеллектуального управления группами автономных поисково-обследовательских роботов в условиях неопределенности»

№ гос. регистрации: АААА-А16-116031110118-2

Руководитель проекта – ак. И.В. Бычков

Разработана новая версия системы автоматического построения логического вывода позитивно-образованных формул, которая используется в качестве основного ядра в интерпретаторе нехорновских логических программ. Интерпретатор разработан с внедрением дополнительного модуля, контролирующего возможность применения только одного конструктивного целевого правила в процессе поиска логического вывода формулы, представляющей входную программу. При реализации данной возможности, сначала производится попытка поиска логического вывода с использованием только неконструктивных целевых правил, содержащихся в формуле. Когда поиск логического вывода исчерпывает все варианты перебора при введенном ограничении, и если на верхнем уровне дерева текущей формулы, вывод которой остается найти, не осталось дизъюнктивных ветвлений, производится попытка завершения поиска ее вывода с использованием конструктивного целевого правила. Ограничение на максимальное количество возможных шагов вывода позволяет находить кратчайший конструктивный вывод. Интерпретатор реализован с использованием клиент-серверной архитектуры, что позволяет его встраивать в любые другие системы с использованием необходимых для конкретной задачи протоколов связи. Каждый такт времени, клиент отправляет серверу очередную задачу или параметры для вычисляемых предикатов, которые могут значительно влиять на построение логического вывода. Разработанный интерпретатор внедрен в виде программной компоненты моделирующего программного комплекса на верхнем уровне и используется для описания сценариев, заданий и групповых миссий для роботов.

Проведена реализация модульных супервизоров в составе иерархической системы управления группами автономных подводных роботов (АПР), построенных с применением исчисления ПОФ. Для применения исчисления ПОФ в задачах построения супервизоров для ДСС разработан подход к описанию в языке ПОФ исследуемых систем и требований к их функционированию. База такой ПОФ включает в себя предикаты, предназначенные для формирования порождаемого и маркированного языков ДСС, а также факты, задающие конечный автомат, соответствующий системе: множество переходов, управляемые и неуправляемые события, начальное состояние, а также множество маркированных переходов, которым соответствуют выделенные термы. Вопрос, нацеленный на обработку именно этих термов, позволяет генерировать маркированный язык как первые аргументы атомов, добавляемых в базу при срабатывании соответствующего правила. Таким образом, происходит аккумуляция слов маркированного языка, что позволяет проводить его анализ, например, при проверке свойства неблокирования. Проверка на блокирование является особо актуальной при построении модульных супервизоров, поскольку объединение неблокирующих супервизоров может привести к блокированию системы, или конфликту.



Для коррекции спецификаций в том случае, если в результате логического вывода получено заключение о невозможности построения супервизора при текущем наборе параметров или обнаружен конфликт, используются знания, накопленные в ходе вывода, а также модифицируемость семантики исчисления ПОФ.

Математическая модель задачи систематического мониторинга, предложенная на первом этапе выполнения проекта, была расширена новым видом ограничений обслуживания. Новые ограничения позволяют задавать технические требования к количеству роботов каждого типа для коллективного обследования цели. Тип робота при этом определяется в зависимости от его функциональных возможностей. Разработанный для решения задачи эволюционный алгоритм был модифицирован для учета новых ограничений: адаптированы конструктивные эвристики построения начальных маршрутов, изменены процедуры локального поиска, доработана схема оценки эффективности решений. Произведена программная реализация расширенной постановки задачи и модифицированного алгоритма для ее решения. Проведены вычислительные эксперименты, доказывающие эффективность предложенного подхода.

Разработан подход к планированию продолжительных миссий группы роботов на верхнем уровне через составление долгосрочного расписания групповой ротации роботов. Расписание составляется таким образом, чтобы обеспечить удовлетворение сразу нескольких критериев, способствующих эффективному выполнению миссии, а именно: своевременного пополнения роботами своих топливных ресурсов; возможности эффективной работы членов группы, остающихся для выполнения задач, с учетом их функциональных возможностей; требуемой периодичности сеансов связи для регулярного обмена данными. Для решения задачи разработана модификация генетического алгоритма, эффективная работа которого обеспечивается наличием ряда специализированных эвристик и схем окрестностного поиска. Произведена программная реализация алгоритма, сравнительный анализ с известными подходами, показавший высокую эффективность разработанного алгоритма, а также реализована синхронная работа планировщика с разработанным алгоритмом маршрутизации.

Разработаны основанные на схеме «лидер-ведомый» алгоритмы событийного управления формациями автономных подводных роботов (АПР) при движении вдоль заданной траектории при различных предположениях о доступности и качестве измерений. Рассмотрены варианты, когда управление АПР как ведомого строится на основе прямых дискретных измерений своего положения относительно лидера, и на основе данных, получаемых от лидера по акустическим каналам связи. Предложены цифровые законы управления АПР с механизмом пересчета управляющих сигналов по событиям, допускающие простую реализацию на борту и позволяющие уменьшить нагрузку на вычислительные устройства АПР за счет нерегулярной корректировки управляющих воздействий. Также предложен закон управления виртуальной целью, которая перемещается по опорной траектории и задает движение группы, обеспечивающие адаптацию ее скорости к текущему значению кривизны отслеживаемого пути. Такой механизм позволяет ведомым удерживаться в формации при выполнении сложных маневров, например, связанных с движением по дуге малого радиуса. С применением методологии табличного управления и сублинейных векторных функций Ляпунова выполнен синтез децентрализованного управления типовыми формациями малоприводных крупногабаритных подводных аппаратов по критерию минимума ошибки стабилизации. При синтезе в комплексе учитывались



погрешности измерений АПР, ограничения на ресурсы управления, непостоянство курса и скорости движения группы, а также задержки при передачи необходимой информации от лидеров к ведомым. Исследованы вопросы зависимости точности стабилизации формации от такта управления АПР и параметров, входящих в условия срабатывания событий.

Проект РНФ № 16-11-10046 «Применение параллельных и распределенных алгоритмов решения проблемы булевой выполнимости (SAT) к криптоанализу, поиску комбинаторных структур и исследованию дискретных моделей коллективного поведения»

Руководитель проекта – к.т.н. А.А. Семенов

Были разработаны новые алгоритмы активации сетей, комбинирующие жадные эвристики с применением SAT решателей. В процессе решения задачи поиска расстановки активаторов в сети, которая активирует сеть за наименьшее число шагов, сначала используется жадный алгоритм, который строит начальную расстановку, а затем делается попытка уточнить полученное решение при помощи SAT решателя. С этой целью в пропозициональную кодировку процесса активации сети добавляется информация о найденном решении (кодировка при этом частично упрощается). Затем формируются дополнительные условия, кодирующие факт существования активирующего множества меньшей мощности в сравнении с решением, найденным жадным алгоритмом. Итогом является КНФ, выполняемая тогда и только тогда, когда существует расстановка активаторов меньшей мощности в сравнении с найденной, которая активирует сеть за то же число шагов. Алгоритмы указанного типа были применены нами для решения задач расстановки патчей в компьютерной сети с целью блокирования всех возможных атак. Алгоритмы были реализованы в рамках разработанной ранее программной системы UnProVET. В вычислительных экспериментах удавалось решать задачи расстановки патчей в синтетических сетях на нескольких десятках тысяч вершин, используя для этого лишь обычный персональный компьютер.

Были построены новые атаки на криптографические хеш-функции семейств MD и SHA, в рамках которых к ослабленным уравнениям криптоанализа применяются SAT решатели. Новизна построенных атак заключается в полностью автоматической процедуре генерации ослабляющих ограничений (аналогов ограничений, предложенных Г. Доббертином). Конкретно, мы рассматриваем пространство возможных вариантов наборов ограничений как булев гиперкуб -- каждый набор ограничений задается булевым вектором. Далее мы запускаем эволюционный алгоритм (использовались алгоритмы (1+1)-EA и (1+1)-FEA) для осмысленного перебора точек гиперкуба и требуем от выбираемых точек, чтобы ограничения на соответствующие этим точкам переменные сцепления давали вспомогательную функцию вида $g: \{0,1\}^k \rightarrow \{0,1\}^{128}$, где $k \leq 512$. Для полученной таким способом вспомогательной функции мы затем строим атаку на основе инверсного множества с лазейкой (IBS-атака). Атака считается успешной, если ее трудоемкость оказывается меньше атаки методом грубой силы. Для оценивания трудоемкости мы использовали известный пакет для детальной отладки программ Valgrind (инструменты, входящие в данный пакет, помимо прочего позволяют оценивать число обращений к кэшу при выполнении программы). Используя перечисленные подходы, мы построили новые атаки на



урезанные по числу шагов функции MD5 и SHA-1. В частности, построенные нами атаки показывают, что двухраундовый вариант MD5 (рассматривается 32 шага алгоритма сжатия) нельзя считать односторонней функцией, поскольку IBS-атака для нее оказывается существенно (в тысячи раз) эффективнее полного перебора пространства возможных входов.

Были разработаны новые алгоритмы псевдобулевой оптимизации, комбинирующие предложенный ранее принцип склеивания переменных (Merging Variables Principle, MVP) и эволюционные стратегии, используемые для выхода из сильных локальных экстремумов. В основе MVP лежит сводимость задачи максимизации/минимизации функции, заданной на булевом гиперкубе, к аналогичной задаче для функции, заданной на специальном метрическом пространстве. Между исходным гиперкубом и новым пространством задается взаимно-однозначное отображение. Про оптимизируемую на новом пространстве функцию говорим, что она является μ -сопряженной с исходной. Показано, что в исходном гиперкубе точка может быть локальным экстремумом рассматриваемой функции, тогда как ее образ при упомянутой выше биекции в новом пространстве может не быть локальным экстремумом μ -сопряженной функции. Тогда простой алгоритм восхождения к вершине (Hill Climbing) или двойственный ему (для задачи минимизации) позволит выйти из локального экстремума на гиперкубе и, возможно, улучшить рекордное значение целевой функции. В текущем году MVP был дополнен процедурами выхода из сильных локальных экстремумов. Сильный локальный экстремум -- это точка в гиперкубе, являющаяся локальным экстремумом для исходной функции, такая что в результате нескольких различных отображений ее в новые пространства мы получаем локальные экстремумы μ -сопряженных функций. Для выхода из сильных локальных экстремумов мы использовали эволюционные стратегии (конкретно, (1+1)-FEA и один специальный вариант генетического алгоритма). Все разработанные алгоритмы были реализованы в виде многопоточного программного приложения. Полученный решатель мы применили к двум классам задач: к обращению криптографических хеш-функций с дополнительными ограничениями на хеш, а также к одному частному случаю широко известной задачи о размещении производств (Facility Location Problem). В вычислительных экспериментах наш решатель превзошел по эффективности известные решатели, побеждавшие на специализированных соревнованиях (Plingeling, Treengeling, Loandra).

Алгоритмы решения задачи MaxSAT были применены к одному случаю известной проблемы о размещении производств (Facility Location Problem). Конкретно, рассматривается множество клиентов и множество производств. Требуется закрыть некоторые производства. Любая пара вида (u, v) , где u – клиент, а v – производство, связаны отношением «удовлетворенности»: клиент в данной паре считается довольным, если закрытие производства v не изменит специальным образом определяемую функцию удовлетворенности (например, закрытие ближайшего к клиенту производства может сделать его недовольным). Для фиксированного числа закрываемых производств (произвольных) требуется минимизировать число недовольных клиентов. Было доказано, что данная задача является NP-трудной. Кроме этого, оказалась, что рассматриваемая задача эффективно сводится к MaxSAT в формулировке, использующей hard и soft клозы. К данной задаче были применены как известные полные MaxSAT решатели, так и неполный решатель, основанный на принципе склеивания переменных, который был создан в рамках настоящего проекта.



Этот решатель показал на рассматриваемом классе задач лучшие результаты в сравнении с известными неполными MaxSAT решателями.

На основании анализа результатов соревнований SAT Competition и SAT Race последних лет были разработаны новые эвристические техники, ускоряющие работу CDCL SAT решателей. В частности, были предложены новые механизмы переключения между различными режимами выбора переменных уровней решения (branching heuristics), а также разработаны оригинальные процедуры чистки баз конфликтных ограничений, учитывающие многоуровневую структуру таких баз. Было показано, что применение разработанных техник существенно ускоряет работу CDCL SAT решателей, побеждавших на соревнованиях SAT Competition и SAT Race последних лет (использовались библиотеки тестов с данных соревнований). Также были предложены и протестированы новые подходы к повышению запрещающей силы конфликтных дизъюнктов с использованием процедуры Learnt Clause Minimization (LCM). В частности, был разработан алгоритм, проверяющий возможность поглощения минимизированным дизъюнктом дизъюнктов, находящихся в очереди на минимизацию. Встраивание данной техники в современные SAT решатели дало повышение их эффективности на отдельных классах тестов.

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

№ гос. регистрации: AAAA-A18-118082090003-8

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

Получены следующие результаты.

Методы и инструментальные средства извлечения таблиц. Новая глубокая нейросетевая (ANN) модель обнаружения таблиц на изображениях документов с улучшенным качеством предсказаний о расположении позиций (ограничивающих прямоугольников) обнаруживаемых таблиц. Алгоритмическое обеспечение анализа компоновки неразмеченных PDF (Portable Document Format) документов. Алгоритмы должны обеспечить сборку текстовых блоков для последующего использования при верификации и коррекции результатов обнаружения таблиц, а также для распознавания структуры табличных ячеек. Алгоритмическое обеспечение верификации и коррекции предсказаний, производимых глубокими нейронными сетями обнаружения таблиц на изображениях документов. Алгоритмы должны повысить качество результатов обнаружения таблиц в документах за счет снижения доли ошибочных случаев.

Методы и инструментальные средства анализа таблиц. Программная библиотека поддержки обработки и анализа естественно-языкового содержания произвольных таблиц с расширенной функциональностью очистки данных. Библиотека должна обеспечить включение в правила анализа и интерпретации таблиц расширенных возможностей работы с особенностями текстового содержания таблиц. Инструментальная платформа разработки программного обеспечения извлечения и трансформации табличных данных с интеграцией новых компонент поддержки анализа естественного языка и трансляции CRL языка с уточненной объектной моделью правил анализа и интерпретации таблиц.

Методы и инструментальные средства интерпретации таблиц. Алгоритмическое обеспечение концептуализации табличного содержания с использованием инструментов



обработки естественного языка и открытых связанных данных (LOD), расширенное новыми метриками оценки семантической близости. Алгоритмы должны обеспечить связывание извлекаемых функциональных единиц табличных данных с сущностями выбранной глобальной таксономии (онтологии). Программная система генерации связанных данных на основе трансформации произвольных электронных таблиц, реализующая следующие операции: семантическое аннотирование таблиц в канонической форме с восстановленными именованными сущностями; синтез связанных данных в формате RDF; генерацию семантически аннотированных электронных таблиц. Программная система построения концептуальных моделей (предметных онтологий) из фрагментов (связанных данных), генерируемых из электронных таблиц, представленных в канонической форме. Эмпирические результаты применения системы должны продемонстрировать автоматическую сборку предметной онтологии по табличным данным из отчетов по экспертизе промышленной безопасности.

Алгоритмическое обеспечение концептуализации табличного содержания с использованием инструментов обработки естественного языка и открытых связанных данных (LOD), расширенное новыми метриками оценки семантической близости. Алгоритмы должны обеспечить высокое качество связывания извлекаемых функциональных единиц табличных данных с сущностями выбранной глобальной таксономии (онтологии).

Программная система (релиз версия) генерации связанных данных на основе трансформации произвольных электронных таблиц, реализующая следующие операции: а) семантическое аннотирование таблиц в канонической форме с восстановленными именованными сущностями; б) синтез связанных данных в формате RDF; в) генерацию семантически аннотированных электронных таблиц; г) программный интерфейс взаимодействия со сторонними приложениями.

Программная система построения концептуальных моделей (предметных онтологий) из фрагментов (связанных данных), генерируемых из электронных таблиц в канонической форме. Эмпирические результаты применения системы должны продемонстрировать автоматическую сборку предметной онтологии по табличным данным из отчетов по экспертизе промышленной безопасности.

Сотрудники ИДСТУ СО РАН также проводили исследования по проектам РНФ под руководством ведущих ученых из других научных организаций:

Проект РНФ № 18-12-00128 «Прецизионное исследование связанных состояний частиц в квантовой теории поля»

Руководитель проекта – д.ф.-м.н. А.П. Мартыненко

Исполнитель от ИДСТУ СО РАН – д.ф.-м.н. А.Е. Раджабов

Проект РНФ № 18-41-06003 «Карлсруэ-Российская инициатива по работе с астрофизическими данными на протяжении их жизненного цикла»

Руководитель проекта – к.ф.-м.н. А.П. Крюков

Исполнители от ИДСТУ СО РАН – ак. И.В. Бычков, к.т.н. А.О. Шигаров, к.т.н. А.А. Михайлов



ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ РОССИЙСКОГО ФОНДА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

По программам РФФИ выполнялись работы по проектам:

- | | |
|------------------|--|
| 17-47-380007_p_a | «Моделирование информационной инфраструктуры цифровой экономики Иркутской области»
Руководитель проекта – д.т.н. Г.М. Ружников |
| 18-01-00026_a | «Управляемые вариационные неравенства с препятствиями»
Руководитель проекта – чл.-к. РАН А.А. Толстоногов |
| 18-01-00643_a | «Дифференциально-алгебраические и вырожденные дифференциально-операторные уравнения: качественная теория и разностные аппроксимации»
Руководитель проекта – д.ф.-м.н. М.В. Булатов |
| 18-07-00587_a | «Вычислительные технологии оптимизации для задач атомно-молекулярного моделирования и молекулярной динамики»
Руководитель проекта – д.т.н. А.Ю. Горнов |
| 18-07-00596_a | «Логические методы и средства автоматизации качественного анализа двоичных динамических систем»
Руководитель проекта – д.т.н. Г.А. Опарин |
| 18-07-00604_a | «Интеллектуальная информационно-вычислительная технология поддержки принятия решений в задачах инфраструктурной микро- и мезологистики»
Руководитель проекта – к.ф.-м.н. А.А. Лемперт |
| 18-07-00758_a | «Методы, технологии и инструментальные средства разработки программного обеспечения проблемно-ориентированных информационных систем на основе конструктивных спецификаций»
Руководитель проекта – ак. И.В. Бычков |
| 18-07-01037_a | «Надежность в дискретных задачах размещения: модели и методы решения»
Руководитель проекта – к.ф.-м.н. И.Л. Васильев |
| 18-07-01164_a | «Модели, методы и программные средства для создания агентных имитационных моделей на основе модельно-управляемого подхода»
Руководитель проекта – д.т.н. О.А. Николайчук |
| 18-08-00560_a | «Методы и модели исследования и обеспечения техногенной безопасности на основе принципов самоорганизации и чувствительности объектов к начальным условиям»
Руководитель проекта – д.т.н. А.Ф. Берман |



- 18-29-10019 «Разработка алгоритмов численного решения начальных и краевых задач для сингулярных и дифференциально-алгебраических уравнений высокого порядка применительно к нестационарным моделям теплогидравлики в элементах энергетических установок»
Руководитель проекта – д.ф.-м.н. М.В. Булатов
- 19-01-00301_a «Прецизионная дифференциальная реализация нелинейных гибридных систем и анализ их равновесных положений средствами компьютерной алгебры»
Руководитель проекта – д.ф.-м.н. А.В. Лакеев
- 19-07-00927_a «Методы и инструментальные средства создания баз знаний на основе модельных трансформаций»
Руководитель проекта – к.т.н. А.Ю. Юрин
- 19-07-00097_a «Фундаментальные проблемы непрерывной интеграции функционального наполнения распределенных пакетов прикладных программ на основе инженерии знаний»
Руководитель проекта – к.т.н. А.Г. Феоктистов
- 19-07-00746_a «Разработка алгоритмов и инструментария для применения контрольных точек при решении трудных вариантов задачи булевой выполнимости»
Руководитель проекта – С.Е. Кочемазов
- 19-08-00746_a «Устойчивость и стабилизация движений многокомпонентных систем»
Руководитель проекта – к.ф.-м.н. А.А. Косов
- 19-37-90065 «Алгоритмы идентификации нелинейных динамических моделей на основе методик обучения с подкреплением»
Руководитель проекта – д.т.н. А.Ю. Горнов
- 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 «Технология математического моделирования естественнонаучных процессов на основе вырождающихся параболических уравнений»
Руководитель проекта – д.ф.-м.н. А.Л. Казаков
- 20-47-380001 «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



Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2020 г.

20-51-54003

«Численное решение и исследование интегро-дифференциальных систем уравнений с тождественно вырожденной главной частью, в том числе и с особенностями»

Руководитель проекта – к.ф.-м.н. Л.С. Соловарова

20-51-S52003

«Численное решение эллиптических и параболических уравнений с особенностями, основанное на интегральной записи»

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



МЕЖДУНАРОДНЫЕ ГРАНТЫ РФФИ

РФФИ №17-57-44006_Монг_а «Инфраструктура и технологии создания сервисно-ориентированной информационно-аналитической системы зонирования сейсмической опасности больших литосферных блоков Прибайкалья и Монголии»

Научный руководитель проекта от России – д.т.н. Г.М. Ружников

РФФИ №20-51-S52003 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

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

В процессе выполнения работ по направлению “Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории” в 2020 году:

- проведен анализ существующих информационных пространственно-временных ресурсов институтов исполнителей проекта для цифрового мониторинга БПТ;
- сформирован макет инструментальной цифровой платформы, обеспечивающей полный цикл работы с данными мониторинга: сбор, хранение, обработка и представление данных мониторинга в виде конечного информационного продукта;
- разработана архитектуры системы хранения информации об объекте исследования, а также средств эффективного доступа к этой информации;
- создан прототип подсистемы управления сервисами и выработаны рекомендации по оформлению в виде сервисов методов математического и информационного моделирования, алгоритмов и информационно-вычислительных ресурсов;
- разработана инфраструктурная компонента цифровой платформы для представления в виде конечного информационного продукта: отображение пространственно-временных данных в виде таблиц, диаграмм, карт.



ИССЛЕДОВАНИЯ ПО МОЛОДЕЖНЫМ ПРОЕКТАМ

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

И.А. Грибанова, проект СП-3545.2019.5 «Применение высокопроизводительных вычислений к построению алгебраических атак на криптографические хеш-функции»;

С.Е. Кочемазов, проект СП-2017.2019.5 «Разработка комплекса алгоритмов для поиска декомпозиций трудных примеров задачи булевой выполнимости с применением методов комбинаторной оптимизации».

Исследования, поддержанные грантами РФФИ для молодых ученых:

18-31-20030	«Динамические системы в пространствах мер и задачи импульсного
мол_а_вед	управления»
	Руководитель проекта – к.ф.-м.н. М.В. Старицын, исполнитель –
	Н.С. Малтугуева



**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 2020 г. составила 100 %.

Развитие материально-технической базы

В отчетном году в рамках проекта «Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории» материально-техническая база ИИВС ИРНОК получила существенное развитие, значительно увеличив объемы как вычислительных ресурсов, так и ресурсов хранения данных

	Число вычислительных ядер в облачной инфраструктуре, шт	Объем оперативной памяти облачной инфраструктуры, ГБ	Объем высокопроизводительной дисковой памяти для дисков виртуальных машин, ТБ	Объем СХД оперативного и архивного назначения, ТБ
Исходное состояние	48	448	84	50
Модерниза- ция 2020 г	128 (+80)	960 (+512)	103,2(+19,2) + + 2x 1,92 (SSD-кэш)	402 (+352)

Модернизация материально-технической базы существенно повысила эксплуатационные характеристики инфраструктуры хранения, консолидации, обработки и представления больших объёмов распределённых междисциплинарных пространственно-временных данных за счёт:

- значительного увеличения общего объема дискового ресурса ЦОД для хранения междисциплинарных данных большого объема, в том числе данных ДЗЗ в среднем за 4-5 лет;
- эффективного распределения дискового ресурса в зависимости от требований приложений к скорости доступа к данным за счет разделения его на уровни (по возрастанию производительности – архивный, оперативный, кэш);
- дополнительной оперативной емкости информационно-вычислительной облачной инфраструктуры, непосредственно обеспечивающей развертывание и функционирование облачных приложений, WEB-сервисов, СУБД, в том числе



реализующих сервис-ориентированную парадигму и переход на использование «сквозных технологий».

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. Костромин

1. Подготовка предложений во исполнение поручения Президента РФ № Пр-647 от 10 апреля 2020 года п. 1 з) “представить предложения, направленные на увеличение мощности вычислительных ресурсов российских суперкомпьютерных центров, в том числе региональных...” и соответствующих поручений Президента РАН и заместителей председателя Правительства РФ:
 - Разработана Концепция развития вычислительных ресурсов ЦКП ИСКЦ на период 2021-2023 гг.
 - Подготовлено обращение к Министру науки и высшего образования РФ.
 - Подготовлены предложения по модернизации сети суперкомпьютерных центров коллективного пользования СО РАН.
 - Подготовлены предложения по проекту создания и организации функционирования распределенного государственного центра коллективного пользования «Сибирский национальный центр высокопроизводительных вычислений, обработки и хранения данных».

Участие в конкурсе РНФ № 51 по мероприятию «Проведение исследований на базе существующей научной инфраструктуры мирового уровня» Президентской программы исследовательских проектов, реализуемых ведущими учеными, в том числе молодыми учеными. *Сформировано и подано на конкурс 5 заявок, в которых ЦКП ИСКЦ выступает в качестве объекта научной инфраструктуры.*

Работа с пользователями: заключение договоров, регистрация и инструктаж новых пользователей, обработка обращений пользователей в службу технической поддержки, установка и настройка программного обеспечения пользователей и т.д.

- Заключены договоры с пятью научными и образовательными учреждениями (всего – 17 действующих договоров).



- Предоставлен доступ к оборудованию ЦКП ИСКЦ по 73 заявкам на выполнение НИР в рамках 27 государственных заданий, а также грантов РНФ/РФФИ.
 - Обработано более 150 тикетов (обращений пользователей в службу технической поддержки).
 - Пользователями ЦКП ИСКЦ опубликовано более 60 научных работ со ссылками на ЦКП ИСКЦ, из них – более 30 в журналах, входящих в квартили Q1-Q2 Web of Science.
2. Мониторинг состояния оборудования ЦКП ИСКЦ. Сопровождение встроенного и системного программного обеспечения, установленного на оборудовании ЦКП ИСКЦ.
 3. Организация и проведение сервисного технического обслуживания (ТО) оборудования инженерной и вычислительной инфраструктуры ЦКП ИСКЦ.
Выполнено ТО: инженерной инфраструктуры (с привлечением подрядных организаций); вычислительной инфраструктуры (силами ЦКП).
 4. Организация и проведение текущего ремонта оборудования вычислительной и инженерной инфраструктуры ЦКП ИСКЦ.
 - Восстановлена работоспособность резервного модуля системы автоматического газового пожаротушения.
 - Выполнены ремонтно-восстановительные работы вычислительных узлов и узлов хранения (СХД) вычислительного кластера «Академик В.М. Матросов».
 5. Информационно-методическая поддержка пользователей ЦКП ИСКЦ: обновление правил, инструкций, руководств, информационных материалов, размещаемых на сайте ЦКП ИСКЦ <http://hpc.icc.ru>.
 6. Поддержание в актуальном состоянии документов, регламентирующих деятельность ЦКП ИСКЦ (в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 17 мая 2016 года №429).
 7. Проведение лекций и экскурсий в ЦКП ИСКЦ для студентов и школьников (в рамках Дня науки-2020).
 8. Подготовка отчетов о деятельности ЦКП ИСКЦ по запросам Минобрнауки России и СО РАН.

Важное достижение года: в течение всего периода пандемии COVID-19 ЦКП ИСКЦ не прекращал свою работу, обеспечивая непрерывное функционирование вычислительных ресурсов и поддержку пользователей.



ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В 2020 г. получено 6 свидетельств о государственной регистрации результатов интеллектуальной деятельности:

1. *Горский С.А.*. Средства управления git-репозиториями в пакетах прикладных программ: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2020664108 от 09.11.2020. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2020.
2. *Дородных Н.О., Шпаченко Д.Н.* Extended Event Tree Editor. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2020660788 от 11.09.2020. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2020.
3. *Жарков М.Л., Павидис М.М., Казаков А.Л.* Система моделирования работы сложных транспортных структур на основе теории массового обслуживания: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2020663731 от 02.11.2020. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2020.
4. *Заикин О.С., Грибанова И.А.* Параллельный решатель проблемы булевой выполнимости, использующий метод Монте-Карло для поиска эффективных декомпозиций: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2020665376 от 26.11.2020. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2020.
5. *Казаков А.Л., Лемперт А.А., Та Чунг Тхань.* ТУШОЛ (Трехмерные Упаковки Шаров, Оптимизация, Логистика): Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2020611192 от 27.01.2020. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2020.
6. *Лемперт А.А., Столбов А.Б.* Веб-ориентированная программная система поддержки исследований в инфраструктурной микро и мезо логистике на основе онтологического представления знаний: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2020664349 от 12.11.2020. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2020.
7. *Николайчук О.А., Павлов А.И., Столбов А.Б.* Программная система для создания спецификаций агентных имитационных моделей на основе модельно-управляемого подхода: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2020664350 от 12.11.2020. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2020.
8. *Юрин А.Ю.* Детектор. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2020614257 от 27.03.2020. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2020.

Выполнено научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию и развитию информационных систем по 4 договорам на сумму 1 973 548,67 рублей.

Выполнены работы по договору на оказание услуг, связанных с эксплуатацией Интегрированной информационно-вычислительной сети Иркутского научно-образовательного комплекса, на сумму 1 172 870 рублей.

НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

УЧЕНЫЙ СОВЕТ

Ученый совет Института утвержден приказом директора ИДСТУ СО РАН № 24 от 30.06.2017 г. В 2002 году проведено 8 заседаний, на которых рассматривались вопросы научной и научно-организационной деятельности. Заслушаны отчеты о результатах НИР по плановым темам Института за 2020 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 2020 г. защит диссертаций на соискание ученых степеней не было.

НАУЧНЫЕ КАДРЫ

По состоянию на 31 декабря 2020 г. в Институте работали 154 человека, из них 85 – научные работники, в том числе 1 действительный член РАН, 1 член-корреспондент РАН, 24 доктора наук и 52 кандидата наук.

Возрастная структура кадров по категории штатных научных работников приведена в таблице

Научные работники	до 39 лет	40–60 лет	61–64 лет	65 лет и старше
Академики	–	1	–	–
Чл.-к. РАН	–	–	–	1
Доктора наук	–	6	2	16
Кандидаты наук	20	26	3	3
Без ученой степени	8	1	–	–
Всего	28	34	5	20

Средний возраст:	докторов наук	– 67,45
	кандидатов наук	– 44,36
	научных работников без степени	– 32,5

Всего в 2020 году (по состоянию на 31.12.2020) в Институте обучалось 6 аспирантов.



КОНФЕРЕНЦИИ И СЕМИНАРЫ

Институтом в 2020 году организованы и проведены:

- XXV Байкальская Всероссийская конференция с международным участием «Информационные и математические технологии в науке и управлении», 29 июня – 1 июля 2020 года, г. Иркутск.
- 2-й Международный семинар по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (2nd International Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments, ICCS-DE 2020), 6-7 июля 2020 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН.
- 1-й Международный семинар по передовым информационным и вычислительным технологиям и системам (1st International Workshop on Advanced Information and Computation Technologies and Systems, AICTS 2020), 7-10 декабря 2020 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН.
- Конференция «Ляпуновские чтения», 7–11 декабря 2020 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 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 РАН – ак. И.В. Бычков.
- Объединенный ученый совет 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.

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.
- Association for Computing Machinery (ACM) – к.т.н. А.Ю. Юрин.
- Международная общественная организация «Академия навигации и управления движением» – д.т.н. Э.И. Дружинин, д.ф.-м.н. А.В. Лакеев.
- Российская ассоциация искусственного интеллекта (РАИИ) – д.т.н. А.Ф. Берман, д.т.н. О.А. Николайчук, к.т.н. А.Ю. Юрин.
- Российское научное общество анализа риска (РНОАР) – д.т.н. А.Ф. Берман, д.т.н. О.А. Николайчук, к.т.н. А.И. Павлов, к.т.н. А.Ю. Юрин, Г.С. Малтугуева.
- Иркутское отделение Российской ассоциации искусственного интеллекта – д.т.н. О.А. Николайчук (председатель).
- Российский национальный комитет по автоматическому управлению (РНКАУ) – д.ф.-м.н. И.А. Финогенко (член бюро комитета).
- Российская ассоциация математического программирования – д.т.н. А.Ю. Горнов.

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 Nonlinear Analysis and Differential Equations – чл.-к. РАН А.А. Толстоногов.
- Journal of Global Optimization (Springer) – д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский (приглашенный редактор).
- Numerical Algebra, Control and Optimization, USA – д.т.н. А.Ю. Горнов.
- Safety and Environmental Engineering – д.т.н. А.Ф. Берман.
- Chinese Journal of Artificial Intelligence – ак. И.В. Бычков.

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.
- Экспортный совет при Губернаторе Иркутской области – ак. И.В. Бычков.
- Координационный совет по развитию цифровой экономики при Правительстве 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.
- 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.
- Российское научное общество анализа риска – д.т.н. А.Ф. Берман.
- Иркутское отделение Российского научного общества анализа риска – д.т.н. А.Ф. Берман (председатель).
- 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.

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 2020 году сотрудником ИДСТУ СО РАН совершен 1 выезд в зарубежную командировку в Китай для выполнения совместных научных исследований.

2. СОТРУДНИЧЕСТВО С ЗАРУБЕЖНЫМИ НАУЧНЫМИ ЦЕНТРАМИ.

Проводились научные исследования:

1) поддержанные международным грантом РФФИ, проект № 17-57-44006_Монг_а «Инфраструктура и технологии создания сервисно-ориентированной информационно-аналитической системы зонирования сейсмической опасности больших литосферных блоков



Прибайкалья и Монголии», руководитель проекта зав. отделением 4 Информационных технологий и систем д.т.н. Г.М. Ружников.

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 «Перераспределение вычислительных ресурсов на платформе Spark», руководитель проекта ведущий научный сотрудник лаборатории 6.1. Невыпуклой оптимизации к.ф.-м.н. И.Л. Васильев.

В настоящее время ИДСТУ СО РАН имеет 14 действующих Соглашений и Договоров о научном и образовательном сотрудничестве:

- с Институтом национального развития при Администрации Президента Монголии и МАН (Монголия);
- с Приштинским университетом в Косовской Митровице (Республика Сербия);
- с Школой бизнеса Монгольского государственного университета (Монголия);
- с Институтом географии и геоэкологии Академии наук Монголии (Монголия);
- с Математички институт Српске академије науке и уметности (Республика Сербия);
- с Caton Global Technology Co Ltd (Китай);
- с Northwestern Polytechnical University School of Marine Science and Technology – NWPU-SMST (Китай) и Caton Global Technology Co., Ltd (Китай).
- с Northwestern Polytechnical University School of Marine Science and Technology – NWPU-SMST (Китай);
- с Институтом математики Вьетнамской академии наук и технологий (Вьетнам) и Институтом математики Национального университета Монголии (Монголия);
- с Centro de Investigacion Cientifica y de Educacion Superior de Ensenada (CICESE) (Мексика);
- с K.N. Toosi University of Technology (Иран).
- с Научно-исследовательским и инновационным центром Университета Седжонг (Республика Корея);
- с Xiamen Kuaishangtong Technologies Co., Ltd (Китай);
- с Ляонинским университетом (Liaoning Shihua University) (Китай).

3. ПРИЁМ ИНОСТРАННЫХ УЧЁНЫХ.

Приём иностранных учёных в ИДСТУ СО РАН в 2020 году не осуществлялся.

4. ПРОВЕДЕНИЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ КОНФЕРЕНЦИЙ.

2-й Международный семинар по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (2nd International Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments, ICCS-DE 2020), 6-7 июля 2020 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН.



1-й Международный семинар по передовым информационным и вычислительным технологиям и системам (1st International Workshop on Advanced Information and Computation Technologies and Systems, AICTS 2020), 7-10 декабря 2020 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН.

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.
- Association for Computing Machinery (ACM) – к.т.н. А.Ю. Юрин.
- Международная общественная организация «Академия навигации и управления движением» – д.т.н. Э.И. Дружинин, 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, Defferential 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. И.В. Бычков.
- Chinese Journal of Artificial Intelligence – ак. И.В. Бычков.
- International Journal of Artificial Intelligence – к.ф.-м.н. И.Л. Васильев (приглашённый редактор).



ПЕРЕЧЕНЬ ПУБЛИКАЦИЙ И ПОЛУЧЕННЫХ ПАТЕНТОВ

СТАТЬИ В РОССИЙСКИХ ЖУРНАЛАХ

1. Антонов К.В., Семенов А.А. Применение SAT-оракулов для генерации дополнительных линейных ограничений в задачах криптоанализа некоторых легковесных шифров // Прикладная дискретная математика. Приложение. 2020. № 13. С. 114-119.
2. Баничиков А.В. Символьно-численный анализ необходимых условий устойчивости относительных равновесий орбитального гиростата // Сибирский журнал индустриальной математики. 2020. Т. 23, № 2 (82). С. 5-16.
3. Башарина О.Ю., Феоктистов А.Г. Планирование процесса использования складских объектов на основе многовариантных расчетов // Современные наукоемкие технологии. 2020. Т. 10. С. 17-21.
4. Берман А.Ф. Искусственная самоорганизация и эвристический подход для обоснования свойств надежности, живучести и безопасности сложных технических систем // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2020. № 4. С. 5-21.
5. Бычков И.В., Казаков А.Л. Введение // Актуальные проблемы науки Прибайкалья. 2020. С. 3-4.
6. Бычков И.В., Николайчук О.А., Павлов А.И., Юрин А.Ю. Использование показателей уязвимости и опасности для оценки риска территорий Иркутской области // Проблемы анализа риска. 2020. Т. 17, № 6. С. 22-37.
7. Грибанова И.А., Семенов А.А. Применение инверсных лазеек для построения атак из класса «Угадывай и определяй» на хеш-функции семейства MD4 // Прикладная дискретная математика. Приложение. 2020. № 13. С. 124-129.
8. Данеев А.В., Лакеев А.В., Русанов В.А., Ветров А.А. О приведении гиперболической системы к реализации с полилинейным регулятором инвариантным к двум разно-регулируемым траекторным пучкам // Известия Самарского научного центра РАН. 2020. Т. 22, № 1 (93). С. 77-85.
9. Дородных Н.О., Николайчук О.А., Юрин А.Ю. Разработка метамоделей для поддержки синтеза нечетких баз знаний // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2020. № 1. С. 34-47.
10. Дородных Н.О., Николайчук О.А., Юрин А.Ю., Коришунов С.А. Создание нечетких баз знаний на основе преобразования нечетких концептуальных моделей // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2020. № 2 (18). С. 19-35.
11. Дружинин Э.И., Ульянов С.А. Расчет управлений, не порождающий сингулярных состояний четырех исполнительных гироидов // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2020. № 5. С. 142-156.
12. Жарков М.Л., Пavidис М.М. Моделирование железнодорожных станций на основе сетей массового обслуживания // Актуальные проблемы науки Прибайкалья. 2020. С. 79-84.
13. Казаков А.Л., Кузнецов П.А. Точные решения в нелинейной модели теплопередачи // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Сер. Матем. моделирование и программирование. 2020. Т. 13, № 4. С. 33-47.



14. Казаков А.Л., Лебедев П.Д., Лемперт А.А. О покрытии ограниченных множеств наборами кругов различных радиусов // Известия Иркутского гос. ун-та. Сер. Математика. 2020. Т. 31. С. 18-33.
15. Казаков А.Л., Лемперт А.А., Та Ч.Т. О задачах упаковок неравных шаров в трехмерном пространстве // Управление большими системами. 2020. № 87. С. 47-66.
16. Казаков А.Л., Лемперт А.А., Та Ч.Т. Вычислительный алгоритм для решения задачи упаковки шаров двух различных типов в трехмерное множество с неевклидовой метрикой // Вычислительные методы и программирование. 2020. Т. 21, № 2. С. 152-163.
17. Казаков А.Л., Спевак Л.Ф. Приближенные и точные решения вырождающегося нелинейного уравнения теплопроводности с произвольной нелинейностью // Известия Иркутского гос. ун-та. Сер. Математика. 2020. Т. 34. С. 18-34.
18. Кононов А.Д., Щеглова А.А. Устойчивость интервального семейства дифференциально-алгебраических уравнений // Известия Академии наук СССР. Теория и системы управления. 2020. № 6. С. 15-31.
19. Косов А.А., Семенов Э.И. О точных решениях обобщенного уравнения Ричардса со степенными нелинейностями // Дифференциальные уравнения. 2020. Т. 56, № 9. С. 1153-1163.
20. Косов А.А., Семенов Э.И. Анизотропные решения нелинейной кинетической модели эллиптического типа // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Сер. Матем. моделирование и программирование. 2020. Т. 13, № 4. С. 48-57.
21. Косов А.А., Семенов Э.И., Тирских В.В. Обобщенное уравнение Буссинеска и его многомерные точные решения // Вестник Бурятского гос. ун-та. Математика, информатика. 2020. № 1. С. 3-10.
22. Лакеев А.В. Необходимые и достаточные условия внутренней устойчивости линейных формаций // Доклады Российской академии наук. Математика, информатика, процессы управления. 2020. Т. 490, № 1. С. 85-90.
23. Лакеев А.В., Данеев А.В., Русанов В.А. К билинейной дифференциальной реализации континуального пучка траекторных кривых в конструкциях оператора Релея-Ритца // Вестник Бурятского гос. ун-та. Сер. Математика и информатика. 2020. № 1. С. 11-27.
24. Лебедев П.Д., Казаков А.Л., Лемперт А.А. Численные методы построения упаковок из различных шаров в выпуклые компакты // Труды Института математики и механики УрО РАН. 2020. Т. 26, № 2. С. 173-187.
25. Лемперт А.А., Столбов А.Б., Козлов В.В. О технологии интеллектуальной поддержки сценарного моделирования водных объектов Приангарья // Актуальные проблемы науки Прибайкалья. 2020. С. 124-128.
26. Лемперт А.А., Столбов А.Б., Козлов В.В. Использование онтологического подхода для интеллектуальной поддержки сценарного моделирования водных объектов Приангарья // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2020. № 3 (19). С. 14-24.
27. Марков Ю.А., Маркова М.А., Марков Н.Ю., Гитман Д.М. Гамильтонов формализм для бозе-возбуждений в плазме с неабелевым типом взаимодействия // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2020. Т. 157, № 2. С. 327-341.



28. Мизандронцев И.Б., Козлов В.В., Иванов В.Г., Кучер К.М., Корнева Е.С., Гранин Н.Г. Вертикальное распределение метана в водной толще Байкала // Водные ресурсы. 2020. Т. 47, № 1. С. 78-85.
29. Новиков М.А. Об устойчивости одного вида перманентных вращений механической системы с частным интегралом Гесса // Вестник Бурятского гос. ун-та. Математика, информатика. 2020. № 3. С. 42-48.
30. Парамонов В.В., Михайлов А.А., Ружников Г.М., Федоров Р.К., Ключевский А.В., Демьянович В.М. Информационно-аналитическая система оценки сейсмического потенциала кайнозойских активных разломов Монголо-байкальского региона // Вестник Бурятского гос. ун-та. Математика, информатика. 2020. № 4. С. 26-39.
31. Свинин А.К. О некоторых последовательностях многочленов, порождающих числа Дженочки // Известия вузов. Математика. 2020. Т. 9. С. 85-95.
32. Соловарова Л.С. О саморегуляризирующих свойствах коллокационно-вариационного метода для дифференциально-алгебраических уравнений // Вестник Бурятского гос. ун-та. Математика, информатика. 2020. № 3. С. 12-18.
33. Толстоногов А.А. Дифференциальные включения в банаховом пространстве с составной правой частью // Труды института математики и механики УрО РАН. 2020. Т. 26, № 1. С. 212-222.
34. Толстоногов А.А. Дифференциальное включение в банаховом пространстве со смешанными свойствами полунепрерывности // Функциональный анализ и его приложения. 2020. Т. 54, № 3. С. 48-62.
35. Толстоногов А.А. Теорема Н.Н. Боголюбова для управляемой системы, связанной с вариационным неравенством // Известия РАН. Сер. математическая. 2020. Т. 84, № 6. С. 165-196.
36. Толстоногов А.А. Полиэдральные многозначные отображения: свойства и приложения // Сибирский математический журнал. 2020. Т. 61, № 2. С. 428-452.
37. Тятюшкин А.И. Многометодная оптимизация управляющих функций и параметров // Национальная ассоциация ученых. 2020. Т. 54, № 1. С. 48-53.
38. Феоктистов А.Г., Костромин Р.О., Горский С.А. Разработка интеллектуальной технологии поддержки принятия решений в системах массового обслуживания на основе их имитационного моделирования на суперкомпьютерах // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 2. С. 76-80.
39. Феоктистов А.Г., Костромин Р.О., Сидоров И.А. Сервис-ориентированный подход к имитационному моделированию процессов функционирования инфраструктурных объектов // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 9. С. 76-81.
40. Черкашин Е.А., Шигаров А.О., Христюк В.В. Информационная инфраструктура для поддержки исследований микробиома Байкала // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2020. № 4 (20). С. 108-123.
41. Чистяков В.Ф., Чистякова Е.В., Диеп Н.Х. О понятии индекса линейных дифференциально-алгебраических уравнений в частных производных // Сибирский математический журнал. 2020. Т. 61, № 5. С. 1144-1158.
42. Чистяков В.Ф., Чистякова Е.В., Фуонг Та Зу О связи свойств вырожденной линейно-квадратичной задачи управления и уравнения Эйлера–Пуассона // Журнал вычислит. математики и матем. физики. 2020. № 3. С. 391-404.



43. *Юрин А.Ю.* Применение трансформаций таблиц решений при создании интеллектуального программного модуля «детектор» для веб-приложений // Программные продукты и системы. 2020. № 4. С. 573-581.

СТАТЬИ В ЗАРУБЕЖНЫХ И ПЕРЕВОДНЫХ ЖУРНАЛАХ

44. *Тятюшкин А.И.* Многометодные алгоритмы оптимизации управления в сложных прикладных задачах // J. Sciences of Europe. 2020. Т. 52, № 1. С. 57-67.
45. *Тятюшкин А.И.* Многометодная оптимизация управляющих параметров // Danish Scientific Journal. 2020. Т. 36, № 2. С. 55-61.
46. *Anikin A., Dorn Y., Nesterov Y.* Computational Methods for the Stable Dynamic Model // Communications in Computer and Information Science: 10th Intern. Conf. on Optimization and Applications (OPTIMA 2019; Petrovac, Montenegro; 30 September – 4 October 2019). 2020. Vol. 1145. P. 280-294.
47. *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. 2020.
48. *Aoyama T., Radzhabov A.E., Zhevlakov A.S. et al.* The anomalous magnetic moment of the muon in the Standard Model (Review) // Physics Reports. 2020. Vol. 887. P. 1-166.
49. *Avramenko Y.V., Fedorov R.K.* Applied digital platform for remote sensing data processing // CEUR Workshop Proceedings: 3rd Scientific-Practical Workshop Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2020; Irkutsk, 3 September 2020). 2020. Vol. 2677.
50. *Balandin A.L.* Solution of a certain problem of scattering by using of the maximum entropy principle // Journal of Mathematical Modeling. 2020. Vol. 9, Issue 2. P. 229-238.
51. *Balandin A.L.* Tomographic reconstruction of the Beltrami fields // Journal of Mathematical Imaging and Vision. 2020. Vol. 62. P. 1-9.
52. *Banshchikov A.V.* Symbolic-Numerical Analysis of the Necessary Stability Conditions for the Relative Equilibria of an Orbital Gyrostat // Journal of Applied and Industrial Mathematics. 2020. Vol. 14, № 2. P. 213-221.
53. *Banshchikov A.V., Daneev A.V., Rusanov V.A., Vetrov A.A.* Precision adjustment of electromagnetic emitter of large-scale systems such as GLONASS // IOP Conference Series: Intern. Conf. on Transport and Infrastructure of the Siberian Region (SibTrans 2019; Irkutsk, 21-24 May 2019). 2020. Vol. 760.
54. *Banshchikov A.V., Vetrov A.A.* Application of software tools for symbolic description and modeling of mechanical systems // CEUR Workshop Proceedings: 2nd Intern Workshop on Information, Computation and Control Systems for Distributed Environments (ICCS-DE 2020; Irkutsk, 6 - 7 July 2020). 2020. Vol. 2638. P. 33-42.
55. *Berman A., Nikolaychuk O., Pavlov A.* The concept of a software complex for interdisciplinary problems solving based on self-organization principle // CEUR Workshop Proceedings: 3rd Scientific-Practical Workshop Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2020; Irkutsk, 3 September 2020). 2020. Vol. 2677.
56. *Berman A.F.* Justification of the reliability and survivability properties of complex mechanical systems based on the self-organization principle // AIP Conference Proceedings: 14th Intern. Conf. on Mechanics, Resource and Diagnostics of Materials and Structures (MRDMS 2020; Ekaterinburg, 9-13 November 2020). 2020. Vol. 2315.



57. *Berman A.F., Nikolaichuk O.A.* Self-organizing technology for substantiating the properties of strength reliability of complex mechanical systems // IOP Conference Series: 1st Intern. Conf. on Advances in Material Science and Technology (CAMSTech 2020; Krasnoyarsk, 31 July 2020). 2020. Vol. 919, № 5.
58. *Berman A.F., Nikolaychuk O.A.* A Self-Organizing Algorithm for Substantiation of Safety Properties of Complex Technical Objects // IOP Conference Series: Междунар. научно-практический форум «ASU SciTech Forum 2020» (Барнаул, 12-13 ноября 2020 г.). 2020.
59. *Berman A.F., Yurin A.Yu., Nikolaychuk O.A.* The validation system for reliability and survivability of unique mechanical systems // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE). 2020.
60. *Blaschke D., Friesen A., Kalinovsky Yu., Radzhabov A.* Using the Beth-Uhlenbeck approach to describe the kaon to pion ratio in a 2+1 flavor PNJL model // Particles. 2020. № 3. P. 169-177.
61. *Blaschke D., Friesen A.V., Kalinovsky Y.L., Radzhabov A.* Chiral phase transition and kaon-to-pion ratios in the entanglement SU(3) PNJL model // European Physical Journal: Special Topics. 2020. Vol. 229, № 22-23. P. 3517-3536.
62. *Bulatov M., Solovarova L.* Collocation-variation difference schemes with several collocation points for differential-algebraic equations // Applied Numerical Mathematics. 2020. Vol. 149. P. 153-163.
63. *Bychkov I., Ul'yanov S., Nagul N., Davydov A., Kenzin M., Maksimkin N.* Event-Based Cooperative Control Framework for Robot Teams // Communications in Computer and Information Science. 2020. Vol. 1336. P. 121-137.
64. *Bychkov I.V., Ruzhnikov G.M., Fedorov R.K., Khmel'nov A.E., Popova A.K.* Digital environmental monitoring technology Baikal natural territory // CEUR Workshop Proceedings: 3rd Scientific-Practical Workshop Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2020; Irkutsk, 3 September 2020). 2020. Vol. 2677.
65. *Bychkov I.V., Ruzhnikov G.M., Fedorov R.K., Popova A.K.* A platform approach to the organization of digital forest monitoring of the Baikal natural territory // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 11th Intern. Conf. and Early Career Scientists School on Environmental Observations, Modeling and Information Systems (Enviromis 2020; Tomsk, 7-11 September 2020). 2020. Vol. 611. P. 012056.
66. *Chao J.Y., Huang M., Radzhabov A.* Charged pion condensation in anti-parallel electromagnetic fields and nonzero isospin density // Chinese Physics C. 2020. Vol. 44, № 3. P. 034105.
67. *Chistyakov V.F., Chistyakova E.V.* On some properties of the Fredholm-type integral algebraic equations // Mathematical Methods in the Applied Sciences. 2020.
68. *Chistyakov V.F., Chistyakova E.V., Diep N.K.* Upon the Concept of Index of Linear Partial Differential-Algebraic Equations // Siberian Mathematical Journal. 2020. Vol. 61, № 5. P. 913-925.
69. *Chistyakov V.F., Chistyakova E.V., Fuong T.Z.* On the Relation between the Properties of a Degenerate Linear-Quadratic Control Problem and the Euler–Poisson Equation // Computational Mathematics and Mathematical Physics. 2020. Vol. 60, № 3. P. 390-403.
70. *Chistyakov V.F., Chistyakova E.V., Levin A.A.* Application of underdetermined differential algebraic equations to solving one problem from heat mass transfer // Lecture Notes in Computer Science. 2020. Vol. 12141. P. 84-93.



71. *Chistyakova E.V., Chistyakov V.F.* Solution of differential algebraic equations with the Fredholm operator by the least squares method // *Applied Numerical Mathematics*. 2020. Vol. 149. P. 43-51.
72. *Chudnenko K.V., Avchenko O.V., Popova A.K.* Developing application for thermobarometric calculation in geology // *CEUR Workshop Proceedings: 3rd Scientific-Practical Workshop Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2020; Irkutsk, 3 September 2020)*. 2020. Vol. 2677.
73. *Daneev A., Lakeyev A., Rusanov V.* Existence of a bilinear differential realization in the constructions of tensor product of Hilbert spaces // *WSEAS Transactions on Mathematics*. 2020. Vol. 19. P. 99-107.
74. *Davydov A., Larionov A., Nagul N.* The construction of controllable sublanguage of specification for DES via PCFs based inference // *CEUR Workshop Proceedings: 2nd Intern. Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments (ICCS-DE 2020; Irkutsk, 6-7 July 2020)*. 2020. Vol. 2638. P. 68-78.
75. *Davydov A., Larionov A., Nagul N.* Logic inference based construction of a supervisor for a discrete event system // *CEUR Workshop Proceedings: 2nd Intern. Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments (ICCS-DE 2020; Irkutsk, 6-7 July 2020)*. 2020. Vol. 2638. P. 53-67.
76. *Dorodnykh N., Yurin A., Vidiya A.* PKBD.Onto: A plugin for ontological schemas generation // *CEUR Workshop Proceedings: 3rd Scientific-Practical Workshop Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2020; Irkutsk, 3 September 2020)*. 2020. Vol. 2677.
77. *Dorodnykh N.O., Yurin A.Y., Shigarov A.O.* Conceptual Model Engineering for Industrial Safety Inspection Based on Spreadsheet Data Analysis // *Communications in Computer and Information Science: 6th Intern. Conf. on Modelling and Development of Intelligent Systems (MDIS 2019; Sibiu, Romania; 3-5 October 2019)*. 2020. Vol. 1126. P. 51-65.
78. *Dorodnykh N.O., Yurin A.Yu.* Development of Decision-Making Modules for Web Applications Based on a Model-Driven Approach // *CEUR Workshop Proceedings: Russian Advances in Artificial Intelligence: selected contributions to the Russian Conference on Artificial intelligence (RCAI 2020)*. 2020. Vol. 2648. P. 265-279.
79. *Dorokhov A.E., Martynenko A.P., Martynenko F.A., Radzhabov A.E.* Tensor meson contribution to the Lamb shift and hyperfine splitting in muonic hydrogen // *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1435, № 1. P. 012004.
80. *Dorokhov A.E., Martynenko A.P., Radzhabov A.E.* Nuclear Structure Correction to Hyperfine Splitting in Light Muonic Ions // *Physics of Particles and Nuclei*. 2020. Vol. 51, № 4. P. 657-660.
81. *Druzhinin E.I., Ulyanov S.A.* Calculation of Controls, Not Generating Singularities for Four Control Moment Gyrodynes // *Journal of Computer and Systems Sciences International*. 2020. Vol. 59, № 5. P. 781-795.
82. *Edelev A., Feoktistov A., Bychkov I., Basharina O.* Application of high-performance computing for determining critical components of an energy system // *E3S Web of Conferences: 2020 Sustainable Development and Smart Management (ENERGY-21; Irkutsk, 7-11 September 2020)*. 2020. Vol. 209.
83. *Edelev A.V., Fereferov E.S.* A software platform to support the energy system resilience study // *CEUR Workshop Proceedings: 2nd Intern. Workshop on Information, Computation,*



- and Control Systems for Distributed Environments (ICCS-DE 2020; Irkutsk, 6-7 July 2020). 2020. Vol. 2638. P. 79-88.
84. *Edelev A.V., Fereferov E.S., Hmelnov A.E.* Workbench for vulnerability analysis of Vietnam energy sector // CEUR Workshop Proceedings: 3rd Scientific-Practical Workshop Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2020; Irkutsk, 3 September 2020). 2020.
85. *Edelev A.V., Sidorov I.A., Gorsky S.A., Feoktistov A.G.* Large-scale analysis of energy system vulnerability using in-memory data grid // CEUR Workshop Proceedings: 2nd Intern. Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments (ICCS-DE 2020; Irkutsk, 6-7 July 2020). 2020. Vol. 2638. P. 89-98.
86. *Enkhbat R., Batbileg S., Tungalag N., Anikin A., Gornov A.* A global optimization approach to nonzero sum six-person game // Annals of the Intern. Society of Dynamic Games. 2020. Vol. 16. P. 219-227.
87. *Enkhbat R., Zarodnyuk T.S., Gornov A.Yu.* Computational Algorithms for Fractional Optimal Control Problems // Mongolian Mathematical Journal. 2020. Vol. 22. P. 1–12.
88. *Enkhbat, R., Gruzdeva T.V., Enkhbayr J. D.C.* Constrained Optimization Approach for Solving Metal Recovery Processing Problem // Lecture Notes in Computer Science. 2020. Vol. 12095. P. 101-114.
89. *Fedorova V.R., Fedorov R.K.* Collecting data with postal address on the Internet // CEUR Workshop Proceedings: 3rd Scientific-Practical Workshop Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2020; Irkutsk, 3 September 2020). 2020. Vol. 2677.
90. *Feoktistov A., Gorsky S., Sidorov I., Bychkov I., Tchernykh A., Edelev A.* Collaborative Development and Use of Scientific Applications in Orlando Tools: Integration, Delivery, and Deployment // Communications in Computer and Information Science: 6th Latin American High Performance Computing Conf. (CARLA 2019; Turrialba, Costa Rica; 25-27 September 2019). 2020. Vol. 1087. P. 18-32.
91. *Feoktistov A.G.* Tender of computational works in heterogeneous distributed environment // CEUR Workshop Proceedings: 2nd Intern. Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments (ICCS-DE 2020; Irkutsk, 6-7 July 2020). 2020. Vol. 2638. P. 99-108.
92. *Feoktistov A.G., Basharina O.Yu.* Predicting runtime of computational jobs in distributed computing environment // CEUR Workshop Proceedings: 2nd Intern. Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments (ICCS-DE 2020; Irkutsk, 6-7 July 2020). 2020. Vol. 2638. P. 109-117.
93. *Fereferov E.S., Vetrov A.A., Berdnikova N.E.* Virtual geoarchaeological repository of Baikal Siberia // CEUR Workshop Proceedings: 3rd Scientific-Practical Workshop Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2020; Irkutsk, 3 September 2020). 2020. Vol. 2677.
94. *Finogenko I.A., Sesekin A.N.* Positional impulse and discontinuous control for differential inclusion // Ural Mathematical Journal. 2020. Vol. 6, № 2. P. 68-75.
95. *Gachenko A., Hmelnov A.* Problems, methods and technologies of combined 3D model construction for underwater and above-water relief // E3S Web of Conferences: Regional Problems of Earth Remote Sensing (RPERS 2019; Krasnoyarsk, 10-13 September 2019). 2020. Vol. 149.



96. *Gachenko A., Hmelnov A.* Analysis of floodable areas of the Angara river // E3S Web Conferences: Regional Problems of Earth Remote Sensing (RPERS 2020; Krasnoyarsk, 29 September - 2 October 2020). 2020. Vol. 223.
97. *Gornov A.Yu., Zarodnyuk T.S., Anikin A.S., Finkelstein E.A.* Extension technology and extrema selections in a stochastic multistart algorithm for optimal control problems // Journal of Global Optimization. 2020. Vol. 76, № 3. P. 533-543.
98. *Gorsky S.A.* Continuous integration, delivery, and deployment for scientific workflows in Orlando Tools // CEUR Workshop Proceedings: 2nd Intern. Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments (ICCS-DE 2020; Irkutsk, 6-7 July 2020). 2020. Vol. 2638. P. 118-128.
99. *Gruzdeva T.V., Strekalovsky A.S.* On Solving the Quadratic Sum-of-Ratios Problems // Lecture Notes in Computer Science. 2020. Vol. 12095. P. 115-127.
100. *Hmelnov A.* Algorithms for computation of reversible integer transform from linear float transform and minimization of rounding errors // CEUR Workshop Proceedings: 3rd Scientific-Practical Workshop Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2020; Irkutsk, 3 September 2020). 2020. Vol. 2677.
101. *Irtegov V., Titorenko T.* On invariant sets for the equations of motion of a rigid body in the Hess-Appelrot case // The Bulletin of Irkutsk State University. Series: Mathematics. 2020. Vol. 33. P. 20-34.
102. *Irtegov V., Titorenko T.* On the Study of the Motion of a System of Two Connected Rigid Bodies by Computer Algebra Methods // Lecture Notes in Computer Science: 22nd Intern. Workshop on Computer Algebra in Scientific Computing (CASC 2020; Linz, Austria; 14-18 September 2020). 2020. Vol. 12291. P. 266-281.
103. *Kaloshin A.E., Lomov V.P.* Parity violation and modification of fermion spin projectors // Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1435, № 1.
104. *Kazakov A. L., Spevak L.F.* Approximate and Exact Solutions to the Singular Nonlinear Heat Equation with a Common Type of Nonlinearity // Bulletin of Irkutsk State University-Series Mathematics. 2020. Vol. 34. P. 18-34.
105. *Kazakov A., Kuznetsov P., Lempert A.* Analytical solutions to the singular problem for a system of nonlinear parabolic equations of the reaction-diffusion type // Symmetry. 2020. Vol. 12, № 6.
106. *Kazakov A., Lempert A., Le Q.* On Multiple Coverings of Fixed Size Containers with Non-Euclidean Metric by Circles of Two Types // Communications in Computer and Information Science: 19th Intern. Conf. on Mathematical Optimization Theory and Operations Research (MOTOR 2020; Novosibirsk, 6 -10 July 2020). 2020. Vol. 1275. P. 120-132.
107. *Kazakov A., Lempert A., Stolbov A.* On technology for modeling and forecasting the interrelated development of regional fuel and energy complexes of Russia and Mongolia // E3S Web of Conferences: 2020 Sustainable Development and Smart Management (ENERGY-21; Irkutsk, 7-11 September 2020). 2020. Vol. 209.
108. *Kazakov A., Spevak L., Nefedova O., Lempert A.* On the analytical and numerical study of a two-dimensional nonlinear heat equation with a source term // Symmetry. 2020. Vol. 12, № 6.
109. *Kazakov A.L.* Construction and Investigation of Exact Solutions with Free Boundary to a Nonlinear Heat Equation with Source // Siberian Advances in Mathematics. 2020. Vol. 30, № 2. P. 91-105.



110. Kazakov A.L., Kuznetsov P.A. Exact solutions of the nonlinear heat conduction model // Bulletin of the South Ural State University Series-Mathematical Modelling Programming & Computer Software. 2020. Vol. 13, № 4. P. 33-47.
111. Kazakov A.L., Kuznetsov P.A., Lempert A.A. On a Heat Wave for the Nonlinear Heat Equation: An Existence Theorem and Exact Solution // Continuum Mechanics, Applied Mathematics and Scientific Computing: Godunov's Legacy. 2020. P. 223-228.
112. Kazakov A.L., Lebedev P.D., Lempert A.A. On Covering Bounded Sets by Collections of Circles of Various Radii // The Bulletin of Irkutsk State University. Series: Mathematics. 2020. Vol. 31. P. 18-33.
113. Kazakov A.L., Spevak L.F., Lee M.-G. On the construction of solutions to a problem with a free boundary for the non-linear heat equation // Journal of Siberian Federal University. Mathematics and Physics. 2020. Vol. 13, № 6. P. 694-707.
114. Kazakov A.L., Spevak L.F., Nefedova O.A. A Numerical Solution to the Two-Dimensional Nonlinear Degenerate Heat Conduction Equation with a Source // AIP Conference Proceedings: 14th Intern. Conf. on Mechanics, Resource and Diagnostics of Materials and Structures (MRDMS 2020; Ekaterinburg, 9-13 November 2020). 2020. Vol. 2315. P. 040018.
115. Kazarina Y., Shigarov A. et al. Educational and Outreach Resource for Astroparticle Physics // CEUR Workshop Proceedings: 4th Intern. Workshop on Data Life Cycle in Physics (DLC 2020; Moscow, 8-10 June 2020). 2020. Vol. 2679. P. 85-90.
116. Kenzin M., Bychkov I., Maksimkin N. Situational awareness for distributed mobile robot teams under limited communication // CEUR Workshop Proceedings: 2nd Intern. Workshop on Information, Computation and Control Systems for Distributed Environments (ICCS-DE 2020; Irkutsk, 6-7 July 2020). 2020. Vol. 2638. P. 146-155.
117. Kirillin G., Aslamov I., Kozlov V., Zdorovenkov R., Granin N. Turbulence in the stratified boundary layer under ice: observations from Lake Baikal and a new similarity model // Hydrology and Earth System Sciences. 2020. Vol. 24, № 4. P. 1691-1708.
118. Kirpichnikov D., Lyubovitskij V., Zhevlakov A.S. Implication of hidden sub-GeV bosons for the $(g-2)(\mu)$, Be-8-He-4 anomaly, proton charge radius, EDM of fermions, and dark axion portal // Physical Review D. 2020. Vol. 102, № 9.
119. Kochemazov S. Improving Implementation of SAT Competitions 2017–2019 Winners // Lecture Notes in Computer Science. 2020. Vol. 12178. P. 139-148.
120. Kochemazov S., Zaikin O., Semenov A., Kondratiev V. Speeding up cdcl inference with duplicate learnt clauses // Frontiers in Artificial Intelligence and Applications. 2020. Vol. 325. P. 339-346.
121. Kochemazov S., Zaikin O., Vatutin E., Belyshev A. Enumerating diagonal latin squares of order up to 9 // Journal of Integer Sequences. 2020. Vol. 23, № 1. P. 20.1.2.
122. Kochetov Y., Gruzdeva T., Bykadorov I. Preface // Communications in Computer and Information Science. 2020. Vol. 1275. P. v-vii.
123. Kononov A., Strekalovsky A., Posypkin M., Pyatkin A. Preface // Journal of Global Optimization. 2020. Vol. 76, № 3. P. 453-454.
124. Kononov A.D., Shcheglova A.A. Stability of an Interval Family of Differential-Algebraic Equations // Journal of Computer and Systems Sciences International. 2020. Vol. 59, № 6. P. 828–844.



125. *Kosov A. A., Semenov E.I.* Exact Solutions of the Generalized Richards Equation with Power-Law Nonlinearities // *Differential Equations*. 2020. Vol. 56, № 9. P. 1119-1129.
126. *Kosov A. A., Semenov E.I.* Anisotropic solutions of a nonlinear kinetic model of elliptic type // *Bulletin of the South Ural State University Series-Mathematical Modelling Programming & Computer Software*. 2020. Vol. 13, № 4. P. 48-57.
127. *Kostromin R.O.* Survey of software configuration management tools of nodes in heterogeneous distributed computing environment // *CEUR Workshop Proceedings: 2nd Intern. Workshop on Information, Computation and Control Systems for Distributed Environments (ICCS-DE 2020; Irkutsk, 6-7 July 2020)*. 2020. Vol. 2638. P. 156-165.
128. *Kryukov A., Bychkov I., Korosteleva E., Mikhailov A., Nguyen M.-D.* AstroDS-A Distributed Storage for Astrophysics of Cosmic Rays. Current Status // *CEUR Workshop Proceedings: 4th Intern. Workshop on Data Life Cycle in Physics (DLC 2020; Moscow, 8-10 June 2020)*. 2020. Vol. 2679. P. 32-42.
129. *Lakeyev A.V.* Necessary and Sufficient Conditions for Internal Stability of Linear Formations // *Doklady Mathematics*. 2020. Vol. 101, № 1. P. 71-75.
130. *Lebedev P. D., Kazakov A.L., Lempert A.A.* Numerical methods for the construction of packings of different balls into convex compact sets // *Trudy Instituta Matematiki i Mekhaniki URO RAN*. 2020. Vol. 26, № 2. P. 173-187.
131. *Markov Yu.A., Markova M.A., Bondarenko A.I.* Path integral representation for inverse third order wave operator within the Duffin-Kemmer-Petiau formalism. Part I // *Journal of High Energy Physics*. 2020. Vol. 2020, № 7.
132. *Markov Yu.A., Markova M.A.* Generalization of Geyer's commutation relations with respect to the orthogonal group in even dimensions // *The European Physical Journal C*. 2020. Vol. 80. P. 1153.
133. *Markov Yu.A., Markova M.A., Markov N.Y., Gitman D.M.* Hamiltonian Formalism for Bose Excitations in a Plasma with a Non-Abelian Interaction // *Journal of Experimental and Theoretical Physics*. 2020. Vol. 130, № 2. P. 274-286.
134. *Mikhailov A.* An approach how to automate labeling data for the training ANN models for page layout analysis // *CEUR Workshop Proceedings: 3rd Scientific-Practical Workshop Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2020; Irkutsk, 3 September 2020)*. 2020. Vol. 2677.
135. *Mizandroutsev I.B., Kozlov V.V., Ivanov V.G., Kucher K.M., Korneva E.S., Granin N.G.* Vertical Distribution of Methane in Baikal Water // *Water Resources*. 2020. Vol. 47, № 1. P. 122-129.
136. *Nguyen, M.-D., Kryukov A., Mikhailov A.* The Current Design and Implementation of the AstroDS Data Aggregation Service // *CEUR Workshop Proceedings*. 2020. Vol. 2679. P. 106-110.
137. *Nikolaychuk O.A., Pavlov A.I., Stolbov A.B.* The identification of unique mechanical systems state based on agent-based simulation modeling // *IOP Publishing Journal of Physics: Conference Series: Intern. Scientific Conference Artificial Intelligence and Digital Technologies in Technical Systems-2020 (AIDTTS-2020, Volgograd, 20-21 October 2020)*. 2020.
138. *Nikolaychuk O.A., Pavlov A.I., Stolbov A.B.* Rule creation based on decision tables in knowledge-based systems development platform // *CEUR Workshop Proceedings: 3rd*



Scientific-Practical Workshop Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2020; Irkutsk, 3 September 2020). 2020.

139. *Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A.* Automated tools for the development of microservice compositions for hybrid scientific computations // CEUR Workshop Proceedings: 2nd Intern. Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments (ICCS-DE 2020; Irkutsk, 6-7 July 2020). 2020. Vol. 2638. P. 201-213.
140. *Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A.* Automation of distributed data management in applied microservices package for scientific computations // CEUR Workshop Proceedings: 2nd Intern. Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments (ICCS-DE 2020; Irkutsk, 6-7 July 2020). 2020. Vol. 2638. P. 214-224.
141. *Orlov A.V.* On a Solving Bilevel D.C.-Convex Optimization Problems // Communications in Computer and Information Science: 19th Intern. Conf. on Mathematical Optimization Theory and Operations Research (MOTOR 2020; Novosibirsk, 6-10 July 2020). 2020. Vol. 1275. P. 179-191.
142. *Otpuschennikov I.V., Semenov A.A.* Using Merging Variables-Based Local Search to Solve Special Variants of MaxSAT Problem // Communications in Computer and Information Science: 19th Intern. Conf. on Mathematical Optimization Theory and Operations Research (MOTOR 2020; Novosibirsk, 6-10 July 2020). 2020. Vol. 1275. P. 363-378.
143. *Paramonov V., Bardsley E.* An Interactive Graphic for Visually Fitting the Generalized Extreme Value Distribution // Open Water Journal. 2020. Vol. 6, № 1.
144. *Paramonov V., Shigarov A., Vetrova V.* Table Header Correction Algorithm Based on Heuristics for Improving Spreadsheet Data Extraction // Communications in Computer and Information Science: 26th Intern. Conf. on Information and Software Technologies (ICIST 2020; Kaunas, Lithuania; 15-17 October 2020). 2020. Vol. 1283. P. 147-158.
145. *Paramonov V., Shigarov A., Vetrova V., Mikhailov A.* Heuristic Algorithm for Recovering a Physical Structure of Spreadsheet Header // Advances in Intelligent Systems and Computing: Proc. of 40th Anniversary Intern. Conf. on Information Systems Architecture and Technology (ISAT 2019; Wrocław, Poland; 15-17 September 2019). 2020. Vol. 1050. P. 140-149.
146. *Paramonov V.V., Lomaeva E.A.* Some approaches for improving quality of tabular data // CEUR Workshop Proceedings: 3rd Scientific-Practical Workshop Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2020; Irkutsk, 3 September 2020). 2020. Vol. 2677.
147. *Pavlov A.I., Stolbov A.B.* Domain-oriented specialization tools for knowledge-based systems development platform // CEUR Workshop Proceedings: 3rd Scientific-Practical Workshop Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2020; Irkutsk, 3 September 2020). 2020. Vol. 2677.
148. *Petrenko P.* Controllability of a singular hybrid system // The Bulletin of Irkutsk State University. Series: Mathematics. 2020. Vol. 34. P. 35-50.
149. *Petrenko P., Samsonyuk O., Staritsyn M.* A note on differential-algebraic systems with impulsive and hysteresis phenomena // Cybernetics and Physics. 2020. Vol. 9, № 1. P. 51-56.
150. *Pogodaev N., Staritsyn M.* Impulsive control of nonlocal transport equations // Journal of Differential Equations. 2020. Vol. 269, № 4. P. 3585-3623.
151. *Rusanov V.A., Daneev A.V., Lakeyev A.V., Linke Yu.É.* On the theory differential realization: Criterion for the continuity of the nonlinear Rayleigh-Ritz operator // International Journal of Functional Analysis, Operator Theory and Applications. 2020. Vol. 12, № 1. P. 1-22.



152. *Rusanov V.A., Daneev A.V., Linke Yu.É., Plesnyov P.A.* Existence of a bilinear delay differential realization of nonlinear neurodynamic process in the constructions of entropic Rayleigh-Ritz operator // *Advances in Dynamical Systems and Applications*. 2020. Vol. 15, № 2. P. 199-215.
153. *Samsonyuk O.N.* Optimality conditions for optimal impulsive control problems with multipoint state constraints // *Journal of Global Optimization*. 2020. Vol. 76, № 3. P. 625-644.
154. *Semenov A., Otpuschennikov I., Gribanova I., Zaikin O., Kochemazov S.* Translation of algorithmic descriptions of discrete functions to sat with applications to cryptanalysis problems // *Logical Methods in Computer Science*. 2020. Vol. 16, № 1. P. 29.
155. *Shigarov A., Khristyuk V., Cherkashin E., Yang S.* Towards lightweight representation of the table semantics for the cross-context information exchange // *CEUR Workshop Proceedings: 3rd Scientific-Practical Workshop Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2020; Irkutsk, 3 September 2020)*. 2020. Vol. 2677.
156. *Sidorov I.A., Kostromin R.O., Feoktistov A.G.* System for monitoring parameters of functioning infrastructure objects and their external environment // *CEUR Workshop Proceedings: 2nd Intern. Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments (ICCS-DE 2020; Irkutsk, 6-7 July 2020)*. 2020. Vol. 2638. P. 252-264.
157. *Sorokin S., Staritsyn M.* Numerical algorithms for state-linear optimal impulsive control problems based on feedback necessary optimality conditions // *Cybernetics and Physics*. 2020. Vol. 9, № 3. P. 152-158.
158. *Sorokovikov P., Gornov A., Anikin A.* Computational technology for the study of atomic-molecular Morse clusters of extremely large dimensions // *IOP Conference Series: 2nd Intern. Scientific Conf. on Advanced Technologies in Aerospace, Mechanical and Automation Engineering (MIST: Aerospace 2019; Krasnoyarsk, 18-21 November 2019)*. 2020. Vol. 734, № 1.
159. *Staritsyn M., Goncharova E.* On complementarity measure-driven dynamical systems // *Lecture Notes in Electrical Engineering: 14th Intern. Conf. on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO, Madrid, Spain)*. 2020. Vol. 495. P. 699-718.
160. *Staritsyn M., Sorokin S.* On feedback strengthening of the maximum principle for measure differential equations // *Journal of Global Optimization*. 2020. Vol. 76, № 3. P. 587-612.
161. *Stennikov V.A., Edeleva O.A., Fereferov E.S.* Optimization of the composition of the structure of heat sources as applied to the problems of the development of heating systems // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 408, № 1. P. 012047.
162. *Stepina N.P., Shumilin A.V., Zinovieva A.F., Nenashev A.V., Gornov A.Y., Dvurechenskii A.V.* Magnetic field effect on the slow relaxation of photoconductance in tunnel coupled quantum dot arrays // *Physica E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures*. 2020. Vol. 121. P. 114126.
163. *Strekalovsky A.S.* On a Global Search in D.C. Optimization Problems // *Communications in Computer and Information Science: Proc. of the X Intern. Conf. on Optimization Methods and Applications «Optimization and applications» (OPTIMA-2019; Petrovac, Montenegro, 30 September – 4 October 2019)*. 2020. Vol. 1145. P. 222-236.
164. *Strekalovsky A.S.* Global and Local Search Methods for D.C. Constrained Problems // *Lecture Notes in Computer Science*. 2020. Vol. 12095. P. 3-18.



165. *Strekalovsky A.S.* Local search for nonsmooth DC optimization with DC equality and inequality constraints // Numerical Nonsmooth Optimization: State of the Art Algorithms. 2020. P. 229-261.
166. *Strekalovsky A.S., Orlov A.V.* Global Search for Bilevel Optimization with Quadratic Data // Bilevel optimization: advances and next challenges, Springer Optimization and Its Applications. 2020. P. 313-334.
167. *Svinin A.K.* On Some Sequences of Polynomials Generating the Genocchi Numbers // Russian Mathematics. 2020. Vol. 64, № 9. P. 76-84.
168. *Tchernykh A., Bychkov I., Feoktistov A., Gorsky S., Sidorov I., Kostromin R., Edelev A., Zorkalzev V., Avetisyan A.* Mitigating Uncertainty in Developing and Applying Scientific Applications in an Integrated Computing Environment // Programming and Computer Software. 2020. Vol. 46, № 8. P. 483-502.
169. *Timoshin S.A., Tolstonogov A.A.* Existence and Relaxation of BV Solutions for a Sweeping Process with a Nonconvex-Valued Perturbation // Journal of Convex Analysis. 2020. Vol. 27, № 2. P. 645-672.
170. *Tolstikhin A., Bychkov I.* Swarm optimization approach to non-stationary physical field survey problem using a group of autonomous underwater vehicles // CEUR Workshop Proceedings: 2nd Intern. Workshop on Information, Computation and Control Systems for Distributed Environments (ICCS-DE 2020; Irkutsk, 6-7 July 2020). 2020. Vol. 2638. P. 277-288.
171. *Tolstonogov A.A.* Polyhedral multivalued mappings: properties and applications // Siberian Mathematical Journal. 2020. Vol. 61, № 2. P. 338-358.
172. *Tolstonogov A.A.* Differential inclusions in a Banach space with composite right-hand side // Trudy Instituta Matematiki i Mekhaniki URO RAN. 2020. Vol. 26, № 1. P. 212-222.
173. *Tolstonogov A.A.* Compactness of BV Solutions of a Convex Sweeping Process of Measurable Differential Inclusion // Journal of Convex Analysis. 2020. Vol. 27, № 2. P. 673-695.
174. *Tolstonogov A.A.* Bogolyubov's theorem for a controlled system related to a variational inequality // Izvestiya Mathematics. 2020. Vol. 84, № 6. P. 1192-1223.
175. *Ulyanov S., Bychkov I., Maksimkin N.* Event-Based Path-Planning and Path-Following in Unknown Environments for Underactuated Autonomous Underwater Vehicles // Applied Sciences-Basel. 2020. Vol. 10, № 21. P. 1-22.
176. *Ushakov A.V., Vasilyev I.* Locating Facilities Under Deliberate Disruptive Attacks // Lecture Notes in Computer Science. 2020. Vol. 12095. P. 359-372.
177. *Vasilyev I., Zhang D., Ren J.* Integer Programming Approach to the Data Traffic Paths Recovering Problem // Lecture Notes in Computer Science. 2020. Vol. 12095. P. 455-469.
178. *Yurin A.* Technology for prototyping expert systems based on transformations (PESoT): A method // CEUR Workshop Proceedings: 3rd Scientific-Practical Workshop Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2020; Irkutsk, 3 September 2020). 2020. Vol. 2677.
179. *Yurin A.Y., Dorodnykh N.O.* Personal knowledge base designer: Software for expert systems prototyping // SoftwareX. 2020. Vol. 11. P. 100411.
180. *Yurin A.Yu., Dorodnykh N.O.* Development of software decision-making modules based on a model-driven approach // CEUR Workshop Proceedings: 2020 «Russian Advances in Artificial Intelligence» (RAAI 2020; Moscow, 10-16 October 2020). 2020. Vol. 2648. P. 265-279.



181. *Zaikin O., Ignatiev A., Marques-Silva J.* Branch location problems with maximum satisfiability // *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*. 2020. Vol. 325. P. 379-386.
182. *Zaikin O., Kochemazov S.* Improving Effectiveness of Neighborhood-Based Algorithms for Optimization of Costly Pseudo-Boolean Black-Box Functions // *Lecture Notes in Computer Science*. 2020. Vol. 12095. P. 373-388.
183. *Zarodnyuk T., Gornov A., Anikin A., Sorokovikov P.* Numerical Technologies for Investigating Optimal Control Problems with Free Right-Hand End of Trajectories // *Advances in Intelligent Systems and Computing: 6th Intern. Conf. on Computer Science, Applied Mathematics and Applications (ICCSAMA 2019; Hanoi, Viet Nam; 19-20 December 2019)*. 2020. Vol. 1121. P. 99-105.
184. *Zhang L., Pan B., Cherkashin E., Zhang X., Ruan X., Li, Q.* Object Texture Transform Based on Improved CycleGAN // *Communications in Computer and Information Science*. 2020. Vol. 1335. P. 85-97.
185. *Zhevlakov A.S., Lyubovitskij V.E.* Deuteron EDM induced by CP-violating couplings of pseudoscalar mesons // *Physical Review D*. 2020. Vol. 101, № 11.

СТАТЬИ В СБОРНИКАХ ТРУДОВ КОНФЕРЕНЦИЙ

186. *Berman A.F., Nikolaychuk O.* Self-organizing algorithm for substantiation of safety properties of complex technical objects // *Proceeding of Intern. Workshop: Critical Infrastructures in the Digital Word (IWCI-2020; Baikalsk, Irkutsk, 10-15 March 2020)*. 2020. P. 59-60.
187. *Bogdanova V.G., Gorsky S.A., Pashinin A.A.* HPC-based parallel software for solving applied Boolean satisfiability problems // *Proceedings 43rd Intern. Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO 2020; 28 September - 2 October 2020, Opatija, Croatia)*. 2020. P. 1006-1011.
188. *Bychkov I.V., Ruzhnikov G.M., Fedorov R.K., Hmelnov A.E.* Organization of digital environmental monitoring: problems, solutions // *Материалы Междунар. конф. «Environmental transformation and sustainable development in the Asian region» (Irkutsk, 8–10 September 2020)*. 2020. P. 148.
189. *Cherepanov I., Mikhailov A., Shigarov A., Paramonov V.* On automated workflow for fine-tuning deepneural network models for table detection in document images // *Proceedings 43rd Intern. Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO 2020; 28 September - 2 October 2020, Opatija, Croatia)*. 2020. P. 1130-1133.
190. *Daneev A., Lakeyev A., Rusanov V.* On the differential simulation of the second-order bilinear system: A tensor approach // *Proc. 2nd Intern. Conf. on Mathematics and Computers in Science and Engineering (MACISE 2020; Madrid, Spain; 18-20 January 2020)*. 2020. P. 318-321.
191. *Davydov A., Larionov A.* Action Planning for Robots using the First Order Logic Calculus of Positively Constructed Formulas // *7th Intern. Conf. on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT 2020; Prague, Czech Republic; 29 June - 2 July 2020)*. 2020. P. 727-732.
192. *Davydov A., Larionov A., Nagul N.* On checking controllability of specification languages for des // *Proceedings 43rd Intern. Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO 2020, 28 September - 2 October 2020, Opatija, Croatia)*. 2020. P. 1151-1156.



193. *Dorodnykh N., Nikolaychuk O., Yurin A.Yu.* Ontology design patterns engineering for industrial safety inspection of critical facilities // Proceeding of Intern. Workshop: Critical Infrastructures in the Digital Word (IWCI-2020; 10-15 March 2020, Baikalsk, Irkutsk). 2020. P. 61-62.
194. *Dorodnykh N.O., Yurin A.Yu.* Towards a universal approach for semantic interpretation of spreadsheets data // IDEAS'20: Proceedings of the 24th Symposium on International Database Engineering & Applications. 2020. Vol. 22. P. 1-10.
195. *Dykhta V.A.* Approximate feedback minimum principle for suboptimal processes in non-smooth optimal control problems // Proceedings of the Intern. Conf. «Stability, Control and Differential Games» (Yekaterinburg, 16-20 сентября 2019 г.) 2020. P. 127-132.
196. *Efimova N.V., Gornov A.Yu., Zarodnyuk T.S., Anikin A.S.* Assessment and forecast of regional risks and medical and social consequences in conditions of climate change // Тр. Междунар. конф. и школы молодых ученых по измерениям, моделированию и информ. системам для изучения окружающей среды (Enviromis 2020; Томск, 7-11 сентября 2020 г.). 2020. P. 369-370.
197. *Gorsky S., Kostromin R., Feoktistov A., Bychkov I.* Orlando Tools: Supporting High-performance Computing in Distributed Environments // Proceedings of ITNT 2020: 6th IEEE Intern. Conf. on Information Technology and Nanotechnology (ITNT 2020; Samara, 26-29 May 2020). 2020.
198. *Gribanova I., Semenov A.* Constructing a set of weak values for full-round MD4 hash function // Proceedings 43rd Intern. Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO 2020; 28 September - 2 October 2020, Opatija, Croatia). 2020. P. 1212-1217.
199. *Hmelnov A.E., Gachenko A.S.* Technology for contouring of flooding riverside areas of the hydroelectric stations cascade of the Angara river // Материалы Междунар. конф. «Environmental transformation and sustainable development in the Asian region» (Irkutsk, 8–10 September 2020). 2020. P. 152.
200. *Kenzin M., Bychkov I., Maksimkin N.* Coordinated Recharging of Heterogeneous Mobile Robot Teams during Continuous Large Scale Missions // 7th Intern. Conf. on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT 2020; Prague, Czech Republic; 29 June - 2 July 2020). 2020. P. 745-750.
201. *Kochemazov S.* F2TRC: deterministic modifications of SC2018-SR2019 winners // Proceedings of SAT Competition 2020: Solver and Benchmark Descriptions. 2020. P. 21-22.
202. *Kochemazov S.* Finding exact solutions to time-constrained variant of Influence Maximization Problem via SAT // Proceedings of SAT Competition 2020: Solver and Benchmark Descriptions. 2020. P. 77-78.
203. *Kondratiev V., Otpuschennikov I., Semenov A.* Using Decision Diagrams of Special Kind for Compactification of Conflict Data Bases Generated by CDCL SAT Solvers // Proceedings 43rd Intern. Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO 2020; 28 September - 2 October 2020, Opatija, Croatia). 2020. P. 1046-1051.
204. *Kostromin R., Feoktistov A.* Multi-agent Model of Resource Allocation in Distributed Computing Environment for Job Flow Processing // Proceedings of ITNT 2020: 6th IEEE Intern. Conf. on Information Technology and Nanotechnology (ITNT 2020; Samara, 26-29 May 2020). 2020.



205. *Lempert A.A., Stolbov A.B., Kozlov V.V.* On approaches to the intellectualization of the scenario modeling process of water resources in the Angara region // Материалы Междунар. конф. «Environmental transformation and sustainable development in the Asian region» (Irkutsk, September 8–10, 2020). 2020. P. 102.
206. *Mikhailov A., Shigarov A., Cherepanov I.* On Graph-Based Verification for PDF TableDetection // Proceedings of Ivannikov ISPRAS Open Conference. 2020.
207. *Nikolaychuk O., Pavlov A.I., Stolbov A.B.* The identification of unique mechanical systems state based on agent-based simulation modeling // Proceeding of Intern. Workshop: Critical Infrastructures in the Digital Word (IWCI-2020; 10-15 March 2020, Baikalsk, Irkutsk). 2020. P. 63-64.
208. *Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A.* Microservice approach to the qualitative study of attractors of binary dynamic systems based on the Boolean constraint method // Proceedings 43rd Intern. Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO 2020; 28 September - 2 October 2020, Opatija, Croatia). 2020. P. 1904-1909.
209. *Samsonyuk O., Sorokin S.* Optimality Conditions for Impulsive Processes with Intermediate State Constraints // Proceedings of 15th Intern. Conf. on Stability and Oscillations of Nonlinear Control Systems (Pyatnitskiy's Conference, STAB 2020). 2020.
210. *Tolstikhin A.* A Swarm Algorithm Modification for the Nonstationary Physical Field Investigation // Science Present and Future: Research Landscape in the 21st Century. 2020. P. 8-13.
211. *Yurin A.Y., Dorodnykh N.O.* Experimental Evaluation of a Spreadsheets Transformation in the Context of Domain Model Engineering // Proceedings - 2020 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBREIT 2020). 2020. P. 388-391.
212. *Zharkov M.L., Kazakov A.L., Lempert A.A.* On the modeling of transient processes in micrologistic transport systems // Материалы Междунар. конф. «Environmental transformation and sustainable development in the Asian region» (Irkutsk, 8–10 September 2020). 2020. P. 169.
213. *Zhuravskaya M.A., Kazakov A.L., Petrov M.B.* The impact of the sustainable development concept on the indicators of transport accessibility and availability // Материалы Междунар. конф. «Environmental transformation and sustainable development in the Asian region» (Irkutsk, 8–10 September 2020). 2020. P. 170.
214. *Берман А.Ф.* Обоснование свойств надежности и живучести сложных механических систем на основе принципа самоорганизации // Материалы XIV Междунар. конф. «Механика, ресурс и диагностика материалов и конструкций» (9-13 ноября 2020 г., Екатеринбург, ИМАШ УРО РАН). 2020. С. 3.
215. *Берман А.Ф., Николайчук О.А.* Технология обоснования свойств прочностной надежности сложных механических систем на основе принципов самоорганизации // Материалы VII Всерос. конф. «Безопасность и мониторинг природных и техногенных систем» (Кемерово, 5-9 октября 2020 г.). 2020. С. 31-35.
216. *Берман А.Ф., Николайчук О.А., Павлов А.И.* Концепция инструментального средства решения междисциплинарных задач на основе самоорганизации // Материалы 18-й Национальной конф. по искусственному интеллекту с междунар. участием (КИИ-2020; Москва, 10-16 октября 2020 г.). 2020. С. 45-52.



- 217.Берман А.Ф., Николайчук О.А., Юрин А.Ю. Система обоснования свойств надежности и живучести уникальных механических систем // Труды XIV Междунар. научно-практической конф. «Авиамашиностроение и транспорт Сибири» (Иркутск, сентябрь 2020 г.). 2020.
- 218.Булатов М.В. Об одном семействе интегро-алгебраических и интегро-дифференциальных систем типа Вольтерра-Фредгольма // Материалы VII Междунар. конф. (МПИМО'20; 7 – 12 сентября 2020 г., Улан-Удэ, Байкал). 2020. С. 50-51.
- 219.Бычков И.В., Горский С.А., Костромин Р.О., Феоктистов А.Г. Поддержка вычислений в предметно-ориентированных средах на основе непрерывной интеграции программного обеспечения // Суперкомпьютерные технологии: Сб. трудов молодых ученых. 2020. С. 149-154.
- 220.Бычков И.В., Николайчук О.А., Павлов А.И., Юрин А.Ю. Расчет уровня риска территории Иркутской области на основе показателей опасности и уязвимости // Материалы VII Всерос. конф. «Безопасность и мониторинг природных и техногенных систем» (Кемерово, 5-9 октября 2020 г.). 2020. С. 162-165.
- 221.Бычков И.В., Ружников Г.М., Федоров Р.К., Попова А.К. Цифровой мониторинг леса: проблемы, организация // Материалы VII Всерос. конф. «Безопасность и мониторинг природных и техногенных систем» (Кемерово, 5-9 октября 2020 г.). 2020. С. 27-30.
- 222.Бычков И.В., Ружников Г.М., Федоров Р.К., Попова А.К. Цифровая платформа мониторинга лесных ресурсов Байкальской природной территории // Материалы конф. «Информационные технологии в управлении» (ИТУ-2020; Санкт-Петербург, 2020). 2020. С. 250-254.
- 223.Бычков И.В., Ружников Г.М., Федоров Р.К., Попова А.К. Подход к организации цифрового экологического мониторинга лесных ресурсов на примере Байкальской природной территории // Тр. Междунар. конф. и школы молодых ученых по измерениям, моделированию и информ. системам для изучения окружающей среды (Enviromis 2020; Томск, 7-11 сентября 2020 г.). 2020. С. 328-331.
- 224.Бычков И.В., Феоктистов А.Г., Костромин Р.О., Горский С.А. Алгоритм перераспределения облачных ресурсов на основе кооперативного поведения агентов // Материалы конф. «Математическая теория управления и ее приложения». 2020. С. 102-104.
- 225.Бычков И.В., Юрин А.Ю. Метод и средства прототипирования компонентов интеллектуальных систем на основе трансформаций // Материалы конф. «Математическая теория управления и ее приложения» (МТУиП-2020; Санкт-Петербург, 7–8 октября 2020 г.). 2020. С. 105-107.
- 226.Гаченко А.С., Хмельнов А.Е. Анализ участков реки Ангары, подверженных затоплениям // Материалы VII Междунар. конф. «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли» (Красноярск, 29 сентября-2 октября 2020 г.). 2020. С. 180-183.
- 227.Горский С.А., Костромин Р.О., Феоктистов А.Г., Бычков И.В. Инструментальный комплекс поддержки высокопроизводительных вычислений в предметно-ориентированных гетерогенных средах // Сб. тр. VI Междунар. конф. и молодежной школы «Информ. технологии и нанотехнологии» (ИТНТ-2020; 26-29 мая 2020 г.). 2020. С. 582-589.



- 228.Данеев А.В., Лакеев А.В., Русанов В.А. К дифференциальной реализации билинейной системы второго порядка: тензорный подход // Материалы VII Междунар. конф. «Математика, ее приложения и математическое образование» (МПМО-2020; Улан-Удэ, 2020). 2020. С. 78–80.
- 229.Дыхта В.А. Квадратичные опорные суперрешения уравнения Гамильтона-Якоби и позиционный принцип минимума второго порядка // Материалы III Междунар. семинара, посвящ. 75-летию акад. А.И. Субботина (CGS'2020; Екатеринбург, 26-30 октября 2020 г.). 2020. С. 153-156.
- 230.Жарков М.Л., Казаков А.Л., Лемперт А.А. О моделировании работы микрологистических транспортных систем на основе сетей массового обслуживания // Материалы VII Междунар. конф. «Математика, ее приложения и математическое образование» (МПМО-2020; Улан-Удэ, 2020). 2020. С. 89-91.
- 231.Казаков А.Л., Кузнецов П.А. Об аналитических решениях задачи со свободной границей для системы уравнений типа реакция-диффузия // Материалы VII Междунар. конф. «Математика, ее приложения и математическое образование» (МПМО-2020, Улан-Удэ, 2020). 2020. С. 104-106.
- 232.Костромин Р.О., Сидоров И.А., Сидорова Т.В. Микросервисная среда имитационного моделирования работы инфраструктурных объектов // Проблемы и перспективы разработки и внедрения передовых технологий: Тр. Междунар. научно-практической конф. 2020. С. 12-15.
- 233.Лемперт А.А., Казаков А.Л., Та Ч.Т. Об упаковке пропорциональных шаров в компактное множество // Материалы III Междунар. семинара, посвящ. 75-летию акад. А.И. Субботина (CGS'2020; Екатеринбург, 26-30 октября 2020 г.). 2020. С. 224-227.
- 234.Махутов Н.А., Берман А.Ф. Обоснование параметров безопасности объекта на основе механизма самоорганизации // Тр. Тринадцатой междунар. конф. «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2020; Москва, 28-30 сентября 2020 г.). 2020. С. 1414-1423.
- 235.Мелехин А., Федоров Р. L-развитие идей CRIS на базе GEOSERVICES // Материалы III Национальной конф. с междунар. участием, посвященной 100-летию со дня рождения акад. РАН П.Л. Горчаковского (Екатеринбург, 5-10 октября 2020 г.). 2020. С. 374-376.
- 236.Новиков М.А. Аналитический выбор параметра знакоопределенности форм двух переменных для устойчивости двух связанных осцилляторов // Материалы VII Междунар. конф. «Математика, ее приложения и математическое образование» (МПМО-2020; Улан-Удэ, 2020). 2020. С. 168–170.
- 237.Опарин Г.А., Богданова В.Г., Горский С.А. Параллельное вычисление циклов заданной длины для автономных двоичных динамических систем большой размерности // Тр. конф. «Параллельные вычислительные технологии» (ПАВТ'2020; Пермь, 31 марта-2 апреля 2020 г.). 2020. С. 222-233.
- 238.Самсонюк О.Н. Управление процессами выметания с решениями ограниченной вариации // Материалы XV Междунар. конф. (конф. Пятницкого, 3-5 июня 2020 г., Москва). 2020. С. 395-398.
- 239.Самсонюк О.Н., Сорокин С.П. Условия оптимальности для импульсных процессов с промежуточными фазовыми ограничениями // Материалы XV Междунар. конф. (конф. Пятницкого, 3-5 июня 2020 г., Москва). 2020. С. 399-401.



240. Толстоногов А.А. Максимальная монотонность оператора Немыцкого и неявные эволюционные включения // Материалы III Междунар. семинара, посвященного 75-летию акад. А.И. Субботина (CGS'2020; Екатеринбург, 26-30 октября 2020 г.). 2020. С. 300-301.
241. Федоров Р.К. и др. Оцифровка данных экологического мониторинга в Сибирском институте физиологии и биохимии растений СО РАН // Материалы III Национальной конф. с междунар. участием, посвященной 100-летию со дня рождения акад. РАН П.Л. Горчаковского (Екатеринбург, 5-10 октября 2020 г.). 2020. С. 119-122.
242. Федоров Р.К., Верховзина А.В. WEB-сервисы в анализе флоры Байкальской Сибири // Материалы III Национальной конф. с междунар. участием, посвященной 100-летию со дня рождения акад. РАН П.Л. Горчаковского (Екатеринбург, 5-10 октября 2020 г.). 2020. С. 504-507.
243. Феоктистов А.Г., Костромин Р.О. Мультиагентная модель распределения ресурсов высокопроизводительной вычислительной среды в процессе обработки потоков заданий // Сб. тр. VI Междунар. конф. и молодежной школы «Информ. технологии и нанотехнологии» (ИТНТ-2020; 26-29 мая 2020 г.). 2020. С. 378-385.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

244. Авраменко Ю.В., Ружников Г.М., Федоров Р.К., Хмельнов А.Е. Архитектура системы хранения и обработки пространственно-временных данных для выполнения задач цифрового мониторинга // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 1-2.
245. Авраменко Ю.В., Федоров Р.К. Прикладная цифровая платформа обработки данных ДЗЗ // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 4.
246. Авраменко Ю.В., Федоров Р.К. Интеграция Jupyter Notebook с платформой цифрового мониторинга озера Байкал // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 3.
247. Амелина Е.В., Горнов А.Ю. Методика численного решения задач оптимизации для частично вычислимых функционалов // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 5.
248. Аникин А.С. Методика сравнения эффективности генераторов псевдослучайных чисел // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 6.
249. Аникин А.С., Зароднюк Т.С. Параллельная реализация алгоритма криволинейного поиска для невыпуклой задачи оптимального управления // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 7.
250. Баркова М.В., Стрекаловский А.С. Об одном методе решения систем нелинейных уравнений // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 8.
251. Берман А.Ф., Николайчук О.А., Павлов А.И., Юрин А.Ю. Инструментальная система самоорганизации приложений // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 9-10.
252. Васильев И.Л., Груздева Т.В., Ушаков А.В. Двухуровневые задачи размещения при наличии угрозы спланированной атаки // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 11.



253. *Гаченко А.С., Хмельнов А.Е.* Технология построения 3-D моделей рельефа // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 12.
254. *Горнов А.Ю.* Численное исследование эффективности ПК OPTCON для задач оптимального управления в сравнении с коммерческими программными технологиями // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 14.
255. *Горнов А.Ю.* Вычислительная технология решения невыпуклой задачи динамической оптимизации с программным и параметрическим управлением // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 13.
256. *Горнов А.Ю., Зароднюк Т.С.* Коллекция тестовых множеств достижимости для управляемых алгебро-дифференциальных систем // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 15.
257. *Горский С.А., Феоктистов А.Г., Костромин Р.О., Сидоров И.А., Сидорова Т.В.* Новые аспекты непрерывной интеграции прикладного программного обеспечения в распределенной среде // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 16-17.
258. *Грибанова И.А.* Робастные оценки трудоемкости атак в алгебраическом криптоанализе на примере поиска прообразов хеш-функций семейства MD // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 18-19.
259. *Дыхта В.А.* Позиционный принцип минимума второго порядка в задачах оптимального управления // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 20-21.
260. *Еделева А.В., Сидоров И.А., Феоктистов А.Г., Горский С.А.* Использование распределенных баз данных для определения критических элементов топливно-энергетического комплекса // Тр. конф. «Параллельные вычислительные технологии» (ПАВТ'2020; Пермь, 31 марта-2 апреля 2020 г.). 2020. С. 327.
261. *Жарков М.Л., Лемперт А.А., Пavidис М.М.* О применении теории массового обслуживания для моделирования участков железнодорожной сети // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 22-23.
262. *Зароднюк Т.С., Аникин А.С.* Параллельный алгоритм аппроксимации интегральной воронки динамической системы с полиэдральным управлением // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 25.
263. *Зароднюк Т.С., Аникин А.С.* Модификация метода криволинейных покрытий для задачи диссипации двухатомных молекул // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 24.
264. *Иртегов В.Д., Титоренко Т.Н.* О колебательных движениях в интегрируемых системах // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 26-27.
265. *Казаков А.Л.* О решениях нелинейного параболического уравнения конвекции-диффузии типа тепловой волны // Тез. докл. X Всерос. конф. с междунар. участием, посвященной памяти акад. А.Ф. Сидорова и 100-летию Уральского федер. ун-та «Актуальные проблемы прикладной математики и механики» (Абрау-Дюрсо, 1-6 сентября 2020 г.). 2020. С. 35-36.
266. *Казаков А.Л., Кузнецов П.А.* Построение точного решения нелинейного параболического уравнения с оценкой области существования в одном частном случае // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 28-29.



267. *Казаков А.Л., Лемперт А.А., Спевак Л.Ф.* Построение решений одной задачи со свободной границей для нелинейного управления теплопроводности // Тез. докл. VII Всерос. конф. с междунар. участием «Задачи со свободными границами: теория, эксперимент и приложения» (Красноярск, 1-4 июля 2020 г.). 2020. С. 120-121.
268. *Кензин М.Ю.* Стратегии экстренного оповещения для распределенных групп мобильных роботов в условиях ограниченной коммуникации // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7-11 декабря 2020 г.). 2020. С. 30.
269. *Костромин Р.О., Феоктистов А.Г.* Поддержка управления конфигурациями программно-аппаратного обеспечения цифровых двойников инфраструктурных объектов // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7-11 декабря 2020 г.). 2020. С. 32-33.
270. *Костылева О.Д., Парамонов В.В.* Подсистема формирования оперативных данных мониторинга онкологической службы Иркутской области // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7-11 декабря 2020 г.). 2020. С. 34-35.
271. *Кочемазов С.Е.* Проблемно-ориентированная адаптация SAT-подхода на примере задачи криптоанализа шифра Bivium // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7-11 декабря 2020 г.). 2020. С. 36.
272. *Кузьменко В.В., Горнов А.Ю., Аникин А.С.* Моделирование концентрации аполипопротеина А1 в крови с применением модифицированной технологии Шепарда // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7-11 декабря 2020 г.). 2020. С. 37.
273. *Марков Ю.А., Маркова М.А., Бондаренко А.И.* Представление обратного волнового оператора третьего порядка в виде континуального интеграла по траекториям // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7-11 декабря 2020 г.). 2020. С. 38-39.
274. *Марков Ю.А., Маркова М.А., Марков Н.Ю.* Гамильтонов формализм для бозонных возбуждений в кварк-глюонной плазме // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7-11 декабря 2020 г.). 2020. С. 40-41.
275. *Николайчук О.А., Павлов А.И., Столбов А.Б.* Об особенностях формирования вычислительного эксперимента в системе агентного моделирования ADSkit // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7-11 декабря 2020 г.). 2020. С. 42.
276. *Орлов А.В.* О локальном поиске в двухуровневых d.c.-выпуклых оптимизационных задачах // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7-11 декабря 2020 г.). 2020. С. 43-44.
277. *Отпущенников И.В., Семенов А.А.* Применение техники склеивания переменных к трудным вариантам MAXSAT // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7-11 декабря 2020 г.). 2020. С. 45.
278. *Парамонов В.В.* Опыт геокодирования данных об активности иксодовых клещей // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7-11 декабря 2020 г.). 2020. С. 46-47.
279. *Петренко П.С.* О разрешимости одной вырожденной гибридной системы // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7-11 декабря 2020 г.). 2020. С. 48.
280. *Погодаев Н.И.* О процессах выметания в пространстве мер // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7-11 декабря 2020 г.). 2020. С. 49.
281. *Погодаев Н.И., Старицын М.В.* К теории управления нелокальным неоднородным уравнением переноса в пространстве знакопеременных мер // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7-11 декабря 2020 г.). 2020. С. 50.



282. *Попова А.К.* Определение параметров качества воды по космоснимкам // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 51.
283. *Рожков Е.В., Михайлов А.А., Шигаров А.О.* Верификация предсказаний глубоких нейронных сетей для обнаружения таблиц в PDF документах // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 54-55.
284. *Ружников Г.М., Федоров Р.К., Хмельнов А.Е., Попова А.К., Маджара Т.И., Фереферов Е.С.* Компоненты цифровой трансформации мониторинга Байкальской природной территории // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 56-59.
285. *Салимов Б.Г., Хмельнов А.Е.* Предсказание критической частоты ионосферы foF2 с помощью нейронной рекуррентной LSTM сети // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 60-61.
286. *Свинин А.К.* О некотором классе дискретных уравнений и их решениях // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 62.
287. *Свинина С.В.* О численном решении многомерных дифференциально-алгебраических систем уравнений // Тезисы междунар. конф., посвященной 95-летию со дня рождения академика Г.И. Марчука (Марчуковские научные чтения–2020; Новосибирск, 19-23 октября 2020 г.). 2020. С. 22.
288. *Свинина С.В.* О подходах к численному решению дифференциально-алгебраических систем уравнений в частных производных индекса выше единицы // Тез. Междунар. конф. «Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики» (Новосибирск, 1-5 июля 2019 г.). 2019. С. 36-37.
289. *Семенов А.А., Кондратьев В.С.* Использование дизъюнктивных диаграмм в задачах обращения инъективных функций // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 63-64.
290. *Соловарова Л.С.* О коллокационно-вариационных разностных схемах с 2 точками коллокации для дифференциально-алгебраических уравнений // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 65.
291. *Сорокин С.П., Сорокина П.Г.* Оптимизация промысла рыб с учетом возрастной структуры и искусственного воспроизводства // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 66.
292. *Сорокиков П.С.* Пакет программ для численного решения задач многоэкстремальной оптимизации // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 67.
293. *Сорокиков П.С., Горнов А.Ю.* Статистическое тестирование вычислительной технологии оптимизации потенциалов атомно-молекулярных кластеров // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 68-71.
294. *Сорокиков П.С., Горнов А.Ю.* Низкопотенциальные атомно-молекулярные кластеры Морса размерностей от 330 до 460 атомов // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 69.
295. *Толстихин А.А.* Поиск источника нестационарного физического поля группой мобильных роботов // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 70.



296. *Тятюшкин А.И.* Расчет оптимального маневра при защите задней полусферы самолета от атакующей ракеты // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 71.
297. *Фереферов Е.С., Ветров А.А.* Геоархеологический репозиторий Байкальской Сибири // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 74-76.
298. *Хандаров Ф.В., Сорокиков П.С.* Численное исследование свойств метода нелокального поиска Teaching–Learning-Based Optimization // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 77-78.
299. *Черепанов И.А., Михайлов А.А., Шугаров А.О.* Автоматизация обучения глубоких нейронных сетей для обнаружения таблиц на изображениях документов // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 79.
300. *Чистяков В.Ф.* О разрешимости некоторых классов эволюционных дифференциально-алгебраических уравнений в частных производных и методе наименьших квадратов // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 81-82.
301. *Чистяков В.Ф., Чистякова Е.В.* Решение некоторых классов систем интегральных уравнений Вольтерра методом наименьших квадратов // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 80.
302. *Юрин А.Ю., Дородных Н.О.* FUZZYRVML: нотация для моделирования нечетких правил // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 7–11 декабря 2020 г.). 2020. С. 85.

СВИДЕТЕЛЬСТВА О ГОСУДАРСТВЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ ОБЪЕКТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

303. *Горский С.А.* Средства управления git-репозиториями в пакетах прикладных программ: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2020664108 от 09.11.2020 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2020.
304. *Жарков М.Л., Павидис М.М., Казаков А.Л.* Система моделирования работы сложных транспортных структур на основе теории массового обслуживания: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2020662622 от 21.10.2020 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2020.
305. *Заикин О.С., Грибанова И.А.* Параллельный решатель проблемы булевой выполнимости, использующий метод Монте-Карло для поиска эффективных декомпозиций: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2020665376 от 25.11.2020 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2020.
306. *Казаков А.Л., Лемперт А.А., Та Ч.Т.* ТУШОЛ (Трехмерные Упаковки Шаров, Оптимизация, Логистика): Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2020610238 от 26.01.2020 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2020.
307. *Лемперт А.А., Столбов А.Б.* Веб-ориентированная программная система поддержки исследований в инфраструктурной микро и мезо логистике на основе онтологического представления знаний: Свидетельство о государственной регистрации программ для



ЭВМ №2020664349 от 11.11.2020 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2020.

308. *Николайчук О.А., Павлов А.И., Столбов А.Б.* Программная система для создания спецификаций агентных имитационных моделей на основе модельно-управляемого подхода: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2020664350 от 11.11.2020 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2020.



СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ В РАМКАХ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАДАНИЯ ИДСТУ СО РАН

Выполнение фундаментальных научных исследований по теме (проекту)	Количество научных публикаций в журналах, индексируемых в российских и международных информационно-аналитических системах научного цитирования / Из них в Web of Science, Scopus	
	План	Факт
I.1.4.1. Эволюционные уравнения и управляемые системы: теория, численный анализ и приложения (руководитель – чл.-к. РАН А.А. Толстоногов)	32/15	42/35
I.1.4.2. Развитие математических методов описания процессов в физике высоких энергий, высокотемпературной плазме и механике сплошных сред (руководитель – д.ф.-м.н. Ю.А. Марков)	13/6	25/21
I.1.4.3. Качественный анализ динамических свойств и синтез управлений гибридными механическими системами с развитием средств компьютерной алгебры и средств численной реализации (руководитель – д.т.н. Э.И. Дружинин)	13/6	16/9
IV.38.1.1. Технологии разработки проблемно-ориентированных самоорганизующихся мультиагентных систем группового управления: методы, инструментальные средства, приложения (руководитель – ак. И.В. Бычков)	22/10	22/17
IV.38.1.2. Методы и технологии создания распределенной сервисно-ориентированной среды сбора, хранения, обработки больших объемов разноформатных междисциплинарных научных данных и знаний, основанные на конструктивных средствах спецификации, порождающем программировании и интеллектуализации (руководитель – д.т.н. Г.М. Ружников)	22/10	23/11
IV.38.1.3. Разработка методов непрерывной и дискретной оптимизации и их реализация на высокопроизводительных вычислительных системах для поддержки междисциплинарных научных исследований (руководитель – д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский)	20/9	27/23



Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2020 г.

Информационно-телекоммуникационная платформа цифрового мониторинга озера Байкал на основе сквозных технологий (<i>руководитель – ак. И.В. Бычков</i>)	1/-	2/2
ИТОГО	123/56	157/118



**ЦЕЛЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛАНА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИДСТУ СО РАН**

№ п/п	Наименование показателя (индикатора)	Ед. изм.	2017 год	2018 год	2019 год	2020 год
			Факт	Факт	Факт	Факт
1.	Среднесписочная численность работников всего	чел.	128	128	126	124
2.	Численность работников, выполняющих научные исследования и разработки всего, из них:	чел.	161	154	153	154
2.1.	Численность исследователей, всего	чел.	84	84	83	81
3.	Средняя заработная плата научных сотрудников	тыс. руб.	67,7	73,4	87,1	93,1
4.	Отношение средней заработной платы научных сотрудников к средней заработной плате в соответствующем регионе	%	202,78	201	224	228
5.	Удельный вес исследователей в возрасте до 39 лет в общей численности исследователей учреждения	%	45,23	42,9	44,58	37
6.	Доля исследователей, осуществляющих преподавательскую деятельность в общей численности исследователей	%	47	46	46	33
7.	Объем внутренних затрат учреждения на научные исследования и разработки в общем объеме расходов учреждения всего	тыс. руб.	173 412,5	148 325,6	167016,8	269566,1
8.	Удельный вес средств, полученных учреждением из внебюджетных источников	%	24,83	18,9	14,6	46,7
9.	Стоимость машин и оборудования в возрасте до 5	тыс. руб.	22811,636	26 687	28 479,9	31558



Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2020 г.

	лет					
10.	Число публикаций в рецензируемых российских и международных периодических изданиях.	ед.	194	188	224	185
11.	Число научных публикаций в журналах, индексируемых в базе данных Scopus.	ед.	114	135	161	143
12.	Число научных публикаций в журналах, индексируемых в базе данных «Сеть науки» (Web of Science) за год	ед.	76	72	87	71
13.	Количество зарегистрированных объектов интеллектуальной собственности всего	ед.	103	114	121	127