

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

«04» февраля 2019 г.



ИТОГОВЫЙ ОТЧЕТ

*о научной и научно-организационной работе
за 2018 год*

Одобен Ученым советом
ИДСТУ СО РАН
Протокол № 1 от 28.01.2019

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 2018 г.***



**Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2018 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 – 153 чел., в т.ч. н.р. – 84. Из них ак. – 1, чл.-к. РАН – 1, д.н. – 24, к.н. – 55.

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).



***Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2018 г.***

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.П. Новопашин)

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)



ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	6
Важнейшие научные результаты	9
Результаты фундаментальных исследований по программе РАН	23
Исследования по Программам РАН и интеграционным проектам СО РАН	60
Исследования, проведенные при поддержке Российского научного фонда	65
Исследования, проведенные при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований	73
Международные гранты Российского фонда фундаментальных исследований	75
Исследования по молодежным проектам	75
Работы по развитию инфраструктуры интегрированной информационно-вычислительной сети Иркутского научно-образовательного комплекса (ИИВС ИрНОК)	76
Иркутский суперкомпьютерный центр СО РАН	77
Инновационная деятельность	79
Научно-организационная деятельность	81
Ученый совет	81
Диссертационный совет	81
Научные кадры	81
Конференции и семинары	82
Связи с вузами	82
Членство в советах РАН и СО РАН	82
Членство в национальных и международных научных организациях	83
Членство в редколлегиях научных изданий	83
Членство в научно-технических советах и комиссиях органов государственной власти	84
Экспертная деятельность	85
Международные научные связи и совместная деятельность с зарубежными научными учреждениями	85
Перечень публикаций и полученных патентов	90
Справочные материалы	119



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 г. № 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 2018 году в Институте работало 153 человека, из них 84 – научных работника, в том числе 1 действительный член РАН, 1 член-корреспондент РАН, 22 доктора наук и 55 кандидатов наук, молодых научных работников (до 39 лет) – 36, проходили обучение 12 аспирантов.

В 2018 году Институт проводил фундаментальные исследования в соответствии с Планом научно-исследовательской работы и Государственным заданием по 6 научным (базовым) темам в рамках двух приоритетных направлений Программы фундаментальных исследований государственных академий на 2013-2020 годы:

- I.1.4.1. Эволюционные уравнения и управляемые системы: теория, численный анализ и приложения (руководитель – чл-к. 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).



**Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2018 г.**

- 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).

В соответствии с Планом научно-исследовательской работы и Государственным заданием проводились также фундаментальные исследования по 2 темам Программы фундаментальных исследований Президиума РАН и 4 темам Комплексной программы фундаментальных исследований СО РАН № II.1 «Междисциплинарные интеграционные исследования»:

- Программа I.27П, тема «Методы и средства решения трудных переборных задач с помощью суперкомпьютеров» (руководитель – ак. И.В. Бычков).

- Программа I.30П, тема «Методы, алгоритмы и инструментальные средства децентрализованного группового решения задач в вычислительных и управляющих системах» (руководитель – ак. И.В. Бычков).

- Программа II.1, тема «Разработка и экспериментальное исследование эффективности методов оценки антропогенного воздействия на окружающую среду» (отв. – д.т.н. Г.М. Ружников).

- Программа II.1, тема «Создание специализированного программного инструментария, способного производить анализ многомерных экономических моделей динамического типа с невыпуклыми критериями качества» (отв. – д.т.н. А.Ю. Горнов).

- Программа II.1, тема «Разработка алгоритмов и решение задач управления спиновыми токами в структурах с квантовыми точками» (отв. д.т.н. – А.Ю. Горнов).

- Программа II.1, тема «Разработка алгоритмов и методик параметрической идентификации динамических моделей формирования батолитов и базит-ультрабазитовых комплексов» (отв. – д.т.н. А.Ю. Горнов).

Проводились фундаментальные исследования за счет внебюджетных источников по 27 научно-исследовательским проектам РФФИ, в том числе по 2 проектам молодых ученых, 2 международным проектам. Проводились также исследования по 4 проектам РНФ.

Все задания 2018 года выполнены.

Для участия в международных конференциях и проведения совместных исследований в 2018 году работниками Института выполнено 20 командировок за рубеж в 13 стран мира.

В 2018 году Институтом проведены научные мероприятия:

- VI Международная школа-семинар «Нелинейный анализ и экстремальные задачи» НЛИА-2018 (VI International Conference «Nonlinear Analysis and Extremal Problems» NLA-2018), 25 – 30 июня 2018 г., г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН;

- Международная научная конференция «Информационные технологии в исследовании биоразнообразия» (International Scientific Conference «Information Technologies in the Research of Biodiversity»), 11 – 14 сентября 2018 г., г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН.



***Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2018 г.***

- Конференция «Ляпуновские чтения», 3-5 декабря 2018 года, г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН.

В 2018 году Стипендии Президента РФ для молодых ученых получали к.т.н. И.В. Отпущенников, С.Е. Кочемазов, Р.О. Костромин.

Грант Президента РФ для поддержки молодых ученых, осуществляющих перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики получил к.т.н. О.С. Заикин.

Стипендию Мэра города Иркутска в области науки и техники получила аспирантка М.В. Баркова.

Почетное звание «Профессор РАН» присвоено д.ф.-м.н. А.Л. Казакову.

Академик И.В. Бычков награжден Орденом Полярной звезды (Монголия, Указ Президента Монголии от 15.10.2018 № 140).



ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Приоритетное направление 1. Теоретическая математика

1. Компактность многозначных отображений со значениями в пространстве полиэдров.

Найдены условия предкомпактности и компактности множеств в пространстве многозначных отображений, определенных на локально компактном пространстве, с топологией равномерной сходимости на компактах. Значениями отображений являются полиэдры в равномерно выпуклом банаховом пространстве.

Автор: чл.-к. РАН А.А. Толстоногов

2. Условия робастной устойчивости для стационарных и нестационарных линейных систем дифференциально-алгебраических уравнений (ДАУ) с интервальными коэффициентами.

Исследовалась робастная устойчивость линейной системы ДАУ с интервальными коэффициентами произвольно высокого индекса неразрешенности. ДАУ имеют многочисленные приложения, в частности, в теплоэнергетике. Основная трудность, возникающая при исследовании робастных свойств ДАУ, связана с тем, что даже в простейших случаях при сколь угодно малом возмущении коэффициентов может измениться внутренняя структура системы и, следовательно, вид общего решения, в результате чего структура и свойства невозмущенной системы могут потерять для анализа всякое значение. В связи с этим были найдены некоторые линейные соотношения, которым должны подчиняться элементы интервальных коэффициентов системы для того, чтобы размерность пространства решений и структура общего решения интервального семейства были такими же, как у невозмущенной системы. Такие возмущения названы «сохраняющими внутреннюю структуру». В предположениях, обеспечивающих сохранение структуры, получены условия робастной устойчивости для стационарных и нестационарных систем ДАУ с переменными и постоянными интервальными возмущениями, у которых неопределенность может присутствовать во всех матричных коэффициентах.

Авторы: д.ф.-м.н. А.А. Щеглова, А.Д. Кононов.

3. О связи свойств вырожденной линейно-квадратичной задачи управления и уравнения Эйлера-Пуассона.

Рассмотрен квадратичный функционал с линейными связями в виде дифференциальных уравнений с тождественно вырожденными матрицами перед производной вектор-функции состояния. Выделена структура общих решений таких систем и некоторые их свойства. На этой основе получены условия неотрицательности целевого функционала и условия малого отклонения управления от стационарной точки при малых значениях функционала.

Автор: д.ф.-м.н. В.Ф. Чистяков.



4. Развитие метода предельных уравнений для исследования асимптотического поведения неавтономных систем.

Разработан метод предельных дифференциальных включений для неавтономных управляемых систем с запаздыванием, и изучен вопрос асимптотического поведения неавтономных систем управления с приложением к механическим системам управления.

Автор: д.ф.-м.н. И.А. Финогенко.

5. Позиционный принцип минимума в задачах оптимального управления.

Позиционным принципом минимума называется необходимое условие глобальной оптимальности для нелинейных задач оптимального управления, основанное на позиционном варьировании и существенно усиливающее фундаментальный принцип максимума Л.С. Понтрягина (ПМП). Примечательно, что такого усиления удастся добиться, не выходя за рамки конструкций ПМП.

Это необходимое условие обобщено на негладкие задачи оптимального управления, а также в несколько ослабленной, аппроксимативной форме – на задачи с терминальными ограничениями на траекторию. Сфера его применимости расширена нелинейными задачами дискретного и импульсного управления (в том числе с полиномиальными импульсными воздействиями). На основе полученных теоретических результатов разработаны эффективные нелокальные численные алгоритмы оптимального управления.

Результаты могут быть использованы для разработки программного обеспечения для решения прикладных задач робототехники, экономики, создания систем машинного обучения и искусственного интеллекта.

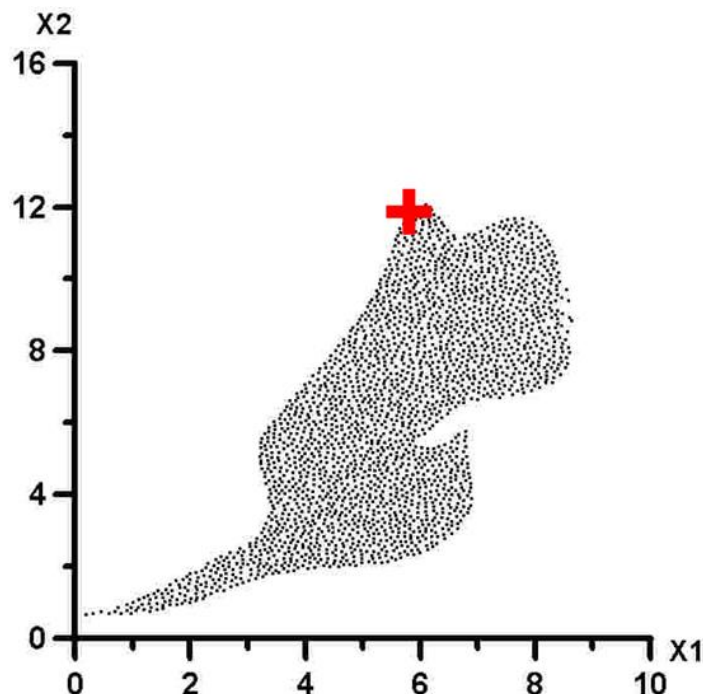


Рис. 1. Невыпуклое множество достижимости в тестовой задаче оптимального управления, решенной позиционными итерациями

*Авторы: д.ф.-м.н. В.А. Дыхта, к.ф.-м.н. Е.В. Гончарова, к.ф.-м.н. О.Н. Самсонюк,
к.ф.-м.н. М.В. Старицын, к.ф.-м.н. С.П. Сорокин.*



6. Технология аппроксимации множества достижимости управляемой алгебро-дифференциальной системы.

Рассматривается нелинейная алгебро-дифференциальная система с линейной зависимостью от управляющих воздействий. Предложен алгоритм, основанный на редукции, к задаче оптимального управления стандартного типа и ее многократном решении. Введением дополнительной фазовой переменной и дополнительного управления «алгебраическая» переменная приводится к динамическому типу. В качестве функционала рассматривается интегральная невязка, порождаемая исходными уравнениями типа равенства. Численное решение поставленной серии задач производится в автоматическом режиме, при этом неудачные решения с невязкой, превышающей заданное пороговое значение, из «аппроксимирующего облака» удаляются.

В качестве примера рассмотрена управляемая система $\dot{x}_1 = x_2 + 0.25u$, $\dot{x}_2 = u - \sin(x_1)$, $0 = x_1 - 0.25u$, $x_1(0) = 5$, $x_2(0) = 0$, $u(0) = 20$, определенная на временном интервале $t \in [0, 6]$. На управляющие воздействия накладываются ограничения $|u(t)| \leq 1$. Для данной системы возможно произвести очевидную редукцию к каноническому виду – управляемой системе в нормальной форме Коши. Результаты сравнения расчетов, полученных с применением редукции к стандартному виду и с использованием предложенного алгоритма, приведены на рис. 2.

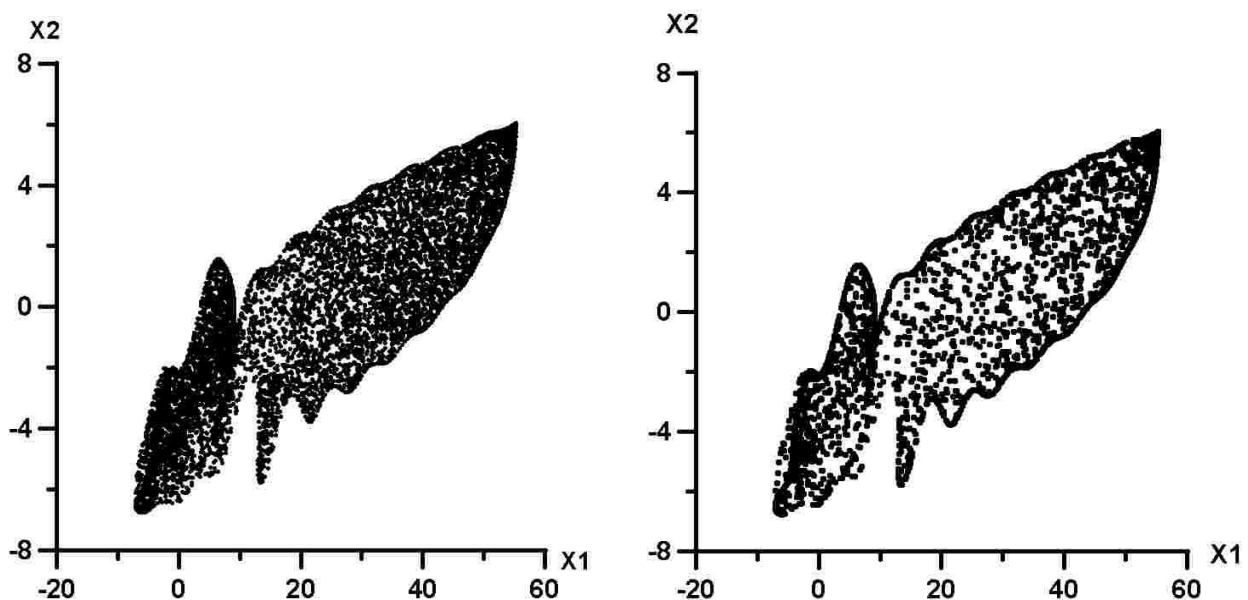


Рис. 2. Множество достижимости в тестовом примере, построенное с помощью
а) редукции к стандартному виду; б) предложенного алгоритма

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



7. Вычислительная технология аппроксимации интегральной воронки управляемой системы с множеством допустимых управлений полиэдрального типа.

Разработана вычислительная технология для аппроксимации интегральной воронки управляемой системы с множеством допустимых управлений полиэдрального типа. Технология основана на априорном задании сетки дискретизации по времени с фиксированным постоянным шагом и поочередном рассмотрении задач аппроксимации множества достижимости для всех узлов сетки. Для покрытия множеств достижимости используется модификация алгоритма стохастической аппроксимации, опирающегося на пробные управляющие воздействия релейного типа. Равномерность покрываемой множества «облачной» аппроксимации достигается с применением специализированного алгоритма селекции, реализующего удаление из базы слишком близко расположенных точек.

На рис. 3 представлены результаты вычислительных экспериментов по построению сечений интегральной воронки для системы $\dot{x}_1 = u_2 + x_1 x_2$, $\dot{x}_2 = u_1 - 5 \sin x_1$ с начальными условиями $x_1(0) = 5$, $x_2(0) = 0$. Допустимое множество полиэдрального вида задано угловыми точками $(-1,1)$, $(1,-1)$, $(1,1)$, $(-1,-1)$, $(3.5,0)$ и отражено на равномерной сетке по времени от 0 до множества узлов $\{0.01, 0.03, 0.05, 0.07, 0.09, 0.1, 0.2, \dots, 1.0\}$.

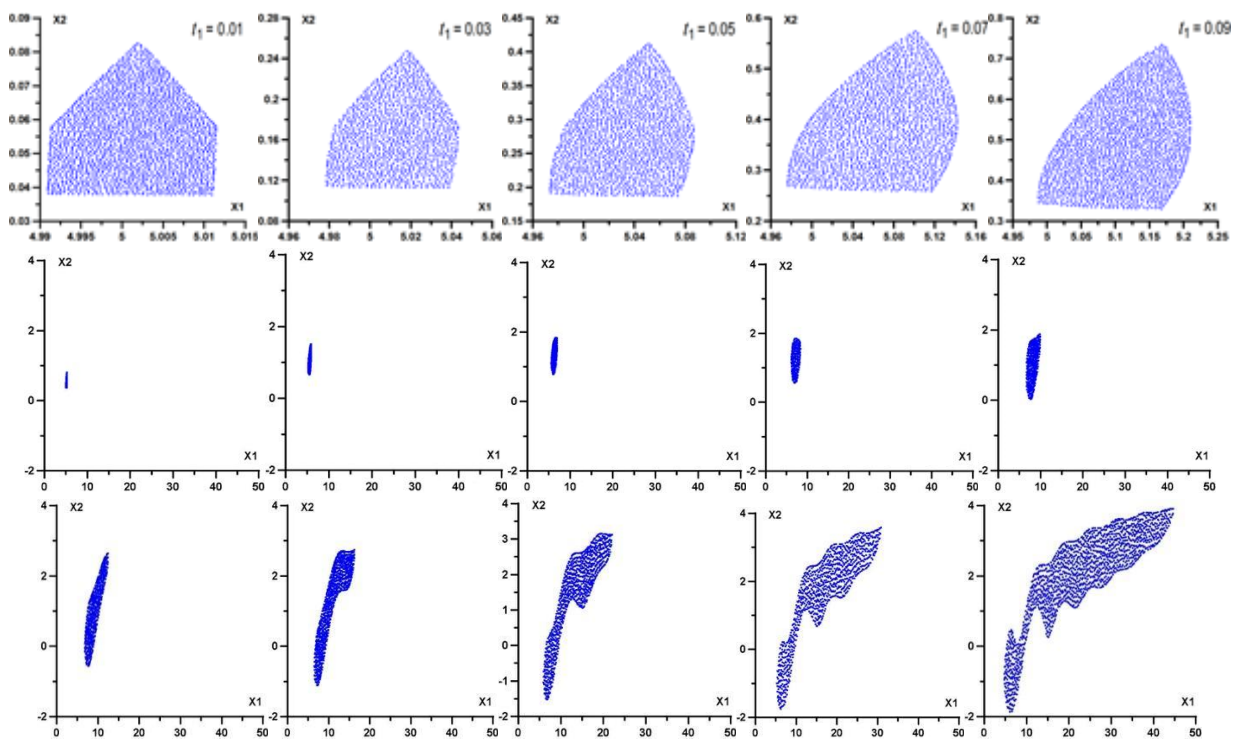


Рис. 3. Сечения интегральной воронки для рассмотренной системы с допустимым полиэдральным множеством на равномерной временной сетке от 0 до множества узлов $\{0.01, 0.03, 0.05, 0.07, 0.09, 0.1, 0.2, \dots, 1.0\}$

Автор: д.т.н. А.Ю. Горнов.



8. Точные решения нелинейных систем типа реакции-диффузии.

Изучены нелинейные системы типа реакции-диффузии, моделируемые системами уравнений параболического типа со степенными нелинейностями. Предложена конструкция точных решений, позволяющая декомпозировать процесс отыскания компонент, зависящих от времени и пространственных координат. Установлены связи с обыкновенными дифференциальными уравнениями и уравнениями с запаздыванием (опережением). Построены многопараметрические семейства точных решений, задаваемых элементарными функциями, специальными функциями Якоби, гармоническими функциями. Выделены случаи взрывающихся (*blow-up solution*) или периодических по времени и анизотропных по пространственным переменным точных решений. Построенные многомерные точные решения являются новыми, ранее в литературе не встречались. Такого рода системы описывают процессы нелинейной диффузии в реагирующих многокомпонентных сплошных средах, встречаются в математической биологии и химической кинетике. Найденные точные решения могут использоваться как рабочие режимы в химических технологиях.

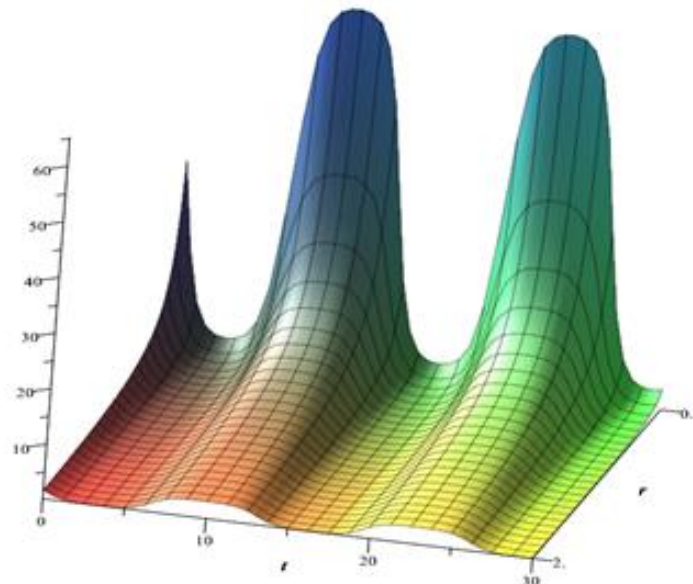


Рис. 4. Пример положительного изотропного по пространству и периодического по времени точного решения нелинейной системы типа реакции-диффузии, выражаемого через специальные функции Якоби

Авторы: к.ф.-м.н. Э.И. Семенов, к.ф.-м.н. А.А. Косов.

9. Дифференциальная реализация билинейной системы второго порядка в гильбертовом пространстве.

Получены необходимые и достаточные условия реализации в сепарабельном гильбертовом пространстве нестационарной билинейной дифференциальной системы второго порядка (в том числе гиперболической), содержащей в качестве допустимых решений заданный не ограниченный по мощности (конечный / счетный / континуальный) нелинейный пучок бесконечномерных управляемых динамических процессов.

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



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

1. Двухуровневый эволюционный подход к маршрутизации группы подводных роботов в условиях периодической ротации состава.

Предложен двухуровневый подход к динамическому планированию стратегии группы автономных подводных роботов, основанный на декомпозиции миссии на последовательность рабочих периодов с обязательным сбором действующей группировки по окончании каждого из них. Задача планировщика на верхнем уровне заключается в составлении такого расписания циклов зарядки аппаратов в группе, которое обеспечивало бы своевременное пополнение батарей при недопущении одновременной зарядки большого количества роботов. На основе построенного расписания декомпозиция миссии осуществляется таким образом, чтобы каждый сбор группы сопровождался либо выходом робота из группы для осуществления подзарядки, либо возвращением в группу после нее. Такая схема позволяет регулярно отслеживать статус группы и осуществлять оперативное перепланирование при изменении ее состава. За маршрутизацию группы на каждом рабочем периоде отвечает низкоуровневый планировщик, работающий на графе целей и учитывающий технические возможности всех аппаратов в группе, а также все действующие ограничения и требования к выполнению конкретных задач миссии. Разработан и программно реализован эволюционный подход к децентрализованной реализации планировщиков с применением специализированных эвристик, современных процедур улучшения решений, оригинальных схем кодирования и оценки решений.

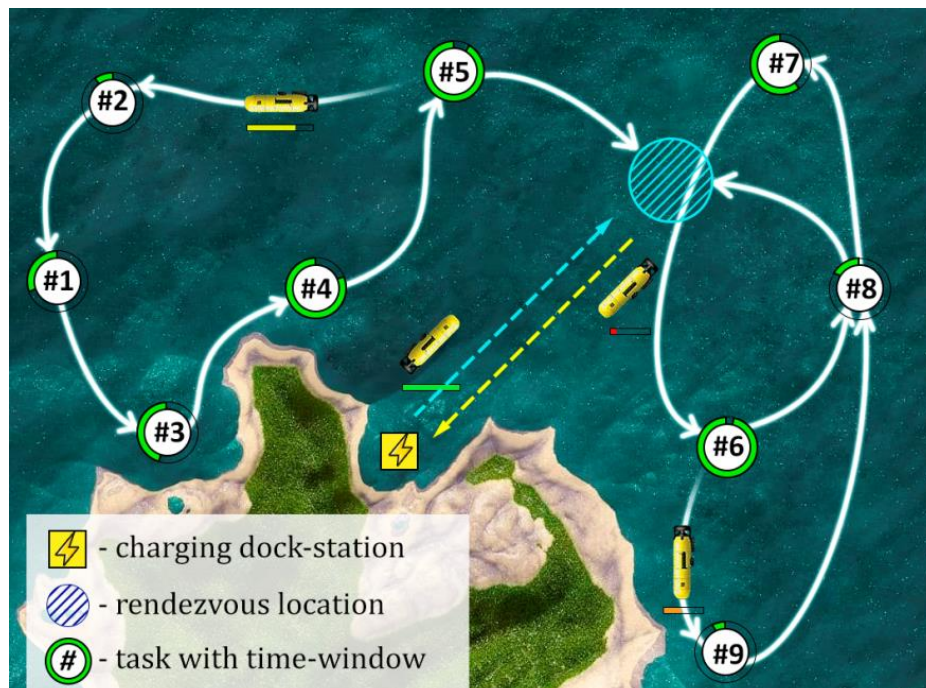


Рис. 5. Схематическое представление выполнения многоцелевой миссии группой автономных подводных роботов с непостоянным составом

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



2. Мультиагентная технология управления распределенными вычислениями для решения больших задач в гетерогенной среде в рамках междисциплинарных исследований.

Разработана новая мультиагентная технология управления масштабируемыми приложениями для решения больших задач в гетерогенной распределенной вычислительной среде (ГРВС, рис. 6), обеспечивающей в отличие от известных интеграцию Grid и облачных вычислений. Фундаментальной основой мультиагентного управления является уникальная концептуальная модель, агрегирующая знания о специфике решаемых задач и свойствах среды. Эффективность применения разработанной технологии показана в рамках междисциплинарных исследований по решению крупномасштабных практических задач анализа направлений развития ТЭК России, оптимизации транспортной и складской логистики. При использовании мультиагентного управления в процессе решения задач получены ускорение и эффективность вычислений в ГРВС, близкие к линейному ускорению и эффективности, равной 1. Решение этих задач позволило совместно со специалистами из смежных предметных областей выявить критически важные объекты газотранспортной сети России и оптимизировать процессы транспортной и складской логистики на крупном хладокомбинате, являющемся вторым предприятием России по объему единовременного хранения от Урала до Дальнего Востока.

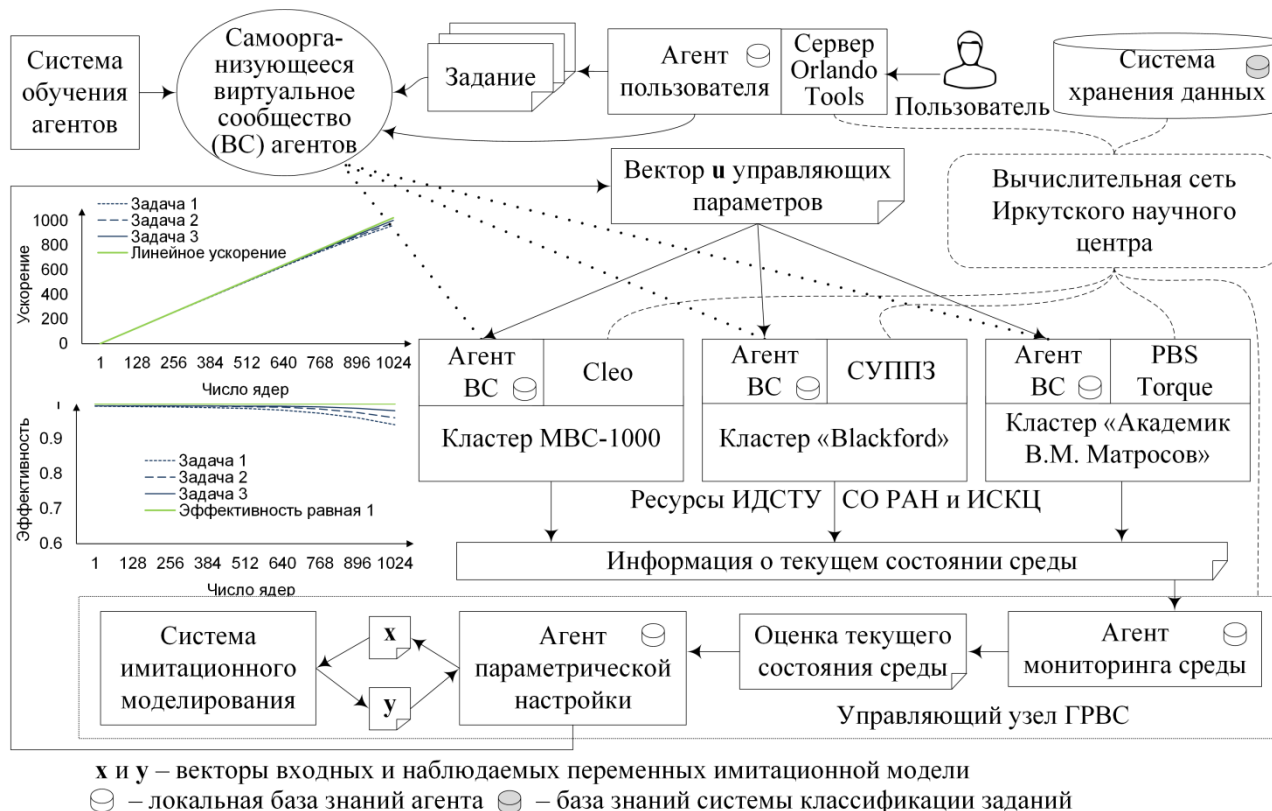


Рис. 6. Гетерогенная распределенная вычислительная среда с мультиагентным управлением

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



3. Технология интеллектуализации децентрализованного управления распределенными вычислениями.

Предложена новая технология разработки самоорганизующейся мультиагентной системы децентрализованного управления распределенными вычислениями (рис. 7а). Используется агентский (ориентированный на прикладные микросервисы) способ организации вычислений на основе прямых семантических взаимодействий прикладных агентов решателя (рис. 7б), обеспечивающих в отличие от косвенных взаимодействий лучшую адаптируемость к динамическим средам и более высокую реактивность к внешним изменениям. Технология применена для разработки распределенных мультиагентных решателей NP-сложных задач синтеза управления в двоичных динамических системах и качественного анализа автономных двоичных динамических систем (рис. 7в), имеющих практическое применение в генных регуляторных сетях.

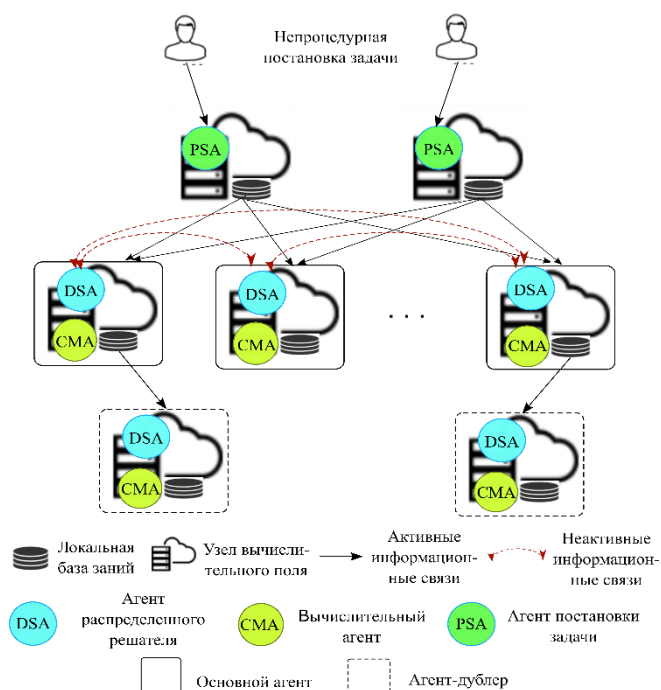


Рис. 7а. Архитектура мультиагентного решателя, разработанного по предложенной технологии

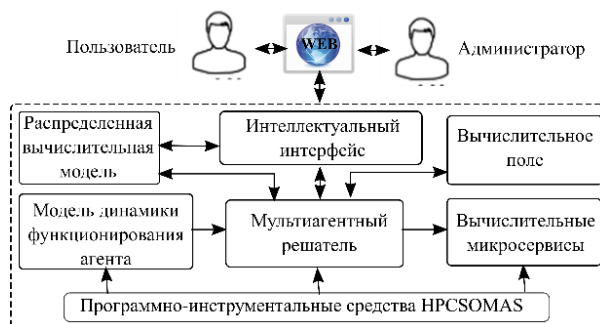


Рис. 7б. Разработанные авторами математические, информационные и программно-инструментальные средства, составляющие основу новой технологии



Рис. 7в. Ускорение разработанного решателя в сравнении с традиционным решателем BNS

Авторы: ак. И.В. Бычков, д.т.н. Г.А. Опарин, к.т.н. В.Г. Богданова,
А.А. Пашинин, к.т.н. С.А. Горский.



4. Предметно-ориентированный декларативный язык описания трансформаций концептуальных моделей (Transformation Model Representation Language, TMRL).

Разработан предметно-ориентированный декларативный язык описания трансформаций концептуальных моделей (Transformation Model Representation Language, TMRL), включающий конструкции для описания не только преобразуемых структур и связей между ними, но и механизма взаимодействия с внешними программными компонентами трансформаций. Язык позволяет абстрагироваться от конкретики специализированных языков трансформаций моделей общего назначения (например, ATL, QVT) и использовать созданные ранее компоненты трансформации. Применение языка обеспечивает создание баз знаний интеллектуальных систем на основе модельных трансформаций.

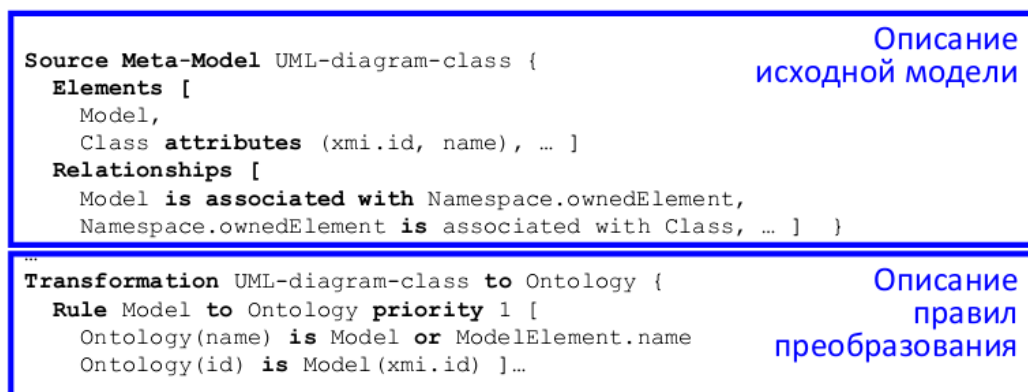


Рис. 8. Пример конструкций TMRL

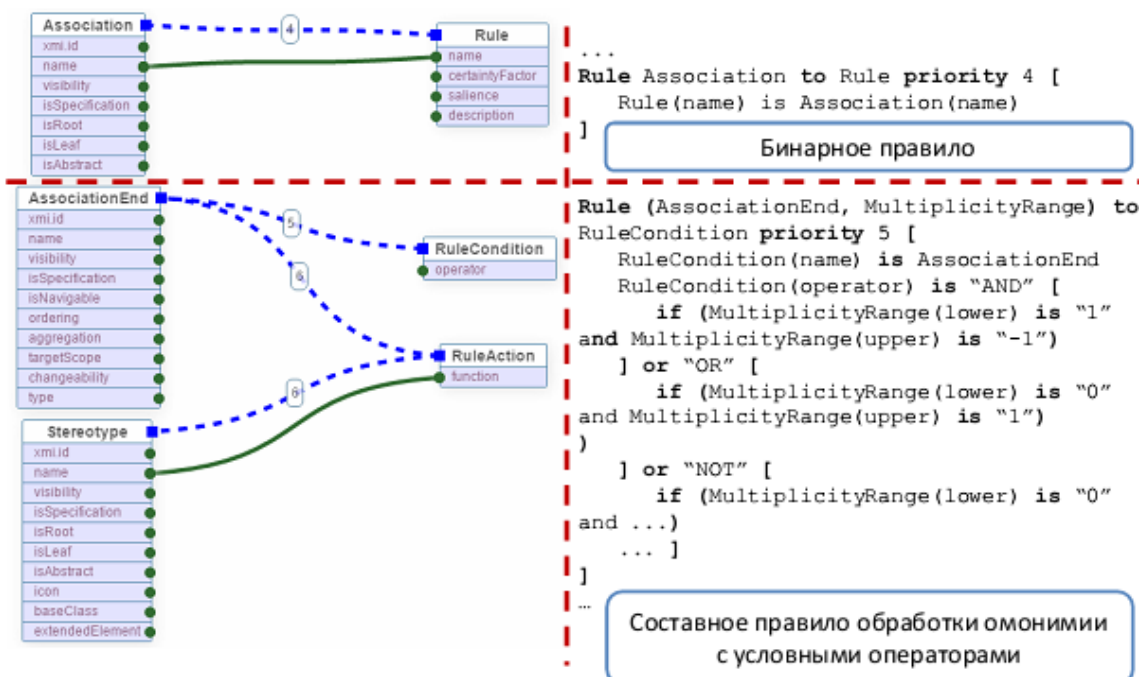


Рис. 9. Примеры редактора трансформаций моделей и правил на TMRL

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



5. Алгоритмы улучшения триангуляций, представляющих рельеф.

Для триангуляций, служащих для представления рельефа местности, разработан ряд новых алгоритмов их улучшения: алгоритм исправления артефактов, возникающих при построении триангуляций по изолиниям рельефа; алгоритм замены фрагмента триангуляции на другой, содержащий более точные данные; алгоритм сглаживания триангуляции.

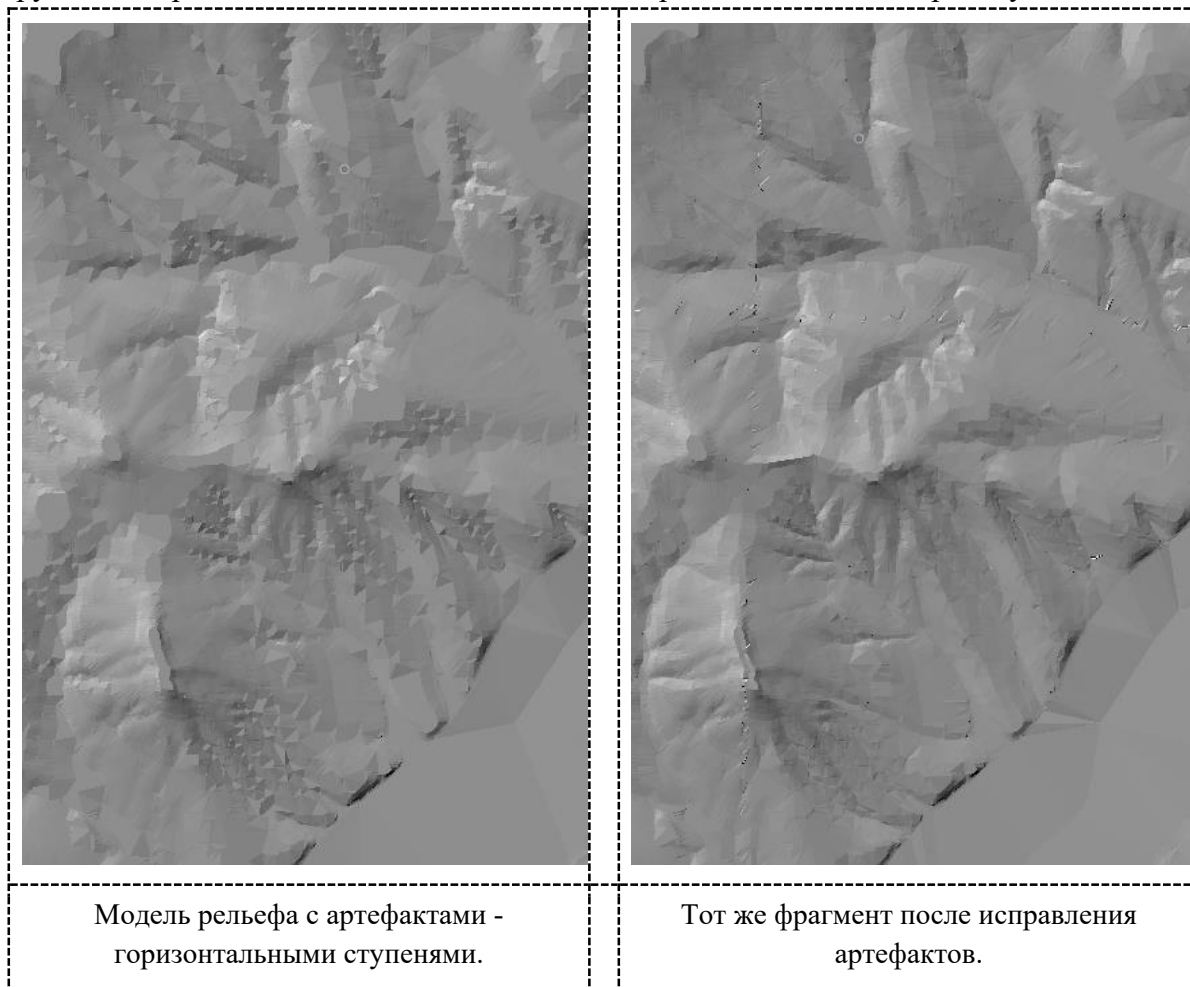


Рис. 10. Результат работы алгоритма

*Авторы: к.т.н. А.Е. Хмельнов, к.т.н. А.С. Гаченко,
Т.Ф. Хмельнова, д.т.н. Г.М. Ружников.*



6. Методы и технологии поиска сервисов распределенной сервис-ориентированной среды на основе анализа спецификаций существующих сервисов и данных.

Разработаны метод и технологии поиска сервисов в рамках распределенной сервис-ориентированной среды. Предлагается производить поиск на основе заранее сформированной семантической сети сервисов. Семантическая сеть сервисов определяет возможные связи сервисов в соответствии с передаваемыми данными, т.е. дуги этой сети задают возможность элементарной композиции – цепочки выполнения из двух сервисов, когда результаты работы одного сервиса могут быть применены в качестве входных данных другого сервиса. Для построения семантической сети предлагается метод, основанный на анализе статистических данных о применении сервисов пользователями. В системе выполнения сервисов и их композиций ведется сбор данных о произведенных вызовах сервисов. Данные включают название сервиса и его адрес, значения входных и выходных параметров, время выполнения сервисов, успешность выполнения, ошибки выполнения и т.д. В методе для анализа вызовов используется алгоритм, который производит поиск сочетания вызовов сервисов, в которых файл, являющийся результатом работы одного сервиса, передается в качестве параметра другому сервису.

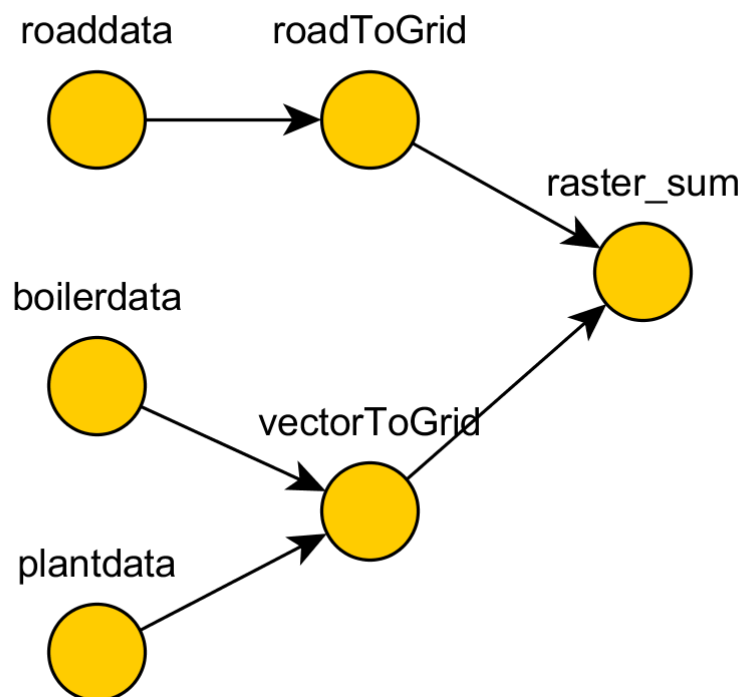


Рис. 11. Полученная семантическая сеть

*Авторы: к.т.н. Р.К. Федоров, А.С. Шумилов, к.т.н. А.Ю. Авраменко,
А.А. Ветров, к.т.н. А.К. Попова.*



7. **Концепция и модель инструментальной платформы извлечения и трансформации произвольных электронных таблиц.**

Разработана концепция и модель инструментальной платформы разработки систем извлечения и трансформации данных из произвольных электронных таблиц в реляционную форму на основе исполнения правил анализа и интерпретации табличной компоновки и содержания. Платформа предоставляет предметно-независимую объектную модель таблицы и формальный язык правил анализа и интерпретации произвольных таблиц. В отличие от современных конкурентных решений предлагаемая платформа не ограничивается встроенными свойствами таблиц, обусловленными предметной областью. Она обеспечивает разработку и исполнение облегченных декларативных программ извлечения данных из произвольных таблиц. Реализован прототип веб-ориентированной системы трансформации произвольных таблиц в формате Excel к плоским файловым базам данных. Формальный язык платформы был адаптирован для обеспечения интерпретации табличных документов при создании технологии кросс-контекстного обмена документами с внедренной семантической разметкой.

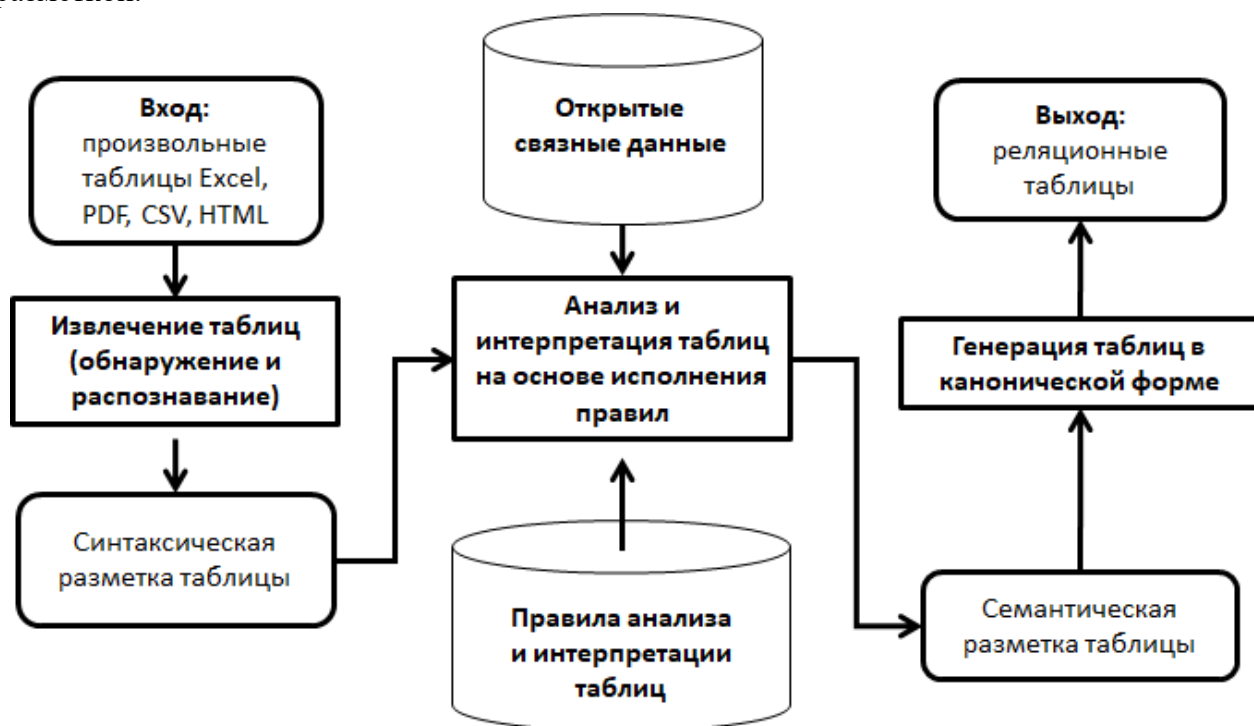


Рис. 12. Модель платформы

Авторы: ак. И.В. Бычков, к.т.н. А.О. Шигаров, к.т.н. А.А. Михайлов,
В.В. Христюк.



8. Точный параллельный метод решения задачи оптимального замещения.

Разработан новый точный параллельный метод решения задачи оптимального замещения, в которой дано множество товаров (конфигураций) и спрос (количество) на каждый товар. Некоторые товары могут быть заменены на другие, более дорогие. Необходимо выбрать ограниченное множество товаров для производства, удовлетворяя общий спрос и минимизируя переplату за замены (см. пример на рис. 13).

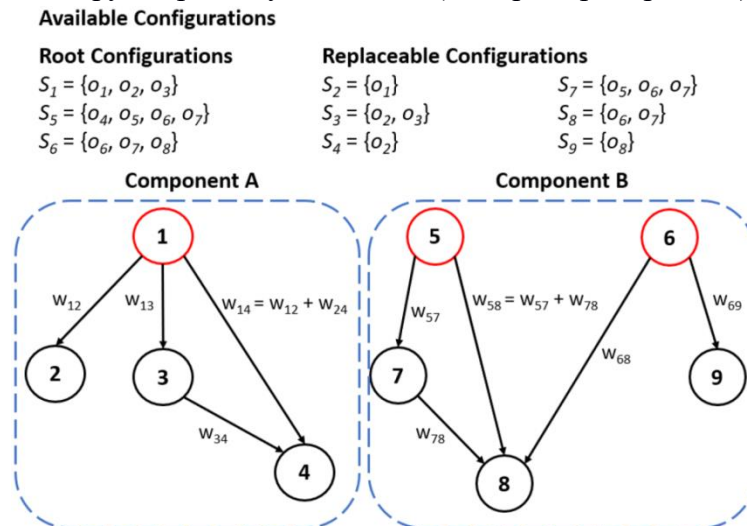


Рис. 13

Разработанный метод базируется на редукции исследуемой задачи к задаче о р-медиане на несвязном ациклическом графе. Новизна разработанного параллельного алгоритма заключается в одновременном использовании нескольких подходов, таких как декомпозиция задачи, релаксация Лагранжа, метод имитации отжига, метод динамического программирования.

Произведена реализация и тестирование разработанного метода на практической задаче производства компонентов электропроводки в автомобильной промышленности. Практические примеры содержат более 100 тысяч конфигураций и 8 миллионов возможных замещений (переменных). Предложенная параллельная схема алгоритма позволяет добиться параллельного ускорения, близкого к идеальному (см. рис. 14).

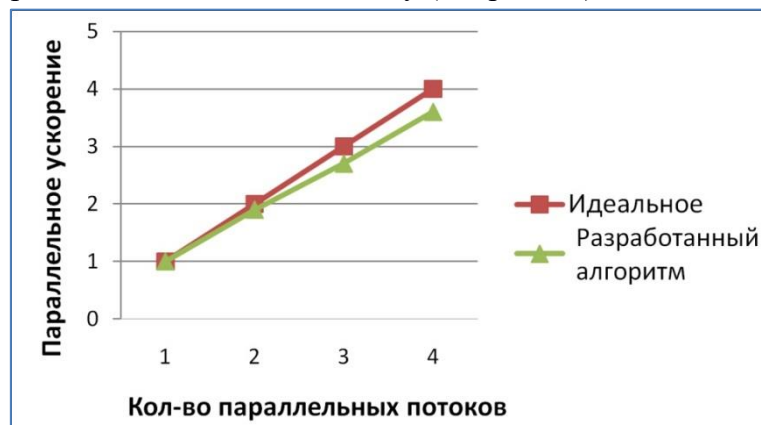


Рис. 14

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



9. Новый метод построения одного класса алгебраических атак на ряд симметричных алгоритмов шифрования.

В основе разработанного метода лежит понятие инверсного множества с лазейкой (Inverse Backdoor Set, IBS). Каждое IBS является основой для криптографической атаки из класса «угадывай и определяй» (guess-and-determine). В рамках такой атаки требуется решить набор систем алгебраических уравнений над полем $GF(2)$. Задача решения каждой системы сводится к проблеме булевой выполнимости (SAT). Время атаки на основе конкретного IBS вычисляется в форме значения псевдобулевой функции типа «черный ящик». Для поиска IBS, обеспечивающего атаку наименьшей трудоемкости, применяются метаэвристические алгоритмы (Tabu Search, Simulated Annealing, (1+1)-Evolutionary Algorithm). С использованием разработанного метода построены рекордные по трудоемкости атаки на ряд алгоритмов блочного шифрования.

*Авторы: к.т.н. А.А. Семенов, к.т.н. О.С. Заикин, к.т.н. И.В. Отпущенников,
С.Е. Кочемазов, к.ф.-м.н. А.С. Игнатьев.*

10. Новый алгоритм построения графов, моделирующих развитие атак в компьютерных сетях.

Сложность предложенного алгоритма есть $O(n^2)$, где n – число хостов в компьютерной сети. На базе этого алгоритма создана программная система генерации графов атак UnProVET (Unit Propagation Vulnerability Escalation Tool). В основе данной системы лежит пропозициональное кодирование алгоритма распространения атаки в компьютерной сети, результатом чего является булева формула, содержащая информацию о всех возможных атаках в сети. Вывод информации о сценариях атак из данной формулы и построение графа атак осуществляется при помощи простого правила распространения булевых ограничений (Unit Propagation rule). Новая программная система позволяет строить графы атак существенно более информативные, чем известная система MulVAL.

Авторы: к.т.н. А.А. Семенов, Д.Е. Горбатенко, С.Е. Кочемазов.



РЕЗУЛЬТАТЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОГРАММАМ СО РАН

В соответствии с Планом НИР и Государственным заданием на 2018 год выполнялись исследования по 6 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

Исследовалась робастная устойчивость линейной стационарной системы ДАУ со структурированной матричной неопределенностью. Найдены линейные соотношения, которым должны подчиняться элементы матриц возмущений системы для того, чтобы размерность пространства решений и структура общего решения возмущенных ДАУ были такими же, как у номинальной системы. Такие возмущения названы «сохраняющими внутреннюю структуру». В предположениях, обеспечивающих сохранение структуры, получены условия робастной устойчивости для системы ДАУ произвольно высокого индекса неразрешенности, у которых неопределенность может присутствовать во всех матричных коэффициентах (*авторы: д.ф.-м.н. А.А. Щеглова, А.Д. Кононов*).

Разработан метод предельных дифференциальных включений для неавтономных функционально-дифференциальных уравнений с кусочно-непрерывными правыми частями. Изучен вопрос асимптотического поведения неавтономных систем, представленных в форме разрывных уравнений Лагранжа второго рода. Это могут быть системы управления с разрывными нелинейностями или системы с сухим кулоновым трением. При описании предельных уравнений существенным образом учитывалась структура исходных систем (*автор: д.ф.-м.н. И.А. Финогенко*).

Рассмотрена система нелинейных законов сохранения, в которой граничные условия зависят от текущего состояния некоторой управляемой системы. Подобные «смешанные» системы возникают в моделях, описывающих ряд физических и экономических процессов таких, как взаимодействие твердого тела с жидкостью или газом (например, движение поршня в трубе), движение крови в кровеносных сосудах, работа узла в цепочке поставок (supply chain). Доказано, что задача оптимального управления данной системой имеет решение в классе измеримых ограниченных управлений. Кроме того, установлено, что в ней всегда существуют почти оптимальные бэнг-бэнг управления (*автор: к.ф.-м.н. Н.И. Погодаев*).



Рассмотрена линейная система уравнений с непрерывно-дискретным временем, т.е. содержащая в своей динамике как непрерывные, так и дискретные переменные. При этом матрица при непрерывной составляющей вектора состояния системы является вырожденной. Такую систему будем называть вырожденной гибридной. Введены понятия согласованных начальных данных, множества достижимости, R -управляемости (управляемость в пределах множества достижимости). Получены условия разрешимости начальной задачи в условиях как непрерывного, так и разрывного решения. Получены достаточные, а также необходимые и достаточные свойства R -управляемости для рассматриваемых систем (автор: к.ф.-м.н. П.С. Петренко).

Доказана теорема существования решения начально-краевой задачи для квазилинейной системы дифференциально-алгебраических уравнений в частных производных индекса $(1,0)$. Попутно доказаны теоремы существования решения начально-краевых задач для линейной и полулинейной системы дифференциально-алгебраических уравнений в частных производных. Доказательство теорем основано на использовании структурной формы матричного пучка системы. Структурная форма позволила записать систему дифференциально-алгебраических уравнений в частных производных в расщепленном виде. К системе в расщепленном виде был применен метод характеристик, который позволил построить характеристические кривые, покрывающие искомые интегральные поверхности во всей области определения. Для систем квазилинейных дифференциально-алгебраических уравнений в частных производных индекса $(1,0)$ доказана устойчивость сплайн-коллокационного метода численного решения. Для квазилинейных систем индекса $(k,0)$ предложен и исследован итерационный сплайн-коллокационный метод с расщепленной структурой матричного пучка (автор: к.ф.-м.н. С.В. Свинина).

Для квазилинейного уравнения теплопроводности в случае степенной зависимости коэффициента теплопроводности от температуры получены новые классы специальных точных решений. Найденные решения описывают распространение с конечной скоростью тепловых возмущений на прямой, на плоскости и в трехмерном пространстве симметрично относительно начала координат. Процедура построения основывается на так называемом прямом методе Кларксона–Крускала, который позволяет редуцировать исследуемое уравнение к начальным задачам для некоторого семейства ОДУ второго порядка с вырождением. Методами теории динамических систем и степенной геометрии проведен детальный качественный анализ решений, порождающих тепловые волны с логарифмическим законом движения фронта. Установлено, что в этом случае возможны три различные конфигурации тепловой волны (автор: С.С. Орлов).

Изучены системы линейных дифференциальных уравнений высокого порядка с вырожденной матрицей в области определения при старшей производной искомой вектор-функции. Рассмотрены возмущения (необязательно малые) таких систем операторами Фредгольма и Вольтерра. Получены условия разрешимости возмущенных систем и начальных задач для них. Показаны принципиальные различия при выборе возмущений операторами Фредгольма и Вольтерра. Получены оценки влияния малых возмущений входных данных (начальных векторов и свободного члена) на решение начальных задач. На основе этих оценок предложен численный метод наименьших квадратов для решения начальных и краевых задач. Методы программно реализованы (авторы: д.ф.-м.н. В.Ф. Чистяков, к.ф.-м.н. Е.В. Чистякова).



Выделен класс линейных дифференциально-алгебраических уравнений с начальным условием, имеющий единственное непрерывно дифференцируемое решение, зависящее от старших производных правой части. Предполагая, что правая часть задана с известным уровнем ошибки, показано, что разностная схема первого порядка генерирует алгоритм регуляризации. Шаг интегрирования, зависящий от возмущения правой части, является параметром регуляризации (*авторы: д.ф.-м.н. М.В. Булатов, к.ф.-м.н. Л.С. Соловарова*).

Доказано существование решения в задаче оптимального импульсного управления с гистерезисной нелинейностью, заданной скалярным оператором гистерезиса типа люфт. Получено представление разрывных решений импульсной управляемой системы как решений вспомогательной системы вариационных неравенств. Получено необходимое условие оптимальности (*автор: к.ф.-м.н. О.Н. Самсонюк*).

Исследована задача оптимального управления процессом выметания при наличии конусных ограничений на образ управляющей меры (импульсного управления). Предложено расширение оператора решения для процесса выметания с движущимся множеством, заданным разностью между функцией ограниченной вариации (соответствующим решением дифференциального уравнения с мерой) и заданным равномерно проксимально регулярным множеством. Исследовано сведение задачи к вспомогательной с абсолютно непрерывными траекториями и получены результаты по аппроксимации решений (*автор: к.ф.-м.н. О.Н. Самсонюк*).

Разработан алгоритм численного решения невыпуклых задач дискретного оптимального управления на основе позиционного принципа минимума – необходимого условия оптимальности, усиливающего принцип максимума Понтрягина и не предполагающего выпуклости задачи. Алгоритм использует вспомогательные позиционные управления, потенциально обеспечивающие спуск по целевому функционалу. Эти позиционные управления строятся по правилу экстремального прицеливания: в каждом узле сетки разбиения значение вспомогательного управления определяется глобальным, возможно приближенным, решением задачи максимизации функции Понтрягина. Для решения этой задачи используется многометодная технология, основанная на наборе алгоритмов невыпуклой конечномерной оптимизации, включающем алгоритмы Лууса-Яколы, имитации отжига, туннельный поиск, сферический поиск и другие (*авторы: к.ф.-м.н. С.П. Сорокин, д.т.н. А.Ю. Горнов, А.С. Аникин*).

Алгоритм решения задач дискретного оптимального управления на основе позиционного принципа минимума адаптирован для численного решения непрерывных задач оптимального управления в нелинейных динамических системах. Проведено многовариантное тестирование алгоритма на коллекции тестовых задач, включающей несколько десятков примеров; оценена область эффективного применения метода. Метод показал высокую эффективность на модельных задачах с типовыми особенностями: при наличии множества экстремалей, аномальных, строгих и нестрогих экстремалей Понтрягина и других (*авторы: к.ф.-м.н. С.П. Сорокин, д.т.н. А.Ю. Горнов, к.т.н. Т.С. Зароднюк*).

Изучены комплементарные импульсные системы, описываемые дифференциальными уравнениями с мерами. Получена корректная аппроксимация (возмущение) решений комплементарных систем обычными непрерывными динамическими процессами. Исследовано асимптотическое поведение возмущенных решений в сингулярной фазе при стремлении параметра возмущения к нулю (*авторы: к.ф.-м.н. Е.В. Гончарова, к.ф.-м.н. М.В. Старицын*).



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

Рассмотрена связь между схемой унитарного квантования и параферми-статистикой порядка 2. Предложено соответствующее обобщение анзаца Грина, которое позволило обратить в тождество билинейные и трилинейные соотношения для операторов рождения и уничтожения двух различных параферми-полей φ_a и φ_b . Предложен способ включения параклассических чисел ξ_k в общую схему унитарного квантования. Для парастатистики порядка 2 обнаружен интересный факт, что трилинейные соотношения, содержащие как параклассические переменные ξ_k , так и операторы поля a_k , b_m , при некотором обратимом отображении переходят в унитарно эквивалентные соотношения, в которых коммутаторы заменяются на антикоммутаторы и наоборот. Показано, что следствием данного обстоятельства является существование двух альтернативных определений когерентного состояния для параферми-осцилляторов. В явном виде построено преобразование Клейна для гриновских компонент операторов a_k и b_m , что позволило привести исходные коммутационные правила для компонент к нормальным коммутационным соотношениям для обычных ферми-полей. Проанализирована нетривиальная связь между трилинейными коммутационными соотношениями схемы унитарного квантования и так называемой тройной суперлиевой системой. Проведено краткое обсуждение возможности включения теории Дэффина-Кеммера-Петье в схему унитарного квантования (*авторы: д.ф.-м.н. Ю.А. Марков, д.ф.-м.н. М.А. Маркова, А.И. Бондаренко*).

Предложен новый метод обращения взвешенного лучевого преобразования. Предполагается, что известны томографические данные экспериментов для векторного поля и весовой скалярной функции. Задача обращения сведена к решению системы линейных алгебраических уравнений. Предварительно векторное поле и скалярная весовая функция представляются в виде рядов по специальным базисным векторным и скалярным функциям, соответственно. Важной особенностью метода является возможность аналитического вычисления трехмерного интеграла свертки в Фурье пространстве (*автор: д.ф.-м.н. А.Л. Баландин*).

Для задачи об инициировании тепловой волны краевым режимом, заданном на подвижном многообразии, и последующем ее движении с конечной скоростью по холодному (нулевому) фону доказаны новые теоремы существования и единственности решений в классе аналитических функций с построением последних в виде сходящихся степенных рядов с рекуррентно вычисляемыми коэффициентами. Рассмотрен общий случай двух пространственных переменных (без источника), а также частный случай задачи со степенным источником. Кроме того, для исследованных задач найдены новые классы точных решений, построение которых сводится к интегрированию задач Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Решения ОДУ исследованы и интерпретированы с точки зрения свойств соответствующих тепловых волн (*авторы: д.ф.-м.н. А.Л. Казаков, к.ф.-м.н. П.А. Кузнецов*).

Вычислен вклад от аксиально-векторных мезонов в потенциал мюонно-протонного



взаимодействия в мюонном водороде. Такой обмен индуцирован аномальной аксиально-векторной вершиной взаимодействия мезонов с двухфотонным состоянием. Показано, что такой вклад в сверхтонкое расщепление мюонного водорода оказывается достаточно заметным и важен для проведения сравнения с прецизионными экспериментальными данными (*автор: к.ф.-м.н. А.Е. Раджабов*).

Исследованы некоторые обобщения классических сумм степеней натуральных чисел, возникающих в непрерывном пределе интегрируемой иерархии цепочки Ито-Нарита-Богоявленского. В частности, для так называемых сумм степеней высшего порядка получено явное выражение для многочленов. Это выражение является прямым аналогом формулы Бернулли, в которой числа Бернулли заменяются на их высшие аналоги, и кроме того, появляются числа Стирлинга второго порядка. Аналогичные результаты получены также для некоторого класса многократных сумм степеней натуральных чисел, тесно связанных с суммами степеней высшего порядка (*автор: к.ф.-м.н. А.К. Свинин*).

Рассмотрена система ОДУ со степенными нелинейностями. Такого рода системы ОДУ встречаются в математической биологии и химической кинетике, а также могут возникать в результате редукции более сложных моделей. Найдены условия на параметры системы ОДУ, гарантирующие существование первых интегралов, задаваемых комбинациями степенных и логарифмических функций от фазовых переменных. С использованием первых интегралов построены периодические решения трехмерных систем, которые выражаются эллиптическими функциями Якоби. Приводится целый ряд примеров, иллюстрирующих полученные результаты (*автор: к.ф.-м.н. Э.И. Семенов*).

Изучен механизм нарушения лептонного числа в глубоко-неупругом рассеянии электронов или мюонов на фиксированной ядерной мишени. Модельно-независимый анализ основан на введении 4-х фермионных низко-энергетических эффективных операторов, описывающих взаимодействие лептонов и кварков. Были оценены константы взаимодействия за счет этих операторов для эксперимента NA64 в ЦЕРНЕ на SPS. Был проведен анализ спектра конечных состояний и дана оценка возможности наблюдения данного эффекта на эксперименте NA64. Также был рассмотрен случай поляризованных пучков (*автор: к.ф.-м.н. А.С. Жевлаков*).

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

В терминах тензорного произведения гильбертовых пространств проведено функционально-геометрическое изучение необходимых и достаточных условий существования дифференциальной реализации непрерывной бесконечномерной динамической системы (бихевиористической системы Я. Виллемса) в классе билинейных нестационарных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка (в том числе гиперболических моделей) в сепарабельном гильбертовом пространстве. При этом билинейная структура моделирует нелинейность как самой траектории, так и скорости движения на этой траектории. Попутно аналитически обоснованы топологические



условия непрерывности проективизации нелинейного функционального оператора Релея–Ритца с вычислением фундаментальной группы его образа. Полученные результаты имеют приложения в структурной идентификации полилинейных дифференциальных моделей высших порядков (*авторы: д.ф.-м.н. А.В. Лакеев, д.ф.-м.н. В.А. Русанов*).

Созданы два графических редактора, предназначенных для формирования символьного описания механической системы или электрической цепи. В качестве механической рассматривается система взаимосвязанных абсолютно твердых тел, соединенных шарнирами. Первый редактор представляет собой пользовательский интерфейс, посредством которого исследователь задает структуру взаимосвязи тел (конфигурацию системы), а через контекстное меню – геометрические и кинематические характеристики для каждого тела системы. Второй визуальный редактор позволяет формировать граф электрической цепи путем интерактивного добавления связанных графических примитивов. Созданные структуры конкретной механической системы или исследуемой цепи, а также введенные данные для них автоматически представляются редакторами в виде текстового файла, который может использоваться в качестве входного для программного комплекса по моделированию и качественному анализу механических систем и электрических цепей в символьном виде (*авторы: к.ф.-м.н. А.В. Банищikov, А.А. Ветров*).

Исследован вопрос о влиянии сил на устойчивость относительного равновесия спутника с управляемым гравитационным стабилизатором на круговой орбите. Решена задача о возможности обеспечить асимптотическую устойчивость системы «сокращенным» набором из действующих сил (*автор: к.ф.-м.н. А.В. Банищikov*).

Разработан новый геометрический подход к анализу множества относительных равновесий. Предлагается определять относительные равновесия в соответствующем трехмерном евклидовом пространстве с использованием специальных агрегированных параметров системы по координатам точек пересечения двух пар соответствующих гиперболических цилиндров со сферой единичного радиуса. Показано, что при любой величине гиросtatического момента и других параметров системы имеется по крайней мере восемь различных относительных равновесий (*автор: к.ф.-м.н. С.В. Чайкин*).

Рассматривается система трех степеней свободы, описываемая системой дифференциальных уравнений вращения твердого тела вокруг неподвижной точки. Для нее известны четыре первых интеграла. Три из них являются общими, четвертый – частный интеграл Гесса. Проведена классификация выделенных стационарных движений. Часть из них параметризована одним из множителей Лагранжа связки первых интегралов. Другая часть стационарных движений описывается только динамическими и статическими характеристиками системы: моментами инерции тела и координатами центра масс. Некоторые полученные стационарные движения для рассматриваемых дифференциальных уравнений движения, в частности, существуют и без интеграла Гесса. Для одного такого стационарного движения проведено исследование устойчивости по линейному приближению. Найдены области, в которых при определенном соотношении значений динамических и статических параметров системы исследуемое стационарное движение будет устойчивым (*автор: д.ф.-м.н. М.А. Новиков*).

В задаче о вращательном движении волчка Ковалевской в двойном поле сил на основе метода Рауса-Ляпунова и его обобщений проведен качественный анализ дифференциальных уравнений, которые получаются в результате редукции исходной системы на ИМ



**Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2018 г.**

к размерности 2. Для указанных уравнений найдены особые решения и их семейства. Для ряда найденных решений построены линейные и нелинейные комбинации первых интегралов задачи, доставляющие стационарные значения этим решениям. Эти комбинации интегралов использованы при исследовании их устойчивости. Получены и сопоставлены с необходимыми достаточные условия устойчивости по Ляпунову (авторы: д.ф.-м.н. В.Д. Иртегов, к.т.н. Т.Н. Титоренко).

Получил развитие новый метод расчета управлений переориентацией космических аппаратов (КА). Публикация этого результата представляет собой цикл из двух статей с общим названием «Расчет программных управлений, не порождающий сингулярных состояний гиросистемы. I, II». В первой статье подробно описан новый метод решения задачи ориентации, впервые позволяющий получить законы управления, не содержащие особых (сингулярных) положений гиروزлов, в которых исполнение вычисленных законов гиродинами прерывается. Это свойство новых законов решает полувекового возраста «проблему сингулярности» исполнительных гиродинов. Вторая статья посвящена прикладному аспекту новой технологии расчета законов программных управлений ориентацией КА. Численная реализация проведена на примере динамической модели космического телескопа с реальными характеристиками и шестью гиродинами. Результаты демонстрируют отсутствие в вычисленных законах наведения телескопа сингулярных значений углов прецессии гиروزлов исполнительных гиродинов, что гарантирует безостановочное исполнение вычисленных законов с необходимой точностью и быстродействием (авторы: ак. И.В. Бычков, Б.Б. Беляев, д.т.н. Э.И. Дружинин, к.т.н. С.А. Ульянов).



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 самоорганизующихся мультиагентных систем группового управления: методы, инструментальные средства, приложения.

№ гос. регистрации АААА-А17-117032210078-4

Научный руководитель – ак. РАН И.В. Бычков

Разработан ориентированный на применение суперкомпьютеров логический метод (метод булевых ограничений) и сервис-ориентированная технология создания и применения компьютерной системы для качественного исследования динамики поведения траекторий автономных двоичных динамических систем на конечном интервале времени. Спецификация динамического свойства записывается на языке логики предикатов с использованием ограниченных кванторов существования и всеобщности. Получены булевы уравнения поиска равновесных состояний и циклов двоичной системы и условия их изолированности. Специфицированы основные свойства типа достижимости (достижимость, безопасность, одновременная достижимость, достижимость при фазовых ограничениях, притяжение, связность, тотальная достижимость). Для каждого свойства построена его модель в виде булевого ограничения (булева уравнения или квантифицированной булевой формулы), удовлетворяющая логической спецификации свойства и уравнениям динамики системы. Таким образом, проверка выполнимости разнообразных свойств поведения траекторий автономных двоичных динамических систем на конечном интервале времени сведена к решению задачи выполнимости булевых ограничений с использованием современных SAT и TQBF решателей (*авторы: д.т.н. Г.А. Опарин, к.т.н. В.Г. Богданова, А.А. Пашинин*).

Разработаны новые эффективные алгоритмы самоорганизации виртуальных сообществ агентов, выбора их лидеров и распределения ими ресурсов в процессе адаптивного управления заданиями в гетерогенной вычислительной сети (*авторы: к.т.н. А.Г. Феоктистов, к.т.н. С.А. Горский, к.т.н. И.А. Сидоров, Р.О. Костромин*).

Разработаны новые булевы модели и алгоритмы для качественного исследования двоичных динамических систем (*авторы: д.т.н. Г.А. Опарин, к.т.н. В.Г. Богданова, А.А. Пашинин*).

Разработано формальное описание грамматики языка позитивно-образованных формул (ПОФ) как языка для логического программирования. В отличие от формального математического описания исчисления данный язык хорошо приспособлен для программирования на компьютере. Введены удобные конструкции описания формулы, в частности, обеспечивающие возможность декларировать формулы и термы с последующим



использованием ссылок на них. Кроме того, в грамматике учтены ограничения, которые позволяют использовать исчисление ПОФ для реализации в виде системы логического программирования (авторы: А.В. Давыдов, А.А. Ларионов).

Разработан динамический планировщик длительных миссий для группы разнородных подводных роботов (АНПА). Предложенный планировщик осуществляет управление ротацией роботов с целью обеспечить непрерывное выполнение миссии при минимальных потерях производительности группы вследствие ухода на подзарядку отдельных аппаратов. Искомое расписание рабочих циклов АНПА должно исключать одновременную зарядку большого количества аппаратов и порождать рациональную последовательность групповых сборов. В отличие от существующих подходов необходимость подзарядки здесь не является лишь дополнительным ограничением к классической задаче групповой маршрутизации, а решается на отдельном уровне, что позволяет добиться регулярности сборов группы, а также понижения размерности задачи планирования на более низком уровне.

Разработана модификация генетического алгоритма, обеспечивающая быстрое и надежное планирование эффективных расписаний ротации группы, их масштабируемость и оперативную корректировку в случае возникновения непредвиденных событий. Используется оригинальная схема кодирования решения, позволяющая значительно понизить размерность задачи и вычислительно-временные затраты на поиск ее решения. (авторы: М.Ю. Кензин, ак. И.В. Бычков, к.т.н. Н.Н. Максимкин).



Рис. 15. Построенное групповое расписание рабочих циклов четырех разнородных АНПА: выделенные цветом отрезки – периоды выходов АНПА из группы для подзарядки батарей; вертикальные линии – точки сбора действующей группы с целью обновления состава

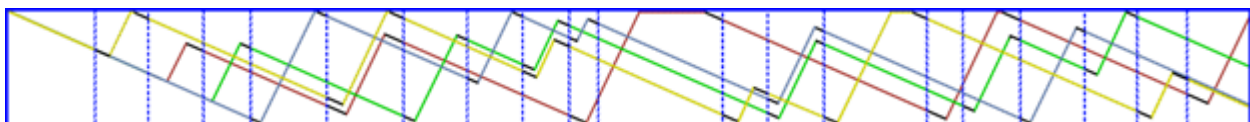


Рис. 16. График уровня заряда батарей АНПА в ходе миссии согласно расписанию на рис. 15 (черным выделены те отрезки времени, которые аппараты тратят на перемещение до зарядной док-станции и на возвращение после подзарядки обратно в группу)

Рассмотрена проблема вычислительной сложности решения задач теории супервизорного управления дискретно-событийными системами (ДСС), в том числе связанных с децентрализацией и модульностью управления, а также частичным наблюдением событий. Децентрализованное супервизорное управление реализуется набором автоматов, каждый из которых наблюдает часть поведения системы и управляет лишь подмножеством всех управляемых событий системы. Модульная структура подразумевает блочное строение как системы, так и спецификации, описывающей требования на поведение ДСС. Для некоторых популярных способов построения абстракций автоматов, задействованных в построении супервизорного управления, получены условия сохранения свойства ко-наблюдаемости языка спецификации. Наравне с управляемостью ко-наблюдаемость является одним из условий существования децентрализованного



супервизора, поэтому требует проверки каждый раз при изменении спецификации. Известные полиномиальные алгоритмы проверки ко-наблюдаемости существенным образом зависят от размерности автоматов, порождающих рассматриваемые языки, поэтому применение абстракций в этом случае представляется полезным. Поскольку проверка неконфликтности локальных супервизоров, реализующих модульную спецификацию, сводится к проверке свойства неблокируемости, получены условия сохранения неблокирования при построении модульного супервизора ДСС. Для исследования использован оригинальный метод логико-алгебраических уравнений (автор: к.ф.-м.н. Н.В. Нагул).

Разработаны алгоритмы управления группировкой автономных подводных роботов, обеспечивающие движение по заданному криволинейному пути с сохранением желаемой геометрической конфигурации при наличии навигационных ошибок, неопределенности параметров роботов и ограничений на ресурсы управления. Для управления группировкой используется подход на основе схемы «лидер-ведомый». Задача лидера группировки следовать вдоль заданной траектории, а остальные роботы как ведомые, ориентируясь на своих лидеров, должны удерживать заданную конфигурацию в процессе движения. Общая алгоритмическая схема включает а) законы управления виртуальной целью, которая как материальная точка перемещается вдоль заданной траектории, б) законы управления лидером группы, призванные отслеживать движение виртуальной цели, в) законы управления остальными роботами как ведомыми. Законы управления виртуальной целью, а, следовательно, и группы в целом, строятся таким образом, чтобы скорость движения цели корректировалась в зависимости от текущего значения показателя кривизны кривой: чем выше этот показатель, тем меньше должна быть скорость движения группы. Синтез параметров в предложенных алгоритмах управления выполнен с использованием технологии для строгого анализа и синтеза нелинейных цифровых систем управления. Параметры синтезированы с учетом изменчивости скорости движения группы, ошибок измерений, а также ограничений на ресурсы управления. Результаты численного моделирования подтвердили высокое качество предложенных алгоритмов (авторы: к.т.н. С.А. Ульянов, к.т.н. Н.Н. Максимкин, К.В. Беденко).

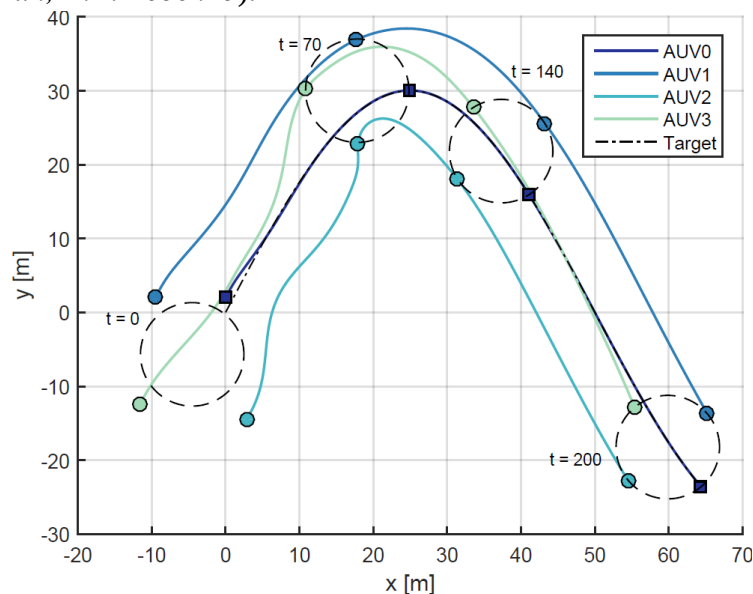


Рис. 17. Траектории АПР при движении вдоль заданного пути

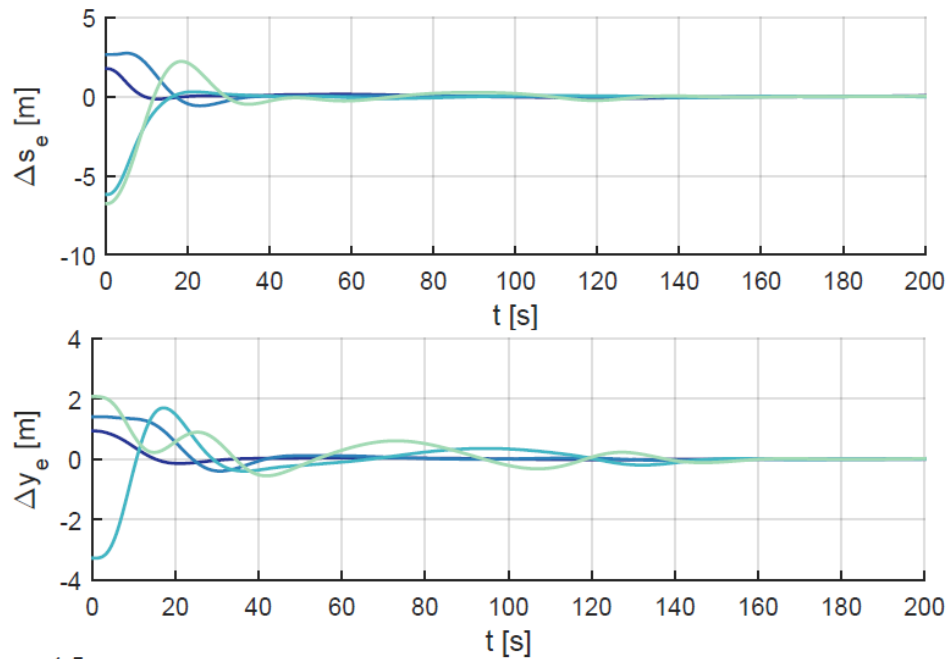


Рис. 18. Ошибки стабилизации АПР в формации

Разработаны эффективные способы стабилизации положения равновесия нелинейных механических систем, описываемых уравнениями Лагранжа второго рода, при измерении только части обобщенных координат и без построения наблюдателя для полного вектора состояния (автор: А.А. Косов).

Улучшен ранее разработанный алгоритм генерации рельефа с использованием метода «масок» на основе шума Перлина. Предложен и реализован метод формирования реалистичного рельефа морского дна, включающий четыре этапа. Первым этапом является создание основы – песчаного или глинистого дна, на котором в дальнейшем размещаются другие типы рельефа и объекты. Далее следуют этапы создания «больших» (100–400 м), «средних» (30–100 м) и «малых» (1–30 м) возвышенностей, чьи размеры классифицированы по удобству использования и генерации. Для данных этапов создания рельефа разработан и реализован графический пользовательский интерфейс (рис. 19), который позволяет:

- задавать размеры рельефа;
- выбирать текстуру основы и каждого типа возвышенностей;
- настраивать максимальную высоту холмов песка и других типов рельефа;
- настраивать масштаб шума Перлина для базового слоя каждого этапа генерации;
- определять уровень детализации этапа (количество слоев шума Перлина);
- задавать зернистость гор.

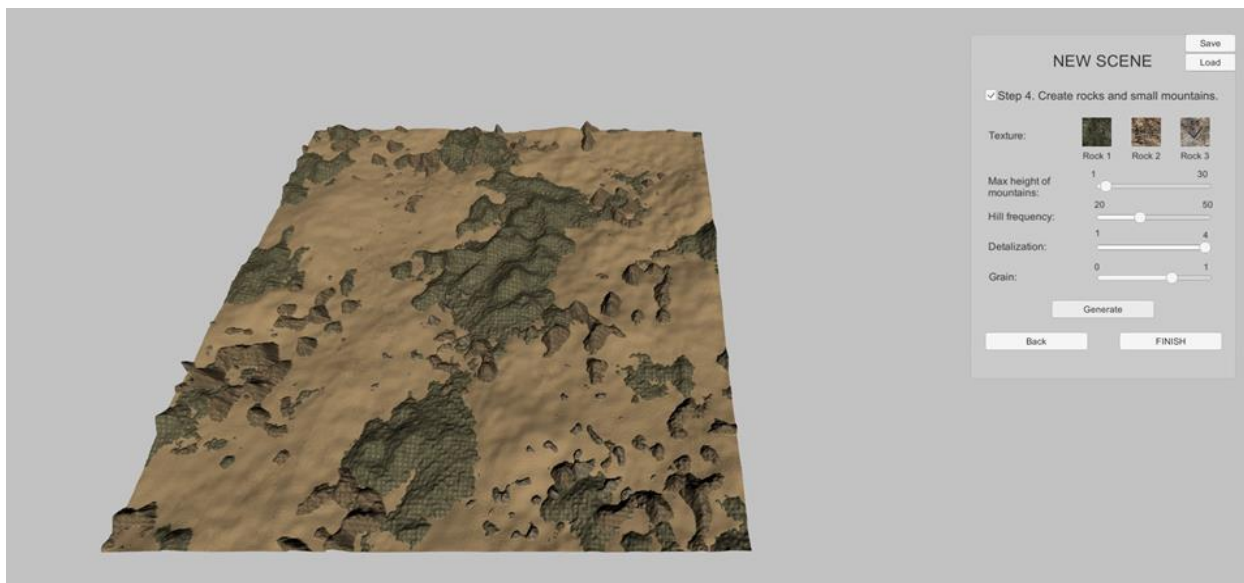


Рис. 19. Интерфейс подсистемы генерации рельефа: настройки этапа создания «малых» гор

Кроме этого, реализован подход к генерации карты высот рельефа на основе фрактального алгоритма «*diamond-square*» и предложена его модификация, которая позволяет генерировать квадратные зоны рельефа размером $2^n \times 2^n$ м² (где n – целое) на уже созданном рельефе по значениям на границах зоны генерации, что обеспечивает бесшовное встраивание новой части рельефа. Для зоны генерации задаются ее центр, диаметр и параметры модифицированного алгоритма «*diamond-square*»: случайное смещение высоты в точке, масштаб, множитель высоты и булева переменная, отвечающая за возможность генерации равнин.

В рамках подсистемы моделирования подводной среды также рассматривается задача генерации подводных течений согласно полученному рельефу. Предлагается использовать подход, основанный на алгоритме поиска пути для водного потока на квадратной регулярной сетке. Генерация течений проходит в три этапа: 1) создание бинарного поля проходимостей по карте высот рельефа; 2) размещение «источника» течения и использование алгоритма фронта волны (*wave front algorithm*) для заполнения поля «стоимостей»; 3) генерация векторов поля течения на основе вычисленных стоимостей. Реализовано расширение данного алгоритма на трехмерный случай, а также предложен ряд модификаций для этого случая. Перенос источника за пределы видимой карты позволил избавиться от точки «стягивания» всех объектов, плывущих по течению. Использование при вычислении стоимости ячейки случайного выбора смежных с ней ячеек и нахождение взвешенной суммы стоимостей этих ячеек с использованием случайного выбора весовых коэффициентов из диапазона 0 до 1 разнообразили поле течений. Обработка ячеек, смежных с непроходимыми, улучшила визуальную составляющую процесса огибания препятствия течением (автор: К.В. Беденко).

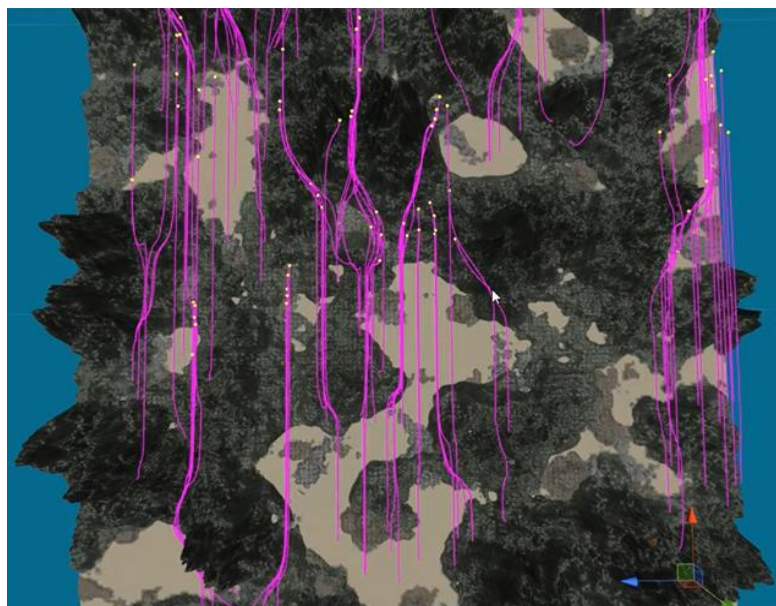


Рис. 20. Шлейфы движения объектов (желтых сфер), плывущих по течению
(вид на рельеф сверху)

Для реализации поиска местоположения АНПА на основе смоделированных снимков гидролокатора бокового обзора (ГБО) в ранее разработанную модель ГБО для виртуального имитационного моделирующего комплекса добавлен модуль автоматического сравнения получаемого изображения с глобальной картой. Для нахождения ключевых точек и их сравнения использовалась реализация алгоритма компьютерного зрения SIFT. Были проведены тесты с алгоритмом SURF, однако, несмотря на более высокую скорость работы, было принято решение отказаться от данной модификации оригинального алгоритма, так как его точность и стабильность не удовлетворяли заданным требованиям (автор: Д.А. Костылев).

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

D:\_Denis\geo_app\py>find.py ../Maps/map_obs_fwd_fov120_res100_resized.png
../Maps/scan_obs_boat_fov90_res50_resized.png 148.4 236
libpng warning: iCCP: known incorrect sRGB profile
libpng warning: iCCP: known incorrect sRGB profile
(TIME) Imgs read, out image created and colors converted in 24ms
(TIME) Keypoints found in 941ms
(TIME) Matches found in 1388ms
(TIME) Homography found in 1ms
(TIME) Whole program execution 2357ms
=====
Found coordinates:
(125.0, 232.0)
Expected coordinates:
(148.4, 236.0)
Error:
(-23.4, -4.0). Distance: 23.73941869549463
D:\_Denis\geo_app\py>
```

Рис. 21. Результат работы программы с указанием времени выполнения каждого этапа
Модуль производит поиск местоположения в три этапа:



1. нахождение ключевых точек на всех изображениях;
2. сравнение найденных ключевых точек и выбор точек, наиболее схожих между собой;
3. поиск гомографии.

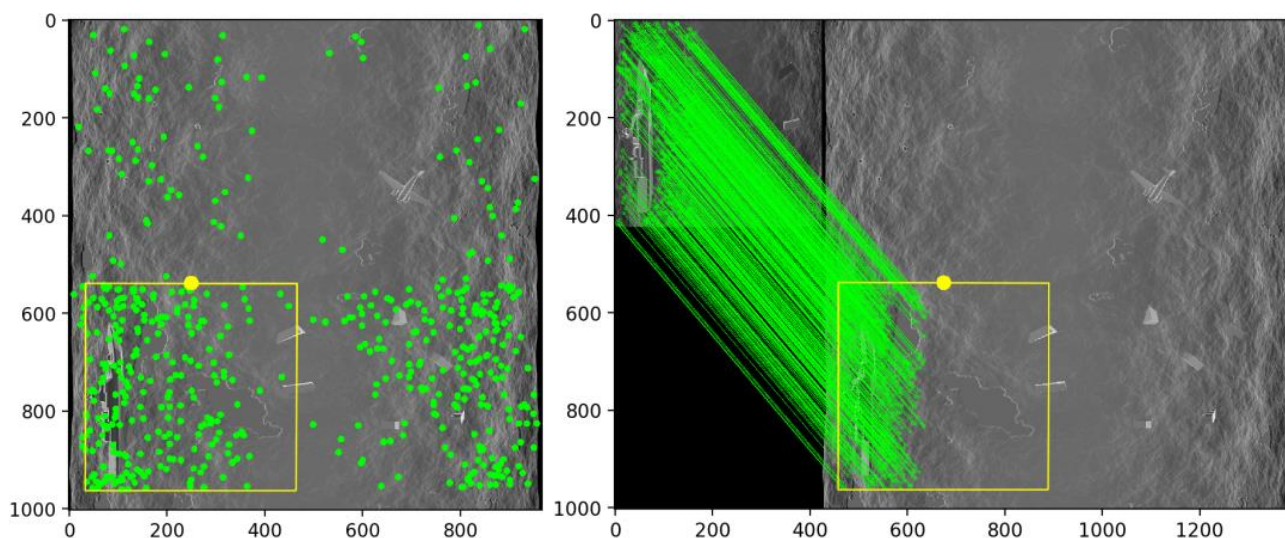


Рис. 22. Визуализация работы программы

В рамках разработки серверной части имитационного стенда (программно-аппаратного комплекса) на базе Lego EV3 для тестирования и отработки алгоритмов управления группировкой роботов проведена отладка и тестирование программного обеспечения. В отчетном году основное внимание было уделено созданию программной части, включающей серверное приложение, клиентскую часть робота Lego EV3 и виртуального робота.

Серверная часть осуществляет следующие сервисные функции:

- обмен сообщениями;
- управление миссиями;
- сбор и хранение отладочной информации;
- обеспечение точной информации о положении роботов.

Взаимодействие между отдельными частями программного комплекса осуществляется исключительно через сервис сообщений. Сервис сообщений позволяет участникам миссии обмениваться пакетами данных, которые включают в себя непосредственно передаваемую информацию, а также метаданные, такие как время отправки и получения, источник, получатель, тип сообщения. Обработка сообщений основана на системе коллбэков (событийно-ориентированный подход): при получении сообщения, открытии соединения, ошибках и т.п. вызываются функции, которые «подписаны» на данный тип события. Среднее время передачи сообщения между отдельными компонентами системы составляет около 40 мс (автор: Д.А. Костылев).

Предложен подход к групповой маршрутизации автономных подводных роботов при траекторном обследовании некоторого физического поля. В основе разработанного алгоритма лежит модифицированный метод роевой оптимизации GWO (стаи серых волков), осуществляющий поиск траекторий движения роботов таким образом, чтобы выявить области физического поля с предельными значениями его характеристики. При этом связь внутри группы сохраняется на протяжении всей миссии, а время ее выполнения сокращается по сравнению с общепринятым методом поиска галсами. Для выхода из локальных



минимумов используется набор мнимых областей-аттракторов, вес которых динамически уточняется в процессе проведения замеров в их окрестностях.

По сравнению с предшествующим исследованием было значительно снижено время решения задачи (на 20% относительно предыдущей версии алгоритма и на 50% относительно метода обследования галсами). Это было достигнуто за счет решения частного случая задачи о размещении. Предложенный алгоритм (Swapping) позволяет быстро получить приближенное решение, достаточное для значительного ускорения выполнения миссии. Кроме того, были предложены модификации критерия останова оригинального GWO-алгоритма, позволяющие увеличить точность найденного решения.

Результаты моделирования миссии по обследованию физического поля представлены на рис. 23 (авторы: А.А. Толстихин, М.Ю. Кензин).

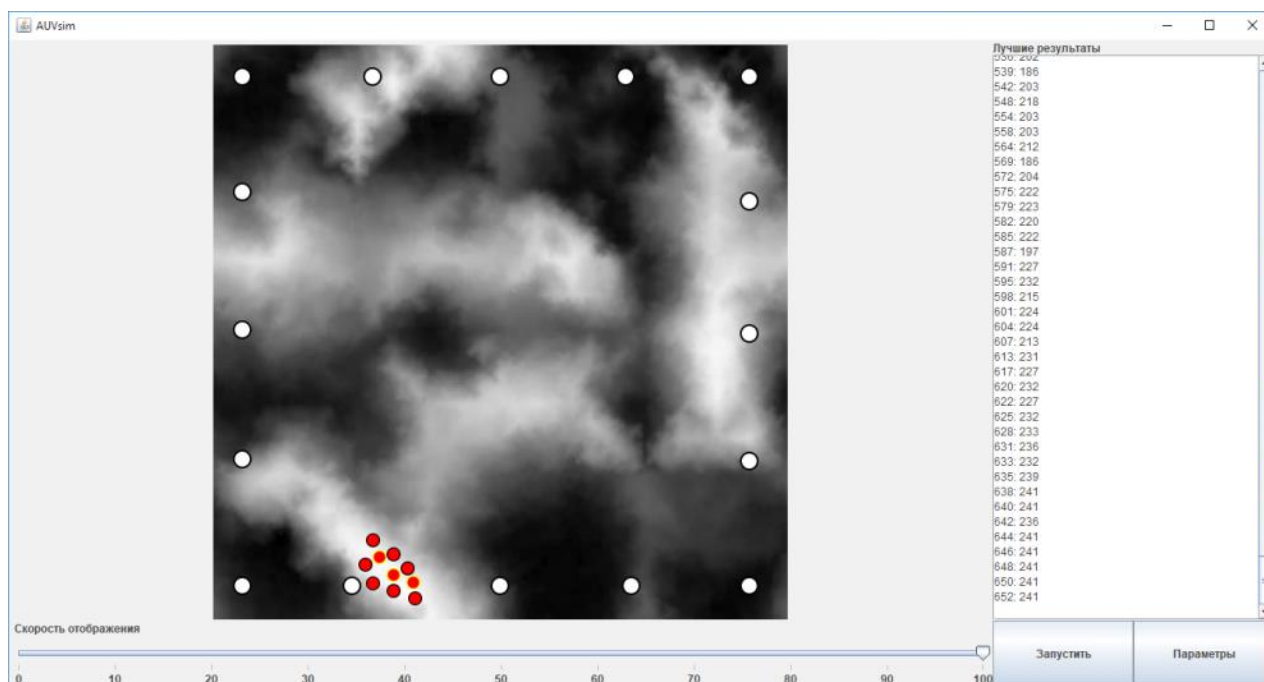


Рис. 23. Результат моделирования обследовательской миссии (белые области – мнимые области-аттракторы, красные – АНПА, красные с желтой кромкой - лидеры на данной итерации)

Разработаны 2 подхода к идентификации и определению положения робота на стенде: поиск по цветовой метке и поиск по ключевым особенностям изображения.

Первый подход отличается высокой скоростью работы и стабильностью определения координат роботов. Тем не менее его недостатками являются слабая устойчивость к изменениям освещения и необходимость проведения предварительной ручной настройки перед каждым использованием. Несмотря на высокую точность определения координат, текущая реализация первого подхода в виде программного модуля не способна определять ориентацию робота в пространстве. На рис. 24 представлен пример работы данного модуля.

Второй подход использует метод Виолы-Джонса для быстрого определения областей изображения, в которых находятся роботы. После этого применяется алгоритм компьютерного зрения AKAZE для поиска и инвариантного описания ключевых точек метки, расположенной на роботе, и сравнение с набором данных об образе метки, хранящемся в базе. Данный подход позволяет с высокой точностью идентифицировать роботов и определять их положение в пространстве. Тем не менее данный алгоритм имеет



высокую трудоемкость, из-за чего наблюдается высокая задержка получения результатов (порядка 500 мс) (автор: А.А. Толстихин).



Рис. 24. Результат поиска роботов по цветовым меткам

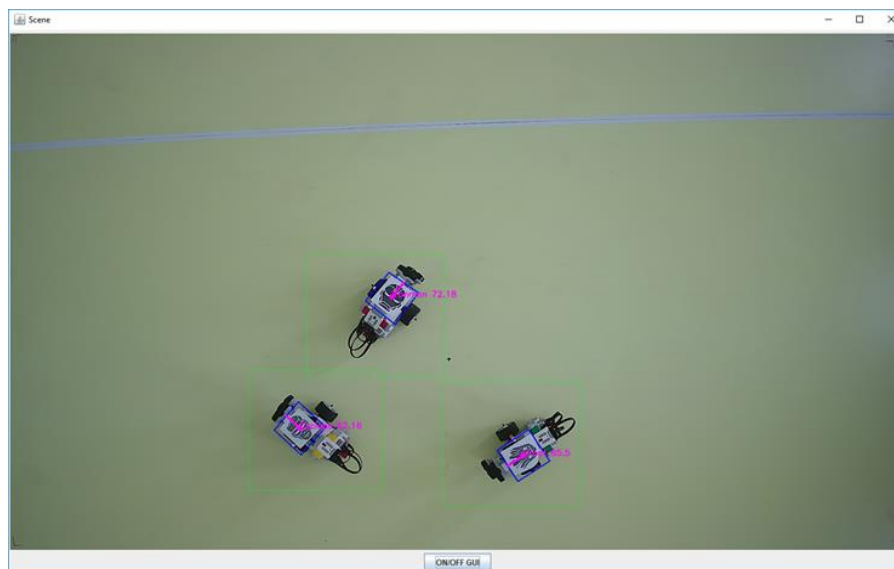


Рис. 25. Результат поиска роботов по ключевым особенностям изображения



Тема IV.38.2.3. 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

1. Языковые и инструментальные средства спецификации поддержки технологий создания кроссплатформенных проблемно-ориентированных систем, доступа к междисциплинарным данным, анализа и структурирования потоков управления программного кода.

Предложены новые языковые и инструментальные средства спецификации для поддержки разнообразных технологий доступа к междисциплинарным данным, создания кроссплатформенных проблемно-ориентированных систем, анализа и структурирования потоков управления программного кода. На предыдущем этапе проекта основные фрагменты кода, различающиеся в зависимости от выбранной технологии доступа к данным, были систематизированы и реализованы в виде виртуальных методов классов – потомков абстрактного базового класса TBaseDAT (DAT, Data Access Technology – технология доступа к данным, далее ТДД).

Для того чтобы не собирать весь код, зависящий от ТДД, в один модуль, предложен способ организации кода с использованием *реестров зависимых классов* и *вариаторов* – классов, позволяющих варьировать код, используемый в определенном модуле, в зависимости от применяемой ТДД. Реестр зависимых классов используется для выбора типа при создании экземпляра вспомогательного класса в зависимости от применяемой ТДД. При этом в модуле, определяющем вспомогательный базовый класс, объявляется реестр его классов-потомков, в котором эти классы-потомки регистрируются при подключении в программу модулей, определяющих такие классы. Реестр зависимых классов используется для выбора типа при создании экземпляра вспомогательного класса в зависимости от применяемой ТДД.

В некоторых случаях неудобно создавать классы-потомки в зависимости от ТДД, в основном это касается классов визуальных форм. Так, если в приложении используется одна общая форма для отображения содержимого БД при разработке спецификации, то хочется иметь возможность изменения ее поведения в зависимости от выбора ТДД. Для этих целей используются специальные классы – вариаторы поведения. При этом таблица вариаторов создается у модифицируемого объекта, и в зависимости от выбранной ТДД используется один из этих вариаторов.

С использованием предложенного подхода реализован модуль FdacDAT и ряд других модулей, предназначенных для поддержки работы с данными с использованием библиотеки доступа к данным FireDAC, которая является основной для разработки мультиплатформенных приложений в последних версиях Delphi, ее использование позволяет в перспективе разработать версии программ для мобильных устройств. Полнофункциональная поддержка всех возможностей приложений БД с использованием библиотеки потребовала существенной доработки кода по сравнению с экспериментальным



вариантом приложения, реализованного на предыдущем этапе.

Выполненные исследования расширяют возможности развиваемого в ИДСТУ СО РАН оригинального подхода, обеспечивающего максимально возможное ускорение разработки приложений баз данных за счет использования спецификаций структуры приложений БД, содержащих необходимый минимум информации о задаче, требующейся для создания такого приложения.

В ходе реализации проекта исследованы вопросы реализации пользовательского интерфейса с использованием различных библиотек компонентов (VCL, FireMonkey, LCL). Все имеющиеся инструменты позволяют выполнять лишь одностороннюю миграцию кода, т.е. по сути требуют отказаться от ранее использовавшейся IDE. Предложен оригинальный подход, позволяющий максимально разделить логику работы формы (в основном не зависящую от библиотеки компонентов) и описание пользовательского интерфейса таким образом, чтобы разработку можно было продолжать в любой из существующих IDE, а затем распространять сделанные изменения на другие версии пользовательского интерфейса. Реализован инструмент VCLtoMUI, позволяющий автоматизировать такое разделение кода для форм, разработанных с использованием библиотеки VCL (*авторы: к.т.н. А.Е. Хмельнов, к.т.н. Е.С. Фереферов*).

Разработан алгоритм геокодирования объектов из записей БД и привязки их к пространственным объектам с использованием предварительной обработки данных, эвристического анализа и приближенных методов сопоставления строк. Разрабатываемые в данном разделе проекта алгоритмы ориентированы на работу с существующими БД без изменения их структуры. При этом во многих БД информация об адресах представлена в ненормализованном виде: некоторые поля БД могут содержать несколько составляющих адреса и в том числе весь адрес может быть представлен одним полем без деления на составляющие. Поля адреса могут содержать ошибки, опечатки, сокращения и пропуски некоторых элементов адреса, поэтому для поиска наиболее подходящего адреса используются алгоритмы приближенного поиска.

Для применения алгоритма привязки адреса необходимая информация адресного справочника представляется в специальном иерархическом виде. Отдельные элементы адресов: субъекты федерации, города, районы, микрорайоны, улицы, дома и квартиры могут выступать в качестве объектов классификации и, соответственно, могут быть представлены в виде узлов структурированного дерева. Поскольку некоторые элементы адреса, например, наименования районов и микрорайонов, являются необязательными и могут пропускаться в строке адреса, алгоритм поиска в дереве адресных элементов должен учитывать эту возможность и при необходимости обходить подчиненные узлы более низкого уровня, минуя несколько промежуточных уровней. Также могут пропускаться типы элементов адреса. При наличии ошибок и опечаток выполняется поиск с возвратами в дереве элементов адреса с запоминанием путей, минимизирующих общую оценку отклонения найденного адреса от заданного. Разработанный алгоритм может быть использован в задачах геокодирования информации базы данных, нормализации почтовых адресов, в обработке массивов данных, содержащих адресную информацию, а также в информационных поисковых системах. Алгоритм апробирован и внедрен в геоинформационной системе «ГИС Инвестор



г. Иркутска» (авторы: к.т.н. А.С. Гаченко, к.т.н. А.Е. Хмельнов).

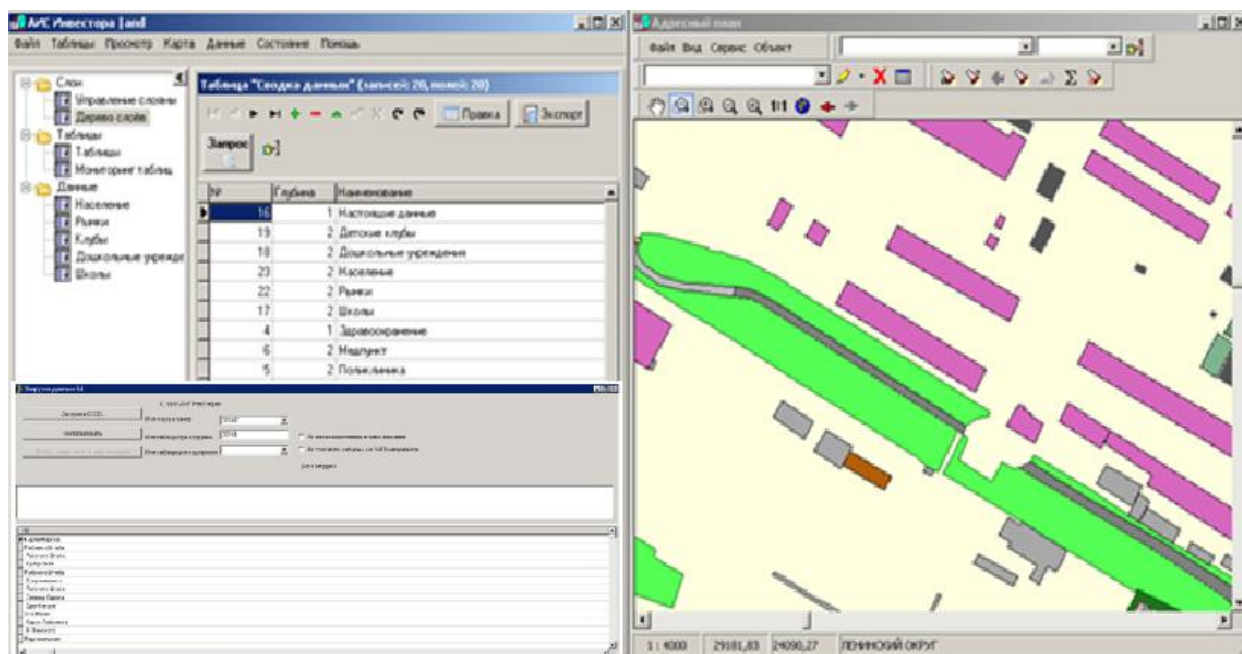


Рис. 26. Механизм автоматической привязки объектов недвижимости к адресному плану г. Иркутска в «ГИС Инвестор г. Иркутска»

Для анализа структуры потоков управления реализован алгоритм определения и визуализации уровней вложенности частей дизассемблированного кода (с точки зрения принципов структурного программирования). Алгоритм основан на вычислении доминаторов и постдоминаторов узлов графа потоков управления каждой подпрограммы. В результате выявляется структура дизассемблированного программного кода, которая отображается традиционным для структурного программирования способом: с использованием отступов. Алгоритм может работать с графами, которые не поддаются полному структурированию, и позволяет лучше понять организацию анализируемого кода, чем традиционные методы его отображения. Выявленную структуру кода предполагается далее использовать для восстановления управляющих конструкций исходного языка программирования.

Разработан метод визуализации графа потоков управления, позволяющий анализировать сложные графовые представления программ, полученные после обработки исходного кода компилятором либо в процессе декомпиляции исполняемого кода. Метод основан на выделении в управляющем графе регионов с одним входным и одним выходным узлом с последующей их заменой на абстрактные узлы. Таким образом, в результате выполнения семантически эквивалентных преобразований исходный граф сворачивается в один абстрактный узел, содержащий в себе иерархию выделенных регионов, каждому из которых ставится в соответствие один из predefined шаблонов отображения. В итоге задача визуализации управляющего графа сводится к описанию правил отображения шаблонов.

В сравнении с результатом раскладки, полученным с помощью иерархического алгоритма, на рис. 27 обратная дуга из вершины v7 в вершину v5 выделена специальным образом. Терминальные узлы (v1, v11, v2, v5, v7) выделены специальным образом, в



соответствии с шаблоном их визуализации. Остальные дуги в графе изображены в виде прямых линий без пересечений, что облегчает анализ путей передачи управления в отличие от результатов визуализации, полученных с помощью иерархического раскладчика.

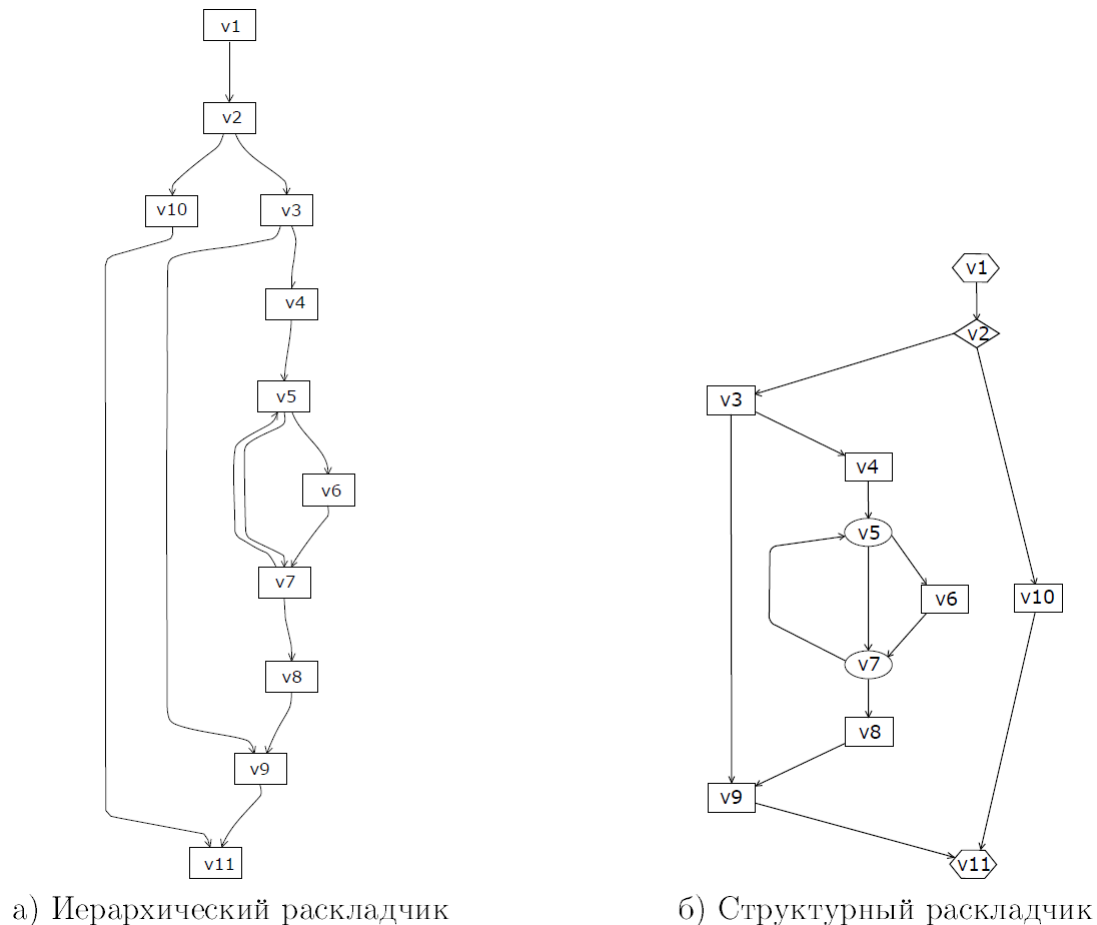


Рис. 27. Результат раскладки управляющего графа

В отличие от известных методов, разработанных для визуализации произвольных ориентированных графов, предложенный метод позволяет выделять в управляющем графе подграфы, соответствующие высокоуровневым операторам языков программирования, что дает возможность использовать изобразительные соглашения, принятые при рисовании блок-схем и получать более понятное представление потоков управления в программном коде (авторы: к.т.н. А.А. Михайлов, к.т.н. А.Е. Хмельнов).

Разработаны методика и средства конвертации моделей предметной области стандартов UML, SysML, BPMN, CMMN из стандартного обменного формата XMI в формат RDF, используемый для определения семантических данных. Для представленных в RDF моделей разработана методика трансформации в модели исходного кода структур данных информационных систем: объекты, представляющие элементы входных (форм) и выходных документов (отчетов). Структуры форм ввода строятся на основе UML-описаний объектов, а структуры отчетов конфигурируются при помощи моделей SysML.

Средства конвертации форматов и трансформации моделей согласно разработанной методике реализуются в виде распределенной системы (рис. 28). Средствами реализации процедур могут выступать любые среды программирования, имеющие возможность делать



HTTP-запросы к сервисам серверов онтологий. При помощи HTTP-запросов осуществляется внесение новых моделей на серверы, а также SPARQL-запросы к этим серверам в процессе трансформации, предоставляющие структурные элементы хранимых моделей. Сервер хранения моделей предметной области предоставляет интерфейс Pengines к подсистеме логического вывода на знаниях, загружаемых с клиентской рабочей станции и представленных в виде правил Prolog. Дополнительная семантическая информация при необходимости запрашивается при помощи SPARQL-запросов к существующим в сети Интернет сервисам онтологий.

Создана реализация методики, основывающаяся на использовании сред программирования Python, Prolog и LogTalk (объектно-ориентированного макроязыка ISO Prolog), выработаны рекомендации к применению данных сред в проектировании подсистем информационных систем, в том числе интерфейсов пользователя и структур отчетных документов.

Синтаксические структуры представления объектов макроязыка LogTalk исследованы в контексте реализации процедур трансформации. Выделены ключевые подходы к применению различных объектных иерархий (прототипов и классов), а также композиций с применением иерархий категорий для формирования объектно-ориентированного представления процедур (сценариев) трансформации. Приведены примеры лаконичного представления компонент типа «фасад» при помощи параметризованных объектов, статически компилируемых непосредственно в код языка Prolog, при этом накладные расходы на производительность кода не больше 1%. Разработаны структуры данных, представляющих платформонезависимые модели, которые транслируются непосредственно в программный код.

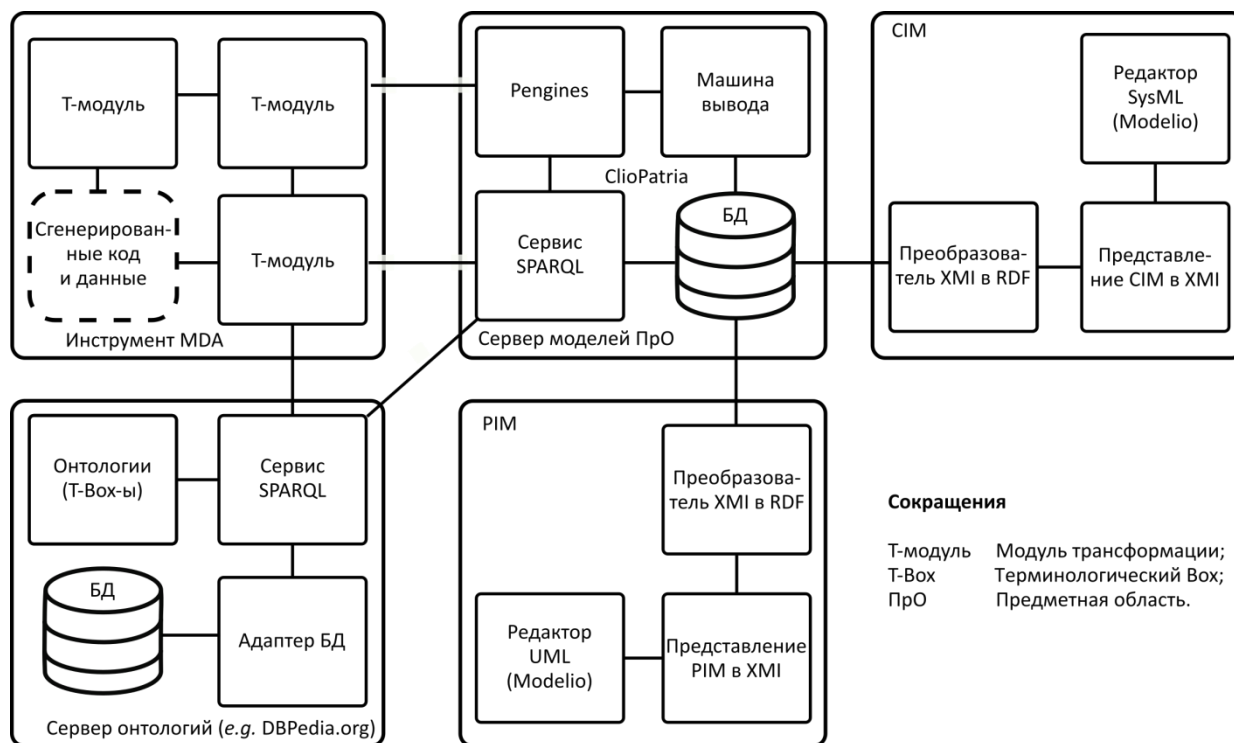


Рис. 28. Архитектура распределенной среды трансформации моделей

Иерархии прототипов используются для представления объектов, создаваемых в



единственном экземпляре. Такие объекты представляют собой (отображают) уже существующие ресурсы, например, RDF-граф исходных данных (элементы платформонезависимой модели архитектуры, управляемой моделированием). Параметризованные объекты также создаются на основе иерархий прототипов. Иерархии классов позволяют реализовывать объекты, которые, как правило, создаются в нескольких экземплярах по одному шаблону, например, блоки кода, представляющие собой элементы платформозависимой модели. Иерархии категорий позволяют создавать наборы методов, объединенных решением одной общей задачи. Категории используются в композиции новых объектов обеих иерархий. На рис. 29 представлен пример исходного кода параметризованного объекта, представляющего собой ресурс доступа к описанию исходной платформозависимой модели. В комментарии показан пример запроса на перечисление методов класса графа `mothur`, класс идентифицируется `ClassID`.

```
:- object(query(_RDF)).
:- protected(xmi/1).
:- public([class/2, attribute/3, method/3]).
xmi(XMI) :- parameter(1, XMI).
class(Name, ID) :- % Распознавание класса в RDF
    ::xmi(XMI),
    XMI::rdf(ID, rdf:type, uml:'Class'),
    XMI::rdf(ID, rdfs:label, literal(Name)).
attribute(Name, ClassID, ID) :- % ...атрибута...
    ::xmi(XMI),
    XMI::graph(G),
    XMI::rdf(ClassID, G:ownedAttribute, ID),
    % XMI::rdf(ID, rdf:type, uml:'Property'),
    XMI::rdf(ID, rdfs:label, literal(Name)).
method(Name, ClassID, ID) :- % ...метода...
    ::xmi(XMI),
    XMI::graph(G),
    XMI::rdf(ClassID, G:ownedOperation, ID),
    XMI::rdf(ID, rdfs:label, literal(Name)).
:- end_object.

% query(mothur)::method(Name,ClassID,MethodID).
```

Рис. 29. Параметризованный объект, инкапсулирующий набор стандартных запросов к платформонезависимой модели

Методика успешно опробована в реализации процедуры синтеза исходного кода Java-модулей визуального представления структуры прикладного пакета Mothur. В виде блоков Rapidminer представлены 143 процедуры обработки данных прикладным пакетом Mothur (рис. 30). Разработанные средства позволяют на следующих этапах исследований в проекте реализовывать генераторы визуального представления для других модулей и вычислительных сред NGS, таких как QIIME, QIIME2, Usearch и др., что позволит решить две важные задачи. Первая – это расширить методический комплекс алгоритмами других прикладных пакетов, вторая – это актуализировать процесс проектирования вычислений на текущее состояние отрасли NGS. Основные преимущества использования логического



программирования в MDA в сравнении с языками ATL – это более широкая распространенность языка, его простая и регулярная структура, возможность использовать любые структуры для представления исходной PIM, а также внешние библиотеки.

Новизна подхода заключается во впервые разработанной методике структурирования знаний при помощи объектно-ориентированного языка LogTalk, позволяющем разрабатывать модели платформ в рамках популярной парадигмы объектно-ориентированного программирования, при этом представляя процесс трансформации моделей MDA в виде логической теории. Кроме того, новым является использование формата RDF для представления исходных данных (моделей CIM, PIM и в перспективе PSM), что позволяет а) представлять исходную модель близко к теоретико-множественному виду, б) глобально стандартизировать обозначения элементов модели (метамодель) (автор: к.т.н. Е.А. Черкашин).

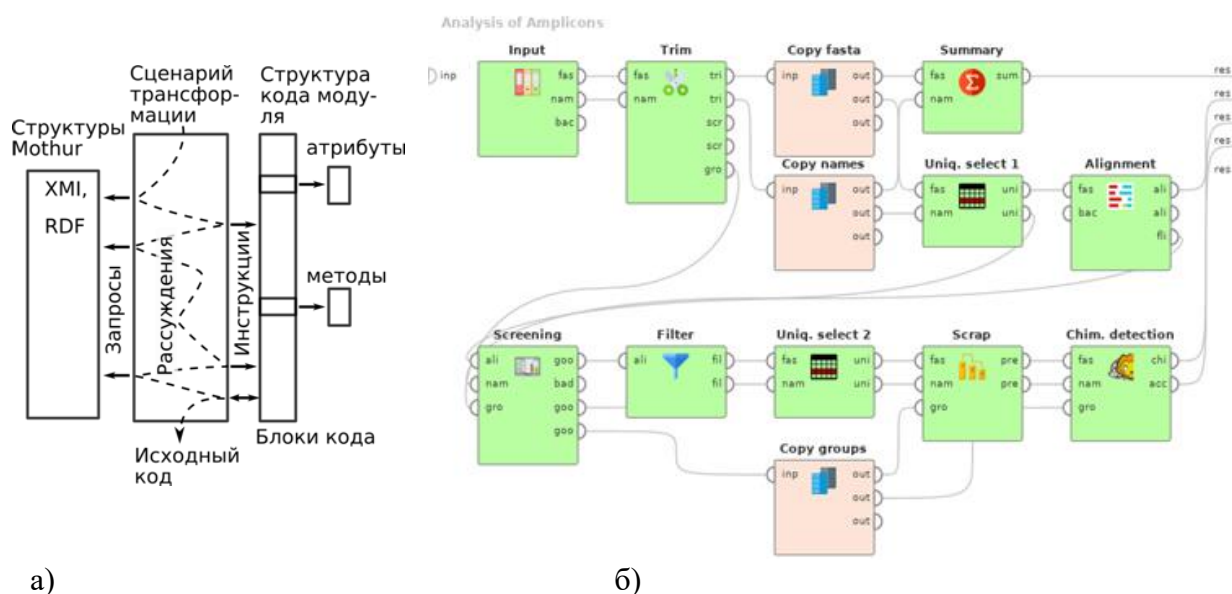


Рис. 30. Общая структура процесса порождения исходного кода модуля (а) на основе данных анализа структуры прикладного пакета Mothur; представление части вычислительного процесса анализа ампликонов (б) в виде визуальной диаграммы Rapidminer

2. Методы поиска сервисов в распределенной сервис-ориентированной среде.

Разработаны методы и технологии поиска сервисов в рамках распределенной сервис-ориентированной среды, в которой применение сервиса должно быть согласовано с данными и средствами отображения данных, которые в свою очередь являются сервисами.

Поиск сервиса сводится к задаче формирования композиции сервисов. Формирование композиции сервисов – комбинаторно сложный процесс, в котором нужно определить решаемую каждым сервисом задачу и согласовать по входным и выходным данным их сочетания. Предлагается проводить поиск на основе заранее сформированной семантической сети сервисов, которая определяет возможные связи сервисов в соответствии с передаваемыми данными, т.е. дуги этой сети задают возможность элементарной композиции – цепочки выполнения из двух сервисов, когда результаты работы одного сервиса могут быть применены в качестве входных данных другого сервиса. Одним из способов формирования семантической сети является использование метаинформации (в том числе структурных спецификаций) и онтологий. Следует отметить, что автоматическое построение



семантической сети является сложной задачей из-за нехватки информации в спецификации сервисов и непроработанности онтологий.

Для получения недостающей информации при построении семантической сети предлагается метод, основанный на анализе статистических данных о применении сервисов пользователями. В системе выполнения сервисов и их композиций ведется сбор данных о произведенных вызовах сервисов. Данные включают название сервиса и его адрес, значения входных и выходных параметров, время выполнения сервисов, успешность выполнения, ошибки выполнения и т.д. Для каждого сервиса известно его расположение, список входных и выходных параметров, типы данных. Введем ниже следующие обозначения, необходимые для описания работы метода:

$s = \langle \text{name}, I, O \rangle$ – сервис, где *name* – это имя сервиса, *I* – множество входных параметров, *O* – множество выходных параметров сервиса. Далее будем обозначать через *s.I* и *s.O* параметры, принадлежащие определенному сервису. Пользовательский вызов сервиса имеет одинаковую структуру: исходные параметры, известные пользователю, и параметры, которые должны быть получены.

$t = \langle VI, VO \rangle$ – вызов сервиса *s* со значениями *VI, VO* параметров *s.I* и *s.O*.

Log – это множество успешных вызовов сервисов, совершенных пользователями. Причиной неудачного вызова сервиса могут быть некорректные значения параметров, поэтому статистические данные фильтруются и оставляются только успешные вызовы.

Построение семантической сети сводится к задаче определения наличия семантической связи между параметрами сервисов (Semantic causal link) *si.O* и *sj.I*.

Множество параметров можно разделить по значениям на передаваемые непосредственно в теле вызова и на передаваемые в виде ссылки файлы. В теле вызова сервиса и его результата могут передаваться и получаться строковые и числовые параметры, по значениям которых довольно сложно определить наличие семантической связи между параметрами сервисов. Параметры, имеющие одинаковое значение, могут иметь разный смысл. По параметрам файла можно точно определить, что файл был передан от одного сервиса другому. Каждый файл однозначно идентифицируется URL, который используется для его загрузки WPS сервисом.

В методе для анализа вызовов используется следующий алгоритм построения семантической сети сервисов:

Input: *Log*

Output: *list* – семантические связи между сервисами

for each *t_i* **in** *Log*:

for each *t_j* **in** *Log*:

for each *v_m* **in** *t_i.VO*:

for each *v_n* **in** *t_j.VI*:

If (**typeof** *v_m* = file and **typeof** *v_n* = file and *v_m* = *v_n*) **then**

 add (*t_i*, *t_j*) into *list*

end if

end for

end for

end for

end for

Данный алгоритм проводит поиск сочетания вызовов сервисов, в которых файл, являющийся результатом работы одного сервиса, передается в качестве параметра другому



сервису.

Проведена апробация метода на статистических данных о применении сервисов обработки пространственных данных. Обработка пространственных данных интересна тем, что сервисы часто в качестве входных параметров используют базовые пространственные данные, семантика которых заранее известна. Источники базовых пространственных данных представлены в виде сервисов, у которых присутствуют только исходящие дуги. Представленный метод позволил автоматически сформировать семантическую сеть сервисов обработки пространственных данных. Семантическая сеть позволяет упростить разработку композиции сервисов за счет автоматизации поиска и построения цепочек сервисов по данным. Семантическая связь между двумя сервисами подтверждается работоспособным примером, демонстрирующим передачу данных от одного сервиса другому. Необходимо отметить, что метод семантику всех параметров сервисов не определяет. Но в сочетании с метаданными сервисов дает дополнительную информацию для анализа. В результате работы метода вместе с семантической сетью получаем возможные значения параметров, частотные характеристики использования пользователями сервисов и их композиций, время выполнения сервисов и т.д.

Реализация метода является новым и перспективным направлением исследований по следующим направлениям:

- автоматическое формирование композиции сервисов для типичных операций пользователя;
- определение альтернативных композиций сервисов;
- распознавание семантики параметров сервисов;
- подсказка разработчику возможных значений параметров;
- и т.д.

Апробация метода в области обработки пространственных данных обусловлена тем, что часто используются базовые пространственные данные, семантика которых заранее известна, формируются реляционные данные с пространственными атрибутами, предоставляемые сервисам. Следовательно, в этой области значительная часть семантической сети в той или иной мере определена, что подчеркивает перспективность исследования.

Разработана технология поиска сервисов в рамках распределенной сервис-ориентированной среды, которая состоит из следующих этапов:

- 1) сбор статистических данных о вызовах сервисов и их параметрах;
- 2) построение семантической сети сервисов;
- 3) поиск сервисов на основе семантической сети.

Научная новизна метода заключается в том, что впервые для построения семантической сети применяется анализ статистических данных о применении сервисов пользователями. Преимуществом данного метода является то, что семантическая связь между двумя сервисами подтверждается работоспособным примером, демонстрирующим передачу данных от одного сервиса другому (авторы: к.т.н. Р.К. Федоров, А.С. Шумилов, к.т.н. А.Ю. Авраменко, А.А. Ветров, к.т.н. А.К. Попова).

3. Методологическое и инструментальное обеспечение поддержки процессов трансформации неструктурированных данных из произвольных таблиц.



Разработано инструментальное средство поддержки процессов трансформации неструктурированных табличных данных (SSDC, Spreadsheet Data Canonicalization). Инструментальное средство обеспечивает следующие операции: загрузку исходных табличных данных (произвольных электронных таблиц, программ на языке правил DRL (Drools Rule Language), YAML-спецификаций категорий) на сервер; настройку и запуск системы трансформации данных из произвольных электронных таблиц Excel на основе исполнения DRL-программ; генерацию выходных JSON данных (исходную произвольную таблицу, восстановленные семантические отношения, выходную каноническую таблицу); сохранение на сервере выходных данных и предоставление доступа к ним. Инструментальное средство реализовано в виде Java сервлета, размещенного на сервере приложений Apache Tomcat.

Инструментальное средство задействует программную библиотеку Apache POI для загрузки и разбора исходных табличных данных. В результате формируются факты, представляющие компоновочные, стилевые и содержательные свойства ячеек таблиц. Они добавляются в рабочую память системы исполнения правил Drools Expert. Словари категорий, описывающих содержание таблиц, в формате YAML также загружаются в рабочую память как факты. Для синтаксического разбора словарей используется парсер SnakeYAML. Реализованы структуры данных, представляющие факты описания таблиц, в виде POJO классов. Правила анализа и интерпретации таблиц выражаются на языке правил DRL, ориентированном на исполнение в системе Drools Expert. В результате исполнения DRL-правил создаются новые факты, описывающие семантические свойства ячеек таблиц (роли и связи). Из них генерируется каноническая таблица. Инструментальное средство имеет веб-ориентированный пользовательский и клиентский интерфейс, обеспечивающий управление, визуализацию и интерактивную работу с трансформируемыми данными в формате JSON (<http://cells.icc.ru/ssdc>).

Научная новизна заключается в том, что впервые нотация записи фактов свойств ячеек произвольных таблиц, предложенная в рамках развития инструментального средства поддержки процессов трансформации неструктурированных табличных данных, была адаптирована для обеспечения интерпретации табличных документов при создании технологии кросс-контекстного обмена документами с внедренной семантической разметкой (авторы: к.т.н. В.В. Парамонов, к.т.н. А.О. Шугаров).

Объединение данных, получаемых из разных источников, имеющих различную структуру, позволяет проводить их анализ с учетом большего числа критериев. Однако гетерогенные данные могут содержать ошибки: опечатки, орфографические ошибки, ошибки оптического распознавания и т.п. Подобные ошибки являются серьезным препятствием для обработки и интеграции данных. Для устранения таких некорректностей необходимо проводить операции по очистке данных с целью повышения их качества. В исследовании были рассмотрены методы очистки текстовых, включающие комбинацию нечеткого сравнения строк, фонетических алгоритмов.

Выделяют несколько проблем, связанных с необходимостью очистки данных перед проведением процедур консолидации. Это, в частности, обеспечение корректности форматов и представлений данных; уникальность первичных ключей в таблицах базы данных; полнота и целостность данных; полнота связей; соответствие некоторым аналитическим ограничениям и т.д. На данном этапе исследований внимание уделено обеспечению



корректности форматов и представлений данных; уникальности первичных ключей в таблицах базы данных в том случае, если данные для обработки являются текстовыми и, в частности, на русском языке.

Одним из основных классов алгоритмов для определения похожести строк является **нечеткое сравнение строк**. Данный класс алгоритмов позволяет оценить похожесть строк, т.е. минимальное количество операций вставки одного символа, удаления одного символа и замены одного символа на другой, необходимых для превращения одной строки в другую. В настоящее время существует ряд методов нечеткого сравнения строк, отличающихся по быстродействию, например, алгоритмы Левенштейна и Укконена. При этом ни один из методов не обладает языковой зависимостью и могут быть использованы для обработки текстов на различных языках. Однако для некоторых слов может понадобиться одинаковое число модификаций строки. Например, слово, содержащее ошибку «мук», с одинаковой похожестью может соответствовать названию растений «лук», «бук», «дуб».

Для сужения множества похожих слов предлагается применять **фонетические алгоритмы**, позволяющие оценить похожесть слов на основе их фонетического сходства. Данные алгоритмы используют кодирование слов в зависимости от особенностей произношения текста.

Применение фонетических кодов повышает качество сравнения слов при неправильном или различном написании. В основном фонетические алгоритмы используются для сопоставления фамилий. Представляется также достаточно эффективным использование фонетических алгоритмов для сопоставления пользовательских строк с эталонными значениями из различного рода классификаторов.

Практически все фонетические алгоритмы ориентированы на использование фонетических правил английского языка. Реализованы некоторые модификации алгоритмов, например, для французского, испанского языков. Существуют и другие адаптации фонетических алгоритмов для языков, отличных от английского. Как правило, в этом случае используется транслитерация, а в качестве алгоритма используются вариации Soundex. Транслитерация в большинстве случаев не позволяет учесть особенности фонетики искомого языка. Для обработки строк на русском языке с учетом фонетических особенностей предлагается применять разработанный алгоритм Polyphon.

В данном алгоритме проводится кодирование букв в простые числа. Преобразования последовательностей букв основываются на фонетических правилах русского языка и с учетом основных типов ошибок (морфологических, фонологических, фонетических, традиционных), а также возможной гиперкоррекции при написании слов.

Проведенные исследования также показали, что предложенный алгоритм фонетического кодирования можно использовать для сопоставления слов на монгольском языке. При этом для адаптации требуется изменить преобразования буквенных последовательностей с учетом фонетических правил монгольского языка.

Для монгольского языка можно выделить, что также как и русский язык, он использует кириллические буквы. В обоих языках существуют звуки, похожие друг на друга, например, гласные [а], [о] и согласные [м], [с]. Языки имеют некоторые общие фонетические законы, хотя они не всегда проявляются в каждом из них одинаково. В связи с этим была реализована адаптация Polyphon для монгольского языка.

Пример кодирования некоторых букв монгольского языка приведен в табл. 1, а вариант



кодирования – в табл. 2.

Таблица 1. Замена некоторых букв

Бук вы	А, Е, Ё, И, О, Ъ, Ы, Э, Я										,ю
Результа т	Э	П	Ф	К	Т	С	Ш	Ш	Н	у	

Таблица 2. Кодирование букв

Буква	К	Л	Н	П	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Э
Код	2	3	5	7	11	13	17	19	23	29	31	37	41	43

При обработке текстов на русском языке фонетические алгоритмы целесообразно использовать для сопоставления слов, представленных в виде имен существительных в именительном падеже. Таким образом, этот метод эффективно использовать для идентификации значений, которые можно сопоставить с классификаторами. Связано это с тем, что русский язык является морфологически богатым, и изменение словоформы может существенно отразиться на фонетическом представлении слова. Однако в монгольском языке нет понятия грамматического рода. Существительное в форме основы может выполнять синтаксические функции подлежащего, определения, дополнения и именной части составного сказуемого. В связи с этим возможности использования фонетических алгоритмов в монгольском языке гораздо шире, чем в русском.

Таким образом, комплексный подход к очистке данных посредством применения алгоритмов нечеткого сравнения строк и фонетических алгоритмов позволяет повысить качество данных.

Представленный в работе подход, в частности, позволил создать инструментальные средства для обработки и загрузки в прототип информационно-аналитической системы (<http://tbd.icc.ru/>) слабоструктурированные данные об активности иксодовых клещей на территории Иркутской области и Республики Бурятия.

Научная новизна работ, проведенных в рамках блока, заключается в том, что методы фонетического кодирования с учетом фонетических особенностей русского и монгольского языка, используемые как часть комплекса процедур по очистке данных, предложены впервые (авторы: к.т.н. А.О. Шигаров, к.т.н. В.В. Парамонов, к.т.н. А.А. Михайлов, В.В. Христюк).

4. Предметно-ориентированный декларативный язык описания трансформаций концептуальных моделей (Transformation Model Representation Language, TMRL).

Предложен алгоритм автоматизированной разработки продукционных баз знаний (БЗ) на основе преобразования авторской нотации диаграмм Исикавы. Алгоритм основан на выделении структурных, причинно-следственных элементов диаграммы и их преобразования в конструкции целевого языка представления знаний – CLIPS.

Постановка задачи состоит в следующем: необходимо определить оператор преобразования концептуальной модели



$$T : CM^{FD} \rightarrow KB,$$

где CM^{FD} – исходная концептуальная модель (диаграмма Исикавы); KB – целевая БЗ, при этом $KB = \langle Code^{CLIPS} \rangle$. Уточним оператор преобразований

$$T = \langle T_{CM-RM}, T_{RM-KB} \rangle,$$

$$T_{CM-RM} : M_{XML}^{FD} \rightarrow M^{PR}, \quad T_{RM-KB} : M^{PR} \rightarrow Code^{CLIPS},$$

где T_{CM-RM} – оператор преобразования диаграммы Исикавы в модель продукций; T_{RM-KB} – оператор преобразования модели продукций в код БЗ на ЯПЗ CLIPS; M_{XML}^{FD} – представление диаграммы Исикавы в XML-формате; M^{PR} – представление полученных знаний в виде модели продукций; $Code^{CLIPS}$ – код БЗ на ЯПЗ CLIPS.

В рамках предложенного алгоритма разработаны исходная метамодель диаграммы Исикавы, расширенная метамодель диаграммы Исикавы для определения механизма деградационного процесса, целевая метамодель для унифицированного представления правил (модель продукций), оператор трансформации, основные этапы создания программного компонента (модуля) трансформации, а также методика преобразования диаграммы Исикавы с использованием созданного программного компонента.

Новизной алгоритма является применение принципов модельно-управляемого подхода для создания продукционных экспертных систем на основе диаграмм Исикавы.

Апробация и оценка достоверности алгоритма выполнена на примере автоматизированного создания продукционной базы знаний для диагностирования и прогнозирования деградационных процессов, обуславливающих состояние механических систем (авторы: д.т.н. А.Ф. Берман, к.т.н. Н.О. Дородных, д.т.н. О.А. Николайчук, к.т.н. А.Ю. Юрин).

Предложен алгоритм автоматизированной разработки продукционных БЗ для проблемно-ориентированных систем анализа риска опасных технических объектов. Алгоритм основан на анализе структурных элементов деревьев отказов, расширенных конструкциями механизма процесса и кинетики, и их преобразования в конструкции целевого языка представления знаний CLIPS.

Постановка задачи состоит в следующем: необходимо определить оператор преобразования концептуальной модели

$$T : CM^{FT} \rightarrow KB,$$

где CM^{FT} – исходная концептуальная модель ДО (дерево отказов); KB – целевая БЗ, при этом $KB = \langle Code^{CLIPS} \rangle$. Уточним оператор преобразования:

$$T = \langle T_{CM-RM}, T_{RM-KB} \rangle, \quad T_{CM-RM} : M_{XML}^{FT} \rightarrow M^{PR}, \quad T_{RM-KB} : M^{PR} \rightarrow Code^{CLIPS},$$

где T_{CM-RM} – оператор преобразования ДО в модель продукций; T_{RM-KB} – оператор модели продукций в код БЗ на ЯПЗ CLIPS; M_{XML}^{FT} – представление расширенной модели ДО в XML-формате; M^{PR} – представление полученных знаний в виде модели продукций; $Code^{CLIPS}$ – код БЗ на ЯПЗ CLIPS.

В рамках предложенного алгоритма разработаны исходная метамодель дерева отказов (рис. 31), оператор трансформации, основные этапы создания программного компонента



(модуля) трансформации, а также методика преобразования дерева отказов с использованием созданного программного компонента.

Новизной алгоритма является применение принципов модельно-управляемого подхода для создания продукционных экспертных систем на основе деревьев отказов.

Предложенный метод позволяет, с одной стороны, избежать ошибок программирования на этапе формализации знаний за счет автоматической кодогенерации, а также сократить время, затрачиваемое на разработку БЗ, с другой – приблизить специалистов-предметников к непосредственной разработке интеллектуальных компонентов проблемно-ориентированных программных систем, позволяя им создавать программный код, оперируя понятными предметно-ориентированными моделями.

Апробация и оценка достоверности алгоритма выполнена на примере автоматизированного создания продукционной базы знаний для диагностирования и прогнозирования деградационных процессов, обуславливающих состояние механических систем (авторы: д.т.н. А.Ф. Берман, к.т.н. Н.О. Дородных, д.т.н. О.А. Николайчук, к.т.н. А.Ю. Юрин).

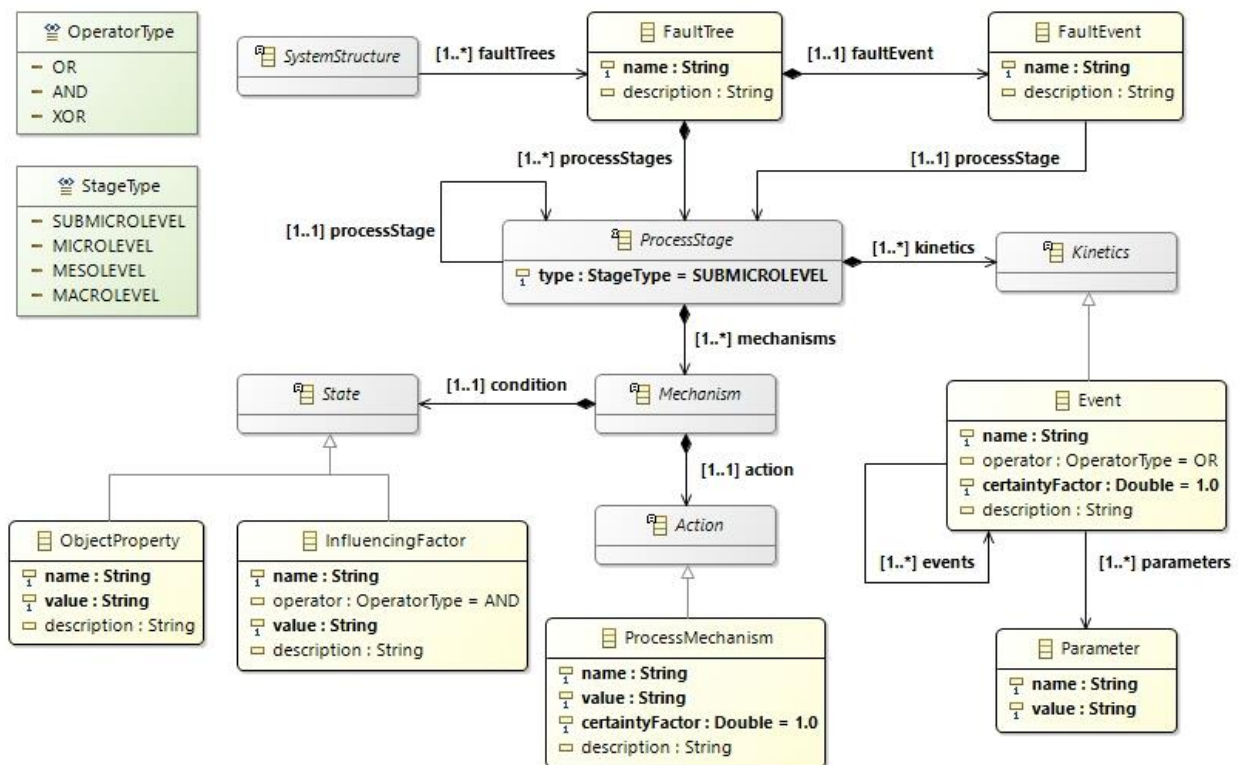


Рис. 31. Мета модель расширенной модели дерева отказов

Предложена модель онтологии, позволяющая описывать мультидисциплинарную информацию о рассматриваемой задаче, в том числе методы и средства ее решения. Модель основана на иерархии онтологий предметной и проблемной областей, онтологии представления и онтологии верхнего уровня. Онтологии верхнего уровня содержат описание моделей объекта исследования, дисциплины и методов исследования. Содержание этих онтологий определяется следующими основными факторами: информационное пространство классифицируется по мультидисциплинарным информационным аспектам (аспекты исследования), классам состояний объекта, соответствующим задачам, а также дисциплинам,



к которым принадлежат задачи. В свою очередь компоненты задачи, закономерности предметной области и методы также определяются информационными структурами онтологии.

Новизна модели обусловлена тем, что модель обеспечивает представление разнородной, по степени формализации, информации о решаемой проблеме; независимость представления данных и знаний от методов их обработки; коллективность разработки информационного пространства; возможность применения модельно-ориентированного подхода при разработке приложений.

Апробация модели осуществлена при создании онтологии для решения задач управления безопасностью сложных технических систем в рамках разработки прототипов системы автоматизации исследований и агентной системы имитационного моделирования. В настоящее время разработана иерархия междисциплинарных задач управления безопасностью сложных технических систем, отражающая соответствующую структуру онтологии (рис. 32) (авторы: д.т.н. А.Ф. Берман, к.т.н. А.И. Павлов, д.т.н. О.А. Николайчук, к.т.н. А.Ю. Юрин).

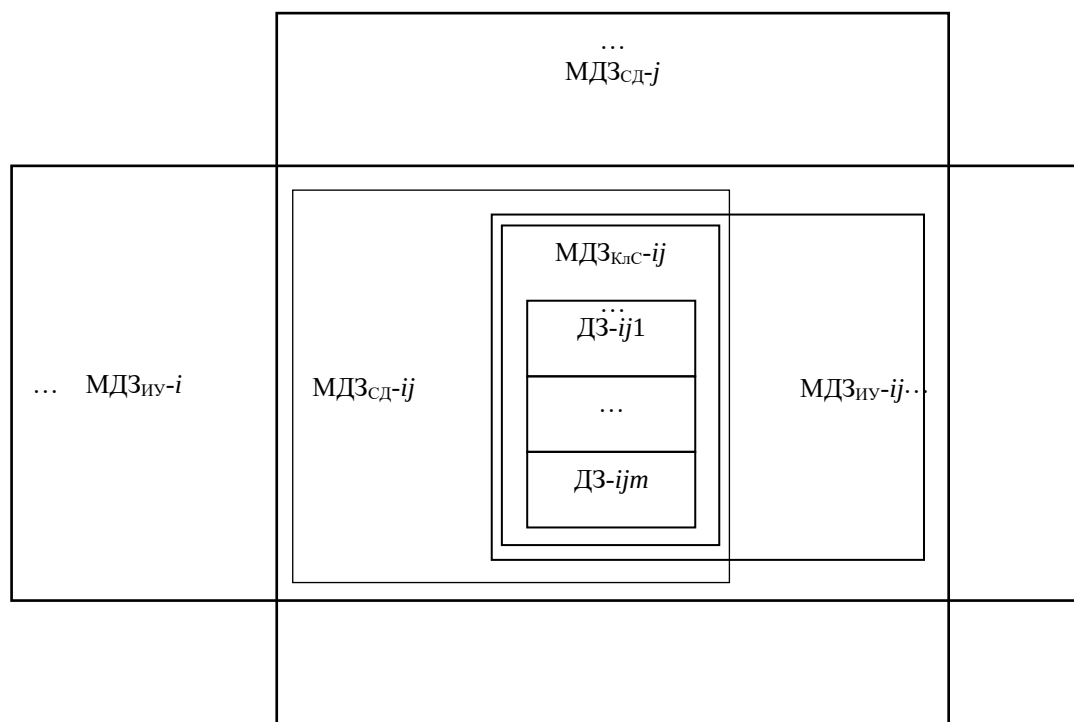


Рис. 32. Иерархия междисциплинарных задач

МДЗсд – междисциплинарные задачи стадий динамики; МДЗиу – междисциплинарные задачи информационных уровней; МДЗклс – междисциплинарные задачи классов опасных состояний, ДЗ – дисциплинарные задачи.

Проведено развитие программного модуля поддержки преобразований агентно-ориентированной модели и ее интерпретации для агентного имитационного моделирования. Данный модуль реализует разработанный в рамках данного проекта (2017 г.) информационный процесс формирования спецификаций агентных имитационных моделей (АИМ) и обеспечивает поддержку пользователя при создании АИМ. Поддержка осуществляется на основе представления и реализации информационного процесса в виде



семантической сети (рис. 33), узлами которой являются ключевые артефакты процесса разработки АИМ, а связями – существующие между ними зависимости, которые могут содержать функции перехода, формализующие правила преобразования одних артефактов в другие. Данный алгоритм использует иерархическую систему информационно-логических моделей, разработанной в неделимом соавторстве с к.т.н. А.Б. Столбовым, элементы которой позволяют описать типовые элементы (структуры, поведение, процессы) и инструменты, используемые при создании АИМ.

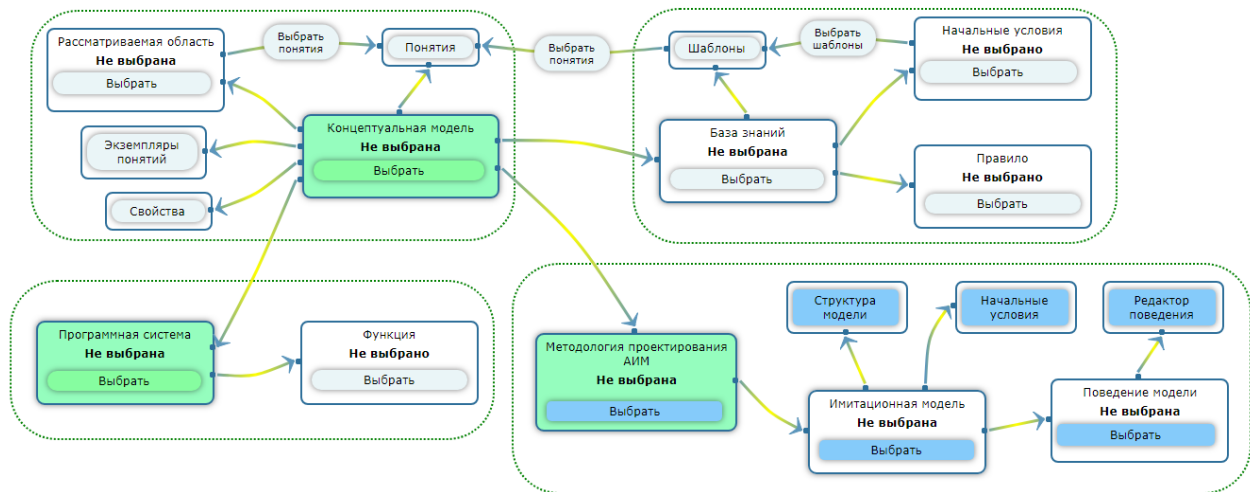


Рис. 33. Экранная форма с изображением информационного процесса формирования спецификаций АИМ в виде семантической сети

Разработанный программный модуль позволяет осуществить поддержку действий пользователя при формировании спецификации АИМ за счет наглядной визуализации возможных направлений движения в соответствии с существующими зависимостями между артефактами и интерактивного отображения влияния внесенных изменений на интерактивной семантической сети артефактов модели и их трансформаций.

В рамках данного программного модуля полученные спецификации поведения АИМ и ее активных элементов (агент, среда) могут быть преобразованы к исполняемому виду путем интерпретации. Преобразования осуществляются на основе следующей модели, обеспечивающей описание поведения АИМ:

$$M^{Op} = \langle Op^B, Op^C \rangle,$$

где Op^B – базовая операция, представляющая метод компонента системы агентного имитационного моделирования,

$$\begin{aligned} \langle Op^B \rangle &= \langle \text{Имя метода} \rangle \{ \langle \text{Параметр} \rangle \} \langle \text{Реализация} \rangle \\ \langle \text{Реализация} \rangle &= \langle \text{Адрес} \rangle \langle \text{Протокол доступа} \rangle \\ \langle \text{Протокол доступа} \rangle &= \text{HTTP} \mid \text{SOAP} \mid \text{Websocket} \mid \text{Local} \\ \langle \text{Параметр} \rangle &= \langle \text{Имя} \rangle \langle \text{Вход} \mid \text{Выход} \rangle \langle \text{Тип} \rangle \\ \langle \text{Тип} \rangle &= \langle \text{Литерал} \rangle \mid \langle \text{Понятие} \rangle, \end{aligned}$$

Op^C – композитная операция, функциональность которой формируется на основе комбинации базовых операций,

$$\begin{aligned} \langle Op^C \rangle &= \langle \text{Имя} \rangle \{ \langle \text{Параметр} \rangle \} \{ \langle Op^B \rangle \mid \langle Op^C \rangle \mid \langle \text{Оператор} \rangle \{ \langle Op^B \rangle \mid \langle Op^C \rangle \} \} \\ \langle \text{Оператор} \rangle &= \text{Oif} \mid \text{OL} \mid \text{Ov}. \end{aligned}$$

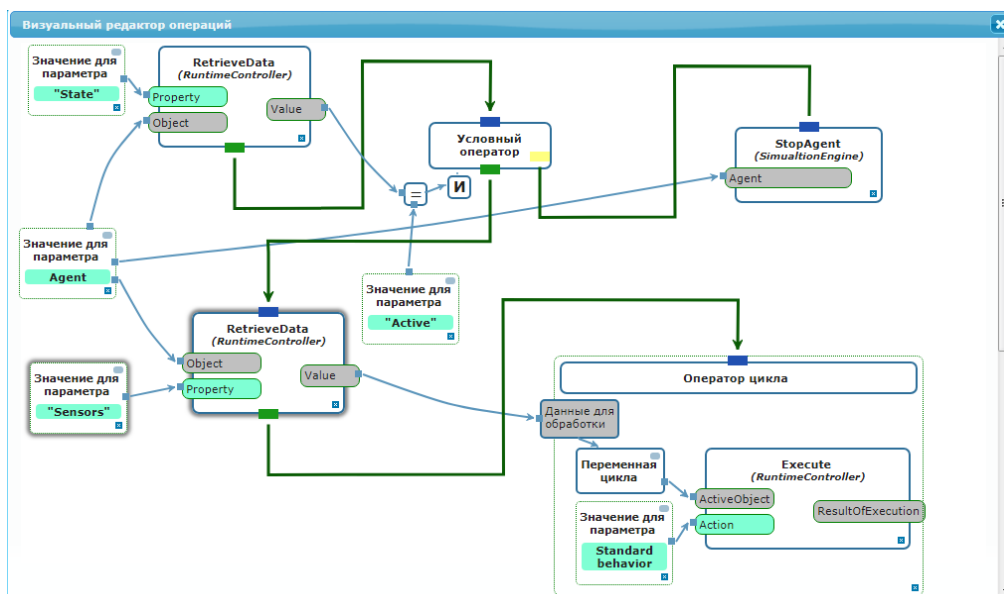


Рис. 34. Редактор описания поведения АИМ

Разработанная модель описания поведения АИМ и ее элементов обеспечивает возможность спецификации необходимого поведения путем визуального конструирования на основе методов функциональных компонентов системы агентного имитационного моделирования (компонент работы с базой данных, коммуникационный компонент, компонент рассуждений на основе правил и т.п.) и стандартных операторов ветвления и цикла (рис. 34). При этом интерпретация полученных спецификаций в исполняемый вид может быть выполнена автоматически.

Новизна представленного результата обусловлена использованием оригинальной иерархической системы информационно-логических моделей, позволяющей описать типовые элементы АИМ (структуры, поведение, процессы), включая модель композитной операции, обеспечивающей описание сложного поведения путем комбинирования базовых операций (авторы: д.т.н. О.А. Николайчук, к.т.н. А.И. Павлов, к.т.н. А.Б. Столбов).

Предложен алгоритм и программное обеспечение, обеспечивающие поддержку принятия решений на основе совместного применения прецедентного подхода и методов группового принятия решений. Апробация алгоритма осуществлена на примере решения задачи выбора конструкционного материала при проектировании изделий в нефтехимии.

Алгоритм состоит из двух основных шагов: 1) поиск прецедентов-аналогов, включающих информацию о материалах и опыте их применения в различных условиях; 2) применение методов многокритериального выбора (АРАМИС, АИР, МОПС) для получения окончательного решения на основе сужения множества аналогов, полученных на первом этапе. Программная реализация алгоритма произведена в составе программной системы «Выбор+».

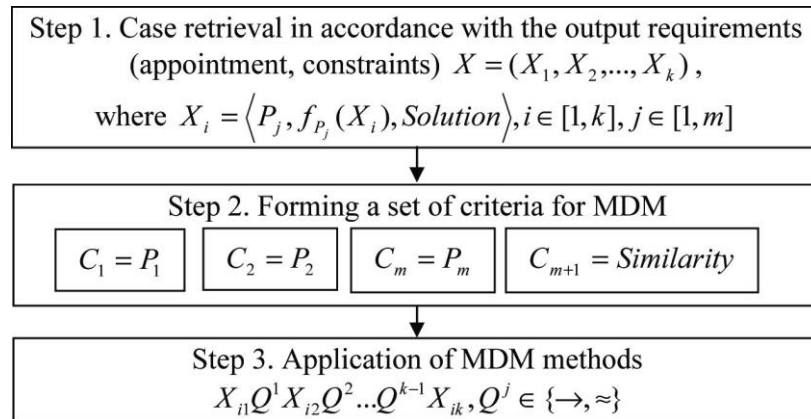


Рис. 35. Схема совместного использования прецедентов и методов группового выбора

Совместное применение прецедентного подхода и методов повышает эффективность принятия решений за счет уточнения результатов извлечения прецедентов-аналогов. На практике такой подход позволяет предоставлять лицу, принимающему решение, как единственный наиболее подходящий вариант, так и упорядоченную последовательность (что позволит избежать повторного решения задачи в случае отказа ЛПР от наиболее предпочтительного варианта). Наличие строгого математического базиса как на этапе извлечения прецедентов из библиотеки прецедентов, так и на этапе применения методов многокритериального выбора, а также успешное применение предложенного подхода к решению ряда практических задач, в том числе для выбора конструкционных материалов, свидетельствуют о высоком уровне достоверности результатов его применения (авторы: к.т.н. А.Ю. Юрин, Г.С. Малтузьева).



Проект № 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

Развиты теоретические основы невыпуклого оптимального управления (ОУ) на невыпуклую негладкую задачу ОУ с целевым функционалом и ограничениями типа неравенства, задаваемыми функционалами Больца с d.c. функциями. В частности, доказаны новые условия глобальной оптимальности (УГО) для такой задачи (*авторы: д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский, М.В. Янулевич*).

Разработаны теоретические основы локального и глобального поисков в простейшей иерархической задаче с равновесием на нижнем уровне: для двухуровневой задачи с линейной функцией на верхнем уровне и матричной игрой на нижнем уровне доказана теорема редукции к задаче математической оптимизации с невыпуклым допустимым множеством, а также построены явные d.c.разложения невыпуклых функций, входящих в постановку задачи, в виде разности двух выпуклых функций (*авторы: к.ф.-м.н. А.В. Орлов, к.ф.-м.н. Т.В. Груздева*).

Исследованы приложения задач целочисленного программирования, в частности, задач размещения в области интеллектуального анализа больших массивов данных. Для задачи оптимального замещения с приложением в автомобильной промышленности разработан новый точный параллельный метод решения, включающий в виде блоков несколько известных методов и подходов (*авторы: к.ф.-м.н. И.Л. Васильев, к.ф.-м.н. А.В. Ушаков*).

Разработаны новые алгоритмы, ориентированные на оптимизацию псевдобулевых функций типа «черный ящик» (pseudo Boolean Black-box function), которые были применены для оценивания трудоемкости алгебраических атак в отношении ряда поточных шифров (Mickey, Salsa20 и Rabbit, а также сжимающий и самосжимающий генераторы) (*авторы: к.т.н. О.С. Заикин, С.Е. Кочемазов*).

Ряд задач, относящихся к подводной акустике, был решен в проекте Acoustics@home. Более конкретно, были исследованы вопросы точности восстановления профиля скорости звука в волноводе мелкого моря. Соответствующие проблемы сводились к задаче black-box оптимизации функции невязки. Были проанализированы два подхода. В первом из них профиль скорости звука рассматривается как кусочно-линейная функция с зафиксированными узлами, расположенными равномерно по глубине (от поверхности моря до дна). В этих узлах значение профиля скорости звука находится с помощью решения обратной задачи. В рамках второго подхода глубины узлов профиля скорости звука также рассматриваются как неизвестные параметры, значения которых восстанавливаются при решении обратной задачи. В результате проведения нескольких крупномасштабных вычислительных экспериментов было выяснено, что для рассмотренных задач второй подход позволяет находить более точные оценки профиля скорости звука (*автор: к.т.н. О.С. Заикин*).

Получены новые результаты, относящиеся к теории сложности пропозициональных доказательств. А именно, было показано, что недавно построенная система вывода, основанная на использовании двухрельсовой кодировки (dual-rail encoding, DRE) и последующего применения MaxSAT-резолюции (такая система пропозиционального вывода



названа DRMaxSAT или dual-rail MaxSAT) полиномиально моделирует общую резолюцию. В сочетании с ранее полученным результатом о существовании полиномиального доказательства в системе DRMaxSAT для формул Дирихле это означает, что система вывода DRMaxSAT является более мощной по сравнению с общей резолюцией. Было также показано, что система DRMaxSAT не моделирует полиномиально системы на основе алгоритма Гомори (cutting planes systems) (автор: к.ф.-м.н. А.С. Игнатьев).

Разработана библиотека PySAT для эффективного прототипирования с применением SAT-решателей на языке Python: <https://pysathq.github.io/>. Библиотека предоставляет пользователю инкрементальный (incremental) доступ к оригинальным низкоуровневым реализациям некоторых современных SAT-решателей, например, MiniSAT, Glucose и Lingeling, что позволяет существенно облегчить реализацию прототипов, решающих практические задачи с помощью SAT-оракулов. Кроме того, на примере MaxSAT-решателя RC2 было продемонстрировано, что реализация решений на основе PySAT не ведет к существенной потере производительности, несмотря на «высокоуровневость» языка Python. Так, MaxSAT решатель RC2 победил в обеих категориях главного трека ежегодного международного соревнования MaxSAT Evaluation 2018, выиграв две «золотые» медали FLoC Olympic Games 2018, Oxford, UK (автор: к.ф.-м.н. А.С. Игнатьев).

Предложены эффективные кодировки и использующие SAT подходы к построению «множеств решений» (decision sets или rule sets), а также «деревьев решений» (decision trees), используемых при решении задач классификации в современном машинном обучении (автор: к.ф.-м.н. А.С. Игнатьев).

Исследованы некоторые свойства диагональных латинских квадратов (ДЛК) малых порядков. Были разработаны программные реализации эффективного генератора ДЛК и алгоритма построения трансверселей ДЛК путем перебора в глубину с возвратами. С помощью данных программ были перечислены трансверсели для ДЛК до порядка 8 включительно. Была также предложена классификация ДЛК порядка 10 по количеству ортогональных им ДЛК (авторы: к.т.н. О.С. Заикин, С.Е. Кочемазов).

Разработан метод создания агентных имитационных моделей (АИМ), позволяющий описывать и применять различные методологии проектирования на основе единого языка спецификаций. При создании метода была использована иерархическая система информационно-логических моделей, позволяющих описать типовые элементы (структуры, поведение, процессы) и инструменты, используемые при создании АИМ. Отдельное внимание при создании метода было уделено специализации тех моделей иерархической системы, которые связаны с описанием средств реализации АИМ. В отличие от известных подходов разработанный метод обеспечивает поддержку процесса создания АИМ на более абстрактном уровне, что позволяет варьировать разные способы агентного моделирования и повторно использовать существующие программные средства (автор: к.т.н. А.Б. Столбов).

Для задач о размещении элементов резервной и дублирующей системы обслуживающих логистических центров (ЛЦ) с пространственными ограничениями предложена математическая модель в виде задачи о кратном покрытии ограниченного многосвязного множества наборами равных кругов. 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 физических принципах Ферма и Гюйгенса, проведен



**Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2018 г.**

вычислительный эксперимент, включающий решение тестовых и модельных задач (автор: к.ф.-м.н.А.А. Лемперт).

Для транспортно-пересадочных узлов «Владыкино» и «Кутузово», которые расположены на Московском центральном кольце, определена структура основных входящих пассажиропотоков. На основе собранных статистических данных построены их математические модели в виде ВМАР-потоков, которые позволяют объединить в единую структуру несколько различных потоков заявок. Ключевой особенностью предложенной модели является то, что время между двумя последовательно прибывающими группами пассажиров подчинено экспоненциальному распределению. Последнее позволяет применять для изучения групповых пассажиропотоков аппарат классической теории массового обслуживания (авторы: д.ф.-м.н. А.Л. Казаков, к.ф.-м.н.А.А. Лемперт, М.Л. Жарков).

Представлен всесторонний анализ формирования и динамики теплового потока в озере Байкал на основе детальных натурных измерений. Коэффициент эффективного турбулентного обмена оценивается путем решения обратной задачи Стефана с использованием данных о толщине ледяного покрова и распределения температуры во льду и подледной воде. При моделировании использованы результаты прямых измерений скорости диссипации турбулентной кинетической энергии, которые послужили основой для качественного доказательства наличия слоя постоянного турбулентного напряжения подо льдом Байкала, оценки диапазона скоростей течения, при которых формируется логарифмический слой. Для воспроизведения процессов, приводящих к появлению кольцевых структур, было выполнено их описание в рамках двумерной, осесимметричной относительно вертикальной оси математической модели нарастания и таяния ледового покрова. Согласование с крупномасштабной гидродинамической моделью осуществлялось через задание осредненных по времени полей скорости течений в районе кольца, используемых в осесимметричной модели как входные параметры. Коэффициенты горизонтальной и вертикальной турбулентной диффузии оценивались косвенным методом. Численное моделирование динамики ледового покрова позволило воспроизвести основные характеристики наблюдаемых кольцевых структур на льду озера Байкал (автор: В.В. Козлов).



**ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРОГРАММАМ РАН
И ИНТЕГРАЦИОННЫМ ПРОЕКТАМ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН**

Программа фундаментальных исследований Президиума РАН I.27.
«Фундаментальные проблемы решения сложных практических задач с помощью суперкомпьютеров»

Координатор программы – ак. В.Б. Бетелин

Проект «Методы и средства решения трудных переборных задач с помощью суперкомпьютеров»

№ гос. регистрации: АААА-А18-118031590005-5

Научный руководитель проекта: ак. И.В. Бычков

1. Разработана архитектура новой программной платформы для автоматизации создания и поддержки функционирования распределенных приложений на основе микросервисного подхода, обеспечивающего многократное использование, простоту обновления компонент приложения и его кроссплатформенность.

2. Разработан новый интеллектуальный подход к виртуализации ресурсов суперкомпьютерных центров коллективного пользования и управлению их облачной инфраструктурой в процессе автоматизации решения сложных практических задач с требуемым качеством предоставляемых информационно-вычислительных услуг.

3. Реализован новый метод параллельной обработки больших объемов пространственных данных в виде набора компонент облачной среды. Новизной метода по сравнению с другими является автоматическое разделение пространственных данных по пространственной сетке и объединение результатов обработки на основе спецификаций. Это позволяет применять множество существующих программных систем для параллельного выполнения на множестве узлов облачной среды без их модификации. Апробация метода выполнялась на задаче поиска объектов на растровых изображениях большого объема и наборах изображений с использованием логических описаний объектов, основанных на логических описаниях деформируемых моделей. Применение метода позволило ускорить почти линейно относительно количества узлов решение этой задачи.

4. Для эффективной организации коллективного выполнения динамических мультиобъектных миссий большой длительности группами автономных подводных роботов предложена схема декомпозиции миссии в виде последовательности рабочих периодов ограниченной длительности. Согласно предложенной схеме на каждом рабочем периоде задача групповой маршрутизации решается как статическая задача, а по завершению каждого периода осуществляется групповой сбор (рандеву) с целью обновления условий миссий и текущего статуса группы. Описанная декомпозиция, осуществляемая на верхнем уровне системы группового управления, позволяет обеспечить коммуникационно-устойчивое движение группы автономных подводных роботов (АПР) и одновременно существенно сократить размерность задачи маршрутизации до длительности рабочего периода. Несмотря на то, что частые рандеву способствуют повышению скорости реакции группы на любые непредвиденные изменения и непрогнозируемые события, каждое рандеву может существенно отвлекать группу от своевременного выполнения имеющихся задач в силу значительной длительности. Так, каждое рандеву включает в себя последовательность



из сбора группы в обозначенной области, обновления текущего статуса группы, обмена актуальными данными между АПР, определения новой групповой стратегии и возвращения аппаратов обратно к выполнению целей.

Для того чтобы уменьшить отрицательное влияние групповых сборов на эффективность обследования целей, в систему группового управления был добавлен поиск наиболее благоприятных моментов для проведения рандеву, а также предложена схема резервного планирования групповых маршрутов, позволяющая частично сократить время, затрачиваемое на перепланирование. Под благоприятными моментами здесь понимаются те моменты времени, в окрестности которых отсутствует необходимость обследования каких-либо целей согласно их периодичности. Другими словами, благоприятными считаются те отрезки времени, в рамках которых группа АПР может отлучиться на сбор и вернуться после него, не создав новых опозданий. Поиск таких моментов был добавлен в процедуру маршрутизации как один из дополнительных критериев оптимизации, оценивающий состояние всех целей миссии на момент завершения группового движения на текущем рабочем периоде группы. Схема резервного планирования заключается в построении запасных групповых маршрутов с учетом не только запланированных событий, но и прогнозируемых изменений. В этом случае группе не придется тратить время на корректировку текущей групповой стратегии в изменившихся условиях.

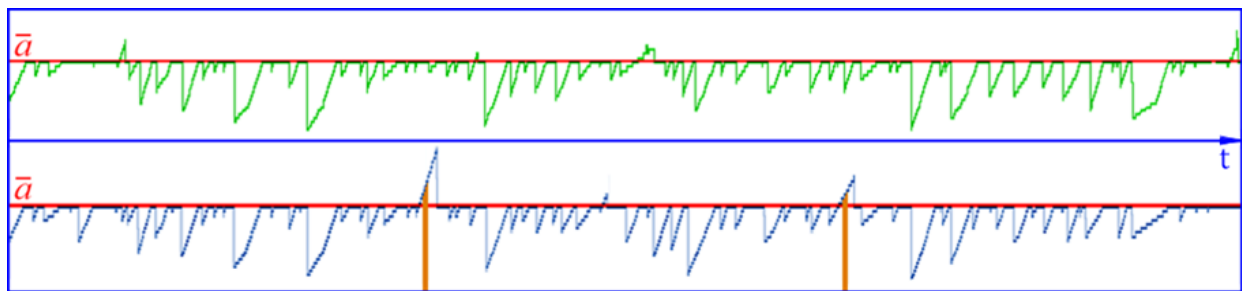


Рис. 36. Изменение максимальной актуальности у целей при глобальном планировании (наверху) и при локальном на основе декомпозиционного подхода (внизу)

5. Предложен новый способ формализации и решения различных задач управления для важного класса динамических систем, известных как дискретно-событийные системы (ДСС). Формализация основана на оригинальном логическом исчислении позитивно-образованных формул (ПОФ). На основе ПОФ разработан алгоритм для проверки свойства совместной наблюдаемости языка спецификации, ограничивающего поведение ДСС. Совместно наблюдаемые языки служат спецификациями для децентрализованных супервизоров, необходимых для выполнения задач группового управления. Подход демонстрируется на примере дискретно-событийной модели АПР, описывающей переключение режимов работы АПР, следующего за лидером, при выполнении групповой миссии. Члены группы АПР не могут наблюдать и управлять всеми событиями системы из-за ограничений связи, поэтому требуется децентрализованное управление.



Программа фундаментальных исследований Президиума РАН I.30. «Теория и технологии многоуровневого децентрализованного группового управления в условиях конфликта и кооперации»

Координатор программы – чл.-к. Д.А. Новиков

Проект «Методы, алгоритмы и инструментальные средства децентрализованного группового решения задач в вычислительных и управляющих системах»

№ гос. регистрации: АААА-А18-118031590006-2

Научный руководитель проекта: ак. И.В. Бычков И.В.

Разработаны новые методы и алгоритмы децентрализованного управления группой целенаправленных интеллектуальных агентов в задаче сборочного программирования в гетерогенной распределенной вычислительной среде.

Разработаны новые мультиагентные модели на основе кооперативного поведения агентов для управления вычислениями в гетерогенной распределенной вычислительной среде, включающей как традиционные системы управления заданиями, так и системы управления виртуальными машинами.

Обоснована корректность правил синтеза гипотез в исследуемом методе порождения гипотез, основанного на конструктивном фрагменте полного исчисления позитивно-образованных формул с функциональными символами и равенством. В выделенном классе ПОФ и исчислении (JF) вводятся три новых правила вывода для обработки формул, представляющих задачи, т.е. формулы вида $G1 \rightarrow G2$, где $G1$ — произвольная ПО-формула класса JF, описывающая условия и конструктивные средства решения задачи, а $G2$ — некоторая формализация цели. Корректность правил синтеза гипотез основывается на корректности применения правил вывода в исчислении JF, которая обосновывается следующей теоремой.

Теорема. Пусть $G1 \rightarrow G2$ – задача, где $G1$ – ПО-формула из класса JF, а $G2$ – формула вида $\forall X A (\exists Y_1 B_1, \dots, \exists Y_n B_n)$, тогда JF-вывод формулы $G1 \& \neg G2$ конструктивен.

В рамках проекта исследовался ряд новых моделей групповой маршрутизации, характеризующихся высокой динамикой среды, разнородностью действующей группировки и техническими ограничениями на условия выполнения целей. Под техническими ограничениями подразумеваются требования на типы аппаратов, которые могут обслуживать конкретные цели. При работе над проектом рассматривались как вариации задачи с раздельной постановкой (*split delivery*), когда допускается обслуживание цели «по частям» несколькими роботами в разное время, так и вариации с сильно связанными (*tightly coupled*) целями, доступными для выполнения одновременно несколькими аппаратами. Дополнительным требованием к маршрутам группы является регулярность групповых сборов, способствующих поддержанию осведомленности группы и обеспечивающих возможность оперативного перепланирования.

Для решения исследуемых задач была разработана гибридная модификация эволюционных алгоритмов, сочетающая возможности генетического алгоритма по исследованию пространства поиска (*exploration*) с эффективными процедурами локальной разработки найденных перспективных окрестностей (*exploitation*). Перепланирование групповой стратегии осуществляется на основе базы накопленных ранее решений, а система самоадаптации на основе муравьиного алгоритма отвечает за переключение между



режимами исследования и разработки в реальном времени.

В литературе практически не представлены работы, в которых комплексные условия выполнения групповых миссий формулировались бы в рамках самой задачи маршрутизации, тем самым открывая новые, более широкие вариации ее постановки. Такие постановки позволяют описывать более сложные, детализированные и реалистичные требования к работе группы, а значит, представляют наибольший научный и практически интерес. Исследуемая в рамках проекта модель объединяет в себе характеристики таких задач маршрутизации, как систематическая маршрутизация (PersistentVRP), циклическая вариация с временными окнами (CVRPTW) и маршрутизация с раздельной доставкой (VRPSD). При этом дополнительное ограничение на регулярность групповых сборов сформулировано в терминах других уже действующих ограничений без порождения новых сущностей.

Комплексная программа фундаментальных научных исследований СО РАН № II.1

«Междисциплинарные интеграционные исследования» на 2018-2020 гг.

Интеграционный проект «Разработка методов и веб-ориентированных технологий тематической обработки мульти- и гиперспектральных данных дистанционного зондирования Земли в задачах экологического мониторинга и рационального природопользования»

Координатор проекта – д.ф.-м.н. О.И. Потатуркин

Блок «Разработка и экспериментальное исследование эффективности методов оценки антропогенного воздействия на окружающую среду»

№ гос. регистрации: АААА-А18-118031590007-9

Руководитель блока: д.т.н. Г.М. Ружников

Предложено сочетание метода выделения объектов на основе запросов на языке SOQL и нейронных сетей, что позволяет находить объекты определенной формы с заданными спектральными и текстурными признаками без формирования обучающей выборки (ОВ) с различными вариантами расположения объекта заданной формы.

На основе технологий геоинформационных веб-систем разработано программно-технологическое обеспечение для обработки и визуализации данных дистанционного зондирования Земли. Создан набор специализированных программных модулей для реализации систем оперативного спутникового мониторинга, в том числе средства для создания стандартных информационных продуктов для спутникового приемного комплекса, система каталогизации данных ДЗЗ, объединенная с системой управления геопространственными метаданными, система предобработки спутниковых снимков для оперативного представления снимков на геопортале через веб-интерфейс.



**Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2018 г.**

Интеграционный проект № 7 «Разработка физических и технологических принципов изготовления приборов, использующих спиновую степень свободы на основе структур с квантовыми точками и материалов, совместимых с кремниевой технологией»

Научный руководитель: чл.-к. РАН А.В. Двуреченский.

Блок «Разработка алгоритмов и решение задач управления спиновыми токами в структурах с квантовыми точками»

№ гос. регистрации: АААА-А18-118032090008-8

Руководитель блока: д.т.н. А.Ю. Горнов

Создана информационная система, включающая результаты экспериментов, проводимые сотрудниками Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН под руководством д.ф.-м.н. Н.П. Степиной на имеющейся в СО РАН лабораторной установке. Предложенные к.ф.-м.н. А.Ф. Зиновьевой и к.ф.-м.н. А.В. Ненашевым (ИФП СО РАН) модели в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений отражают динамику процесса временной релаксации фотопроводимости в зависимости от интенсивности освещения и напряженности магнитного поля.

Исследованы различные варианты динамических моделей, включающие в правых частях системы дифференциальных уравнений от пяти до тринадцать компонент, как линейных, так и нелинейных, а также характеризующихся как однопараметрической, так и двухпараметрической структурой. В однопараметрических вариантах моделей предполагалось, что проводимость образца определяется единственным параметром, зависящим от времени, а именно, фактором заполнения квантовых точек носителями заряда. В двухпараметрических вариантах моделей добавлено влияние фактора проявления ловушек – центров локализации в окружающей квантовые точки полупроводниковой матрице.

Установлена существенно более высокая точность двухпараметрических вариантов моделей, отражающих динамику процесса временной релаксации фотопроводимости в зависимости от интенсивности освещения и напряженности магнитного поля, в результате проведенных вычислительных экспериментов с использованием разработанных специализированных алгоритмов.

Интеграционный проект № 39 «Пермо-триассовые батолиты и ультрамафит-мафитовый магматизм Монголо-Охотского подвижного пояса: возрастные рубежи, масштабы, численные петрологические и геодинамические модели формирования и металлогения»

Научный руководитель: чл.-к. РАН Е.В. Складов.

Блок «Разработка алгоритмов и методик параметрической идентификации динамических моделей формирования батолитов и базит-ультрабазитовых комплексов»

№ гос. регистрации: АААА-А18-118032090006-4

Руководитель блока: д.т.н. А.Ю. Горнов

Проведена структурная идентификация модели гранитоидного магматизма, описываемой системой дифференциальных уравнений в частных производных второго



**Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2018 г.**

порядка. Для постановки задачи параметрической идентификации предложенной модели была создана информационная система, включающая результаты полевых исследований, проводимых в последние годы сотрудниками Института земной коры СО РАН под руководством чл.-корр. Е.В. Склярова и чл.-корр. Д.П. Гладкочуба.

Разработаны специализированные методы для интегрирования рассматриваемых моделей и алгоритмы поиска решения для экстремальных задач, связанных с персонификацией моделей. Проведенные вычислительные эксперименты подтвердили принципиальную работоспособность предложенных алгоритмов и вычислительных технологий.

Исследована задача моделирования взаимодействий, позволяющих учитывать соотношение изотопных характеристик в гранитоидах и близковозрастных базитах, и, таким образом, определить вклад мантийного вещества в источники гранитных магм для каждого этапа батолитообразования.

Разработана многометодная вычислительная схема для решения задач параметрической идентификации предложенных моделей, реализованная с применением программного комплекса OPTCON. Используются вычислительные схемы, основанные на алгоритмах поисковой оптимизации – методах Пауэлла-Брента, Лууса-Якобы, Растргина, сферического и туннельного поиска. Оценка допустимых интервалов для параметров модели производилась с применением алгоритмов фазового оценивания.

Проведенное математическое моделирование позволило выявить некоторые закономерности становления крупных изверженных провинций «сиалического» типа.

Интеграционный проект № 66 «Подходы к разработке стратегий и программ социально-экономического развития сибирских регионов с экстремальными природно-климатическими условиями»

Научный руководитель: чл.-к. РАН В.И. Сулов

Блок «Создание специализированного программного инструментария, способного производить анализ многомерных экономических моделей динамического типа с невыпуклыми критериями качества»

№ гос. регистрации: АААА-А18-118032190012-4

Руководитель блока: д.т.н. А.Ю. Горнов

Важнейшим результатом этапа 2018 года была разработка специализированного инструментария, ориентированного на анализ многомерных экономических моделей динамического типа, ориентированный на исследование систем как дифференциальных, так и разностных уравнений. Задачи оптимизации, которые возможно исследовать с применением ПК, включают задачи параметрической идентификации – оценка внутренних параметров модели на основе экспериментальных данных и экспертных оценок, задачи



оптимального управления – поиск возможностей активного воздействия на систему при наличии в модели управляемых компонент.

В частности, были получены следующие результаты:

- создан специализированный программный инструментарий, способный производить анализ многомерных экономических моделей динамического типа с невыпуклыми критериями качества;
- разработан комплекс алгоритмов для исследования линейных и нелинейных моделей высокой размерности, позволяющий обеспечивать основные этапы цепочки методики математического моделирования социально-экономических процессов;
- решен ряд содержательных и прикладных задач из области экономики с использованием разработанного программного комплекса.

Грант Президента РФ МК-4155.2018.9 «Разработка параллельных алгоритмов решения проблемы булевой выполнимости на основе методов машинного обучения с применением к задачам криптографии»

Руководитель проекта – к.т.н. О.С. Заикин

В 2018 году был разработан алгоритм определения полезности конфликтных дизъюнктов для SAT-решателей, основанных на алгоритме CDCL. На первом этапе строятся упрощенные варианты исходной SAT-задачи, к которым применяется стандартный алгоритм CDCL. Накапливаемые конфликтные дизъюнкты делятся на несколько подмножеств, исходя из «меры полезности», которая определяется на основе анализа работы CDCL-решателя на этих упрощенных задачах. Далее используются стандартные методы машинного обучения для анализа данной информации и управления процедурами чистки конфликтной базы в SAT-решателе. Разработанный подход был реализован на основе SAT-решателя glucose. Результаты вычислительных экспериментов показали, что с помощью предложенного алгоритма некоторые трудные SAT-задачи из набора SAT Competition 2017 решаются быстрее, чем с помощью оригинального решателя glucose.



**ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ
РОССИЙСКОГО НАУЧНОГО ФОНДА**

Проект РНФ 17-71-10176 «Параллельные вычисления и методы целочисленного программирования для задач кластеризации и интеллектуального анализа больших массивов данных»

№ гос. регистрации: АААА-А17-117100670002-3

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

В рамках проекта были разработаны и программно реализованы параллельные и распределенные гибридные масштабируемые алгоритмы поиска субоптимальных решений в задаче кластеризации, известной как задача о k-медоидах (k-медиане). Разработанные параллельные алгоритмы протестированы на искусственно сгенерированных примерах, тестовых задачах, взятых из литературы, а также в приложении к кластеризации больших коллекций изображений лиц людей (VGGFace, IJB).

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

№ гос. регистрации: АААА-А18-118082090003-8

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

Разработан новый предметно-ориентированный язык правил анализа и интерпретации таблиц CRL. По сравнению с оригинальным синтаксисом CRL-диалекта, разработанным для системы исполнения правил Drools Expert, были исключены конструкции управления машинным выводом. Разработана ANTLR грамматика и интерпретатор языка правил анализа и интерпретации таблиц – CRL. Спроектирована архитектура и компонентная модель инструментальной платформы извлечения и трансформации данных произвольных электронных таблиц.

Проведен аналитический обзор современного состояния исследований в области генерации онтологий и связанных данных в форматах RDF/OWL на основе анализа и трансформации структурированных табличных данных. Проведен аналитический обзор существующих подходов и программных средств семантической интерпретации (аннотирования) структурированных табличных данных на основе глобальных онтологий (облака связанных данных – Linking Open Data, LOD). Разработана концепция программного средства аннотирования электронных таблиц и генерации на их основе онтологий в формате RDF/OWL. Разработан прототип модуля (парсера) анализа XSLX-документов электронных таблиц. Разработан прототип модуля взаимодействия с глобальными таксономиями (онтологиями) с целью получения необходимых концептов по запросу. Произведено формирование тестовых наборов данных на основе документов экспертизы промышленной безопасности.



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

Разработанные на прошлых этапах проекта методы и подходы в области автоматизации и повышения эффективности логических выводов в исчислении ПОФ реализованы в программной системе для автоматического доказательства теорем (прувере).

Основные характеристики и возможности системы. 1) Для выделенного подкласса ПОФ реализован поиск кратчайших вариантов доказательства формулы благодаря системе полного перебора пространства поиска в ширину. 2) Доказательство формулы в интерактивном режиме, т.е. с возможностью выбора человеком необходимых ответов или выбора вопроса, для которого необходимо вычислять возможные варианты ответов. «Вопрос» и «Ответ» – термины из стандартного описания ПОФ. 3) Решение крупных задач благодаря подсистемам индексирования термов, а также экономии памяти, таких как подсистема полного доступа к одинаковым структурам данных и «ленивое» расщепление по-формулы. Подсистемы индексирования позволяют быстро извлекать необходимые термы из крупной базы термов. В случае исчисления ПОФ базой термов является постоянно пополняющаяся база формулы, и при каждой процедуре поиска ответов на вопрос необходимо производить поиск термов в базе, отвечающих заданным критериям: выбрать термы, являющиеся основным примером заданного терма; выбрать термы, являющиеся унифицируемыми с заданным термом; найти точную копию заданного терма. Подсистема полного доступа к одинаковым структурам данных позволяет экономить память на столько, на сколько это возможно. Например, если один и тот же подтерм встречается в двух разных термах, то в этих термах используется ссылка на одну и ту же область памяти. «Ленивое» расщепление предназначено для эффективной обработки следующего свойства позитивно-образованной формулы: если вопрос содержит дизъюнктивное ветвление и система принимает решение произвести ответ на этот вопрос, то база формулы расщепляется (дублируется) на столько баз, сколько подформул в дизъюнктивном ветвлении. Для некоторых задач рост размера формулы может стать значительным, что даже с использованием полного доступа к одинаковым структурам данных, представляющих части по-формулы, не помогает избежать значительного роста требуемой оперативной памяти. «Ленивое» расщепление позволяет полностью отложить процесс расщепления формулы и расщеплять ее по мере необходимости, опровергая полученные базы одну за одной. 4) Реализована система инкрементального вывода, позволяющего мгновенно производить возврат как назад, так и вперед в любую точку логического вывода. Инкрементальность подразумевает изолированное добавление данных с каждым шагом логического вывода, так что можно четко понять, какие новые данные были добавлены на очередном шаге логического вывода.

Исследована обобщенная архитектура децентрализованного управления дискретно-событийными системами (ДСС), используемыми на верхнем уровне иерархической системы управления группировками автономных подводных роботов (АПР). На сегодняшний день такая архитектура совмещает в себе принципы «конъюнкция разрешенных локальными супервизорами событий и разрешение общих событий по умолчанию» и «дизъюнкция



разрешенных локальными супервизорами событий и запрет общих событий по умолчанию». При этом выбор принципа обработки того или иного события задается априори. Оба принципа требуют проверки условий существования децентрализованного супервизора как принципиальной возможности построения управления. В качестве этих условий выступают управляемость и так называемая ко-наблюдаемость формального языка, описывающего ограничения на функционирование системы. При невыполнении условий существования возможно построение наибольших подязыков спецификаций, являющихся управляемыми и ко-наблюдаемыми. Если эти языки не отвечают минимально допустимым требованиям к системе, требуется коррекция множеств управляемых и наблюдаемых событий.

Для построения множеств событий, нарушающих условия существования децентрализованного супервизора, используется метод проверки управляемости языка спецификации на основе разработанной на предыдущих этапах проекта формализации ДСС с помощью ПОФ и организации их автоматического вывода. В процессе вывода формулы, включающей в качестве подформул описания системы и спецификации, автоматически формируется множество событий, нарушающих свойство управляемости. Если это множество непусто, в процессе вывода предлагается наибольший возможный управляемый подязык. В случае его неудовлетворительности необходимо изменить описание системы, возможно, путем увеличения числа управляемых событий. При проверке ко-наблюдаемости формализованное представление управляемой системы составляется из подформул, соответствующих в том числе локальным супервизорам, каждый из которых наблюдает свое подмножество всех событий системы. В случае возникновения конфликта, т.е. ситуации, когда разрешение события может повлечь как разрешенную, так и запрещенную спецификацией последовательность событий, выбирается то из правил, конъюнкция или дизъюнкция, объединения решений локальных супервизоров, которое разрешает конфликт. Таким образом, предложено новое правило построения глобального решения на основе локальных, в котором принцип объединения выбирается на каждом шаге проверки ко-наблюдаемости языка спецификации. В случае сохранения конфликта предлагается исключить из спецификации событие, вызывающее конфликт, генерируя таким образом ко-наблюдаемый подязык. Для этого может быть использована специальная стратегия для обеспечения направленного и поэтапного поиска логического вывода моделирующей систему ПОФ. Для каждого перехода автомата, генерирующего язык спецификации, стратегия запускает подвывод, чтобы определить нарушение условия ко-наблюдаемости событием, соответствующим этому переходу. Если нарушения нет, то вывод продолжается для проверки остальных переходов до тех пор, пока нарушение не будет найдено, что будет означать отклонение проверяемой спецификации. Далее вывод будет перезапускаться для спецификации, порождающей автомат, который не содержит проверенного перехода.

Разработанный подход обеспечит эффективное построение децентрализованных супервизоров, гарантирующих неблокирование системы и генерирующих наибольший управляемый и ко-наблюдаемый подязык спецификации в случае отсутствия свойств управляемости и ко-наблюдаемости. Разработанные методы внедрены в программный комплекс моделирования миссий АПР как подсистема верхнего уровня управления.

Разработана двухуровневая система управления группой АПР (рис. 37) для реализации миссии по обследованию придонной области путем обеспечения движения группы по сгенерированным специальным образом траекториям, покрывающим исследуемую область,



с сохранением заданной геометрической конфигурации (формации) группы во время рабочих ходов и избеганием столкновений с препятствиями. Нижний уровень системы управления АПР включает алгоритмы, реализующие требуемое поведение группы в различных режимах, а верхний уровень, в основе которого лежит дискретно-событийная система, ответственен за переключение между режимами в случае возникновения значимых событий, обусловленных изменением состояния внешней среды и роботов. Разработаны алгоритмы управления АПР нижнего уровня, реализующие характерные для такой миссии режимы функционирования группы. Синтез параметров в этих алгоритмах выполнен с использованием программного пакета для анализа и синтеза цифровых систем управления, основанного на методе векторных функций Ляпунова. Регуляторы верхнего уровня для роботов группы, выполняющих функции лидера и ведомого, построены с использованием теории супервизорного управления дискретно-событийными системами. Проведено численное исследование и моделирование построенной двухуровневой системы управления.

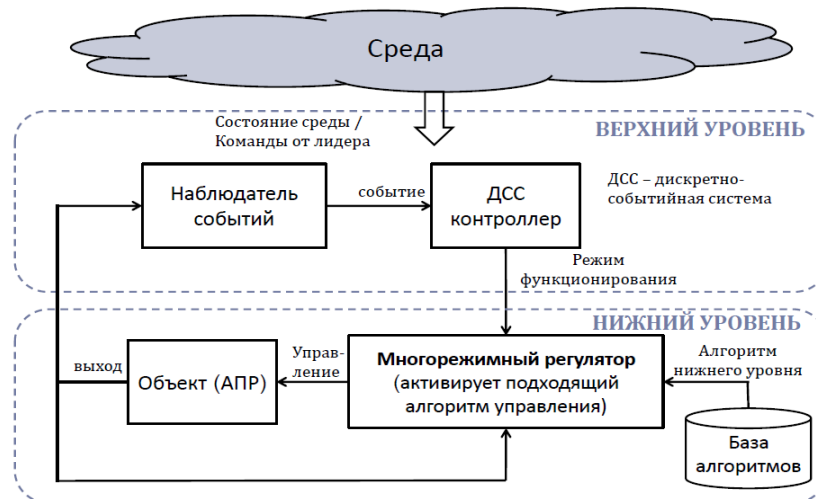


Рис. 37. Структура двухуровневой системы управления АПР

Произведено дальнейшее расширение и развитие модели задачи группового патрулирования акватории АПР, исследованной на первых двух этапах проекта. Задача группового патрулирования в новой усложненной регулярной постановке содержит в себе особенности сразу нескольких известных NP-трудных транспортных задач: систематического покрытия и патрулирования (*persistent coverage and tasks patrolling problem*), мультикоммивояжера и нескольких вариаций задачи маршрутизации транспорта (ЗМТ). Как и в случае систематического патрулирования задачей группы АПР является долгосрочный и непрерывный (отсутствует горизонт планирования в его классическом понимании) обход заданного множества целей с частотой, равной заданной или превышающей ее. В то же время между постановками существует ряд значительных различий. Во-первых, исследуемая в рамках проекта задача регулярного патрулирования посвящена не поиску минимального состава группы АПР, гарантирующего своевременный обход целей без опозданий, а генерации групповой траектории максимальной эффективности для текущего фиксированного состава группы роботов. Во-вторых, при решении задачи учитываются временные затраты на обследование всех целей, при этом требуемое время может различаться в зависимости от приоритета подобласти, в которой находится обследуемая цель. Ограничение по оборудованию при проведении обследований, введенное



в постановку задачи патрулирования на второй год работы над проектом, было расширено для учета требования на наличие одновременно нескольких видов исследовательской аппаратуры. В связи с тем, что в группе может не быть аппаратов (или быть в недостаточном количестве), полностью удовлетворяющих таким требованиям для отдельных подобластей, в модель подводной миссии также добавлена возможность совместного согласованного обследования целей одновременно несколькими роботами группы, в совокупности обладающими требуемым набором бортового оборудования.

Кроме того, модель задачи группового патрулирования была переработана для работы в трехмерном пространстве: добавлены трехмерные координаты всех объектов миссии, адаптирована процедура расстановки контрольных точек (целей) в пространстве. Для построения траекторий движения роботов на трехмерной карте с учетом рельефа в условиях значительно возросшей размерности в связи с добавлением третьего измерения предлагается использовать подход на основе декомпозиции карты акватории на несколько регионов с использованием эвристики шлюзов (*gateway heuristic*), когда на основе карты высот определяются наиболее рациональные места переходов между выделенными регионами, что значительно уменьшает вычислительную нагрузку при поиске путей. При генерации траекторий учитываются динамические ограничения на движение АПР: угловая скорость, углы дифферента и др.

Разработанная на первых этапах проекта модификация эволюционных алгоритмов для решения задачи патрулирования акватории группой АПР была расширена и дополнена новыми эвристиками и вычислительными процедурами, позволяющими не только учитывать новые добавленные требования и ограничения, но и повысить скорость и эффективность подхода в целом. Во-первых, разработанные ранее параллельные конструктивные эвристики были модифицированы для генерации допустимых рациональных маршрутов в условиях жестких ограничений на оборудование. Во-вторых, все используемые генетические операторы были адаптированы с целью сохранения допустимости групповых маршрутов при осуществлении скрещивания и мутации.

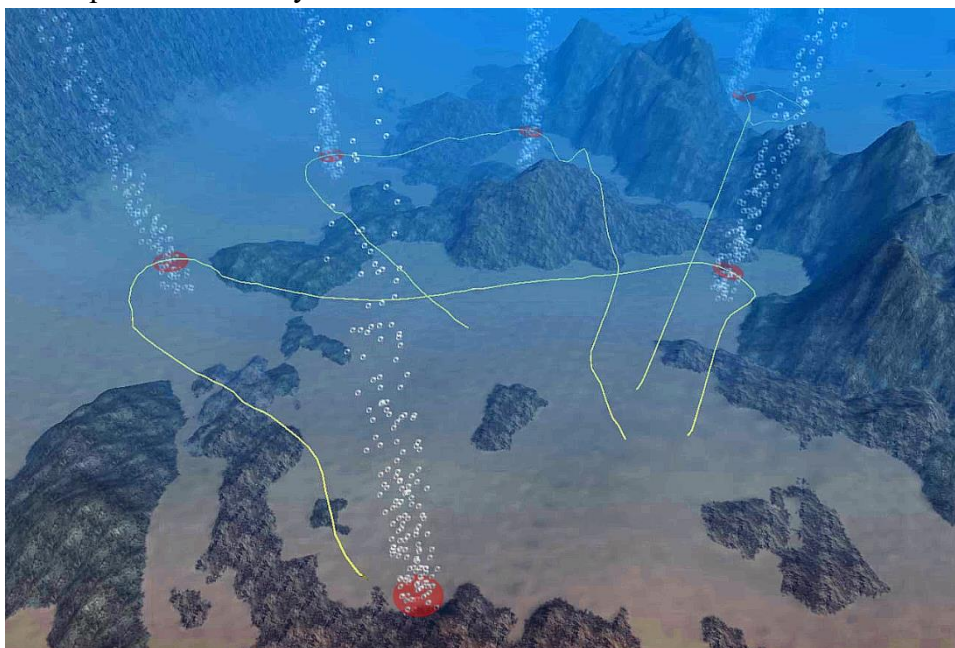


Рис. 38. Моделирование группового обследования набора контрольных точек
в трехмерном пространстве



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

На основании развитой ранее техники автоматического построения guess-and-determine атак описаны новые алгебраические атаки на ряд блочных алгоритмов шифрования (DES, GOST 28147-89, PRESENT, Simon). В основе новых атак лежит идея использовать уравнения, описывающие как прямые (зашифрование), так и обратные (расшифрование) преобразования в рассматриваемом шифре. Часть переменных, используемых в таких кодировках, связываются соотношениями, смысл которых аналогичен соотношениям согласования в атаках из класса meet in the middle («встреча посередине»). Получаемая система уравнений над полем $GF(2)$ сводится к проблеме выполнимости булевой формулы в КНФ, к которой применяются современные алгоритмы решения SAT. Более точно, используется автоматическая техника построения guess-and-determine атаки с оценкой трудоемкости, которая была бы лучше времени полного перебора пространства ключей. С этой целью задача поиска множества угадываемых бит (guessed bits set) ставится в форме задачи минимизации псевдобулевой функции, которая является формализацией понятия SAT-иммунность, введенного ранее Н. Куртуа. Применение данной техники к новым пропозициональным кодировкам (которые можно условно назвать meet in the middle - кодировками) позволило построить атаки, существенно более эффективные в сравнении с известными аналогами. Так, полученная атака для 6-раундовой версии шифра PRESENT-80 оказалась примерно в 1000 раз эффективнее лучшей известной алгебраической атаки на данный шифр, опубликованной в 2017 г.

Разработаны автоматические алгоритмы синтеза ослабляющих ограничений (relaxation constraints) для задач обращения неполнораундовых вариантов криптографических хеш-функций, основанных на конструкции Меркля-Дамгарда. На текущем этапе исследовались функции из семейства MD4-k, где через k обозначается число шагов базового алгоритма (алгоритм MD4 в полнораундовой версии имеет $k=48$ шагов). Новизна предложенного подхода заключается в том, что каждому набору relaxation constraints сопоставляется значение специальной псевдобулевой функции, которое эвристически оценивает эффективность соответствующего набора ограничений. Ограничения с лучшей оценкой эффективности ищутся в процессе работы алгоритма локального поиска, относящегося к классу поиска с запретами (Tabu Search), максимизирующего введенную псевдобулеву функцию. Показано, что каждое синтезируемое ограничение порождает специальную функцию, обозначаемую через g, длина входа которой существенно меньше длины одного блока хешируемого сообщения. Для задачи обращения хеш-функции MD4-39 была построена функция типа g, обозначаемая через $g(\text{MD4-39})$, длина входа которой равна 128 битам. В процессе экспериментов мы установили, что примерно 65% всевозможных 128 битных векторов являются значениями функции $g(\text{MD4-39})$. Тем самым случайное хеш-



значение MD4-39 является значением функции $g(\text{MD4-39})$ с вероятностью, близкой к 65%. Функция $g(\text{MD4-39})$ обращается на обычном ПК менее, чем за минуту с использованием последовательного SAT-решателя. Далее мы исследовали задачу обращения MD4-40. По аналогии с $g(\text{MD4-39})$ мы построили функцию $g(\text{MD4-40})$, которая преобразует 128 битные векторы в 128 битные. Было показано, что не менее 50% 128 битных векторов являются значениями функции $g(\text{MD4-40})$. Тем самым случайное хеш-значение MD4-40 с вероятностью, не менее $1/2$, совпадает с выходом функции $g(\text{MD4-40})$. Обращение функции $g(\text{MD4-40})$ уже не под силу последовательным SAT-решателям. Однако нам удалось построить guess-and-determine preimage-атаку на $g(\text{MD4-40})$, используя введенное ранее понятие инверсного множества с лазейкой (Inverse Backdoor Set, IBS). Оценка трудоемкости построенной атаки говорит о возможности ее реализации в проектах добровольных вычислений, подобных проекту SAT@home. Насколько нам известно, это первая preimage-атака с реалистичной оценкой трудоемкости для функции MD4-40.

На основании изучения динамических процессов активационного типа в коллективах, представленных сетями, разработаны новые алгоритмы построения графов, отображающих развитие атак в компьютерных сетях. В предложенной модели развития атак события имеют четко выраженную причинно-следственную взаимосвязь в рамках дискретного динамического процесса, задаваемого графом компьютерной сети. Граф состояний соответствующей дискретной динамической системы (ДДС) является отправной точкой для построения графа, представляющего атаки. По графу состояний ДДС строится формула в КНФ, которая есть, по сути, результат символического исполнения алгоритма, описывающего развитие атаки. Построенную КНФ можно использовать в качестве основы для порождения графа, представляющего все атаки в сети. Процесс порождения такого графа выглядит как распространение/вывод булевых ограничений из КНФ в результате применения правила единичного дизъюнкта (Unit Propagation rule). Сложность процедуры построения графа атак в рамках введенной модели есть $O(n^2)$, где n – число хостов в сети. Графы атак, которые строятся в рамках новой модели, в отличие от близких аналогов (например, генерируемых системой MulVAL), не содержат циклов и тем самым дают возможность эффективно выделить множество кратчайших атак. Помимо сказанного, были продолжены исследования процессов активационной динамики в случайных и естественных сетях большой размерности (в частности, рассматривались фрагменты сети Twitter). Проведено экспериментальное сравнение ряда алгоритмов, используемых для решения проблемы максимизации влияния в сетях (Influence Maximization Problem). Построена условная иерархия таких алгоритмов. На первом уровне находятся эвристики активации, использующие различные меры центральности (это самые быстрые, но и наименее точные алгоритмы). Затем идут жадные алгоритмы и эволюционные метаэвристики. На последнем уровне иерархии – алгоритмы активации, основанные на SAT-подходе: при большом времени решения задачи расстановки активаторов данные алгоритмы позволяют строить активирующие множества наименьшей мощности.



**Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2018 г.**

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



**ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ
РОССИЙСКОГО ФОНДА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

По программам РФФИ выполнялись работы по проектам:

- 16-01-00608-a «Численное и аналитическое решение нелинейных параболических уравнений, неразрешенных относительно старшей производной, возникающих в задачах математической физики»
Руководитель проекта – д.ф.-м.н. А.Л. Казаков
- 16-07-00155-a «Разработка и реализация алгоритмов решения крупномасштабных задач, допускающих массивированный параллелизм по данным, в распределенных средах на основе проектов добровольных вычислений и вычислительных кластеров»
Руководитель проекта – к.т.н. О.С. Заикин
- 16-07-00201-a «Развитие методов и средств символьных вычислений в моделировании, качественном анализе и аналитическом конструировании электронно-механических систем»
Руководитель проекта – к.ф.-м.н. А.В. Банищikov
- 16-07-00411-a «Разработка технологий динамического планирования выполнения композиции сервисов в облачной среде»
Руководитель проекта – д.т.н. Г.М. Ружников
- 16-07-00554-a «Разработка и развитие метода распознавания объектов на растровых изображениях на основе логической модели с пространственными ограничениями»
Руководитель проекта – к.т.н. Р.К. Федоров
- 16-07-00931-a «Методология и инструментальные средства разработки и применения проблемно-ориентированных мультиагентных систем управления масштабируемыми вычислениями в разнородной распределенной вычислительной среде»
Руководитель проекта – к.т.н. А.Г. Феокистов
- 16-08-00272-a «Динамические системы с управлениями из пространств Лебега и задачи синтеза импульсных воздействий»
Руководитель проекта – к.ф.-м.н. Е.В. Гончарова
- 16-29-04238офи_м «Методы и алгоритмы управления многокомпонентными робототехническими комплексами поисково-обследовательского класса в задачах исследования подводной среды»
Руководитель проекта – ак. И.В. Бычков
- 17-01-00733-a «Вариационные условия оптимальности с позиционными управлениями в нелинейных задачах оптимизации обыкновенных и импульсных динамических систем»
Руководитель проекта – д.ф.-м.н. В.А. Дыхта
- 17-07-00627-a «Разработка алгоритмов поиска глобального экстремума функционалов на основе технологии машинного обучения с подкреплением»
Руководитель проекта – к.т.н. Т.С. Зароднюк



**Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2018 г.**

17-31-50034 мол_нр	«Устойчивость однородных переключаемых и сингулярных систем» <i>Руководитель проекта - к.ф.-м.н. А.А. Косов</i>
17-47-380007_p_a	«Моделирование информационной инфраструктуры цифровой экономики Иркутской области» <i>Руководитель проекта – д.т.н. Г.М. Ружников</i>
18-01-00026	«Управляемые вариационные неравенства с препятствиями» <i>Руководитель проекта – чл.-к РАН А.А. Толстоногов</i>
18-01-00643	«Дифференциально-алгебраические и вырожденные дифференциально-операторные уравнения: качественная теория и разностные аппроксимации» <i>Руководитель проекта – д.ф.-м.н. М.В. Булатов</i>
18-07-00587	«Вычислительные технологии оптимизации для задач атомно-молекулярного моделирования и молекулярной динамики» <i>Руководитель проекта – д.т.н. Горнов А.Ю.</i>
18-07-00596/18	«Логические методы и средства автоматизации качественного анализа двоичных динамических систем» <i>Руководитель проекта – д.т.н. Г.А. Опарин</i>
18-07-00604a	«Интеллектуальная информационно-вычислительная технология поддержки принятия решений в задачах инфраструктурной микро- и мезологистики» <i>Руководитель проекта – к.ф.-м.н. А.А. Лемперт</i>
18-07-00758	«Методы, технологии и инструментальные средства разработки программного обеспечения проблемно-ориентированных информационных систем на основе конструктивных спецификаций» <i>Руководитель проекта – ак. И.В. Бычков</i>
18-07-01037	«Надежность в дискретных задачах размещения: модели и методы решения» <i>Руководитель проекта – к.ф.-м.н. И.Л. Васильев</i>
18-07-01164	«Модели, методы и программные средства для создания агентных имитационных моделей на основе модельно-управляемого подхода» <i>Руководитель проекта – д.т.н. О.А. Николайчук</i>
18-08-00560	«Методы и модели исследования и обеспечения техногенной безопасности на основе принципов самоорганизации и чувствительности объектов к начальным условиям» <i>Руководитель проекта – д.т.н. А.Ф. Берман</i>
18-37-00006	«Разработка метода и программных средств построения проблемно-ориентированных интеллектуальных систем производственного типа на основе онтологий» <i>Руководитель проекта – С.А. Кориунов</i>
18-31-20030	«Динамические системы в пространствах мер и задачи импульсного управления» <i>Руководитель проекта – к.ф.-м.н. М.В. Старицын</i>



МЕЖДУНАРОДНЫЕ ГРАНТЫ РФФИ

- РФФИ № 18-51-54001_Вьет_а **«Исследование качественных свойств дифференциально-алгебраических уравнений и построение численных алгоритмов для их решения»**

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

- 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

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО МОЛОДЕЖНЫМ ПРОЕКТАМ

Стипендии Президента РФ для молодых ученых и аспирантов, осуществляющих перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики, получили

- к.т.н. И.В. Отпущенников, проект СП-4751.2016.5 **«Методы и алгоритмы пропозиционального кодирования вычислений на виртуальных машинах с применением к задачам верификации программ»**
- С.Е. Кочемазов, проект СП-1829.2016.5 **«Вычислительный анализ динамических процессов в агентных моделях автоматного типа с использованием алгоритмов решения задачи о булевой выполнимости»**

Исследования, поддержанные грантами РФФИ для молодых ученых:

16-31-60030_мол_а_дк **«Управление механическими системами с помощью подвижных ограничений и блокирования степеней свободы»**

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

18-31-00465_мол_а **«Численные методы поиска глобального решения в невыпуклых задачах оптимального управления линейными системами»**

Руководитель проекта – М.В. Янулевич

18-31-00425_мол_а **«Задачи теории управления некоторыми новыми классами гибридных динамических систем»**

Руководитель проекта – 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).

Создание Центра обработки данных (ЦОД)

Приоритетным направлением работ по развитию инфраструктуры ИИВС в рамках созданного ЦКП остается создание на базе ИДСТУ СО РАН Центра обработки данных уровня TIER II/III, соответствующего международному стандарту TIA-942.

В отчетном году велась организационная работа по формированию комплекта документов по развитию данного направления в рамках нескольких проектов федерального уровня, в том числе «Цифровая экономика» и «Система комплексного мониторинга оз. Байкал». Работы по созданию центра обработки данных вошли в перечень приоритетных направлений развития СО РАН.

Развитие сети хранения данных

Существующая система хранения данных HPE MSA 2040 расширена дополнительным модулем (дисковой полкой HPE MSA D2700), суммарная «сырая» емкость данной СХД увеличена до 110 ТБ.

Развитие программно-аппаратного сегмента

Существующий программно-аппаратный комплекс, являющийся основой платформы виртуализации для функционирования базовых и наукоемких сервисов, расширен дополнительными модулями оперативной памяти на 128GB, таким образом в текущей конфигурации суммарный ее объем составляет 448GB.

Развитие локально-вычислительных сетей и каналов связи

Пропускная способность канала доступа ИИВС ИрНОК в сеть Интернет в отчетном году за счет перехода на новую схему взаимодействия с оператором связи существенно увеличилась и в настоящий момент составляет 320 Мб/сек.

Сервис виртуализации

В рамках развития данного направления осуществлен переход на более современную систему управления виртуальной инфраструктурой – VMWare vCenter Appliance v5.5

Техническое обслуживание и информационно-консультационное обеспечение. В течение года проводилось плановое техническое обслуживание, модернизация и



**Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2018 г.**

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, О.Р. Костромин, А.С. Александренко (в качестве юрисконсульта).

1. Разработка и поддержание в актуальном состоянии документов, регламентирующих деятельность ЦКП ИСКЦ (в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 17 мая 2016 года № 429). В связи с передачей функций ФАНО России Министерству науки и высшего образования России, изменением правил коллективного пользования оборудованием ЦКП ИСКЦ и порядка оказания услуг обновлены следующие регламентирующие документы: Положение о ЦКП ИСКЦ, Регламент доступа к оборудованию ЦКП ИСКЦ, проекты договоров на возмездное/безвозмездное оказание услуг.

2. Работа с пользователями ЦКП ИСКЦ: регистрация и инструктаж новых пользователей, реагирование на обращения пользователей в службу технической поддержки, установка и настройка программного обеспечения пользователей и т.д. Зарегистрировано 27 новых пользователей из восьми научных и образовательных учреждений. Обработано более 170 тикетов (обращений пользователей в службу технической поддержки).

3. Информационно-методическая поддержка пользователей ЦКП ИСКЦ: обновление правил, инструкций, руководств, размещение материалов на сайте ЦКП ИСКЦ <http://hpc.icc.ru>. Разработан и размещен на сайте ЦКП ИСКЦ каталог доступных пользователям пакетов прикладных программ, включающий 47 наименований.

4. Мониторинг состояния оборудования ЦКП ИСКЦ.

5. Сопровождение встроенного и системного программного обеспечения, установленного на оборудовании ЦКП ИСКЦ.

6. Организация и проведение сервисного обслуживания и ремонта оборудования вычислительной и инженерной инфраструктуры ЦКП ИСКЦ. Организованы и проведены работы по сервисному обслуживанию инженерного оборудования и гарантийному ремонту вычислительного оборудования ЦКП ИСКЦ. Ремонт климатической системы на базе внутрирядных кондиционеров APC InRow и системы хранения данных Panasas Activestor выполнен собственными силами ЦКП ИСКЦ.

7. Проведение работ, направленных на улучшение эксплуатационных характеристик оборудования ЦКП ИСКЦ. Выполнена тонкая настройка параметров драйвера управления



**Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2018 г.**

частотой и параметров BIOS для режима AVX Turbo Boost, и проведено дополнительное Linpack-тестирование узлов второго сегмента вычислительного кластера «Академик В.М. Матросов», что в итоге позволило добиться увеличения реальной производительности и КПД второго сегмента кластера на 6%, а также закрепиться на 30-й позиции рейтинга TOP-50 (<http://top50.supercomputers.ru/?page=archive&rating=29>).

8. Подготовка материалов для издания сборника о результатах деятельности суперкомпьютерных центров ФАНО России.

9. Регистрация ЦКП ИСКЦ в качестве объекта инфраструктуры Российского научного фонда.

10. Подготовка предложений (в части развития научной инфраструктуры, в том числе ЦКП ИСКЦ): в план комплексного развития Сибирского отделения РАН, в проект «Цифровая экономика региона», в проект создания Центра цифрового мониторинга озера Байкал.

11. Подготовка заявки на приобретение оборудования для ЦКП ИСКЦ в рамках подпрограммы «Инструментальное обеспечение институтов РАН-ФАНО» (по запросу ОНИТ РАН).

12. Разработка проекта модернизации ЦКП ИСКЦ с целью дооснащения центра новейшим вычислительным оборудованием и увеличения совокупной пиковой производительности вычислительного кластера «Академик В.М. Матросов» на 300 TFlops.

13. Проведение лекций и экскурсий в ЦКП ИСКЦ для зарубежных и российских научных делегаций, представителей научных и образовательных учреждений, студентов и школьников.

14. Подготовка отчетов о деятельности ЦКП ИСКЦ, в том числе по запросам Минобрнауки России и Научного совета по супервычислениям СО РАН.



ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В 2018 г. получено 11 свидетельств о государственной регистрации результатов интеллектуальной деятельности:

1. *Баничиков А.В., Ветров А.А.* Графический редактор для формирования символьного описания электрических цепей: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2018614687 от 13.04.2018 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2018.
2. *Ветров А.А., Баничиков А.В.* Графический редактор для формирования символьного описания механических систем: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2018664926 от 26.11.2018 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2018.
3. *Горский С.А., Богданова В.Г.* Параллельный решатель проверки истинности квалифицированных булевых формул Hrcqsat: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2018660455 от 23.08.2018 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2018.
4. *Дородных Н.О.* Web-ориентированный редактор метамоделей: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2018660815 от 28.08.2018 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2018.
5. *Заикин О.С., Кочемазов С. Е.* Программа для решения трудных экземпляров проблемы булевой выполнимости с применением метода опорных векторов: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2018662565 от 10.10.2018 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2018.
6. *Заикин О.С., Кочемазов С.Е.* Программа для поиска эффективных декомпозиций трудных экземпляров проблемы булевой выполнимости: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2018662566 от 10.10.2018 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2018.
7. *Парамонов В.В., Шигаров А.О., Ружников Г.М.* Polyphon: программная система фонетического кодирования слов на русском языке: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2018663840 от 06.11.2018 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2018.
8. *Пашинин А.А., Богданова В.Г.* Мультиагентная система управления композицией сервисов HPCMSMC: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2018660454 от 23.08.2018 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2018.
9. *Феоктистов А.Г.* Масштабируемое приложение для решения задач складской логистики: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2018616531 от 01.06.2018 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2018.



**Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2018 г.**

10. *Феоктистов А.Г.* Имитационная модель гетерогенной распределенной вычислительной среды: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2018619931 от 14.08.2018 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2018.
11. *Феоктистов А.Г., Костромин Р.О.* Программа мониторинга очередей заданий в гетерогенной распределенной вычислительной среде: Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2018616092 от 23.05.2018 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2018.

Выполнено научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию и развитию информационных систем для органов управления Иркутской области и г. Иркутска по 4 контрактам на сумму 347 457,63 рублей.

Выполнены работы по договору на оказание услуг, связанных с эксплуатацией Интегрированной информационно-вычислительной сети Иркутского научно-образовательного комплекса, на 1 281 352,40 рублей.



НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Ученый совет

Ученый совет Института утвержден приказом директора ИДСТУ СО РАН № 14 от 22.05.2015 г. В 2018 году проведено 12 заседаний, на которых рассматривались вопросы научной и научно-организационной деятельности. Заслушаны отчеты о результатах НИР по плановым темам Института за 2018 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 2018 г. диссертационный совет провел 1 заседание.

В диссертационном совете в 2018 г. защищена 1 диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук Н.О. Дородных на тему «Метод и программное средство разработки баз знаний на основе трансформации концептуальных моделей» по специальности 05.13.11, научный руководитель – к.т.н. А.Ю. Юрин.

Научные кадры

По состоянию на 31 декабря 2018 г. в Институте работали 153 человека, из них 84 – научные работники, в том числе 1 действительный член РАН, 1 член-корреспондент РАН, 22 доктора наук и 55 кандидатов наук.

Возрастная структура кадров по категории штатных научных работников приведена в таблице

Научные работники	до 39 лет	40–60 лет	61–64 лет	65 лет и старше
Академики	–	1	–	–
Чл.-к. РАН	–	–	–	1
Доктора наук	–	7	4	11
Кандидаты наук	31	20	2	2
Без ученой степени	5	–	–	–
Всего	36	28	6	14



Отчет Института динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова СО РАН за 2018 г.

Средний возраст:	докторов наук	– 65,1
	кандидатов наук	– 41,6
	научных работников без степени	– 33,8.

В 2018 году в аспирантуру Института принято 2 аспиранта очной формы обучения. Всего в 2018 году (по состоянию на 31.12.2018) в Институте обучалось 12 аспирантов.

Конференции и семинары

Институтом в 2018 году организованы и проведены:

- VI Международная школа-семинар «Нелинейный анализ и экстремальные задачи» НЛА-2018 (VI International Conference «Nonlinear Analysis and Extremal Problems» NLA-2018), 25 – 30 июня 2018 г., г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН;
- Международная научная конференция «Информационные технологии в исследовании биоразнообразия» (International Scientific Conference «Information Technologies in the Research of Biodiversity»), 11 – 14 сентября 2018 г., г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН.
- Конференция «Ляпуновские чтения», 3-5 декабря 2018 года, г. Иркутск.

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.

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.
- 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.



**Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2018 г.**

- Научный совет СО РАН по проблемам озера Байкал – ак. И.В. Бычков (зам. председателя).
- Совет по супервычислениям СО РАН – ак. И.В. Бычков, к.т.н. А.П. Новопашин.
- Приборная комиссия СО РАН – ак. И.В. Бычков.
- Совет СО РАН по программе «Цифровая экономика» – ак. И.В. Бычков (председатель).

Членство в национальных и международных научных организациях

- Association for Computing Machinery – ACM – к.т.н. А.Ю. Юрин.
- Mongolian Mathematical Society – д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский.
- 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.
- The International Physics and Control Society (IPACS) – д.ф.-м.н. В.Д. Иртегов.
- Международная Академия навигации и управления движением – д.т.н. Э.И. Дружинин.
- 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. Малтугова.
- 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.

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

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

Членство в редколлегиях научных изданий

- Автометрия – ак. И.В. Бычков.
- Вестник Бурятского государственного университета. Серия «Математика, информатика» – д.ф.-м.н. А.В. Лакеев.
- Вестник компьютерных и информационных технологий – ак. И.В. Бычков.
- Вестник НГУ. Информационные технологии – ак. И.В. Бычков.
- Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления – д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский.
- Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Математическое моделирование и программирование» – д.ф.-м.н. А.В. Лакеев.
- 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.



**Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2018 г.**

- 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.
- Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых – 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 (Bulgaria) – 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).
- Safety and Environmental Engineering – д.т.н. А.Ф. Берман.
- Numerical Algebra, Control and Optimization (NACO), USA – д.т.н. А.Ю. Горнов.
- International Journal of Artificial Intelligence – к.ф.-м.н. И.Л. Васильев (приглашенный редактор).
- Yugoslav Journal of Operations Research – к.ф.-м.н. А.В. Орлов (приглашенный редактор).

**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.
- 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.
- 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.
- 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).



Отчет Института динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова СО РАН за 2018 г.

- Рабочая группа по созданию платформы «Цифровой Байкал» при правительстве Иркутской области – д.т.н. Г.М. Ружников.
- Региональная рабочая группа по созданию сибирского сегмента Национальной суперкомпьютерной инфраструктуры – к.т.н. А.П. Новопашин.
- Молодежная секция Координационного совета по науке при губернаторе Иркутской области – к.ф.-м.н. М.В. Старицын.

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 2018 году сотрудники ИДСТУ СО РАН совершили 20 выездов в зарубежные командировки для участия с докладами в работе научных международных конференций, выполнения совместных научных исследований в 13 стран мира, такие как Австрия, Армения, Великобритания, Греция, Италия, КНР, Литва, Монголия, Польша, Франция, Хорватия, Черногория, Япония.

2. Сотрудничество с зарубежными научными центрами.

Проводились научные исследования, поддержанные международными грантами:

– 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.

– РФФИ проект № 18-51-54001_Вьет_а «Исследование качественных свойств дифференциально-алгебраических уравнений и построение численных алгоритмов для их решения», руководитель проекта г.н.с. лаб. 1.1 Дифференциальных уравнений и управляемых систем д.ф.-м.н. М.В. Булатов.

Выполнялись работы по договору о создании программного обеспечения для обработки сигналов Satellite AIS между ИДСТУ СО РАН и Caton Global Technology Co., Ltd (КНР).

В настоящее время ИДСТУ СО РАН имеет 11 действующих Соглашений и Договоров о научном и образовательном сотрудничестве, в том числе с

- Институтом национального развития при Администрации Президента Монголии и МАН (Монголия);
- Приштинским университетом в Косовской Митровице (Республика Сербия);
- Школой бизнеса Монгольского государственного университета (Монголия);



**Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2018 г.**

- Институтом географии и геоэкологии Академии наук Монголии (Монголия);
- Математички институт Српске академије науке и уметности (Республика Сербия);
- Caton Global Technology Co Ltd (КНР);
- Northwestern Politechnical University School of Marine Science and Technology – NWPU-SMST (КНР) и Caton Global Technology Co., Ltd (КНР).
- Northwestern Politechnical University School of Marine Science and Technology – NWPU-SMST (КНР);
- Институтом математики Вьетнамской академии наук и технологий (Вьетнам) и Институтом математики Национального университета Монголии (Монголия);
- Centro de Investigacion Cientifica y de Educacion Superior de Ensenada (CICESE) (Мексика);
- K.N. Toosi University of Technology (Иран).

3. Прием иностранных ученых.

Имя	Страна	Организация, должность	Дата визита	Цель визита
Коломбо Джованни (Colombo Giovanni)	Италия	Падуанский университет, профессор	24 – 30 июня 2018 г.	Участие в работе VI Международной школы-семинара «Нелинейный анализ и экстремальные задачи» (НЛА-2018), чтение лекций
Фам Куанг Кыонг (Pham Quang Cuong)	Вьетнам	Школа машино- и ракетостроения Сингапурского политехнического университета, доцент	24 – 30 июня 2018 г.	Участие в работе VI Международной школы-семинара НЛА-2018, чтение лекций
Незабетовски Михал Чеслав (Niezabitowski Michal Czeslaw)	Польша	Силезский технологический университет, профессор	24 – 30 июня 2018 г.	Участие с докладом в работе VI Международной школы-семинара НЛА-2018
Ким Гванг Хуи (Kim Gwang Hui)	Корея	Университет Кагнам, профессор	24 – 30 июня 2018 г.	Участие с докладом в работе VI Международной школы-семинара НЛА-2018
Ыскак Тимур (Yskak Timur)	Казахстан	ИМ СО РАН	24 – 30 июня 2018 г.	Участие с докладом в работе VI Международной школы-семинара НЛА-2018
Аршамбо Энн-Софи Жанин (Archambeau Anne-Sophie, Janine)	Франция	Национальный музей естествознания, менеджер исследовательских	11 – 14 сентября 2018 г.	Участие с докладами в работе Международной научной конференции «Информационные технологии в исследовании



**Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2018 г.**

		проектов		биоразнообразия»
Шенин Эрик (Chenin Eric)	Франция	Институт исследовательских разработок, инженер- исследователь	11 – 14 сентября 2018 г.	Участие с докладами в работе Международной научной конференции «Информационные технологии в исследовании биоразнообразия»
Эндресен Даг Терье Филип (Endresen Dag Terje Filip)	Норвегия	Университет Осло, менеджер исследовательских проектов	11 – 14 сентября 2018 г.	Участие с докладом в работе Международной научной конференции «Информационные технологии в исследовании биоразнообразия»
Эрлингсон Ингимар (Erlingsson Ingimar)	Швеция	Шведский музей естественной истории, разработчик	11 – 14 сентября 2018 г.	Участие с докладами в работе Международной научной конференции «Информационные технологии в исследовании биоразнообразия»
Сюй Сюэхун (Xu Xuehong)	КНР	Комитет биоразнообразия Китайской академии наук, инженер- исследователь	11 – 14 сентября 2018 г.	Участие с докладом в работе Международной научной конференции «Информационные технологии в исследовании биоразнообразия»
Голебьевска Джоанна (Golebievska Joanna)	Польша	Университет Гданьска, аспирант факультета биологии	11 – 14 сентября 2018 г.	Участие с докладами в работе Международной научной конференции «Информационные технологии в исследовании биоразнообразия»
Жаросинска Марта (Jarosinska Marta)	Польша	Университет Гданьска, аспирант факультета биологии	11 – 14 сентября 2018 г.	Участие с докладами в работе Международной научной конференции «Информационные технологии в исследовании биоразнообразия»
Рукажевский Макс Алан (Rykażewski Max Alan)	Польша	Университет Гданьска, аспирант факультета биологии	11 – 14 сентября 2018 г.	Участие с докладами в работе Международной научной конференции «Информационные технологии в исследовании биоразнообразия»
Кубрак Светлана	Беларусь	Институт генетики	11 – 14	Участие с докладом в работе



(Kubrak Svetlana)		и цитологии НАН Беларуси, старший научный сотрудник лаборатории экологической генетики и биотехнологии	сентября 2018 г.	Международной научной конференции «Информационные технологии в исследовании биоразнообразия»
-------------------	--	--	---------------------	--

4. Проведение международных конференций.

VI Международная школа-семинар «Нелинейный анализ и экстремальные задачи» НЛА-2018 (VI International Conference «Nonlinear Analysis and Extremal Problems» NLA-2018), 25 – 30 июня 2018 г., г. Иркутск, ИДСТУ СО РАН.

Международная научная конференция «Информационные технологии в исследовании биоразнообразия» (International Scientific Conference «Information Technologies in the Research of Biodiversity»), 11 – 14 сентября 2018 г., 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 Академия навигации и управления движением – д.т.н. Э.И. Дружинин.
Д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский – почетный профессор Национального университета Монголии.

Д.т.н. А.Ф. Берман – приглашенный 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.
- «Journal of Global Optimization» (Springer) – д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский (приглашенный редактор).



***Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2018 г.***

- «International Journal of Artificial Intelligence» – к.ф.-м.н. И.Л. Васильев (приглашенный редактор).
- «Yugoslav Journal of Operations Research» – к.ф.-м.н. А.В. Орлов (приглашенный редактор).

Награды:

Академик И.В. Бычков награжден Орденом Полярной звезды (Монголия, Указ Президента Монголии от 15.10.2018 № 140).



ПЕРЕЧЕНЬ ПУБЛИКАЦИЙ И ПОЛУЧЕННЫХ ПАТЕНТОВ

Диссертации

1. Дородных Н.О. Метод и программное средство разработки баз знаний на основе трансформации концептуальных моделей: дис. ... кан. тех. наук: 05.13.11: защищена: 15.02.2018. Иркутск. 2018. 150 с.

Монографии

1. Абросимов Н.В., Агеев А.И., Адамов Е.О., Адушкин В.В., Акимов В.А., Алешин А.В., Алешин Б.С., Алешин В.А., Алешин Н.П., Алексеев В.А., Асмолов В.Г., Афиногенов Д.А., Ахметханов Р.С., Баландин Д.В., Балановский В.Л., Балуевский Ю.Н., Баранов В.В., Бармин И.В., Барышов С.Н., Белов П.Г. и др. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. М.: Изд-во Междунар. гуманитарный обществ. фонд «Знание» им. акад. К.В. Фролова, 2018. 1016 с.

Статьи в российских журналах

2. Enkhbat R., Barkova M.V., Sukhee B. D.C. Programming Approach to Malfatti's Problem // Вестник Бурятского гос. ун-та. Математика, информатика. 2018. № 4. С. 72-83. DOI: 10.18101/2304-5728-2018-4-72-83.
3. Kosov A.A., Semenov E.I. On periodic solutions of a nonlinear reaction-diffusion system // Известия Иркутского гос. ун-та. Сер. Математика. 2018. Т. 26. С. 34-45.
4. Авраменко Ю.В., Федоров Р.К., Ружников Г.М. Предобработка космоснимков в задаче поиска объектов // Вестник Бурятского гос. ун-та. Математика, информатика. 2018. № 4. С. 16-21. DOI: 10.18101/2304-5728-2018-4-16-21.
5. Банищиков А.В. Исследование влияния управляющих сил на устойчивость спутника с гравитационным стабилизатором средствами компьютерной алгебры // Проблемы управления и информатики. 2018. № 4. С. 137-147.
6. Банищиков А.В., Ветров А.А., Данеев А.В., Русанов В.А. К юстировке параметров источника электромагнитного излучения на геостационарной орбите // Проблемы управления и информатики. 2018. № 2. С. 114-124.
7. Банищиков А.В., Ветров А.А., Иртегов В.Д., Титоренко Т.Н. Анализ электрических цепей транспортных систем средствами компьютерной алгебры в машиноведении // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2018. Т. 60, № 4. С. 46-54.
8. Белей Е.Г., Семенов А.А. О вычислительном поиске квазиортогональных систем латинских квадратов, близких к ортогональным системам // Intern. J. of Open Information Technologies. 2018. Т. 6, № 2. С. 22-30.
9. Берман А.Ф., Кузнецов К.А., Николайчук О.А., Павлов А.И., Юрин А.Ю. Информационно-аналитическая поддержка экспертизы промышленной безопасности объектов химии, нефтехимии и нефтепереработки // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2018. № 8. С. 30-36.
10. Берман А.Ф., Николайчук О.А. Модель трансдисциплинарной задачи обоснования свойств техногенной безопасности // Проблемы безопасности и ЧС. 2018. № 6. С. 21-34.
11. Берман А.Ф., Николайчук О.А., Юрин А.Ю. Трансдисциплинарная модель задачи обоснования свойств материалов и конструкций // Вестник Иркутского гос. техн. ун-та. 2018. Т. 22, № 8 (139). С. 17-25. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-8-17-25.
12. Берман А.Ф., Павлов Н.Ю., Николайчук О.А. Метод синтеза и анализа деревьев отказов на основе понятий механизма и кинетики событий // Проблемы анализа риска. 2018. Т. 15, № 3. С. 62-77.



13. Богданова В.Г., Горский С.А. Параллельная реализация логического метода решения задач качественного анализа двоичных динамических систем // Информ. и матем. технологии в науке и управлении. 2018. № 4. С. 145-154. DOI: 10.25729/2413-0133-2018-4-15.
14. Богданова В.Г., Пашинин А.А. Разработка самоорганизующейся мультиагентной системы децентрализованного управления распределенным решением прикладных задач // Информ. и матем. технологии в науке и управлении. 2018. № 3 (11). С. 115-126.
15. Булатов М.В., Косов А.А., Лакеев А.В., Семенов Э.И., Соловарова Л.С., Чистякова Е.В. и др. Чистяков Виктор Филимонович (к 70-летию) // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Сер. Матем. моделирование и программирование. 2018. Т. 11, №4. С. 169-176. DOI: 10.14529/mmp18014.
16. Бычков И.В., Давыдов А.В., Нагул Н.В., Ульянов С.А. Событийный подход к многорежимному управлению группировкой подводных роботов в обследовательской миссии // Вычисл. технологии. 2018. Т. 23, № 2. С. 3-19.
17. Бычков И.В., Зоркальцев В.И., Мокрый И.В. Сопоставление методов оценки параметров усеченного экспоненциального закона распределения на основе вычислительных экспериментов // Вычисл. технологии. 2018. Т. 23, № 5. С. 3-20. DOI: 10.25743/IST.2018.23.5.002.
18. Бычков И.В., Казаков А.Л. Конкурс РФФИ – Иркутская область и его связь с программой социально-экономического развития региона // Вестник РФФИ. 2018. № 3 (99). С. 44-48. DOI: 10.22204/2410-4639-2018-099-03-44-48.
19. Бычков И.В., Опарин Г.А., Богданова В.Г., Пашинин А.А. Сервис-ориентированная технология создания и применения децентрализованных мультиагентных решателей вычислительных задач // Вестник компьютерных и информ. технологий. 2018. № 12. С. 36-44.
20. Бычков И.В., Опарин Г.А., Черных А.Н., Феоктистов А.Г., Горский С.А., Рауль Р.Р. Масштабируемое приложение для поиска глобальных минимумов многоэкстремальных функций // Автометрия. 2018. Т. 54, № 1. С. 98-105. DOI: 10.15372/AUT20180113.
21. Бычков И.В., Орлова И.И. Научное обеспечение принятия государственных решений по проблемам сохранения озера Байкал и развития Байкальской природной территории // Вестник РАН. 2018. Т. 88, № 11. С. 1003-1010. DOI: 10.31857/S086958730002333-4.
22. Бычков И.В., Орлова И.И., Никитин В.М. Предложения по совершенствованию действующих методических и практических подходов в сфере водных отношений // Водное хозяйство России. 2018. № 5. С. 50-64.
23. Бычков И.В., Ружников Г.М., Парамонов В.В., Шумилов А.С., Федоров Р.К. Инфраструктурный подход к обработке пространственных данных в задачах управления территориальным развитием // Вычисл. технологии. 2018. Т. 23, № 4. С. 15-31. DOI: 10.25743/IST.2018.23.16488.
24. Ватутин Э.И., Заикин О.С., Кочемазов С.Е., Валяев С.Ю., Титов В.С. Оценка числа трансверсалей для диагональных латинских квадратов малого порядка // Телекоммуникации. 2018. № 1. С. 12-21.
25. Ватутин Э.И., Кочемазов С.Е., Заикин О.С., Манзюк М.О., Никитина Н.Н., Титов В.С. О свойствах центральной симметрии диагональных латинских квадратов // Высокопроизводительные вычисл. системы и технологии. 2018. № 1 (8). С. 74-78.
26. Гагаринова О.В., Сороковой А.А., Белозерцева И.А., Емельянова Н.В., Федоров Р.К. Экологические аспекты урбанизированных территорий Байкальского региона // Успехи соврем. естествознания. 2018. № 2. С. 62-69.
27. Горбатенко Д.Е., Семенов А.А. Противодействие сговору в дискретных динамических моделях компьютерных сетей // Управление большими системами. 2018. Т. 75. С. 76-102.
28. Горбатенко Д.Е., Семенов А.А. Эффективный алгоритм построения множества кратчайших атак в рамках одной модели развития атак в компьютерной сети // Прикладная дискретная математика. Приложение. 2018. № 11. С. 90-95. DOI: 10.17223/2226308X/11/28.



29. Гранин Н.Г., Мизандронцев И.Б., Козлов В.В. и др. Кольцевые структуры на ледовом покрове озера Байкал: анализ экспериментальных данных и математическое моделирование // Геология и геофизика. 2018. Т. 59, № 11. С. 1890-1903. DOI: 10.15372/GiG20181111.
30. Грибанова И.А. Новый алгоритм порождения ослабляющих ограничений в задаче обращения хеш-функции MD4-39 // Прикладная дискретная математика. Приложение. 2018. № 11. С. 139-141. DOI: 10.17223/2226308X/11/43.
31. Грищенко М.А., Дородных Н.О., Коришунов С.А., Юрин А.Ю. Разработка диагностических интеллектуальных систем на основе онтологий // Онтология проектирования. 2018. Т. 8, № 2 (28). С. 265-284. DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-2-265-284.
32. Данеев А.В., Русанов В.А., Русанов М.В., Сизых В.Н. К апостериорному моделированию нестационарных гиперболических систем // Известия Самарского научного центра РАН. 2018. Т. 20, № 1. С. 106-113.
33. Дородных Н.О., Коришунов С.А., Павлов Н.Ю., Сопн Д.Ю., Юрин А.Ю. Model Transformations for Intelligent Systems Engineering // Открытые семантические технологии проектирования интеллект. систем. 2018. Т. 2, № 8. С. 77-81.
34. Дородных Н.О., Коришунов С.А., Юрин А.Ю. Средства поддержки моделирования логических правил в нотации RVML // Программные продукты и системы. 2018. Т. 4. С. 667-672.
35. Дородных Н.О., Николайчук О.А., Юрин А.Ю. Подход автоматизированной разработки баз знаний на основе трансформации диаграмм Исикавы // Вестник компьютерных и информ. технологий. 2018. Т. 4. С. 41-51.
36. Дыхта В.А., Самсонок О.Н. Позиционный принцип минимума для импульсных процессов // Известия Иркутского гос. ун-та. Сер. Математика. 2018. Т. 25. С. 46-62. DOI: 10.26516/1997-7670.2018.25.46.
37. Еделев А.В., Сендеров С.М., Береснева Н.М., Сидоров И.А., Феоктистов А.Г. Распределенная вычислительная среда для анализа уязвимости критических инфраструктур в энергетике // Системы управления, связи и безопасности. 2018. № 3. С. 197-231.
38. Жарков М.Л. Математическая модель и программный комплекс для определения статистических параметров пассажиропотоков в транспортных системах // Вестник Иркутского гос. техн. ун-та. 2018. Т. 22, № 2 (133). С. 45-56. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-2-45-56.
39. Заикин О.С. Применение параллельных алгоритмов решения проблемы булевой выполнимости для криптоанализа сжимающего и самосжимающего генераторов ключевого потока // Intern. J. of Open Information Technologies. 2018. Т. 6, № 10. С. 29-33.
40. Казаков А.Л., Кузнецов П.А. Об аналитических решениях одной специальной краевой задачи для нелинейного уравнения теплопроводности в полярных координатах // Сибирский журнал индустр. математики. 2018. Т. 21, № 2 (74). С. 56-65. DOI: 10.17377/SIBJIM.2018.21.205.
41. Казаков А.Л., Кузнецов П.А. Об аналитических решениях задачи о движении теплового фронта для нелинейного уравнения теплопроводности с источником // Известия Иркутского гос. ун-та. Сер. Математика. 2018. Т. 24. С. 37-50. DOI: 10.26516/1997-7670.2018.24.37.
42. Казаков А.Л., Кузнецов П.А., Спевак Л.Ф. Трехмерная тепловая волна с краевым режимом, заданным на подвижном многообразии // Известия Иркутского гос. ун-та. Сер. Математика. 2018. Т. 26. С. 16-33. DOI: 10.26516/1997-7670.2018.26.16.
43. Казаков А.Л., Орлов Св.С., Орлов С.С. Построение и исследование некоторых точных решений нелинейного уравнения теплопроводности // Сибирский матем. журнал. 2018. Т. 59, № 3. С. 544-560. DOI: 10.17377/smzh.2018.59.306.
44. Казаков А.Л., Пavidис М.М., Жарков М.Л. Применение многофазных систем массового обслуживания для моделирования сортировочной станции // Вестник УрГУПС. 2018. № 2 (38). С. 4-14.



45. Кононов А.Д. О робастной устойчивости стационарных дифференциально-алгебраических уравнений со структурированной неопределенностью // Известия Иркутского гос. ун-та. Сер. Математика. 2018. Т. 23. С. 20-35. DOI: 10.26516/1997-7670.2018.23.20.
46. Косов А.А., Козлов М.В. О существовании и построении общих функций Ляпунова для переключаемых дискретных систем // Сибирский журнал индустр. математики. 2018. Т. 21, № 4. С. 75-85.
47. Косов А.А., Семенов Э.И. О точных многомерных решениях одной нелинейной системы уравнений реакции-диффузии // Дифференц. уравнения. 2018. Т. 54, № 1. С. 108. DOI: 10.1134/S0374064118010090.
48. Косов А.А., Семенов Э.И. Первые интегралы и периодические решения системы со степенными нелинейностями // Сибирский журнал индустр. математики. 2018. № 1. С. 47-60.
49. Косов А.А., Семенов Э.И. Об аналитических периодических решениях нелинейных дифференциальных уравнений с запаздыванием (опережением) // Известия вузов. Математика. 2018. Т. 10. С. 34-42.
50. Лакеев А.В., Линке Ю.Э., Русанов В.А. Об одном критерии непрерывности оператора Релея-Ритца // Вестник Бурятского гос. ун-та. Математика и механика. 2018. Т. 3. С. 3-13.
51. Лебедев П.Д., Казаков А.Л. Итерационные методы построения упаковок из кругов различного диаметра на плоскости // Труды Ин-та математики и механики УрО РАН. 2018. Т. 24, № 2. С. 141-151. DOI: 10.21538/0134-4889-2018-24-2-141-151.
52. Леви К.Г., Мирошниченко А.И., Чечельницкий В.В., Ружников Г.М. Гелиогеодинатика и сейсмичность в Прибайкалье // Geodynamics & Tectonophysics. 2018. Т. 9, № 3. С. 927-946. DOI: 10.5800/GT-2018-9-3-0377.
53. Лемперт А.А., Столбов А.Б. Подход к разработке баз знаний для поддержки комплексных исследований в инфраструктурной логистике // Информ. и матем. технологии в науке и управлении. 2018. № 3(11). С. 45-54. DOI: 10.25729/2413-0133-2018.
54. Марков Ю.А., Маркова М.А., Гитман Д.М. Унитарное квантование и параферми-статистика порядка 2 // Журнал эксперимент. и теорет. физики. 2018. Т. 154, № 3(9). С. 469-495.
55. Марков Ю.А., Маркова М.А., Гитман Д.М., Бондаренко А.И. Парастатистика и униквантование // Известия вузов. Физика. 2018. Т. 61, № 10 (730). С. 57-66.
56. Михайлов А.А., Хмельнов А.Е. Метод визуализации графа потоков управления // Вестник Бурятского гос. ун-та. Математика, информатика. 2018. № 2. С. 50-62. DOI: 10.18101/2304-5728-2018-2-50-62.
57. Николайчук О.А., Павлов А.И., Столбов А.Б. Анализ архитектур агентов и их представление в аспекте MDD-методологии // ИТНОУ: информ. технологии в науке, образовании и управлении. 2018. Т. 5. С. 47-53.
58. Новиков М.А. О стационарных движениях твердого тела при существовании частного интеграла Гесса // Известия РАН. Механика твердого тела. 2018. № 3. С. 28-37. DOI: 10.7868/S0572329918030042.
59. Новиков М.А. Об устойчивости стационарного движения механической консервативной системы // Вестник Бурятского гос. ун-та. Математика, информатика. 2018. № 3. С. 22-39. DOI: 10.18101/2304-5728-2018-3-22-39.
60. Опарин Г.А., Богданова В.Г., Пашинин А.А. Микросервисы как фундаментальная основа распределенного сборочного программирования // ИТНОУ: Информ. технологии в науке, образовании и управлении. 2018. № 2 (6). С. 21-26.
61. Опарин Г.А., Богданова В.Г., Пашинин А.А. Метод булевых ограничений в качественном анализе двоичных динамических систем // Междунар. журнал прикладных и фундамент. исследований. 2018. № 9. С. 19-29.



62. Ордынская А.П., Бержинский Ю.А., Бержинская Л.П., Финкельштейн Е.А. К оценке сейсмостойкости 9-этажных блок-секций серии 111 при спитакском землетрясении 1988 года // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2018. № 3. С. 31-38.
63. Отпущенников И.В., Семёнов А.А., Заикин О.С. Пропозициональное кодирование прямых и обратных раундовых преобразований в атаках на некоторые блочные шифры // Прикладная дискретная математика. Приложение. 2018. № 11. С. 76-79. DOI: 10.17223/2226308 X/11/24.
64. Пavidис М.М., Жарков М.Л. Моделирование работы сортировочной станции на основе применения многофазных систем массового обслуживания // Транспортная инфраструктура сибирского региона. 2018. № 1. С. 112-117.
65. Павлов А.И., Столбов А.Б. Модели базовых компонентов системы проектирования агентных имитационных моделей и их реализация в программном комплексе Adskit // Информ. и матем. технологии в науке и управлении. 2018. № 4(12).
66. Петренко П.С. Робастная управляемость линейных дифференциально-алгебраических уравнений с неструктурированной неопределенностью // Сибирский журнал индустр. математики. 2018. Т. 21, № 3 (75). С. 104-115. DOI: 10.17377/SIBJIM.2018.21.310.
67. Петренко П.С. Робастная управляемость нестационарных дифференциально-алгебраических уравнений // Известия Иркутского гос. ун-та. Сер. Математика. 2018. Т. 25. С. 79-92. DOI: 10.26516/1997-7670.2018.25.79.
68. Рудых Г.А., Семенов Э.И. Исследование совместности переопределенной системы для многомерного уравнения нелинейной теплопроводности (общий случай) // Матем. заметки СФУ. 2018. Т. 25, № 1. С. 50-62.
69. Свинина С.В. Об устойчивости сплайн-коллокационной разностной схемы для одной казилинейной дифференциально-алгебраической системы уравнений в частных производных первого порядка // Журнал вычисл. математики и матем. физики. 2018. Т. 58, № 11.
70. Свинина С.В. Об устойчивости сплайн-коллокационной разностной схемы для полулинейной дифференциально-алгебраической системы индекса (1,0) // Известия Иркутского гос. ун-та. Сер. Математика. 2018. Т. 25. С. 93-108. DOI: 10.26516/1997-7670.2018.25.93.
71. Семенов А.А. Атаки из класса «Угадывай и определяй» и автоматические способы их построения // Прикладная дискретная математика. Приложение. 2018. № 11. С. 81-86. DOI: 10.17223/2226308X/11/26.
72. Старицын М.В., Малтугуева Н.С., Погодаев Н.И., Сорокин С.П. Импульсное управление системами сетевой структуры, описывающими процессы распространения политического влияния // Известия Иркутского гос. ун-та. Сер. Математика. 2018. Т. 25. С. 126-143. DOI: 10.26516/1997-7670.2018.25.126.
73. Татаринов В.В., Финкельштейн Е.А., Макшаков А.С. Электронно-зондовый микроанализ тонкодисперсного золота в однородной матрице сульфидного минерала // Вопросы естествознания. 2018. № 4. С. 75–79.
74. Толстоногов А.А. Пространство непрерывных многозначных отображений с замкнутыми неограниченными значениями // Тр. Ин-та математики и механики УрО РАН. 2018. Т. 24, № 1. С. 200-208. DOI: 10.21538/0134-4889-2018-24-1-200-208.
75. Феоктистов А.Г., Башарина О.Ю. Методика динамического анализа времени выполнения программ в гетерогенных распределенных вычислительных средах // Вестник Иркутского гос. техн. ун-та. 2018. Т. 22, № 6 (137). С. 109-119. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-6-109-119.
76. Феоктистов А.Г., Костромин Р.О., Дядькин Ю.А. Управление заданиями в гетерогенной распределенной вычислительной среде на основе знаний // Вестник компьютерных и информ. технологий. 2018. № 2. С. 10-17.



77. Феоктистов А.Г., Костромин Р.О., Сидоров И.А., Горский С.А. Мультиагентный алгоритм построения остаточной схемы решения задачи в распределенных пакетах прикладных программ // Известия ЮФУ. Техн. науки. 2018. № 8.
78. Финогенко И.А. Метод предельных дифференциальных включений для неавтономных разрывных систем с последствием // Тр. Ин-та математики и механики УрО РАН. 2018. Т. 24, № 1. С. 236-246. DOI: 10.21538/0134-4889-2018-24-1-236-246.
79. Щеглова А.А. Об управляемости дифференциально-алгебраических уравнений в классе импульсных воздействий // Сибирский матем. журнал. 2018. Т. 59, № 1 (347). С. 210-224. DOI: 10.17377/smzh.2018.59.118.
80. Щеглова А.А., Кононов А.Д. Устойчивость дифференциально-алгебраических уравнений в условиях неопределенности // Дифференц. уравнения. 2018. Т. 54, № 7. С. 881-890. DOI: 10.1134/S037406411807004X.

Статьи в зарубежных и переводных журналах

81. Avramenko Y.V., Fedorov R.K. The technology of classification geospatial data based on WPS standard // CEUR Workshop Proceedings. Proc. 1st Scientific-Practical Workshop on Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2018). 2018. Vol. 2221. P. 37-41. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2221/paper7.pdf>.
82. Balandin A.L. The semi-analytical method for inversion of a weighted vector ray transform in three dimensions // Asian-European J. of Mathematics. 2018. Vol. 12, № 1. P. 2050012(23). DOI: 10.1142/S1793557120500126.
83. Banshchikov A.V. Investigation of the influence of control forces on the stability of a satellite with a gravitational stabilizer by means of computer algebra // J. of Automation and Information Sciences. 2018. Vol. 50, № 7. P. 35-47. DOI: 10.1615/jautomatinfscien.v50.i7.40.
84. Banshchikov A.V., Vetrov A.A., Daneev A.V., Rusanov V.A. To the High-Precision Adjustment of the Source of Electromagnetic Radiation in the Geostationary Orbit // J. of Automation and Information Sciences. 2018. Vol. 50, № 3. P. 51-62. DOI: 10.1615/JAutomatInfScien.v50.i3.40. URL: <http://dl.begellhouse.com/journals/2b6239406278e43e,36f19d4f1b2692e8.html>.
85. Baturin V.A., Cheremnykh S.V. Second Order Methods for the Optimal Control Problems // Automation and Remote Control. 2018. Vol. 79, № 5. P. 919-939. DOI: 10.1134/S0005117918050120.
86. Berman A.F., Dorodnykh N.O., Nikolaychuk O.A., Yurin A.Yu. Knowledge bases engineering on the basis of fault trees analysis // CEUR Workshop Proceedings. Proc. 1st Scientific-Practical Workshop on Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2018). 2018. Vol. 2221. P. 25-31. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2221/paper5.pdf>.
87. Berman A.F., Maltugueva G.S., Yurin A.Y. Application of case-based reasoning and multi-criteria decision-making methods for the selection in petrochemistry // Proc. of the IMechE, Part L: Journal of Materials: Design and Application. 2018. Vol. 232, № 3. P. 204-212. DOI: 10.1177/1464420715620919.
88. Berman A.F., Nikolaychuk O.A., Pavlov A.I. The Ontology Model for Automating the Solution of Multidisciplinary Research Tasks // Advances in Intelligent Systems Research. Proc. the V Intern. Workshop Critical Infrastructures: Contingency Management, Intelligent, Agent-Based, Cloud Computing and Cyber Security (IWCI 2018). 2018. Vol. 158. P. 1-6.
89. Berman A.F., Nikolaychuk O.A., Yurin A.Y. Computer-aided event tree synthesis on the basis of case-based reasoning // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018. Vol. 875. P. 3-12. DOI: 10.1007/978-3-030-01821-4_1.
90. Bulatov M., Solovarova L. On self-regularization properties of a difference scheme for linear differential-algebraic equations // Applied Numerical Mathematics. 2018. Vol. 130. P. 86-94. DOI: 10.1016/j.apnum.2018.03.015.



91. Bulatov M.V., Linh V.H., Truong N.D. Convergence analysis of linear multistep methods for a class of delay differential-algebraic equations // Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mathematical Modelling, Programming & Computer Software. 2018. Vol. 11, № 4. P. 78-93. DOI: 10.14529/mmp180406.
92. Bulatov M.V., Solovarova L.S. Collocation-variation difference schemes for differential-algebraic equations // Mathematical Methods in the Applied Sciences. 2018. Vol. 41, № 18. P. 9048-9056. DOI: 10.1002/mma.4884.
93. Bulavintsev V., Semenov A., Zaikin O., Kochemazov S. A Bitslice Implementation of Anderson's Attack on A5/1 // Open Engineering. 2018. Vol. 8, № 1. P. 7-16. DOI: 10.1515/eng-2018-0002.
94. Bychkov I., Davydov A., Nagul N., Ul'yanov S. Hybrid Control Approach to Multi-AUV System in a Surveillance Mission // Information Technology in Industry. 2018. Vol. 6, № 1. P. 20-26.
95. Bychkov I., Kenzin M., Maksimkin N. Task allocation and path planning for network of autonomous underwater vehicles // Intern. J. of Computer Networks and Communications. 2018. Vol. 10, № 2. P. 33-42. DOI: 10.5121/ijcnc.2018.10204.
96. Bychkov I., Shigarov A., Mikhailov A. et al. Russian-German Astroparticle Data Life Cycle Initiative // Data. 2018. Vol. 3(4), № 56.
97. Bychkov I.V., Fedorov R.K., Avramenko Y.V., Shumilov A.S., Shigarov A.O., Ruzhnikov G.M. et al. Information-analytical environment supporting interdisciplinary research of natural resources in the Baikal region // CEUR Workshop Proceedings. Proc. 1st Scientific-Practical Workshop on Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2018). 2018. Vol. 2221. P. 42-52. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2221/paper8.pdf>.
98. Bychkov I.V., Feoktistov A.G., Sidorov I.A., Edelev A.V., Gorsky S.A., Kostromin R.O. Machine learning in a multi-agent system for distributed computing management // CEUR Workshop Proceedings. Proc. 4th Intern. Conf. on Information Technology and Nanotechnology. 2018. Vol. 2212. P. 89-97.
99. Bychkov I., Feoktistov A. et al. Configurable cost-quality optimization of cloud-based VoIP // J. of Parallel and Distributed Computing. 2018. DOI: 10.1016/j.jpdc.2018.07.001.
100. Bychkov I.V., Gachenko A.S., Hmelnov A.E., Fedorov R.K., Fereferov E.S. Geological Information System of environmental and human intervention impact assessment on bodies of water of the Irkutsk region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Proc. 1st Intern. Geographical Conf. of North Asian Countries on China-Mongolia-Russia Economic Corridor: Geographical and Environmental Factors and Territorial Development Opportunities. 2018. Vol. 190, № 1. DOI: 10.1088/1755-1315/190/1/012027.
101. Bychkov I.V., Orlova I.I. Formation of effective cooperation instruments for development projects in the Lake Baikal basin // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Sciences. 2018. Vol. 190. DOI: 10.1088/1755-1315/190/1/012047. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/190/1/012047/pdf>.
102. Bychkov I.V., Ruzhnikov G.M., Paramonov V.V., Shumilov A.S., Fedorov R.K. et al. Infrastructural approach and geospatial data processing services in the tasks of territorial development management // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Proc. 1st Intern. Geographical Conf. of North Asian Countries on China-Mongolia-Russia Economic Corridor: Geographical and Environmental Factors and Territorial Development Opportunities. 2018. Vol. 190, № 1. DOI: 10.1088/1755-1315/190/1/012048.
103. Bychkov I.V., Gagarinova O.V., Orlova I.I., Bogdanov V.N. Water Protection Zoning as an Instrument of Preservation for Lake Baikal // Water. 2018. Vol. 10, № 10. DOI: 10.3390/w10101474.
104. Bychkov I.V., Oparin G.A., Tchernykh A.N., Feoktistov A.G., Gorsky S.A., Rivera-Rodriguez R. Scalable Application for the Search of Global Minima of Multiextremal Functions //



Optoelectronics Instrumentation and Data Processing. 2018. Vol. 54, № 1. P. 83-89. DOI: 10.3103/S8756699018 010132.

105. Cherkashin E., Kazi L., Shigarov A., Paramonov V. A computational independent model for a medical quality management information system // CEUR Workshop Proceedings. Proc. 1st Scientific-Practical Workshop on Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2018). 2018. Vol. 2221. P. 83-89. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2221/paper13.pdf>.

106. Cherkashin E., Kopaygorodsky A., Kazi L., Shigarov A., Paramonov V. Model Driven Architecture Implementation Using Linked Data // Communications in Computer and Information Science. 2018. Vol. 920. P. 412-423. DOI: 10.1007/978-3-319-99972-2_34.

107. Chistyakov V.F., Chistyakova E.V. Evaluation of the Index and Singular Points of Linear Differential-Algebraic Equations of Higher Order // Journal of Mathematical Sciences (United States). 2018. Vol. 231, № 6. P. 827-845. DOI: 10.1007/s10958-018-3852-7.

108. Chistyakova E.V., Chistyakov V.F., Levin A.A. Linearization of differential algebraic equations with integral terms and their application to the thermal energy modelling // Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mathematical Modelling, Programming & Computer Software. 2018. Vol. 11, № 4. P. 94-109. DOI: 10.14529/mmp180407.

109. Daneev A.V., Linke Yu.É., Rusanov V.A., Silykh V.N., Voronov V.A. System-theoretical foundation for identification of dynamic systems. I // Far East Journal of Mathematical Sciences. 2018. Vol. 106, № 1. P. 1-42.

110. Danik Y., Dmitriev M., Makarov D., Zarodnyuk T. Numerical-analytical algorithms for nonlinear optimal control problems on a large time interval // Springer Proceedings in Mathematics and Statistics. 2018. Vol. 248. P. 113-124. DOI: 10.1007/978-3-319-96598-7_10.

111. Davydov A., Larionov A., Nagul N. A first-order logic based approach to problems of decentralized supervisory control of DES // AIP Conference Proceedings 2046. 2018. P. 020021. URL: <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5081541>.

112. Dorokhov A.E., Martynenko A.P., Martynenko F.A., Radzhabov A.E. The proton size puzzle: Experiment vs theory // EPJ Web of Conferences. Proc. 20th Intern. Seminar on High Energy Physics (QUARKS 2018). 2018. Vol. 191. DOI: 10.1051/epjconf/201819104001.

113. Dorokhov A.E., Kochelev N.I., Martynenko A.P., Martynenko F.A., Radzhabov A.E. The contribution of axial-vector mesons to hyperfine structure of muonic hydrogen // Physics Letters B. 2018. Vol. 776. P. 105-110. DOI: 10.1016/j.physletb.2017.11.027.

114. Dorokhov A.E., Kochelev N.I., Martynenko A.P., Martynenko F.A., Radzhabov A.E., Faustov R.N. The contribution of pseudoscalar and axial-vector mesons to hyperfine structure of muonic hydrogen // IOP Journal of Physics Conference Series. 2018. Vol. 938. DOI: 10.1088/1742-6596/938/1/012042.

115. Dorokhov A.E., Kochelev N.I., Martynenko A.P., Martynenko I.A., Radzhabov A.E. Corrections of two-photon interactions in the fine and hyperfine structure of the P-energy levels of muonic hydrogen // European Physical Journal A. 2018. Vol. 54, № 8. P. 131. DOI: 10.1140/epja/i2018-12570-x.

116. Dykhata V.A., Samsonyuk O.N. Optimality conditions with feedback controls for optimal impulsive control problems // IFAC-Papers OnLine. 2018. Vol. 51, № 32. P. 509-514. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.11.472.

117. Edelev A.V., Sidorov I.A., Feoktistov A.G. Heterogeneous Distributed Computing Environment for Vulnerability Analysis of Energy Critical Infrastructures // Advances in Intelligent Systems Research. Proc. the V Intern. Workshop Critical Infrastructures: Contingency Management, Intelligent, Agent-Based, Cloud Computing and Cyber Security (IWCI 2018). 2018. Vol. 158. P. 37-42.

118. Enkhbat R., Gruzdeva T.V., Barkova M.V. DC Programming Approach for Solving an Applied ORE-Processing Problem // J. Industrial and Management Optimization. 2018. Vol. 14, № 2. P. 613-623. DOI: 10.3934/jimo.2017063.



119. *Fedorov R.K., Shumilov A.S.* Service compositions in problems of urban planning // CEUR Workshop Proceedings. Proc. 1st Scientific-Practical Workshop on Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2018). 2018. Vol. 2221. P. 1-6. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2221/paper1.pdf>.
120. *Fedorov R.K., Shumilov A.S., Voskoboynikov M.L.* Analysis of service calls for construction of the semantic network of services // CEUR Workshop Proceedings. Proc. 1st Scientific-Practical Workshop on Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2018). 2018. Vol. 2221. P. 20-24. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2221/paper4.pdf>.
121. *Feoktistov A., Bychkov I. et al.* Operating cost and quality of service optimization for multi-vehicle-type timetabling for urban bus systems // J. of Parallel and Distributed Computing. 2018. DOI: 10.1016/j.jpdc.2018.01.009.
122. *Fereferov E.S., Gachenko A.S., Hmelnov A.E., Fedorov R.K.* Information Technologies for Monitoring of Anthropogenic Impacts to Lake Baikal // CEUR-WS-2221. Proc. for First Scientific-practical Workshop Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS-2018). 2018. Vol. 2221. P. 61-69. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2221/paper10.pdf>.
123. *Finkelshtein A.L., Tatarinov V.V., Finkelstein E., Pavlova L.A., Kravtsova R.G.* About the assessment of gold concentrations in tiny inclusions within sulfide mineral matrix: An electron microprobe study // X-Ray Spectrometry. 2018. Vol. 47, № 6. P. 423-431. DOI: 10.1002/xrs.2967.
124. *Finogenko I. A., Sesekin A.N.* Impulse Position Control for Differential Inclusions // AIP Conference Proceedings 2048. 2018. DOI: 10.1063/1.5082026.
125. *Finogenko I.A.* Method of limiting differential inclusions for nonautonomous discontinuous systems with delay // Trudy Instituta Matematiki i Mekhaniki URO RAN. 2018. Vol. 24, № 1. P. 236-246. DOI: 10.21538/0134-4889-2018-24-1-236-246.
126. *Gachenko A.S., Hmelnov A.E., Fedorov R.K., Fereferov E.S.* Development of an Integrated Gis for Monitoring of Anthropogenic Impact on the Coastal Area of Lake Baikal // J. of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. 2018. Vol. 11(8). P. 946-955. DOI: 10.17516/1999494X-0116.
127. *Gachenko A.S., Hmelnov A.E., Hmelnova T.F., Rugnikov G.M.* The use of triangulation processing algorithms for the construction of combined model of the underwater and above-water terrain of the bed of the Bratsk Reservoir // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Proc. 1st Intern. Geographical Conf. of North Asian Countries on China-Mongolia-Russia Economic Corridor: Geographical and Environmental Factors and Territorial Development Opportunities. 2018. Vol. 190, № 1. DOI: 10.1088/1755-1315/190/1 /012028.
128. *Gachenko A.S., Rugnikov G.M., Hmelnov A.E.* Creating technologies of integrated information-analysis systems in scientific projects // CEUR Workshop Proceedings. Proc. 1st Scientific-Practical Workshop on Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2018). 2018. Vol. 2221. P. 76-82. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2221/paper12.pdf>.
129. *Gninenko S., Kovalenko S., Kuleshov S., Lyubovitskij V.E., Zhevlakov A.S.* Deep inelastic e-tau and mu-tau conversion in the NA64 experiment at the CERN SPS // Physical Review D. 2018. Vol. 98, № 1. P. 015007. DOI: 10.1103/PhysRevD.98.015007.
130. *Goncharova E., Staritsyn M.* Dynamic Programming and Control Synthesis for Variational Problems with Polynomial Impulses // IFAC-PapersOnLine. 2018. Vol. 51, № 32. P. 304-309. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.11.400.
131. *Goncharova E., Staritsyn M.* On BV-extension of Asymptotically Constrained Control-affine Systems and Complementarity Problem for Measure Differential Equations // Discrete and Continuous Dynamical Systems-Series S. 2018. Vol. 11, № 6. P. 1061-1070. DOI: 10.3934/dcdss.2018061.
132. *Gornov A., Finkelstein E., Zarodnyuk T.* Algorithm of Uniform Filling of Nonlinear Dynamic System Reachable Set Based on Maximin Problem Solution // Optimization Letters. 2018 DOI: 10.1007/s11590-018-1368-1.



133. Gornov A.Yu., Zarodnyuk T.S. Computational Technology for Solving Nonconvex Optimal Control Problems for Power Systems // *Advances in Intelligent Systems Research. Proc. the V Intern. Workshop Critical Infrastructures: Contingency Management, Intelligent, Agent-Based, Cloud Computing and Cyber Security (IWCI 2018)*. 2018. Vol. 158. P. 68-72.
134. Gornov A.Yu., Zarodnyuk T.S., Efimova N.V. Air pollution and population morbidity forecasting with artificial neural networks // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018. Vol. 211, № 1. DOI: 10.1088/1755-1315/211/1/012053. URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/211/1/012053/pdf>.
135. Gruzdeva T.V., Enkhbat R., Tungalag N. Fractional programming approach to a cost minimization problem in electricity market // *Yugoslav Journal of Operations Research*. 2018. DOI: 10.2298/YJOR160517018B.
136. Gruzdeva T.V., Strekalovsky A.S. On solving the sum-of-ratios problem // *Applied Mathematics and Computation*. 2018. Vol. 318. P. 260-269. DOI: 10.1016/j.amc.2017.07.074.
137. Gruzdeva T.V., Ushakov A.V., Enkhbat R. A biobjective DC programming approach to optimization of rougher flotation process // *Computers & Chemical Engineering*. 2018. Vol. 108. P. 349-359.
138. Guminov S., Gasnikov A., Anikin A., Gornov A. A universal modification of the linear coupling method // *Optimization Methods and Software*. 2018. DOI: 10.1080/10556788.2018.1517158.
139. Zhevlakov A. et al. Relating CP-Violating Decays to the Neutron EDM // *Few-body Systems*. 2018. Vol. 59, № 4. DOI: 10.1007/s00601-018-1387-6.
140. Hmelnov A.E., Hmelnova T.F. Algorithm for improvement of digital terrain models represented by triangulations // *CEUR Workshop Proceedings. Proc. 1st Scientific-Practical Workshop on Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2018)*. 2018. Vol. 2221. P. 97-111. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2221/paper15.pdf>.
141. Ignatiev A., Morgado A., Marques-Silva J. Pysat: a python toolkit for prototyping with sat oracles // *Lecture Notes in Computer Science*. 2018. Vol. 10929 LNCS. P. 428-437. DOI: 10.1007/978-3-319-94144-8_26.
142. Ignatiev A., Pereira F., Marques-Silva J., Narodytska N. A sat-based approach to learn explainable decision sets // *Lecture Notes in Computer Science*. 2018. Vol. 10900 LNAI. P. 627-645. DOI: 10.1007/978-3-319-94205-6_41.
143. Irtegov V., Titorenko T. Qualitative Analysis of a Dynamical System with Irrational First Integrals // *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. 2018. Vol. 11077 LNCS. P. 254-271. DOI: 10.1007/978-3-319-99639-4_18.
144. Irtegov V., Titorenko T. On motions of a conservative system on invariant manifolds // *Cybernetics and Physics*. 2018. Vol. 7, № 3. P. 130-143.
145. Kanel-Belov A.Ya., Voronov V.A., Cherkashin D.D. On the Chromatic Number of an Infinitesimal Plane Layer // *St. Petersburg Mathematical Journal*. 2018. Vol. 29, № 5. P. 761-775. DOI: 1.1090/spmj0/1515.
146. Kazakov A., Suprunovskiy A. Influence of operating firing field technologies on operational performance parameters // *MATEC Web of Conferences. Proc. 10th Intern. Scientific and Technical Conf. «Polytransport Systems» (PTS 2018)*. 2018. Vol. 216. DOI: 10.1051/mateconf/201821602028.
147. Kazakov A.L., Kuznetsov P.A. On the Analytic Solutions of a Special Boundary Value Problem for a Nonlinear Heat Equation in Polar Coordinates // *J. of Applied and Industrial Mathematics*. 2018. Vol. 12, № 2. P. 255-263. DOI: 10.1134/S1990478918020060.
148. Kazakov A.L., Kuznetsov P.A., Spevak L.F. A Heat Wave Problem for a Degenerate Nonlinear Parabolic Equation with a Specified Source Function // *AIP Conference Proceedings*. 2018. DOI: 10.1063/1.5084385.



149. Kazakov A.L., Lempert A.A., Ta T. The sphere packing problem into bounded containers in three-dimension non-Euclidean space // IFAC-Papers OnLine. 2018. Vol. 51, № 32. P. 782-787. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.11.450.
150. Kazakov A.L., Orlov Sv.S., Orlov S.S. Construction and Study of Exact Solutions to a Nonlinear Heat Equation // Siberian Mathematical Journal. 2018. Vol. 59, № 3. P. 427-441. DOI: 10.1134/S0037446618030060.
151. Kazakov A.L., Spevak L.F., Nefedova O.A. On the Numerical-Analytical Approaches to Solving a Nonlinear Heat Conduction Equation with a Singularity // Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures. 2018. № 6.
152. Kochemazov S. Comparative Study of Combinatorial Algorithms for Solving the Influence Maximization Problem in Networks under a Deterministic Linear Threshold Model // Procedia Computer Science. 2018. Vol. 136. P. 190-199.
153. Kochemazov S., Zaikin O. Alias: a modular tool for finding backdoors for sat // Lecture Notes in Computer Science. 2018. Vol. 10929 LNCS. P. 419-427. DOI: 10.1007/978-3-319-94144-8_25.
154. Kosov A.A., Semenov E.I. On Exact Multidimensional Solutions of a Nonlinear System of Reaction-Diffusion Equations // Differential Equations. 2018. Vol. 54, № 1. P. 106-120. DOI: 10.1134/S0012266118010093.
155. Kosov A.A., Semenov E.I. First Integrals and Periodic Solutions of a System with Power Nonlinearities // J. of Applied and Industrial Mathematics. 2018. Vol. 12, № 1. P. 70-83. DOI: 10.1134/S1990478918010076.
156. Kosov A.A., Kozlov M.V. On the Existence and Construction of Common Lyapunov Functions for the Switched Discrete Systems // J. of Applied and Industrial Mathematics. 2018. № 4. P. 668-677.
157. Kosov A.A., Semenov E.I. On Analytic Periodic Solutions to Nonlinear Differential Equations with Delay // Russian Mathematics. 2018. Vol. 62, № 10. P. 30-36. DOI: 10.3103/S1066369X18100043.
158. Kozlov V.V. et al. Natural ring structures on the Baikal ice cover: analysis of experimental data and mathematical modeling // Russian Geology and Geophysics. 2018. Vol. 59, № 11. P. 1514-1525. DOI: 10.1016/j.rgg.2018.10.011.
159. Krejci P., Timoshin S.A., Tolstonogov A.A. Relaxation and optimization of a phase-field control system with hysteresis // Intern. J. of Control. 2018. Vol. 91, № 1. P. 85-100. DOI: 10.1080/00207179.2016.1268270.
160. Kuz'menko V.V., Gornov A.Yu., Anikin A.S. Estimation of Mathematical Models Accuracy for Calculation of LDL-Cholesterol Concentration // Advances in Intelligent Systems Research. Proc. the V Intern. Workshop Critical Infrastructures: Contingency Management, Intelligent, Agent-Based, Cloud Computing and Cyber Security (IWCI 2018). 2018. Vol. 158. P. 111-116.
161. Lebedev P.D., Kazakov A.L. Iterative methods for the construction of planar packings of circles of different size // Trudy Instituta Matematiki i Mekhaniki URO RAN. 2018. Vol. 24, № 2. P. 141-151. DOI: 10.21538/0134-4889-2018-24-2-141-151.
162. Lempert A., Kazakov A., Le Q. Mung On reserve and double covering problems for the sets with non-Euclidean metrics // Yugoslav Journal of Operations Research. 2018. DOI: 10.2298/YJOR171112010L.
163. Lempert A., Le Q. Multiple covering of a closed set on a plane with non-Euclidean metrics // IFAC-PapersOnLine. 2018. Vol. 51, № 32. P. 850-854. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.11.439.
164. Lempert A.A., Kazakov A.L., Zharkov M. A Stochastic Model of a Transport Hub and Multi-phase Queueing Systems // Proc. the V Intern. Workshop Critical Infrastructures: Contingency Management, Intelligent, Agent-Based, Cloud Computing and Cyber Security «Advances in Intelligent Systems Research» (IWCI 2018). 2018. Vol. 158. P. 117-123. DOI: iwci-18.2018.21.



165. *Levi K.G., Miroshnichenko A.I., Chechelitsky V.V., Ruzhnikov G.M.* Heliogeodynamics and seismicity in Pribaikalie // *Geodynamics and Tectonophysics*. 2018. Vol. 9, № 3. P. 927-946. DOI: 10.5800/GT-2018-9-3-0377. URL: <https://www.gt-crust.ru/jour/article/view/631/398>.
166. *Lima P.M., Bellour A., Bulatov M.V.* Numerical solution of integro-differential equations arising from singular boundary value problems // *Applied Mathematics and Computation*. 2018. Vol. 336. P. 1-15. DOI: 10.1016/j.amc.2018.04.052.
167. *Linh V.H., Truong N.D., Bulatov M.V.* Convergence analysis of linear multistep methods for a class of delay differential-algebraic equations // *Bulletin of the South Ural State University Series-Mathematical Modelling Programming & Computer Software*. 2018. Vol. 11, №4. pp. 78-93. DOI: 10.14529/mmp180406.
168. *Maltugueva G.S., Yurin A.Yu.* Case-based reasoning for the multi-method decision making // *CEUR Workshop Proceedings. Proc. 1st Scientific-Practical Workshop on Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2018)*. 2018. Vol. 2221. P. 32-36. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2221/paper6.pdf>.
169. *Markov Y.A., Markova M.A., Gitman D.M.* Unitary Quantization and Para-Fermi Statistics of Order 2 // *J. of Experimental and Theoretical Physics*. 2018. Vol. 127, № 3. P. 398-421. DOI: 10.1134/S1063776118090054.
170. *Masone A., Sforza A., Sterle C., Vasilyev I.* A graph clustering based decomposition approach for large scale p-median problems // *Intern. J. of Artificial Intelligence*. 2018. Vol. 16, № 1. P. 116-129.
171. *Masone A., Sterle C., Vasilyev I., Ushakov A.* A three-stage p-median based exact method for the optimal diversity management problem // *Networks*. 2018. DOI: 10.1002/net.21821.
172. *Massel L.V., Gornov A.Yu., Zarodnyuk T.S.* Internet-technology for Remote User Support OPTCON // *Advances in Intelligent Systems Research. Proc. the V Intern. Workshop Critical Infrastructures: Contingency Management, Intelligent, Agent-Based, Cloud Computing and Cyber Security (IWCI 2018)*. 2018. Vol. 158. P. 124-128.
173. *Nagul N., Davydov A.* On checking properties of decentralized controlled discrete-event systems // *AIP Conference Proceedings* 2046. 2018. P. 020022(1)-020022(10). DOI: 10.1063/1.5081542.
174. *Nikolaychuk O.A., Pavlov A.I., Stolbov A.B.* Models and software for agent-based model development based on model-driven approach // *CEUR Workshop Proceedings. Proc. 1st Scientific-Practical Workshop on Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2018)*. 2018. Vol. 2221. P. 13-19. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2221/paper3.pdf>.
175. *Orlov A.V.* The global search theory approach to the bilevel pricing problem in telecommunication networks // *Springer Proc. in Mathematics and Statistics*. 2018. Vol. 247. P. 57-73. DOI: 10.1007/978-3-319-96247-4_5.
176. *Paramonov V.V., Shigarov A.O., Ruzhnikov G.M.* Technology of data cleanse for their integration processes // *CEUR Workshop Proceedings. Proc. 1st Scientific-Practical Workshop on Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2018)*. 2018. Vol. 2221. P. 7-12. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2221/paper2.pdf>.
177. *Petrenko P.S.* Robust Controllability of Linear Differential-Algebraic Equations with Unstructured Uncertainty // *J. of Applied and Industrial Mathematics*. 2018. Vol. 12, № 3. P. 519-530. DOI: 10.1134/S1990478918030122.
178. *Pogodaev N.* Program strategies for a dynamic game in the space of measures // *Optimization Letters*. 2018. DOI: 10.1007/s11590-018-1318y.
179. *Pogodaev N.* Estimates of the domain of dependence for scalar conservation laws // *J. of Differential Equations*. 2018. Vol. 265, № 4. P. 1654-1677. DOI: 10.1016/j.jde.2018.04.015.
180. *Pogodaev N., Voronov V.* Minimum time function of a non-autonomous control system // *IFAC-PapersOnLine*. 2018. Vol. 51, № 32. P. 704-707. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.11.508.
181. *Popova A.K., Cherkashin E.A., Vladimirov I.N.* Modeling the contribution of natural and anthropogenic factors on the forests in Irkutsk region, Russia // *CEUR Workshop Proceedings*.



Proc. 1st Scientific-Practical Workshop on Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2018). 2018. Vol. 2221. P. 53-60.

182. Rusanov V.A., Daneev R.A., Lakeyev A.V., Linke Y.E. Differential realization of second-order bilinear system: a functional-geometric approach // *Advances in Differential Equations and Control Processes*. 2018. Vol. 19, № 3. P. 303-321. DOI: 10.17654/DE019030303.

183. Rusanov V.A., Daneev A.V., Lakeyev A.V., Sizykh V.N. Higher-order differential realization of polylinear-controlled dynamic processes in a Hilbert space // *Advances in Differential Equations and Control Processes*. 2018. Vol. 19, № 3. P. 263-274. DOI: 10.17654/DE019030263.

184. Samsonyuk O., Staritsyn M. Rough Paths Theory and Impulsive Control: A Promising Connection // *IFAC-PapersOnLine*. 2018. Vol. 51, № 32. P. 615-618. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.11.492.

185. Samsonyuk O.N., Timoshin S.A. BV solutions of rate independent processes driven by impulsive controls // *IFAC-Papers OnLine*. 2018. Vol. 51, № 32. P. 361-366. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.11.410.

186. Semenov A., Gorbatenko D., Kochemazov S. Computational study of activation dynamics on networks of arbitrary structure // *Springer Proc. in Mathematics and Statistics*. 2018. Vol. 247. P. 205-220. DOI: 10.1007/978-3-319-96247-4_15.

187. Sforza A., Sidorov D., Vasiliev I. Editorial for special issue on methods of optimization and their applications // *Intern. J. of Artificial Intelligence*. 2018. Vol. 16, № 1. P. 113-115.

188. Shcheglova A.A. Controllability of Differential-Algebraic Equations in the Class of Impulse Effects // *Siberian Mathematical Journal*. 2018. Vol. 59, № 1. P. 166-178. DOI: 10.1134/S0037446618010184.

189. Shcheglova A.A., Kononov A.D. Stability of Differential-Algebraic Equations under Uncertainty // *Differential Equations*. 2018. Vol. 54, № 7. P. 860-869. DOI: 10.1134/S0012266118070030.

190. Shigarov A., Altaev A., Mikhailov A., Paramonov V., Cherkashin E. TabbyPDF: Web-Based System for PDF Table Extraction // *Communications in Computer and Information Science*. 2018. Vol. 920. P. 257-269. DOI: 10.1007/978-3-319-99972-2_20.

191. Shigarov A.O., Khristyuk V.V., Paramonov V.V., Yurin A.Yu., Dorodnykh N.O. Toward framework for development of spreadsheet data extraction systems // *CEUR Workshop Proceedings. Proc. 1st Scientific-Practical Workshop on Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2018)*. 2018. Vol. 2221. P. 90-96. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2221/paper14.pdf>.

192. Sorokin S.P., Staritsyn M.V. Numeric algorithm for optimal impulsive control based on feedback maximum principle // *Optimization Letters*. 2018. DOI: 10.1007/s11590-018-1344-9.

193. Staritsyn M. On «discontinuous» continuity equation and impulsive ensemble control // *System & Control Letters*. 2018. Vol. 118. P. 77-83. DOI: 10.1016/j.sysconle.2018.06.001.

194. Staritsyn M., Pogodaev N. Impulsive Relaxation of Continuity Equations // *Communications in Computer and Information Science*. 2018. Vol. 974.

195. Staritsyn M., Pogodaev N. On a Class of Impulsive Control Problems for Continuity Equations // *IFAC-Papers OnLine*. 2018. Vol. 51, № 32. P. 468-473. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.11.429.

196. Strekalovsky A., Minarchenko I. A local search method for optimization problem with d.c. inequality constraints // *Applied Mathematical Modeling*. 2018. Vol. 58. P. 229-244. DOI: 10.1016/j.apm.2017.07.031.

197. Strekalovsky A.S. On Nonconvex Optimization Problems with DC Equality and Inequality Constraints // *IFAC PapersOnline*. 2018. Vol. 51, № 32. P. 895-900. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.11.431.

198. Strekalovsky A.S. Global optimality conditions and exact penalization // *Optimization Letters*. 2018. DOI: 10.1007/s11590-017-1214-x.



199. *Svinin A.K.* Conjectures Involving a Generalization of the Sums of Powers of Integers // *Experimental Mathematics*. 2018. Vol. 27, № 4. P. 437-443. DOI: 10586458.2017.1306815. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10586458.2017.1306815?needAccess=true>.
200. *Svinina S.V.* Stability of Spline Collocation Difference Scheme for a Quasi-Linear Differential Algebraic System of First-Order Partial Differential Equations // *Computational Mathematics and Mathematical Physics*. 2018. Vol. 58, № 11. P. 1775-1791. DOI: 10.1134/S0965542518110131.
201. *Timoshin S.A.* Bang-bang Control of a Thermostat with Nonconstant Cooling Power // *Esaim-Control Optimisation and Calculus of Variations*. 2018. Vol. 24, № 2. P. 709-719. DOI: 10.1051/cocv/2017064.
202. *Tolstonogov A.A.* Filippov-Wazewski Theorem for Subdifferential Inclusions with an Unbounded Perturbation // *SIAM Journal on Control and Optimization*. 2018. Vol. 56, № 4. P. 2878-2900. DOI: 10.1137/17M1159786.
203. *Tolstonogov A.A.* Space of continuous set-valued mappings with closed unbounded values // *Trudy Instituta Matematiki i Mekhaniki URO RAN*. 2018. Vol. 24, № 1. P. 200-208. DOI: 10.21538/0134-4889-2018-24-1-200-208.
204. *Ul'yanov S., Maksimkin N., Bedenko K.* Robust formation control of autonomous underwater vehicles with actuator saturations under discrete-time periodic communications // *AIP Conference Proceedings* 2046. 2018. P. 020104(1)-020104(10). DOI: 10.1063/1.508.
205. *Ushakov A.V., Klimentova X., Vasilyev I.* Bi-level and Bi-objective p-Median Type Problems for Integrative Clustering: Application to Analysis of Cancer Gene-Expression and Drug-Response Data // *IEEE-ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*. 2018. Vol. 15, № 1. P. 46-59. DOI: 10.1109/TCBB.2016.2622692.
206. *Vasilyev I., Ushakov A.V., Maltugueva N., Sforza A.* An effective heuristic for large-scale fault-tolerant k-median problem // *Soft Computing*. 2018. DOI: 10.1007/s00500-018-3562-6.
207. *Voronin V., Ruzhnikov G.* Forest fires in Baikal region, Eastern Siberia, Russia // *Intern. J. of Ecosystems and Ecology Science*. 2018. Vol. 8 (4). P. 795-798.
208. *Yurin A.Y., Dorodnykh N.O., Nikolaychuk O.A., Grishenko M.A.* Prototyping rule-based expert systems with the aid of model transformations // *J. of Computer Science*. 2018. Vol. 14, № 5. P. 680-698. DOI: 10.3844/jcssp.2018.680.698.
209. *Yurin A.Yu., Dorodnykh N.O., Nikolaychuk O.A., Grishenko M.A.* Designing rule-based expert systems with the aid of the model-driven development approach // *Expert Systems*. 2018. Vol. 35, № 5. DOI: 10.1111/exsy.12291.
210. *Zaikin O., Petrov P., Kurochkin I.* BOINC-based comparison of the geoacoustic inversion algorithms efficiency // *CEUR-WS. Proc. of the 8th Intern. Conf. on Distributed Computing and GRID technologies in Science and Education (GRID 2018)*. 2018.
211. *Zhevlakov A.S., Gorchtein M., Hiller Blin A.N., Lyubovitskij V.E.* Rare CP-violated η and η' meson decays and neutron EDM // *EPJ Web of Conferences. Proc. 20th Intern. Seminar on High Energy Physics (QUARKS 2018)*. 2018. Vol. 191. DOI: 10.1051/epjconf/201819102003.
212. *Zhuravskaya M., Lempert A., Anashkina N., Zharkov M.* Issues of Sustainable Urban Mobility Simulation // *Business Logistics in Modern Management*. 2018. P. 439-452.
213. *Zinovieva A.F., Nenashev A.V., Koshkarev A.A., Zarodnyuk T.S., Gornov A.Y., Dvurechenskii A.V.* Quantum Gates with Spin States in Continuous Microwave Field // *Russian Microelectronics*. 2018. Vol. 47, № 4. P. 268-278. DOI: 10.1134/S1063739718040091.

Статьи в сборниках трудов конференций

214. *Agafonov S.V., Daneev A.V., Okladnikova E.V., Rusanov V.A.* Performance Coating: a Statistical Technique for Calculation the Strength // *Proc. the 6th Intern. Symposium on the Innovation and Sustainability of Modern Railway (ISMR-2018)*. 2018. P. 471-477.



215. Anikin A.S., Gornov A.Yu., Sorokovikov P.S. Algorithms for Global Minimum Search of Atomicmoleculas Glusters of Extremely Large Dimensions // Материалы Междунар. конф., посвященной памяти акад. А.В. Кряжмского «Системный анализ: моделирование и управление» (Москва, 31.05-01.06.2018г.). 2018. С. 9-10. DOI: 10.4213/proc20577.
216. Bogdanova V.G., Gorsky S.A. Scalable parallel solver of boolean satisfiability problems // Proc. 41st Intern. Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO 2018). 2018. P. 222-227. DOI: 10.23919/MIPRO.2018.8400042.
217. Bonet M., Buss S., Ignatiev A., Marques-Silva J., Morgado A. MaxSAT Resolution with the Dual Rail Encoding // Proc. 32nd AAAI Conf. on Artificial Intelligence (AAAI'18). 2018. С. 6565-6572.
218. Bychkov I.V., Hmelnov A.E., Fereferov E.S., Rugnikov G.M., Gachenko A.S. Methods and tools for automation of development of information systems using specifications of database applications // Proc. of the 3rd Russian-Pacific Conf. on Computer Technology and Applications (RPC 2018). 2018. DOI: 10.1109/RPC.2018.8482170.
219. Bychkov I., Hmelnov A., Mikhailov A., Shigarov A. et al. Using binary file format description languages for documenting, parsing, and verifying raw data in TAIGA experiment // Proc. in Distributed Computing and Grid-technologies in Science and Education (GRID 2018). 2018. Vol. 2267. P. 563-567. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2267/563-567-paper-108.pdf>.
220. Bychkov I., Mikhailov A., Shigarov A. et al. Application of HUBzero platform for the educational process in astroparticle physics // Proc. in Distributed Computing and Grid-technologies in Science and Education (GRID 2018). 2018. Vol. 2267. P. 553-557. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2267/553-557-paper-106.pdf>.
221. Bychkov I.V., Mikhailov A.A., Shigarov A.O. et al. Particle identification in ground-based gamma-ray astronomy using convolutional neural networks // Proc. in Distributed Computing and Grid-technologies in Science and Education 2018 (GRID 2018). 2018. Vol. 2267. pp. 431-435. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2267/431-435-paper-82.pdf>.
222. Bychkov I.V., Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A. The Applied Problems Solving Technology Based on Distributed Computational Subject Domain Model: a Decentralized Approach // Материалы XII Междунар. конф. «Параллельные вычисл. технологии» (ПаВТ'2018, Ростов-на-Дону, 2–6 апреля 2018г.). 2018. С. 34-48.
223. Bychkov I.V., Rugnikov G.M., Fedorov R.K., Avramenko Y.V. Object identification on raster images by user query // Proc. of the 3rd Russian-Pacific Conf. on Computer Technology and Applications (RPC 2018). 2018. DOI: 10.1109/RPC.2018.8482120.
224. Bychkov I.V., Rugnikov G.M., Fedorov R.K., Shumilov A.S. Services and cloud infrastructure to support interdisciplinary scientific research // Proc. of the 3rd Russian-Pacific Conf. on Computer Technology and Applications (RPC 2018). 2018. DOI: 10.1109/RPC.2018.8482122.
225. Davydov A. Logic level of control for robot groups using the method of positively constructed formulas // Proc. 41st Intern. Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO 2018). 2018. P. 979-983. DOI: 10.23919/MIPRO.2018.8400179.
226. Davydov A., Larionov A., Nagul N. The formal logic approach for checking the observability of a specification language on des functioning // Proc. 41st Intern. Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO 2018). 2018. P. 938-943. DOI: 10.23919/MIPRO.2018.8400172.
227. Dorodnykh N.O., Yurin A.Y., Stolbov A.B. Ontology driven development of rule-based expert systems // Proc. of the 3rd Russian-Pacific Conf. on Computer Technology and Applications (RPC 2018). 2018. DOI: 10.1109/RPC.2018.8482174.
228. Dorodnykh N.O., Yurin A.Yu. A domain-specific language for transformation models // Proc. 1st Scientific-Practical Workshop on Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2018). 2018. Vol. 2221. P. 70-75.



229. *Edelev A., Sidorov I., Feoktistov A.* Distributed Computing Environment for Vulnerability Analysis of Energy Critical Infrastructures // Proc. and Programme of the Intern. Workshop on Critical Infrastructures: Contingency Management, Intelligen, Agent-Based, Cloud Computing and Cyber Security (CI: CM/IACC/CS 2018). P. 46.
230. *Feoktistov A., Kostromin R., Tchernykh A.* Agent behavior model for distributed computing management in the environment with virtualized resources // Proc. 41st Intern. Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO 2018). 2018. P. 984-989. DOI: 10.23919/MIPRO.2018.8400180.
231. *Feoktistov A., Gorsky S., Sidorov I., Kostromin R., Edelev A., Massel L.* Orlando Tools: Energy Research Application Development through Convergence of Grid and Cloud Computing // Тр. Междунар. конф. «Суперкомпьютерные дни в России». 2018. С. 378-389.
232. *Feoktistov A., Sidorov I., Kostromin R., Gorsky S., Bychkov I. et al.* Multi-Agent Approach for Dynamic Elasticity of Virtual Machines Provisioning in Heterogeneous Distributed Computing Environment // Proc. Intern. Conf. on High Performance Computing & Simulation (HPCS 2018). 2018. P. 909-916.
233. *Feoktistov A.G., Kostromin R.O., Sidorov I.A., Gorsky S.A.* Development of distributed subject-oriented applications for cloud computing through the integration of conceptual and modular programming // Proc. 41st Intern. Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO 2018). 2018. P. 234-239. DOI: 10.23919/MIPRO.2018.8400044.
234. *Goncharova E., Staritsyn M.* Dynamic Programming and Control Synthesis for Variational Problems with Polynomial Impulses // Proc. 17th IFAC Workshop on Control Applications of Optimization (CAO 2018, Yekaterinburg, October 15-19, 2018). 2018.
235. *Goncharova E., Staritsyn M.* On Connection between Two Conventional Types of Impulsive Control Systems in Respect of Sensitivity and Relaxation // Proc. of the European Control Conf. (Limassol, Cyprus, June 12-15 2018). 2018. P. 459-464.
236. *Gorbatenko D., Semenov A.* Modeling Attacks in Computer Networks Using Boolean Constraint Propagation // Proc. of Global Smart Industry Conf. (GloSIC) (IEEE Xplore). 2018. P. 1-6.
237. *Gornov A., Zarodnyuk T.* The method for global extremum search of objective functional based on Pontryagin maximum principle // Proc. Systems Analysis: Modeling and Control (Moscow, May 31–June 1, 2018). 2018. P. 33-35. DOI: 10.4213/proc20585.
238. *Gornov A.Yu., Zarodnyuk T.S.* The Method for Global Extremum Search of Objective Functional Based on Pontryagin Maximum Principle // Материалы Междунар. конф., посвященной памяти акад. А.В. Кряжмского «Системный анализ: моделирование и управление» (Москва, 31.05-01.06.2018г.). 2018. С. 33-35. DOI: 10.4213/proc20585.
239. *Gornov A.Yu., Zarodnyuk T.S., Anikin A.S.* The computational technique for nonlinear nonconvex optimal control problems based on modification gully method // Proc. IX Intern. Conf. on Optimization and Applications (OPTIMA 2018), DEStech transactions on Computer Science and Engineering. 2018. pp. 152–162. DOI: 10.12783/dtcse/optim2018/27929. URL: <http://dpi-proceedings.com/index.php/dtcse/article/view/27929/27338>.
240. *Gribanova I., Semenov A.* Using automatic generation of relaxation constraints to improve the preimage attack on 39-step MD4 // Proc. 41st Intern. Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO 2018). 2018. P. 1174-1179. DOI: 10.23919/ MIPRO.2018.8400213.
241. *Gruzdeva T.V., Orlov A.V.* On Solution of Bilevel Problems with a Matrix Game at the Lower Level // Тр. IX Московской междунар. конф. по исследованию операций (ORM2018, Москва, 22–27 октября 2018 г.). 2018. Т. 1. С. 70-75.
242. *Hmelnov A., Mikhailov A.* Generation of code for reading data from the declarative file format specifications written in language Flex // Proc. of the 2017 Ivannikov ISPRAS Open Conference. 2018.



243. Kazakov A., Lempert A., Ta Trung Thanh. The Sphere Packing Problem into Bounded Containers in Three-Dimension Non-Euclidean Space // Proc. 17th IFAC Workshop on Control Applications of Optimization (CAO 2018, Yekaterinburg, October 15-19, 2018). 2018.
244. Kazakov A.L., Lempert A.A., Zharkov M.L. On a stochastic multi-phase model of a transport hub // Proc. of Intern. Workshop «Critical Infrastructures: Contingency Management, Intelligent, Agent-based, Cloud Computing and Cyber Security». 2018. P. 52-55.
245. Kenzin M.Y., Bychkov I.V., Maksimkin N.N. An approach to route underwater mobile robots under continuous squad rotation // Proc. 41st Intern. Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO 2018). 2018. P. 973-978. DOI: 10.23919/MIPRO.2018.8400178.
246. Lempert A., Le Quang Mung. Multiple Covering of a Closed Set on a Plane with Non-Euclidean Metrics // Proc. 17th IFAC Workshop on Control Applications of Optimization (CAO 2018, Yekaterinburg, October 15-19, 2018). 2018.
247. Markov Yu.A., Markova M.A., Bondarenko A.I. Unitary quantization and para-Fermi statistics // Proc. Conf. «Quantum field theory and gravity». 2018. URL: https://qftg2018.tspu.edu.ru/?page_id=427.
248. Narodytska N., Ignatiev A., Pereira F., Marques-Silva A. Learning Optimal Decision Trees with SAT // Proc. 27th Intern. Joint Conf. on Artificial Intelligence (IJCAI'18). 2018. P. 1362–1368.
249. Nguyen Kh.D., Chystyakov V.F. About Solvability of Initial Boundary Value Problems for Quasi-Linear Partial Differential Algebraic Equations // Proc. NSIDE 2018 dedicated to the memory of A.S. Apartmentsyn (Hanoi, Vietnam, October 22-27, 2018). 2018. P. 22.
250. Nikolaychuk O.A., Pavlov A.I., Stolbov A.B. The software platform architecture for the component-oriented development of knowledge-based systems // Proc. 41st Intern. Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO 2018). 2018. P. 1064-1069. DOI: 10.23919/MIPRO.2018.8400194.
251. Nikolaychuk O.A., Pavlov A.I., Stolbov A.B. Web-Oriented Software System for Agent-Based Modeling Driven by Declarative Specification of Implementation Process // Proc. of the 3rd Russian-Pacific Conf. on Computer Technology and Applications (RPC). 2018. P. 1-5. DOI: 10.1109/RPC.2018.8482149.
252. Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A., Gorsky S.A. Distributed solvers of applied problems based on microservices and agent networks // Proc. 41st Intern. Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO 2018). 2018. P. 1415-1420. DOI: 10.23919/MIPRO.2018.8400255.
253. Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A., Gorsky S.A. Methods and tools of synthesis for linear regulator in binary dynamics systems: A logical approach // Proc. 12th Intern. Conf. on Mathematical Problems in Engineering, Aerospace and Science (ICNPAA 2018, 3-6 July, Yerevan, Armenia). 2018. Vol. 2046. P. 020070-1- 020070-9.
254. Previti A., Jarvisalo M., Marques-Silva J., Ignatiev A. On Computing Generalized Backbones // Proc. 29th IEEE Intern. Conf. on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI 29, Boston, MA, 06-08 ноября 2017 г.). 2018. P. 1050-1056. DOI: 10.1109/ICTAI.2017.00161.
255. Samsonyuk O., Dykhta V. Optimality Conditions with Feedback Controls for Optimal Impulsive Control Problems // Proc. 17th IFAC Workshop on Control Applications of Optimization (CAO 2018, Yekaterinburg, October 15-19, 2018). 2018.
256. Samsonyuk O., Timoshin S. BV Solutions of Rate Independent Processes Driven by Impulsive Controls // Proc. 17th IFAC Workshop on Control Applications of Optimization (CAO 2018, Yekaterinburg, October 15-19 2018). 2018.
257. Samsonyuk O.N., Timoshin S.A. Necessary optimality conditions for optimal impulsive control problems with hysteresis // Proc. of 14th Intern. Conf. Stability and Oscillations of Nonlinear Control Systems (Pyatnitskiys Conf., STAB 2018). 2018. P. 1-4. DOI: 10.1109/STAB.2018.8408395.



258. *Samsonyuk O.N., Tolkachev D.E.* Approximation results for impulsive control systems with hysteresis // Proc. of 14th Intern. Conf. Stability and Oscillations of Nonlinear Control Systems (Pyatnitskiys Conf., STAB 2018). 2018. P. 1-4. DOI: 10.1109/STAB.2018.8408396.
259. *Semenov A., Zaikin O., Otpuschennikov I., Kochemazov S., Ignatiev A.* On cryptographic attacks using backdoors for SAT // Proc. Thirty-Second AAAI Conf. on Artificial Intelligence (AAAI'2018). 2018. P. 6641-6648.
260. *Vatutin E., Belyshev A., Kochemazov S., Zaikin O., Nikitina N.* Enumeration of Isotopy Classes of Diagonal Latin Squares of Small Order Using Volunteer Computing // Тр. Междунар. конф. «Суперкомпьютерные дни в России» (Москва, 24-25 сентября 2018 г.). 2018. С. 933-942.
261. *Vatutin E., Titov V., Zaikin O., Kochemazov S., Manzhuk M., Nikitina N.* Orthogonality-based classification of diagonal Latin squares of order 10 // Proc. of the 8th Intern. Conf. on Distributed Computing and GRID (Dubna, September 10-14, 2018). 2018. С. 282-287.
262. *Yang S., Wei R., Shigarov A.* Semantic interoperability for electronic business through a novel cross-context semantic document exchange approach // Proc. 18th ACM Symposium on Document Engineering (DocEng 2018). 2018. DOI: 10.1145/3209280.3209523.
263. *Yanulevich M.V.* Optimality conditions for a nonconvex optimal control problem with linear system // Proc. Intern. Conf. «Optimal Control and Differential Games» dedicated to the 110th anniversary of L.S. Pontryagin (Москва, December 12-14, 2018). 2018. С. 292-295. DOI: 10.4213/proc23060.
264. *Yurin A.Y., Berman A.F., Nikolaychuk O.A., Dorodnykh N.O., Grishenko M.A.* The domain-specific editor for rule-based knowledge bases // Proc. 41st Intern. Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO 2018). 2018. P. 961-966. DOI: 10.23919/MIPRO.2018.8400176.
265. *Yurin, A.Y., Berman A.F., Dorodnykh N.O., Nikolaychuk O.A., Pavlov N.Y.* Fishbone diagrams for the development of knowledge bases // Proc. 41st Intern. Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO 2018). 2018. P. 967-972. DOI: 10.23919/MIPRO.2018.8400177.
266. *Zaikin O., Petrov P., Kurochkin I.* Application of BOINC-based Volunteer Computing for Comparison of the Geoacoustic Inversion Algorithms Efficiency // Proc. of the 8th Intern. Conf. on Distributed Computing and GRID technologies in Science and Education (GRID 2018). 2018. Vol. 2267. P. 298-301.
267. *Zarodnyuk T.S., Gornov A.Yu.* Computational technologies for solving nonconvex optimal control problems with free right-hand end // Proc. Intern. Conf. «Optimal Control and Differential Games» dedicated to the 110th anniversary of L.S. Pontryagin (Москва, December 12-14, 2018). 2018. P. 297-299. DOI: 10.4213/proc23062.
268. *Банщиков А.В., Ветров А.А., Данеев А.В., Русанов В.А., Сизых В.Н.* К прецизионной юстировке электромагнитного излучателя системы типа ГЛОНАСС // Материалы V Междунар. научно-практ. конф. «Актуальные вопросы исследований в авионике: теория, обслуживание, разработки» (АВИАТОР-2018). 2018.
269. *Батурин В.А., Малтузева Н.С., Столбов А.Б., Ефимова Н.В.* Математическое и информационное обеспечение моделирования здоровья населения города Улан-Батор // Материалы III Всерос. конф. с междунар. участием «Здоровье и качество жизни». 2018. С. 21-25.
270. *Берман А.Ф., Николайчук О.А., Малтузева Г.С., Юрин А.Ю.* Алгоритм согласования знаний экспертов при решении мультидисциплинарных задач // Тр. XVI Национальной конф. по искусств. интеллекту с междунар. участием (КИИ-2018, Москва, 24-27 сентября 2018г.). 2018. С. 149-157.
271. *Берман А.Ф., Николайчук О.А., Павлов А.И., Юрин А.Ю., Кузнецов К.А.* Информационная система для проведения экспертизы промышленной безопасности //



Материалы VI Всерос. конф. «Безопасность и мониторинг техногенных и природных систем» (Красноярск, 18-21 сентября 2018 г.). 2018. С. 23-27.

272. Букин Ю.С., Михайлов И.С., Черкашин Е.А. Алгоритм построения сетей взаимодействия видов в сообществах на основе результатов мониторинговых экологических исследований // Докл. VII Междунар. конф. «Математическая биология и биоинформатика» (Пущино, 14-19 октября 2018 г.). 2018. С. e93.1-e93.4. DOI: 10.17537/icmbb18.24.

273. Бычков И.В. Центр цифрового мониторинга озера Байкал (концептуальный проект создания) // Тр. VI Всерос. конф. «Безопасность и мониторинг техногенных и природных систем» (Красноярск, 18-21 сентября 2018 г.). 2018. С. 44-50.

274. Бычков И.В., Опарин Г.А., Богданова В.Г., Пашинин А.А. Технология разработки и применения мультиагентных решателей прикладных задач с децентрализованным управлением распределенными вычислениями // Материалы V Всерос. конф. «Суперкомпьютерные технологии» (Ростов-на-Дону, 17-22 сентября 2018 г.). 2018. Т. 2. С. 76-80.

275. Бычков И.В., Феоктистов А.Г., Сидоров И.А., Еделев А.В., Горский С.А., Костромин Р.О. Обучение агентов на основе параметрической настройки их алгоритмов управления распределенными вычислениями // Тр. IV Междунар. конф. и молодежной школы «Информ. технологии и нанотехнологии» (24-27 апреля 2018г., Самара). 2018. С. 2237-2247.

276. Ватутин Э.И., Кочемазов С.Е., Заикин О.С., Циттерров И.И. Оценка вероятности нахождения ортогональных диагональных латинских квадратов среди диагональных латинских квадратов общего вида // Сб. материалов XIV Междунар. научн.-техн. конф. «Распознавание-2018» (Курск, 25-28 сентября 2018 г.). 2018. С. 72-74.

277. Владимиров И.Н., Попова А.К., Черкашин Е.А. Информационная система подготовки управленческих решений по лесным ресурсам // Тр. Междунар. науч.-практ. конф. «Россия и Китай: вызовы глобализации, перспективы сотрудничества в сиб.-дальневост. пространстве» (Иркутск, 22-24 октября 2018 г.). 2018. С. 197-202.

278. Воронов В.А., Лакеев А.В., Русанов М.В., Русанов В.А., Данеев А.В. К оптимизации базиса конфигурационного пространства идентифицированной нелинейной модели динамики крупногабаритной космической конструкции // Материалы 11-й Междунар. конф. «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2018, Москва, 1-3 октября 2018 г.). 2018. С. 133-135.

279. Гаченко А.С., Хмельнов А.Е. Создание инвестиционных ресурсов на основе WEB-решений // Тр. Междунар. науч.-практ. конф. «Россия и Китай: вызовы глобализации, перспективы сотрудничества в сиб.-дальневост. пространстве» (Иркутск, 22-24 октября 2018г.). 2018. С. 202-205.

280. Гаченко А.С., Хмельнов А.Е., Федоров Р.К., Фереферов Е.С., Минаев В.В. Разработка ГИС-мониторинга антропогенного воздействия на прибрежную акваторию оз. Байкал // Материалы V Междунар. конф. «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли» (Красноярск, 11-14 сентября 2018 г.). 2018. С. 49-53.

281. Данеев А.В., Русанов В.А., Русанов М.В., Сизых В.Н. К прецизионной калибровке дифференциально-матричной модели резонансных колебаний вантового моста // Тр. IX Междунар. научно-практ. конф. «Транспортная инфраструктура Сибирского региона» (Иркутск, 10-13 апреля 2018г.). 2018. С. 402-408.

282. Дородных Н.О., Коршунов С.А. Система моделирования продуктов в нотации RVML // Тр. XVI Национальной конф. по искусств. интеллекту с междунар. участием (КИИ-2018, Москва, 24-27 сентября 2018г.). 2018. С. 27-35.

283. Дыхта В.А., Самсонок О.Н., Сорокин С.П. Позиционный принцип минимума для непрерывных, дискретных и импульсных задач оптимального управления // Материалы Междунар. конф., посвящ. 110-летию со дня рождения Л.С. Понтрягина (Москва, 12-14 декабря 2018 г.). 2018. С. 87. DOI: 10.4213/proc22973.



284. *Дьякович М.П., Финогенко И.А.* Методы анализа иерархий и вложенных линейных сверток в задаче построения интегральных показателей связанного со здоровьем качества жизни // Тр. IV Междунар. конф. «Информ. технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине» (5-8 декабря 2017 г., Томск). 2018. С. 22-25.
285. *Заикин О.С., Кочемазов С.Е.* Применение метода опорных векторов для ускорения решения трудных экземпляров задачи о булевой выполнимости // Сб. материалов XIV Междунар. научн.-техн. конф. «Распознавание-2018» (Курск, 25-28 сентября 2018 г.). 2018. С. 117-119.
286. *Кондратьев В.С.* Использование повторно порождаемых конфликтных ограничений в CDCL выводе для ускорения обращения некоторых криптографических хеш-функций // Материалы 56-й Междунар. студенческой конф. (Новосибирск, 22-27 апреля 2018г.). 2018. С. 108.
287. *Малков Ф.С., Харинский А.В.* Воссоздание малых недостающих фрагментов керамических сосудов с помощью методов виртуальной реконструкции и 3D-печати // Виртуальная археология: Материалы Междунар. форума (Санкт-Петербург, 28-30 мая 2018г.). 2018. С. 109-114.
288. *Малтугуева Г.С., Юрин А.Ю.* Применение прецедентного и многометодного подходов для подбора методов многокритериального выбора // Тр. XVI Национальной конф. по искусств. интеллекту с междунар. участием (КИИ-2018, Москва, 24-27 сентября 2018г.). 2018. С. 180-188.
289. *Малтугуева Г.С., Юрин А.Ю.* Поддержка принятия решений в интеллектуальной системе «Выбор+» // Материалы IV Всерос. Поспеловской конф. с междунар. участием «Гибридные и синергетические интеллект. системы» (Калининград, 14-19 мая 2018 г.). 2018. С. 266-274.
290. *Махутов Н.А., Берман А.Ф., Николайчук О.А.* Трансдисциплинарный подход к исследованию техногенной безопасности // Материалы 11-й Междунар. конф. «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'18, Москва, 1-3 октября 2018 г.). 2018. Т. 2. С. 251-253.
291. *Огородников Ю.И.* Метод параметрической идентификации моделей управляемых динамических систем на основе теории проблемы моментов // Актуальные вопросы исследований в авионике: теория, обслуживание, разработки: Материалы V Междунар. НПК «АВИАТОР». 2018. С. 257-261.
292. *Погодаев Н.И.* Об оценках области зависимости скалярного закона сохранения // Материалы XIV Междунар. конф. (конф. Пятницкого, Москва, 30 мая-1 июня 2018 г.). 2018. С. 337-339.
293. *Самсонюк О.Н., Тимошин С.А.* Необходимые условия оптимальности в задаче оптимального импульсного управления с гистерезисом // Материалы XIV Междунар. конф. (конф. Пятницкого, Москва, 30 мая-1 июня 2018 г.). 2018. С. 368-371.
294. *Самсонюк О.Н., Толкачев Д.Е.* Аппроксимация решений импульсной управляемой системы с гистерезисом // Материалы XIV Междунар. конф. (конф. Пятницкого, Москва, 30 мая-1 июня 2018 г.). 2018. С. 372-375.
295. *Свинин А.К.* О некоторых обобщениях сумм степеней натуральных чисел // Сб. материалов Междунар. конф. КРОМШ-2018. 2018. С. 149-151.
296. *Свинин А.К.* Об интегрируемых эволюционных дифференциально-разностных уравнениях, порождаемых уравнением Лакса // Материалы XIX Междунар. Саратовской зимней школы «Соврем. проблемы теории функций и их приложения». 2018. С. 279-282.
297. *Свинина С.В.* Об исследовании некоторых квазилинейных дифференциально-алгебраических систем уравнений в частных производных // Сб. материалов Междунар. конф. КРОМШ-2018 (Симферополь, 17-29 сентября 2018 г.). 2018. С. 29-31.
298. *Свинина С.В.* О построении и исследовании одного разностного операторного уравнения для квазилинейной дифференциально-алгебраической системы индекса $(k,0)$ на



основе сплайновой аппроксимации // Материалы XIX Междунар. Саратовской зимней школы «Современные проблемы теории функций и их приложения». 2018. С. 283-287.

299. Федоров Р.К. Технология создания информационных систем, ориентированных на поддержку научных междисциплинарных исследований // Тр. Междунар. науч.-практ. конф. «Россия и Китай: вызовы глобализации, перспективы сотрудничества в сиб.-дальневост. пространстве» (Иркутск, 22–24 октября 2018 г.). 2018. С. 224-228.

300. Феоктистов А.Г., Костромин Р.О., Сидоров И.А., Горский С.А. Мультиагентный алгоритм построения остаточной схемы решения задачи в гетерогенной распределенной вычислительной среде // Материалы V Всерос. науч.-техн. конф. «Суперкомпьютерные технологии» (Ростов-на-Дону, 17-22 сентября 2018 г.). 2018. Т. 2. С. 71-75.

301. Юрин А.Ю., Берман А.Ф., Николайчук О.А., Дородных Н.О. Создание баз знаний для поддержки принятия решения в задачах экспертизы промышленной безопасности // Тр. II Междунар. научно-практ. конф. «Программная инженерия: методы и технологии разработки информ.-вычисл. систем» (ПИИВС-2018). 2018. Т. 1. С. 1186-1193.

Тезисы докладов

302. Anikin A. Optimization algorithms parallelization techniques for hybrid computing systems // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 3-4.

303. Anikin A., Gornov A., Andrianov A. GPU-accelerated algorithms for Morse potential energy minimization // Proc. IX Intern. Conf. on Optimization Methods and Applications (OPTIMA-2018). 2018. P. 37.

304. Balandin A.L. Solving the some scattering problem by the use of maximum entropy principle // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 18-19.

305. Beklaryan A., Beklaryan L., Gornov A. Solutions of Traneling Wave Type for Korteweg-de Vries-Type System with Polynomial Potential // Proc. IX Intern. Conf. on Optimization Methods and Applications (OPTIMA-2018). 2018. P. 41.

306. Bulatov M., Solovarova L. On regularization properties of block difference schemes for differential-algebraic equations // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 25.

307. Bulatov M.V., Chistyakova E.V., M. Hadizadeh M. Some properties of multistep methods for solving integral algebraic equations // Proc. the Third Mongolia-Russia-Vietnam Workshop on Numerical Solution of Inte`gral and Differential Equations (Hanoi, Vietnam, October 22-27, 2018). 2018. P. 19.

308. Bulatov M.V., Do Tien Thanh. Numerical methods for solving degenerate integral differential equations // Proc. the Third Mongolia-Russia-Vietnam Workshop on Numerical Solution of Integral and Differential Equations (Hanoi, Vietnam, October 22-27, 2018). 2018. P. 46.

309. Bulatov M.V., Solovarova L.S. Collocation-variation difference schemes for differential algebraic equations // Proc. the Third Mongolia-Russia-Vietnam Workshop on Numerical Solution of Integral and Differential Equations (Hanoi, Vietnam, October 22-27, 2018). 2018. P. 42.

310. Bulatov M.V., Solovarova L.S. Numerical solution of differential algebraic equations written in integral form // Proc. of the Intern. Workshop on Analysis and Numerical Approximation of Singular Problems (IWANASP'18, Cagliari, Italy, September 4-6, 2018). 2018. P. 37.

311. Chistyakova E. Mathematical models based on differential algebraic equations perturbed by integral operators // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 37.

312. Chistyakova E.V., Chistyakov V.F. Some properties of the linear differential-algebraic equations perturbed by the Fredholm operators // Proc. of the Intern. Workshop on Analysis and



Numerical Approximation of Singular Problems (IWANASP'18, Cagliari, Italy, September 4-6, 2018). 2018. P. 23.

313. *Davydov D., Borovithcev E., Fedorov R., Konstantinova N., Melekhin A., Schalygin S.* Development perspectives of CRIS // Тез. докл. конф. «Информ. технологии в исследовании биоразнообразия» (BIT-2018). 2018. С. 50.

314. *Dykhta V.A., Samsonyuk O.N.* Feedback optimality conditions for impulsive processes // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 52-53.

315. *Feoktistov A., Kostromin R., Sidorov I., Gorsky S., Oparin G.* Multi-Agent Algorithm for Re-Allocating Grid-Resources and Improving Fault-Tolerance of Problem-Solving Processes // Proc. of XIII Intern. Symposium «Intelligent Systems». 2018. P. 37-38.

316. *Goncharova E., Staritsyn M.* On asymptotic behavior of dynamic complementarity systems with measures in the singular phase // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 55-56.

317. *Gornov A., Shamirzayev T.* Optimization technology for approximation of system of a partial differential equations system of the second order // Proc. IX Intern. Conf. on Optimization Methods and Applications (OPTIMA-2018). 2018. P. 70.

318. *Gruzdeva T.V., Ushakov A.V.* Optimization of copper flotation by a bioobjective DC programming // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 61.

319. *Maltugueva N., Pogodaev N., Sorokin S., Staritsyn M.* On impulsive control of dynamical systems with network structure modeling the spread of political influence // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 90-91.

320. *Masone A., Sterle C., Vasilyev I., Ushakov A.* A three-stage p-median based exact method for the optimal diversity management problem // Proc. 9th Intern. Conf. on Computational Logistics (ICCL 2018, Vietri sul Mare, Italy, October 1-3, 2018). 2018. P. 65-66.

321. *Masone A., Sterle C., Vasilyev I., Ushakov A.* A p-Median Based Exact Method for the Large-Scale Optimal Diversity Management Problem // Proc. 5th Intern. Symposium on Combinatorial Optimization (ISCO 2018, Marrakesh, Morocco, April 11-13, 2018). 2018. P. 52-53.

322. *Murashko V., Ebel A., Verkhovzina A., Khoreva M., Fedorov R.* Hordeum jubatum L. dataset of occurrences // Тез. докл. конф. «Информ. технологии в исследовании биоразнообразия» (BIT-2018). 2018. С. 74.

323. *Orlov Sv.* Special exact solutions of a nonlinear diffusion equation // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 99.

324. *Petrenko P.S.* Robust controllability of nonstationary differential–algebraic equations with unstructured uncertainties // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 107-108.

325. *Petrenko P.S.* Controllability of singular linear hybrid systems // Proc. Intern. School-Conf. «Sobolev Readings» (Novosibirsk, December 10-16, 2018). 2018.

326. *Pogodaev N., Staritsyn M.* A note on numeric analysis of impulsive control problems for continuity equations // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 112-113.

327. *Pogodaev N., Staritsyn M.* Impulsive continuity equations and quasi-solutions of ensemble control problems involving elastic collision // Proc. of the 14th Viennese Conf. «Optimal Control and Dynamic Games» (July 3-6, 2018, Vienna, Austria). 2018. P. 159.

328. *Pogodaev N., Voronov V.* Minimum Time Function of a Non-Autonomous Control System // Proc. 17th IFAC Workshop on Control Applications of Optimization (CAO 2018, Yekaterinburg, October 15-19, 2018). 2018. P. 35.



329. *Samsonyuk O.N.* The space-time representation for impulsive control problems with hysteresis // Proc. IX Intern. Conf. on Optimization Methods and Applications (OPTIMA-2018). 2018. P. 147.
330. *Samsonyuk O.N., Staritsyn M.V.* On impulsive control systems driven by rough paths // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 116-117.
331. *Samsonyuk O.N., Timoshin S.A.* Approximation results for a BV-sweeping process driven by impulsive controls // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 118-119.
332. *Shcheglova A.* Controllability in the class of impulse effects for differential–algebraic equations // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 120-121.
333. *Sidorov D.N., Nguyen L., Vasilyev I.L., Ushakov A.V.* Optic nerve head reconstruction using machine learning methods // Тез. VII Междунар. конф. «Проблемы оптимизации и их приложения» (ОПТА-2018, Омск, 8-14 июля 2018 г.). 2018. С. 99.
334. *Sorokin S., Staritsyn M.* A numeric algorithm for optimal impulsive control based on feedback minimum principle // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 126-127.
335. *Sorokovikov P.* Nonlocal algorithms for one-dimensional search based on the Holder condition // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 128–129.
336. *Sorokovikov P. S.* Software implementation of algorithms for global minimum search based on nonlocal methods for one-dimensional optimization // Abstracts of the IX Intern. Conf. on Optimization Methods and Applications (OPTIMA-2018). 2018. P. 157.
337. *Spevak L., Kazakov A., Kuznetsov P.* Numerical and analytical construction of heat waves for the nonlinear heat equation with a source // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 130-131.
338. *Staritsyn M.* Quasi-solutions of complementarity systems with measures and related mixed-constrained optimal impulsive control problems // Proc. of the 14th Viennese Conf. «Optimal Control and Dynamic Games» (Vienna, Austria, July 3-6, 2018). 2018. P. 160.
339. *Staritsyn M., Pogodaev N.* Impulsive Relaxation of Continuity Equations and Modeling of Colliding Ensembles // Book of abstracts IX Intern. Conf. on Optimization Methods and Applications (OPTIMA-2018). 2018. P. 159.
340. *Staritsyn M.V.* On impulsive relaxation of control continuity equations with unbounded vector fields // Материалы Междунар. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения акад. Е.А. Барбашина (Минск, 24-29 сентября 2018 г.). 2018. С. 43-44.
341. *Strekalovskiy A.* Global Optimality Conditions and Numerical Methods for Nonconvex Optimization Problems with D.C. Constraints // Proc. IX Intern. Conf. on Optimization Methods and Applications (OPTIMA-2018, Petrovac, Montenegro, October 2018). 2018. P. 161.
342. *Strekalovsky A.* Global Optimality Conditions for General D.C. Optimization Problems // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 134-135.
343. *Strekalovsky A.S.* Global optimality conditions and numerical methods // Материалы Междунар. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения акад. Е.А. Барбашина (Минск, 24-29 сентября 2018г.). 2018. С. 44-45.
344. *Svinin A.* On some generalizations of power-sums arising in the theory integrable hierarchies // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 136-137.
345. *Vasilyev I.L., Ushakov A.V., Gruzdeva T.V., Maltugueva N.S.* A Lagrangean heuristic for reliable p-median problem on network // Тез. VII Междунар. конф. «Проблемы оптимизации и их приложения» (ОПТА-2018, Омск, 8-14 июля 2018 г.). 2018. С. 23.



346. Yanulevich M., Strekalovsky A. On local search for nonconvex quadratic optimization problem with equality constraints // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 145-146.
347. Zaikin O., Kochemazov S. Pseudo-Boolean Black-Box Optimization Methods in the Context of Divide-and-Conquer Approach to Solving Hard SAT Instances // Proc. IX Intern. Conf. on Optimization Methods and Applications (OPTIMA-2018). 2018.
348. Zanaeva B., Sorokovikov P., Khandarov F. Towards a hybrid algorithm of swarm intelligence // Proc. of the 6th Intern. Conf. «Nonlinear Analysis and Extremal Problems». 2018. P. 152–153.
349. Zarodnyuk T., Gornov A., Zinovyeva A., Nenashev A. Numerical investigation of the optimal control problem describing the basic quantum logical operations // Proc. IX Intern. Conf. on Optimization Methods and Applications (OPTIMA-2018). 2018. P. 180.
350. Авраменко Ю.В. Анализ диатомовых водорослей с использованием логического метода поиска // Тез. докл. конф. «Информ. технологии в исследовании биоразнообразия» (BIT-2018). 2018. С. 25.
351. Авраменко Ю.В., Федоров Р.К. Технология подготовки данных для обучения нейронной сети // Тез. конф. «Ляпуновские чтения». 2018. С. 15.
352. Андрианов А.Н., Горнов А.Ю., Аникин А.С. Вычислительные технологии решения квазисепарабельных задач безусловной минимизации // Тез. докл. 12-й Междунар. конф. «Интеллектуализация обработки информации» (Москва, Россия - Гаэта, Италия, 8-12 октября 2018 г.). 2018. С. 42-43. DOI: 10.30826/IDP201816.
353. Арляпов С.В., Черкашин Е.А. Имитационное логическое моделирование группой лифтов // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. С. 12-13.
354. Баландин А.Л. Томография полей Бельтрами // Тез. 10-й Междунар. молодежной школы-конф. «Теория и числ. методы решения обратных и некорректных задач» (Новосибирск, 10-13 октября 2018 г.). 2018.
355. Банищиков А.В. О влиянии сил на устойчивость спутника с гравитационным стабилизатором // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 20-21.
356. Баркова М.В., Стрекаловский А.С. Численное тестирование алгоритма локального поиска с обновлением штрафного параметра // Материалы конф. «Ляпуновские чтения». 2018. С. 17.
357. Батуев Д.А., Бешенцев А.Н., Богданов В.Н., Федоров Р.К. Картографическая информационная система Байкальского региона // Тез. Междунар. географической конф. (Иркутск, Листвянка, 20-26 августа 2018 г.). 2018. С. 251.
358. Беденко К.В. Моделирование поля течений в рамках имитационного моделирующего комплекса для обработки алгоритмов интеллектуального управления групп АНПА // Тез. XIX Всерос. конф. молодых ученых по матем. моделированию и информ. технологиям (Кемерово, 29 октября-2 ноября 2018г.). 2018. С. 55-56.
359. Беденко К.В. Моделирование подводного рельефа и течений в составе имитационного моделирующего комплекса // Материалы конф. «Ляпуновские чтения». С. 18-19.
360. Бычков И.В. и др. Новый экологический атлас трансграничного региона // Тез. Междунар. географической конф. (Иркутск, Листвянка, 20-26 августа 2018 г.). 2018. С. 255.
361. Бычков И.В., Давыдов А.В., Кензин М.Ю., Максимкин Н.Н., Нагул Н.В., Ульянов С.А. Разработка методов синтеза универсальной интеллектуальной информационно-управляющей системы для решения задач группового управления роботами // Материалы Междунар. научно-практ. конф. «Прогресс транспортных средств и систем» (Волгоград, 9-11 октября 2018 г.). 2018. С. 17.



362. Бычков И.В., Орлова И.И. Формирование результативных инструментов сотрудничества для проектов развития в бассейне озера Байкал // Тез. Междунар. географической конф. «Экономический коридор: «Китай–Монголия–Россия»: географические и экологические факторы и возможности территориального развития», Иркутск, 20-26 августа 2018 г.. 2018. С. 152-153.
363. Бычков И.В., Ружников Г.М., Парамонов В.В., Шумилов А.С., Федоров Р.К., Дэмбэрэл С. Инфраструктурный подход и сервисы обработки геопространственных данных в задачах управления территориальным развитием // Тез. Междунар. географической конф. (Иркутск, Листвянка, 20-26 августа 2018 г.). 2018. С. 261.
364. Гаченко А.С., Хмельнов А.Е., Федоров Р.К., Фереферов Е.С. Геоинформационная система оценки экологических и антропогенных воздействий на водные объекты Иркутской области // Тез. Междунар. географической конф. (Иркутск, Листвянка, 20-26 августа 2018 г.). 2018. С. 265.
365. Гаченко А.С., Хмельнов А.Е., Хмельнова Т.Ф., Ружников Г.М. Использование алгоритмов обработки триангуляций при построении совмещенных моделей подводного и надводного рельефа ложа Братского водохранилища // Тез. Междунар. географической конф. (Иркутск, Листвянка, 20-26 августа 2018 г.). 2018. С. 267.
366. Горнов А.Ю. Алгоритмы облачной аппроксимации невыпуклых множеств в конечномерном пространстве // Тез. докл. 12-й Междунар. конф. «Интеллектуализация обработки информации» (Москва, Россия - Гаэта, Италия, 8-12 октября 2018 г.). 2018. С. 52-53. DOI: 10.30826/IDP201821.
367. Горнов А.Ю. Алгоритм ньютоновского типа с линейной памятью для минимизации квазисепарабельных функций // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 59-60.
368. Горнов А.Ю., Финкельштейн Е.А. Один подход к аппроксимации множества достижимости нелинейной управляемой системы с двумерным полиэдральным множеством допустимых управлений // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 57-58.
369. Горский С.А., Богданова В.Г. Разработка сервиса для проверки выполнимости динамических свойств типа достижимости в булевых сетях // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 3-5 декабря 2018 г.). 2018. С. 28.
370. Грищенко М.А., Дородных Н.О. Модуль синтеза CRUD-интерфейса для продукционных баз знаний // Тез. конф. «Ляпуновские чтения». 2018. С. 35.
371. Груздева Т.В. Поиск глобальных решений в прикладных задачах промышленности и электроэнергетики Монголии // Материалы конф. «Ляпуновские чтения». 2018. С. 31.
372. Груздева Т.В., Баркова М.В. Численное решение задач дробной оптимизации // Тез. VII Междунар. конф. «Проблемы оптимизации и их приложения» (ОРТА-2018, Омск, 8-14 июля 2018 г.). 2018. С. 114.
373. Дородных Н.О. Метод и программное средство разработки баз знаний на основе трансформации концептуальных моделей // Тез. конф. «Ляпуновские чтения». 2018. С. 34.
374. Дородных Н.О., Коршунов С.А., Юрин А.Ю. Моделирование продукции в нотации RVML // Тез. XIX Всерос. конф. молодых ученых по матем. моделированию и информ. технологиям (Кемерово, 29 октября-2 ноября 2018 г.). 2018. С. 60.
375. Дыхта В.А. Позиционный принцип минимума в задачах оптимального управления // Материалы Междунар. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения акад. Е.А. Барбашина (Минск, 24-29 сентября 2018 г.). 2018. С. 103.
376. Жарков М.Л. О подходе к моделированию работы микрологистических транспортных систем на основе теории массового обслуживания // Тез. XIX Всерос. конф. молодых ученых по матем. моделированию и информ. технологиям (Кемерово, 29 октября-2 ноября 2018 г.). 2018. С. 63.



377. Зароднюк Т.С. Алгоритм поиска глобального минимума на основе технологий обучения с подкреплением // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 154-155.
378. Зароднюк Т.С., Горнов А.Ю. Поиск глобального минимума функционала на основе технологий обучения с подкреплением // Тез. докл. 12-й Междунар. конф. «Интеллектуализация обработки информации» (Москва - Гаэта, Италия, 8-12 октября 2018 г.). 2018. С. 74-75. DOI: 10.30826/IDP201832.
379. Зароднюк Т.С., Сорокиных П.С. Использование технологий обучения с подкреплением для построения модификаций алгоритмов глобальной оптимизации // Тез. XIX Всерос. конф. молодых ученых по матем. моделированию и информ. технологиям (Кемерово, 29 октября-2 ноября 2018 г.). 2018. С. 22.
380. Иртегов В.Д., Титоренко Т.Н. О задаче Гесса-Аппельрота // Материалы конф. «Ляпуновские чтения». 2018. С. 42-43.
381. Казаков А.Л. Некоторые точные решения со свободной границей нелинейного уравнения теплопроводности с источником // Материалы конф. «Ляпуновские чтения». 2018. С. 44-45.
382. Казаков А.Л., Кузнецов П.А., Лемперт А.А. Об аналитической разрешимости одной краевой задачи нелинейной фильтрации // Тез. докл. IX Всерос. конф. с междунар. участием, посвящ. памяти акад. А.Ф. Сидорова (Екатеринбург, 3-8 сентября 2018 г.). 2018. С. 34-35.
383. Казаков А.Л., Кузнецов П.А., Сневак Л.Ф. Задача о тепловой волне для вырождающегося нелинейного параболического уравнения с заданной функцией источника // Материалы XII Междунар. конф. «Механика, ресурс и диагностика материалов и конструкций» (Екатеринбург, 21-25 мая 2018 г.). 2018. С. 373.
384. Казаков А.Л., Петров М.Б. Экономико-математические модели для поддержки обоснования вариантов развития гиперграфа транспортной сети Сибири и Урала в зоне экономического коридора // Тез. Междунар. географической конф. (Иркутск, Листвянка, 20-26 августа 2018 г.). 2018. С. 166.
385. Кимлюк Е.А., Черкашин А.К., Черкашин Е.А. Java-библиотека для статистического анализа пространственно-временных рядов данных // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 78-79.
386. Кононов А.Д. Устойчивость интервального семейства дифференциально-алгебраических уравнений // Материалы конф. «Ляпуновские чтения». 2018. С. 48.
387. Кононов А.Д. О робастной устойчивости дифференциально-алгебраических уравнений // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 80-81.
388. Косов А.А., Семенов Э.И. Функция Ламберта и точные решения нелинейных параболических уравнений // Тез. докл. Пятой Междунар. конф. «Функцион. пространства. Дифференц. операторы. Проблемы матем. образования». 2018. С. 198-199.
389. Косов А.А., Семенов Э.И. Функция Ламберта и точные решения нелинейных параболических уравнений // Материалы конф. «Ляпуновские чтения». 2018. С. 49-50.
390. Костылев Д.А. Разработка серверной части для имитационного моделирующего комплекса на базе LEGO EV3 // Материалы конф. «Ляпуновские чтения». 2018. С. 51.
391. Костылев Д.А. Алгоритм корректировки местоположения автономного подводного аппарата по гидролокационным снимкам поверхности дна // Тез. XIX Всерос. конф. молодых ученых по матем. моделированию и информ. технологиям (Кемерово, 29 октября-2 ноября 2018 г.). 2018. С. 65-66.
392. Кузнецов П.А. О трехмерной краевой задаче для нелинейного уравнения теплопроводности с данными на замкнутой нестационарной поверхности // Материалы конф. «Ляпуновские чтения». 2018. С. 53.



393. Малков Ф.С., Шигаров А.О., Черкашин Е.А. Отслеживание происхождения данных в исследовании микробиома Байкала // Тез. конф. «Информ. технологии в исследовании биоразнообразия» (BIT-2018). 2018. С. 48.
394. Малтугужева Г.С., Юрин А.Ю. О подборе методов решения задач выбора на основе их структурированных описаний // Материалы конф. «Ляпуновские чтения». 2018. С. 59.
395. Марков Ю.А., Маркова М.А. Волновые уравнения высшего порядка для частиц со спином 1 и 3/2 и их связь с унитарным квантованием // Материалы конф. «Ляпуновские чтения». 2018. С. 61-62.
396. Орлов Св.С. О специальных точных решениях уравнения нелинейной диффузии // Тез. Междунар. школы-конф. «Соболевские чтения», посвящ. 110-летию со дня рождения С.Л. Соболева (10-16 декабря 2018 г., Новосибирск). 2018.
397. Орлов Св.С. О редукциях одного класса квазилинейных вырождающихся параболических уравнений // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (3-5 декабря 2018 г., Иркутск). 2018. С. 64.
398. Орлов Св.С., Орлов С.С. Об одном классе решений уравнения нелинейной диффузии // Тез. Междунар. конф. «Комплексный анализ, матем. физика и нелинейные уравнения» (12-16 марта 2018 г., Башкортостан). 2018. С. 61-62.
399. Павлов А.И., Столбов А.Б., Дорофеев А.С. О принципах реализации программных интерфейсов для компонентов системы агентного моделирования // Материалы конф. «Ляпуновские чтения». 2018. С. 65.
400. Паккерт Д.А., Черкашин Е.А. Среда имитационного моделирования маршрутизации в беспроводных сетях // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 100-101.
401. Пащинин А.А., Богданова В.Г. Разработка архитектуры специализированной системы автоматизации создания программных сервисов для качественного анализа двоичных динамических систем // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 3-5 декабря 2018 г.). 2018. С. 67.
402. Петренко П.С. К вопросу об управляемости вырожденной линейной гибридной системой // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 3-5 декабря 2018 г.). 2018. С. 70.
403. Петров М.Б., Казаков А.Л. Прогнозирование взаимного влияния формирования грузопотоков на полигоне железной дороги и развития транспортной сети в евроазиатских экономических коридорах // Тез. Междунар. географической конф. (Иркутск, Листвянка, 20-26 августа 2018 г.). 2018. С. 178.
404. Погодаев Н.И., Старицын М.В. Об одной вырожденной задаче управления уравнением неразрывности // Материалы конф. «Ляпуновские чтения». 2018. С. 71.
405. Попова А.К., Владимиров И.Н., Черкашин Е.А. Лесные ресурсы Прибайкалья: динамика растительности при антропогенном использовании // Тез. докл. конф. «Информ. технологии в исследовании биоразнообразия» (BIT-2018). 2018. С. 61.
406. Свирина С.В. Об исследовании одной полулинейной дифференциально-алгебраической системы уравнений в частных производных // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 138-139.
407. Сорокин С.П., Старицын М.В. Метод позиционных вариаций управления в импульсных задачах динамической оптимизации // Материалы Междунар. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения акад. Е.А. Барбашина (Минск, 24-29 сентября 2018 г.). 2018. С. 201-203.
408. Сорокин С.П., Старицын М.В. Алгоритм позиционных вариаций управления для задач динамической оптимизации в классе разрывных траекторий // Материалы конф. «Ляпуновские чтения». 2018. С. 75.



409. *Сороковиков П.С.* Нелокальные алгоритмы одномерного поиска, основанные на условии Гельдера // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 128-129.
410. *Столбов А.Б., Лемперт А.А., Курганская О.В.* О принципах создания концептуальной модели инфраструктурной логистики // Материалы конф. «Ляпуновские чтения». 2018. С. 80.
411. *Стрекаловский А.С.* Условия глобальной оптимальности и комбинаторные задачи оптимизации // Тез. VII Междунар. конф. «Проблемы оптимизации и их приложения» (ОРТА-2018, Омск, 8-14 июля 2018 г.). 2018. С. 107.
412. *Толстухин А.А.* Разработка системы идентификации роботов для имитационного моделирующего комплекса на базе LEGO EV3 // Материалы конф. «Ляпуновские чтения». 2018. С. 83-84.
413. *Толстухин А.А.* Модификация алгоритма серых волков для управления группой подводных аппаратов при решении задачи обследования физического поля // Тез. XIX Всерос. конф. молодых ученых по матем. моделированию и информ. технологиям (Кемерово, 29 октября-2 ноября 2018 г.). 2018. С. 78-79.
414. *Ушаков А.В.* Параллельный алгоритм решения задачи о k-медоиде в приложении к кластеризации больших коллекций изображений // Материалы конф. «Ляпуновские чтения». 2018. С. 85.
415. *Ушаков А.В.* Гибридный распределенный алгоритм кластеризации больших данных на основе поиска k-медоидов // Тез. VII Междунар. конф. «Проблемы оптимизации и их приложения» (ОРТА-2018, Омск, 8-14 июля 2018 г.). 2018. С. 63.
416. *Феоктистов А.Г., Костромин Р.О.* Алгоритм выбора лидера виртуального сообщества агентов // Материалы конф. «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 3-5 декабря 2018 г.). 2018. С. 88-90.
417. *Фереферов Е.С., Гаченко А.С., Федоров Р.К., Хмельнов А.Е.* ГИС экологического мониторинга озерных систем // Тез. XIX Всерос. конф. молодых ученых по матем. моделированию и информ. технологиям (Кемерово, 29 октября-2 ноября 2018 г.). 2018. С. 8-9.
418. *Фереферов Е.С., Шигаров А.О., Гаченко А.С.* Управление жизненным циклом данных 3D-оцифровки и моделирования объектов культурного и исторического наследия // Тез. XIX Всерос. конф. молодых ученых по матем. моделированию и информ. технологиям (Кемерово, 29 октября-2 ноября 2018 г.). 2018. С. 79-80.
419. *Финогенко И.А.* Импульсно-скользящие режимы дифференциальных уравнений с разрывными правыми частями // Материалы Междунар. школы-конф. «Соболевские чтения». 2018.
420. *Финогенко И.А.* Развитие метода предельных уравнений для исследования асимптотического поведения неавтономных систем // Материалы конф. «Ляпуновские чтения». 2018. С. 94.
421. *Финогенко И.А.* Метод предельных дифференциальных уравнений для исследования устойчивости неавтономных разрывных систем // Материалы Междунар. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения акад. Е.А. Барбашина (Минск, 24-29 сентября 2018 г.). 2018. С. 214-215.
422. *Федоров Р.К., Ружников Г.М., Шумилов А.С.* Геопортал ИДСТУ СО РАН // Тез. докл. конф. «Информ. технологии в исследовании биоразнообразия» (BIT-2018). 2018. С. 68.
423. *Хмельнов А.Е., Фереферов Е.С., Минаев В.В., Гаченко А.С.* Разработка ГИС мониторинга антропогенного воздействия на акваторию озера Байкал // Тез. докл. конф. «Информ. технологии в исследовании биоразнообразия» (BIT-2018). 2018. С. 123.
424. *Чайкин С.В.* Структура множества относительных равновесий стационарного орбитального несимметричного гиростата // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 30.



425. Черкашин Е.А., Шигаров А.О., Малков Ф.С., Галачъянс Ю.П., Морозов Ю.П., Михайлов И.С., Горский С.А. Моделирование процессов анализа ампликонов // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 33-34.

426. Чистяков В.Ф. Об индексе линейных дифференц.-алгебр. уравнений в частных производных общего вида // Proc. of the 6th Intern. Conf. on Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2018, Irkutsk, June 25-30, 2018). 2018. P. 35-36.

Электронные публикации

427. Gruzdeva T.V. On Solving the General Fractional Problem via D.C. Optimization // Proc. of 23rd Intern. Symposium on Mathematical Programming (ISMP2018, Bordeaux, France, July 1-6, 2018). 2018. P. 383-384.

428. Orlov A.V. Nonconvex Optimization Approach to Equilibrium and Bilevel Problems // Proc. of 23rd Intern. Symposium on Mathematical Programming (ISMP2018, Bordeaux, France, July 1-6, 2018). 2018. P. 383.

429. Orlov A.V. Finding Optimistic Solutions in Quadratic Bilevel Optimization Problems // Proc. 2nd Intern. Workshop on Bilevel Programming (Lille, France, June 18-22, 2018). 2018. P. 97-99.

430. Jingyi Chao, Mei Huang, Radzhabov A. Charged pion condensation under parallel electromagnetic fields. 2018. URL: // arXiv:1805.00614.

431. Lakeyev A.V., Sharaya I.A. A note on EA-solution sets for interval systems of linear equation // DOI: 10.13140/RG.2.2.16863.30883. URL: <https://www.researchgate.net/publication/327752310>.

432. Lakeyev A.V., Sharaya I.A. Quantifier-free description of the solutions set of the generalized interval-quantifier system of linear equations // URL: <https://arxiv.org/abs/1809.01184>.

433. Лакеев А. В., Шарая И.А. Бескванторное описание множества решений обобщенной интервально-кванторной системы линейных уравнений // www.researchgate.net/publication/327417596-LakeyevSaraya-2018. 2018. DOI: 10.13140/RG.2.2.29513.39527/1. URL: <https://www.researchgate.net/publication/327417596-LakeyevSaraya-2018>.



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 (Web of Science, Scopus, MathSciNet, Российский индекс научного цитирования, Google Scholar, European Reference Index for the Humanities и др.)	
	План	Факт
I.1.4.1. Эволюционные уравнения и управляемые системы: теория, численный анализ и приложения (руководитель – чл.-к. А.А. Толстоногов)	34	42
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)	14	24
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)	17	16
IV.38.1.1. Технологии разработки проблемно-ориентированных самоорганизующихся мультиагентных систем группового управления: методы, инструментальные средства, приложения (руководитель – ак. И.В. Бычков)	24	24
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)	26	26
IV.38.1.3. Разработка методов непрерывной и дискретной оптимизации и их реализация на высокопроизводительных вычислительных системах	22	23



**Отчет Института динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН за 2018 г.**

для поддержки междисциплинарных научных исследований (<i>руководитель – д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский</i>)		
Методы, алгоритмы и инструментальные средства децентрализованного группового решения задач в вычислительных и управляющих системах (<i>руководитель – ак. И.В. Бычков. Программа ПРАН № I.30</i>)	1	3
Методы и средства решения трудных переборных задач с помощью суперкомпьютеров (<i>руководитель ак. И.В. Бычков Программа ПРАН № I.27</i>)	1	6
Разработка и экспериментальное исследование эффективности методов оценки антропогенного воздействия на окружающую среду (<i>отв. д.т.н. Г.М. Ружников. КП СО РАН № II.1 «Междисциплинарные интеграционные исследования»</i>)	1	1
Создание специализированного программного инструментария, способного производить анализ многомерных экономических моделей динамического типа с невыпуклыми критериями качества (<i>отв. д.т.н. А.Ю. Горнов. КП СО РАН № II.1 «Междисциплинарные интеграционные исследования»</i>)	1	1
Разработка алгоритмов и решение задач управления спиновыми токами в структурах с квантовыми точками (<i>отв. д.т.н. А.Ю. Горнов. КП СО РАН № II.1 «Междисциплинарные интеграционные исследования»</i>)	1	1
Разработка алгоритмов и методик параметрической идентификации динамических моделей формирования батолитов и базит-ультрабазитовых комплексов (<i>отв. д.т.н. А.Ю. Горнов. КП СО РАН № II.1 «Междисциплинарные интеграционные исследования»</i>)	1	1
ИТОГО	143	168



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

№ п/п	Наименование показателя (индикатора)	Ед. изм.	2015 год	2016 год	2017 год	2018 год	
			Факт	Факт	Факт	План	Факт
1.	Среднесписочная численность работников всего	чел.	129	130	128	129	128
2.	Численность работников, выполняющих научные исследования и разработки всего, из них:	чел.	144	147	161	144	154
2.1.	Численность исследователей, всего	чел.	78	79	84	80	84
3.	Средняя заработная плата научных сотрудников	тыс. руб.	51,3	65,3	67,7	75,5	73,4
4.	Отношение средней заработной платы научных сотрудников к средней заработной плате в соответствующем регионе	%	157,00	187,00	202,78	200	201
5.	Удельный вес исследователей в возрасте до 39 лет в общей численности исследователей учреждения	%	43,60	41,77	45,23	45,5	42,9
6.	Доля исследователей, осуществляющих преподавательскую деятельность в общей численности исследователей	%	47,00	47,00	47	47	46
7.	Объем внутренних затрат учреждения на научные исследования и разработки в общем объеме расходов учреждения всего	тыс. руб.	142 454,2	134 734,9	173 412,5	143 824,6	148 325,63
8.	Удельный вес средств, полученных учреждением из внебюджетных источников	%	25	23,10	24,83	20,3	18,9
9.	Стоимость машин и оборудования в возрасте до 5 лет	тыс. руб.	90 987,2	86 275,1	22811,636	22 000	26 687
10.	Число публикаций в рецензируемых российских и международных периодических изданиях.	ед.	141	147	194	138	188
11.	Число научных публикаций в журналах, индексируемых в базе данных Scopus.	ед.	41	40	114	39	135
12.	Число научных публикаций в журналах, индексируемых в базе данных «Сеть науки» (Web of Science) за год	ед.	39	43	76	38	72
13.	Количество зарегистрированных объектов интеллектуальной собственности всего	ед.	81	89	103	121	114