

**Российская академия наук  
Сибирское отделение**

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки**

**Институт систем информатики  
имени А.П. Ершова СО РАН**

**Отчет о деятельности  
в 2016 году**

**Новосибирск  
2016**

**Институт систем информатики имени А.П.Ершова СО РАН**

**630090, г. Новосибирск, пр. Лаврентьева, 6**

**e-mail:** [iis@iis.nsk.su](mailto:iis@iis.nsk.su)

**http:** [www.iis.nsk.su](http://www.iis.nsk.su)

**тел:** (383) 330-86-52

**факс:** (383) 332-34-94

**Директор**

**д.ф.-м.н.**

**Марчук Александр Гурьевич**

**e-mail:** [mag@iis.nsk.su](mailto:mag@iis.nsk.su)

**http:** [www.iis.nsk.su](http://www.iis.nsk.su)

**тел:** (383) 330-86-52

**Заместитель директора по научной работе**

**к.ф.-м.н.**

**Мурзин Федор Александрович**

**e-mail:** [murzin@iis.nsk.su](mailto:murzin@iis.nsk.su)

**http:** [www.iis.nsk.su](http://www.iis.nsk.su)

**тел:** (383) 330-70-68

**Заместитель директора по экономическим вопросам**

**Филиппов Владимир Эдуардович**

**e-mail:** [fil@iis.nsk.su](mailto:fil@iis.nsk.su)

**http:** [www.iis.nsk.su](http://www.iis.nsk.su)

**тел:** (383) 332-96-58

**Ученый секретарь**

**к.ф.-м.н.**

**Промский Алексей Владимирович**

**e-mail:** [promsky@iis.nsk.su](mailto:promsky@iis.nsk.su)

**http:** [www.iis.nsk.su](http://www.iis.nsk.su)

**тел:** (383) 330-70-68

## Введение

Институт систем информатики имени А.П.Ершова Сибирского отделения РАН (ИСИ СО РАН) создан в апреле 1990 г. Постановлением Президиума Сибирского отделения РАН № 268 от 20.08.1997 г. определены основные научные направления института – теоретические и методологические основы создания систем информатики, в том числе:

- теоретические основания информатики;
- методы и инструменты построения программ повышенной надежности и эффективности;
- методы и системы искусственного интеллекта;
- системное и прикладное программное обеспечение перспективных вычислительных машин, систем, сетей и комплексов.

Среднесписочная численность сотрудников института в 2016 г. составила 123 человека, из них 68 научных сотрудников, в том числе 5 докторов наук и 34 кандидата наук.

В 2016 г. в институте проводились исследования в области теоретических и методологических основ информатики, включая все перечисленные выше направления. Все задания 2016 г. выполнены.

Сотрудниками института в 2016 г. опубликовано: 1 монография, 40 статей в рецензируемых отечественных журналах, 28 статей — в зарубежных рейтинговых журналах, 52 доклада в трудах международных конференций, получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы.

В 2016 г. для участия в работе международных конференций, чтения лекций и проведения совместных научных исследований за рубеж выезжали 10 сотрудников института.

## Структура Института.

### Краткая характеристика подразделений

На 01.12.2016 г. в структуре Института имелось 8 лабораторий и 1 научно-исследовательская группа.

<b>Лаборатория теоретического программирования</b>	<b>Лаборатория автоматизации проектирования и архитектуры СБИС</b>	<b>Лаборатория искусственного интеллекта</b>
<b>Лаборатория системного программирования</b>	<b>Лаборатория конструирования и оптимизации программ.</b>	<b>Лаборатория смешанных вычислений</b>
<b>Лаборатория моделирования сложных систем</b>	<b>Лаборатория теории параллельных процессов</b>	<b>НИГ переносимых систем программирования</b>

### Лаборатория теоретического программирования

*Заведующий лабораторией к.ф.-м.н. Валерий Александрович Непомнящий.*

**Кадровый состав:** всего сотрудников — 24, из них научных сотрудников — 14 (в том числе 1 доктор и 7 кандидатов наук).

**Основные направления исследований:**

- исследование формальных моделей и методов описания семантики, спецификации и верификации программ и систем.

**Лаборатория автоматизации проектирования и архитектуры СБИС**

*Заведующий лабораторией д.ф.-м.н. Александр Гурьевич Марчук.*

**Кадровый состав:** всего сотрудников — 18, из них научных сотрудников — 10 (в том числе 1 доктор и 5 кандидатов наук).

**Основные направления исследований:**

- разработка систем автоматизации проектирования и программирования;
- создание информационных и телекоммуникационных систем и сетей.

**Лаборатория искусственного интеллекта**

*Заведующий лабораторией к.т.н. Юрий Алексеевич Загорюлько.*

**Кадровый состав:** всего сотрудников — 8, из них научных сотрудников — 6 (в том числе 2 кандидата наук).

**Основные направления исследований:**

- методы и системы искусственного интеллекта.

**Лаборатория системного программирования**

*Заведующий лабораторией к.т.н. Владимир Иванович Шелехов.*

**Кадровый состав:** всего сотрудников — 6, из них научных сотрудников — 5 (в том числе 1 кандидат наук).

**Основные направления исследований:**

- создание методов и экспериментальных инструментов конструирования и спецификаций программ в окружениях надежного программирования.

**Лаборатория конструирования и оптимизации программ**

*Заведующий лабораторией д.ф.-м.н., проф., член-корр. РАН Виктор Николаевич Касьянов.*

**Кадровый состав:** всего сотрудников — 11, из них научных сотрудников — 8 (в том числе 2 доктора и 2 кандидата наук).

**Основные направления исследований:**

- развитие теории трансформационного программирования и разработка методов и средств конструирования эффективных и надежных программ;
- разработка программно-методических средств поддержки преподавания фундаментальных основ информатики и программирования;
- создание инструментально-информационной системы по оптимизирующим и реструктурирующим преобразованиям программ для ЭВМ параллельных архитектур;
- подготовка «Энциклопедии по алгоритмам и методам теории графов для программистов».

## Лаборатория смешанных вычислений

*Заведующий лабораторией к.ф.-м.н. Михаил Алексеевич Бульонков.*

**Кадровый состав:** всего сотрудников — 7, из них научных сотрудников — 6 (в том числе 4 кандидата наук).

**Основные направления исследований:**

- теория и практика смешанных вычислений.

## Лаборатория моделирования сложных систем

*Заведующий лабораторией к.ф.-м.н. Мурзин Федор Александрович.*

**Кадровый состав:** всего сотрудников — 11, из них научных сотрудников — 10 (в том числе 8 кандидатов наук).

**Основные направления исследований:**

- разработка сложных алгоритмов и программных систем для применения в различных областях: обработка изображений и сигналов, биоинформатика, поиск нефти, обработка текстов на естественном языке.

## Лаборатория теории параллельных процессов

*Заведующий лабораторией д.ф.-м.н. Вирбицкайте Ирина Бонавентуровна.*

**Кадровый состав:** всего сотрудников — 9, из них научных сотрудников — 8 (в том числе 1 доктор и 5 кандидатов наук).

**Основные направления исследований:**

- теоретико-категорное исследование взаимосвязей параллельных моделей с реальным временем и их эквивалентностей;
- изучение свойств достижимости, безопасности, управления моделей различных классов динамических и гибридных систем;
- разработка дискретно-временных стохастических расширений алгебр параллельных процессов, построение стохастических алгебраических и поведенческих эквивалентностей и исследование их взаимосвязей;
- проектирование алгоритмов параметрической верификации различных классов временных сетей Петри.

## Научно-исследовательская группа переносимых систем программирования

*Руководитель группы Андрей Дмитриевич Хапугин.*

**Кадровый состав:** всего сотрудников — 4, из них научных сотрудников — 1.

**Основные направления исследований:**

- теоретические основы и инструментальные программные системы, поддерживающие разработку переносимых программных систем на базе объектно-ориентированного подхода.

Научная и научно-организационная деятельность научных подразделений координируется Ученым советом.

## Основные научные результаты, полученные в 2016 году

### 1. Тема № 39.1.1. Исследования фундаментальных основ структуризации данных, управления информационными ресурсами, создание информационно-вычислительных систем и сред для науки и образования.

*Руководитель темы: Марчук А.Г.*

Разработан метод вычисления явных терминологических определений в онтологиях, который для выбранного набора терминов и отношений из онтологии позволяет проверить, существует ли определение интересующего термина с использованием только этих терминов и отношений, и построить определение в явном виде. Предложена новая обобщенная модель разработанной ранее системы управления модульными гиперизбыточными системами, позволяющая работать с более широким классом модульных систем. Создана и опробована библиотека PolarDB, предназначенная для конструирования специализированных и универсальных баз данных и СУБД. Разработаны изобразительные средства для учебного языка программирования, приспособленные к использованию основных и фундаментальных парадигм программирования при разработке параллельных алгоритмов. Создана методика установления парадигмальной характеристики языков программирования и формального представления парадигмальных различий в терминах компромисса между эксплуатационной и реализационной прагматиками.

### 2. Тема № 39.1.2. Методы и технологии конструирования эффективного и надежного программного обеспечения для суперкомпьютеров и компьютерных сетей.

*Руководитель темы: Касьянов В.Н.*

Создана экспериментальная версия среды параллельного и функционального программирования для поддержки облачных супервычислений.

Разработаны новые методы и алгоритмы визуализации иерархических ориентированных ациклических графов. Создана и подана на государственную регистрацию система Visual Graph визуализации сложных больших данных на основе графовых моделей.

Осуществлено расширение словаря по теории графов WikiGRAPP и энциклопедии теоретико-графовых алгоритмов WEGA новыми базовыми терминами и алгоритмами. Разработан программный комплекс Wiki2TeX.

Разработаны новые методы и средства тестирования оптимизирующих компиляторов для императивных и функциональных языков на основе использования покрытия исходного текста тестами. Создана рабочая версия системы упрощения компиляторных тестов Reduce.

Разработан новый метод генерации формул тотальной корректности рекурсивных программ без циклов и указателей. Реализована система дедуктивной верификации, генерирующая формулы корректности. Разработана система правил для упрощения процесса генерации формул корректности и классификация программ по их внутренней организации.

Разработаны методы восстановления наблюдений для отдельных спутников путём достаточно долгих статических наблюдений в пространственной и временной окрестности.

### **3. Тема № 39.1.3. Методы и средства повышения надежности программных систем, базирующиеся на формальной спецификации и верификации.**

*Руководители темы: Непомнящий В.А., Вирбицкайте И.Б.*

Получены новые результаты теории вычислений на дискретных и непрерывных структурах, значимые для дескриптивной теории множеств и общей топологии. Охарактеризована булева алгебра регулярных конечно-тестируемых языков.

Предложены и оценены методы построения дискретных абстракций Пфафовых гибридных систем, а также верификации проблемы достижимости для непрерывных динамик гибридных систем.

Для непрерывно-временных безопасных сетей Петри, флюидных стохастических сетей Петри и дискретно-временного стохастического исчисления боксов Петри с мгновенными мультидействиями введены и исследованы поведенческие эквивалентности с целью упрощения функционального, временного и производительного анализа моделируемых систем.

Построена и исследована «истинно параллельная» и недетерминированная семантика различных моделей параллельных процессов и их временных расширений.

Разработан и реализован метагенератор условий корректности с возможностью локализации семантических ошибок.

Разработаны новые методы описания статической и динамической семантик императивных языков программирования на базе концептуальных систем запросов и переходов.

Разработан и реализован метод анализа и верификации моделей Use Case Maps с конструкциями управления сценариями и обработки ошибок.

Разработаны и реализованы средства верификации распределенных систем, представленных на языках спецификаций SDL и MSC.

Предложен метод верификации для семейств мультиагентных систем, порожденных контекстно-зависимой сетевой грамматикой.

Получены новые результаты теории вычислений на дискретных и непрерывных структурах, значимые для дескриптивной теории множеств и общей топологии. Охарактеризована булева алгебра регулярных конечно-тестируемых языков.

Предложены и оценены методы построения дискретных абстракций Пфафовых гибридных систем, а также верификации проблемы достижимости для непрерывных динамик гибридных систем.

Для непрерывно-временных безопасных сетей Петри, флюидных стохастических сетей Петри и дискретно-временного стохастического исчисления боксов Петри с мгновенными мультидействиями введены и исследованы поведенческие эквивалентности с целью упрощения функционального, временного и производительного анализа моделируемых систем.

Построена и исследована «истинно параллельная» и недетерминированная семантика различных моделей параллельных процессов и их временных расширений.

Разработан и реализован метагенератор условий корректности с возможностью локализации семантических ошибок.

Разработаны новые методы описания статической и динамической семантик императивных языков программирования на базе концептуальных систем запросов и переходов.

Разработан и реализован метод анализа и верификации моделей Use Case Maps с конструкциями управления сценариями и обработки ошибок.

Разработаны и реализованы средства верификации распределенных систем, представленных на языках спецификаций SDL и MSC.

Предложен метод верификации для семейств мультиагентных систем, порожденных контекстно-зависимой сетевой грамматикой.

#### **4. Тема № 39.1.4. Методы и технология создания и сопровождения интеллектуальных информационных систем и систем поддержки принятия решений.**

*Руководитель темы: Загоруйко Ю.А.*

В рамках разработки технологии создания и сопровождения интеллектуальных информационных систем поддержки научной, производственной и образовательной деятельности разработаны подход к автоматизированному построению и пополнению онтологий из открытых информационных ресурсов и методы создания интеллектуальных информационных систем с использованием технологий Semantic Web.

В рамках развития технологии анализа текста разработаны новые модели и методы построения предметных словарей и их обучения на основе тематически-размеченного корпуса текстов, автоматической классификации и жанрового анализа текстов, а также методы извлечения информации и разрешения неоднозначности при фактографическом анализе текста на основе мультиагентного подхода.

В рамках создания технологии построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений разработана онтология задач и методов поддержки принятия решений, построен информационный ресурс (портал знаний), обеспечивающий содержательный доступ к систематизированным на основе онтологии знаниям по поддержке принятия решений, разработан репозиторий интеллектуальных методов принятия решений, включающий реализации этих методов в виде программных сервисов.

#### **5. Тема № 39.1.5. Алгоритмы и программные средства для моделирования сложных систем.**

*Руководители темы: Мурзин Ф.А., Бульонков М.А.*

Получены новые результаты по универсальному кодированию совокупности различных источников. Продолжена работа по созданию и улучшению алгоритма поиска в геноме сайтов связывания с транскрипционными факторами. Завершена работа над базой данных GTRD (Gene Transcription Regulation Database). Пройден первый этап работы по проекту «Информационная платформа для биомедицинских исследований». Разработан аналитический метод поиска функциональной значимости не аннотированных участков генома. Разработан новый алгоритм анализа изображений, получаемых секвенатором SeqLL. Разработан прототип протокола, обеспечивающего работу однорангового распределенного хранилища данных высокой доступности. Осуществлен подбор подходящих алгоритмов и созданы программные инструменты для анализа разупорядочения структуры клеточных стенок. Продолжена работа в рамках проекта по созданию виртуального живого организма на основе нематоды *C. elegans*. Разработан новый обобщенный алгоритм определения тем текстов. Проведены исследования по геометрии и моделям пространства-времени. Продолжены работы по разработке новых методов установления идентичности сущностей, упомянутых в текстах.

**В 2016 г. Институт проводил исследования по следующим программам:**

**Интеграционные проекты РАН и СО РАН:**

**Интеграционный проект РАН 15/10** «Математические и методологические аспекты интеллектуальных информационных систем».

*Руководитель Марчук А.Г.*

**Гранты РФФИ:**

**Проект РФФИ 15-01-05974** «Онтологический подход к формальной семантике языков программирования»

*Руководитель: Ануреев И.С.*

*Сроки: 2015-2017 гг.*

**Проект РФФИ 14-07-00401** «Моделирование, анализ и верификация распределенных систем с помощью сетей Петри высокого уровня».

*Руководитель: В.А.Непомнящий.*

*Сроки: 2014-2016 гг.*

**Проект РФФИ № 16-07-00569а** «Методы и средства комплексной поддержки процесса разработки интеллектуальных СППР в слабоформализованных предметных областях на основе сервис-ориентированного подхода и технологий Semantic Web»

*Руководитель: к.т.н., заведующий лабораторией Ю.А. Загоруйко*

**Проект РФФИ 15-07-04144а** «Методы и технологии создания предметно-ориентированных систем извлечения информации из документов на основе мультиагентного подхода»

*Руководитель: Сидорова Е.А.*

**Проект РФФИ № 16-01-00498а**

Технология предикатного и автоматного программирования

*Руководитель – к.т.н., зав.лаб. В.И. Шелехов*

**Проект РФФИ 15-07-020029** «Методы и средства функционального программирования для поддержки облачных супервычислений».

*Руководитель: д.ф.-м.н., профессор В.Н. Касьянов*

**Проект РФФИ N 14-07- 00386А** «Исследование и разработка технологий реализации и анализа больших графовых данных научного профиля»

*Руководитель: д.ф.-м.н. Марчук А.Г.*

**Гранты РГНФ:**

**Проект РГНФ 13-01-12003в**

*Руководитель – д.ф.-м.н. Панина Н.Л.*

**Проект РГНФ № 16-02-00221** «Моделирование процесса освоения северных территорий и акваторий России: игровой подход на основе геоинформационных технологий»

*Руководитель: Малов В.Ю.*

*Исполнители: Бульонков М.А., Филаткина Н.Н., Тарасова О.В., Мелентьев Б.В.*

**Грант благотворительного фонда В.Потанина** «Российский образовательный проект по курсу «Формальные Методы в Программной Инженерии»

*Руководитель – к.т.н., зав.лаб. В.И. Шелехов*

**Грант Президента РФ МК-5714.2015.9** – Разработка методологии и алгоритмической базы для создания первого виртуального организма под управлением биологически обоснованной компьютерной модели его нейронной сети.

*Сроки: 2015-2016 гг.*

*Научный руководитель проекта: к.ф.-м.н. А.Ю. Пальянов*

#### **Международные проекты:**

**Международный проект « Сравнительный анализ и верификация для параллельных систем с повышенными требованиями к корректности — Проект DFG (CAVER, грант No BE 1267/14-1) и РФФИ (грант No 14-01-91334)**

*Руководители: А. Бест (Ольденбургский университет, Германия), П. Бухгольц (Дортмундский университет, Германия), Л. Попова-Цейгманн (Берлинский университет, Германия)*

*Участник: И.Б. Вирбицкайте*

*Сроки: 2014 – 2017 гг.*

**Международный проект «Computable analysis – theoretical and applied aspects», EU—грант № PIRSES-GA-2011-294962**

*Руководители: Дитер Шприн (Зиген, Германия), Виктор Селиванов (ИСИ СОРАН)*

*Участник: Коровина М.В.*

*Сроки: 2014 – 2017 гг.*

**Международный проект Испанского правительства "Formal Analysis and Applications of Web Services and Electronic Contracts (DArDOS)", грант TIN2015-65845-C03-02.**

*Руководитель: Maria Emilia Cambronero Piqueras, Gregorio Diaz Descalzo*

*Участник: Тарасюк И.В.*

*Сроки: 2016 – 2018 гг.*

**Проект Немецкого исследовательского сообщества “Технологии экспертной поддержки пользователей в рамках когнитивных технических систем”**

*Иностранные партнеры: Институт искусственного интеллекта при факультете информатики университета г. Ульм, Германия*

*Координаторы проекта: Сюзанна Биундо-Штефан (Ульм, Германия), Андреас Вендемут (Магдебург, Германия)*

*Участник: Пономарев Д.К.*

*Сроки: 2013 – 2017 гг.*

**Седьмая европейская рамочная программа, № контракта (гранта) 305280, раздел HEALTH.2012.2.1.1-3. MIMOmics – Methods for Integrated analysis of Multiple Omics datasets (методы интегрированного анализа множества омов**

*Совместно с компанией geneXplain, ответственный исполнитель от ИСИ СО РАН – к.ф.-м.н. Т.Ф. Валеев*

*Валеев Т.Ф.*

*Сроки: 2012 – 2017*

**Грант Министерства образования и науки РК (аналог ФЦП) – Разработка информационно-поискового тезауруса (с учетом морфологии казахского языка) в полнотекстовых базах данных по ИТ-технологиям, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана.**

*Сроки: 2015-2017 гг.*

*Научные руководители: д.ф.-м.н. Тусупов Д.А. (Казахстан), член-корр. Федотов А.М. (НГУ), ответственный исполнитель от ИСИ СО РАН – к.ф.-м.н. Т.В. Батура*

*Сроки: 2015 – 2017гг.*

## **Общая характеристика исследований лаборатории теоретического программирования**

*Зав лабораторией к.ф.-м.н. Непомнящий В.А.*

### **Основные результаты научных исследований за год, их практическое использование и применение в учебном процессе**

**Приоритетное направление IV.39.** Архитектура, системные решения, программное обеспечение и информационная безопасность информационно-вычислительных комплексов и сетей новых поколений. Системное программирование.

**Программа IV.39.1.** Теоретические и прикладные проблемы создания эффективных надежных программных систем и информационных технологий

**Проект IV.39.1.3.** «Методы и средства повышения надежности программных систем, базирующиеся на формальной спецификации и верификации»

Цель работы: разработка эффективных алгоритмов распознавания классов регулярных языков, связанных с булевыми иерархиями и характеристикой известных в теории автоматов булевых алгебр регулярных языков; разработка методов доказательства неразрешимости элементарных теорий решеток эффективно открытых множеств и развития дескриптивной теории множеств в неметризуемых топологических пространствах; разработка методов описания формальной семантики языков программирования; разработка методов и технологии, используемых для создания средств дедуктивной верификации программ; разработка методов и средств анализа и верификации распределенных и мультиагентных систем.

Для достижения цели были поставлены задачи:

- Исследование булевой алгебры регулярных кусочно-тестируемых языков.
- Разработка эффективных алгоритмов распознавания классов языков, связанных с булевыми иерархиями регулярных апериодических языков.
- Исследование вопросов неразрешимости элементарных теорий решеток эффективно открытых множеств и развитие дескриптивной теории множеств в неметризуемых топологических пространствах.
- Развитие онтологического подхода к формальной семантике языков программирования и его апробация на семействе модельных языков программирования MPL и фрагментах языка С.
- Разработка средств верификации последовательных программ, использующих метажератор условий корректности.
- Разработка и реализация новых программных средств анализа и верификации распределенных систем, специфицированных на языках SDL, UCM, и MSC.
- Разработка алгоритма разрешения конфликтов для мультиагентных систем с типизированными связями.

- Разработка метода верификации для семейств мультиагентных систем, порожденных контекстно-зависимой сетевой грамматикой.
- Разработка подхода к разрешению контекстно-зависимой неоднозначности в рамках пополнения онтологии предметной области из слабоструктурированных источников данных.

В процессе работы были достигнуты поставленные цели:

- Охарактеризована (в терминах инвариантов Кетонена-Ершова) с точностью до изоморфизма булева алгебра регулярных конечно-тестируемых языков. Установлена разрешимость всех классов регулярных языков, связанных с этой характеристикой.
- Найдены эффективные алгоритмы, решающие уровни ряда булевых иерархий регулярных языков.
- Установлена неразрешимость элементарных теорий ряда решеток эффективно открытых множеств вычислимых топологических пространств.
- Ряд результатов классической дескриптивной теории множеств распространен на более широкий класс счетно базируемых пространств.
- Разработаны метод описания статической семантики императивных языков программирования, основанный на новом формализме — концептуальных системах запросов, и метод описания динамической семантики языков этого класса, основанный на новом варианте концептуальных систем переходов. Формальная семантика языков семейства MPL переопределена на основе концептуальных систем запросов и нового варианта концептуальных систем переходов. На основе предложенных методов описания семантики определена формальная семантика ряда фрагментов языка C.
- Прототип метagenератора условий корректности был расширен языком шаблонов, на котором описываются аксиомы и правила вывода, а также правилами вывода для символического метода конечных итераций. Были проведены эксперименты по верификации. Были специфицированы и верифицированы новые функции прототипа метagenератора, относящиеся к сопоставлению деревьев программ и шаблонов.
- Разработаны и реализованы новые версии программных средств анализа и верификации распределенных систем, представленных на языках спецификаций SDL, UCM и MSC.
- Разработан новый алгоритм разрешения конфликтов для мультиагентных систем, агенты которых связаны отношениями различных типов и значимости.
- Предложен метод верификации для семейств мультиагентных систем, которые порождаются контекстно-зависимой сетевой грамматикой специального вида.

- Предложен подход к разрешению контекстно-зависимой лексической и синтаксической неоднозначности в рамках пополнения онтологии предметной области из слабоструктурированных источников данных.

## **Краткое описание проведенных научных исследований**

### **1. Логические и сложностные методы исследования систем**

Получены новые результаты теории вычислений на дискретных и непрерывных структурах, значимые для дескриптивной теории множеств, общей топологии и теории вычислений. Ряд результатов классической дескриптивной теории множеств распространен на значительно более широкий класс счетно базируемых пространств, чем известно в литературе. Установлена неразрешимость элементарных теорий многих решеток эффективно открытых множеств вычислимых топологических пространств.

Разработаны эффективные алгоритмы распознавания классов регулярных языков, связанных с булевыми иерархиями и характеристикой известных в теории автоматов булевых алгебр регулярных языков. Охарактеризована (в терминах инвариантов Кетонена-Ершова) с точностью до изоморфизма булева алгебра регулярных конечно-тестируемых языков. Установлена разрешимость всех классов регулярных языков, связанных с этой характеристикой. Эти результаты интересны для теории автоматов, поскольку данный класс языков является популярным подклассом аperiodических регулярных языков, занимающим центральное место в литературе по верификации систем с конечным числом состояний. Предложены эффективные алгоритмы, решающие уровни ряда булевых иерархий регулярных языков.

### **2. Интеграция формальных методов и средств верификации последовательных программ**

Ранее разработанный прототип метагенератора условий корректности был расширен языком шаблонов, на котором описываются аксиомы и правила вывода. Как и сами верифицируемые программы, шаблоны анализируются с помощью API LLVM/Clang. Реализация метагенератора также дополнена средствами построения протокола трансляции из языка C-light в язык C-kernel. В случае обнаружения недоказанного или ложного условия корректности протокол позволяет осуществить обратную трансляцию во входную аннотированную программу с тем, чтобы локализовать семантическую ошибку.

Проведен анализ правил аксиоматической семантики расширения языка C для символического метода элиминации инвариантов циклов. Показано выполнение ограничений т.н. общей формы правил и, следовательно, применимость этих правил в подходе метагенерации условий корректности. Прототип метагенератора условий корректности был расширен правилами вывода для символического метода конечных итераций. Помимо этого, проводится работа по интеграции символического метода и метода смешанной аксиоматической семантики.

Были проведены эксперименты по верификации. Были специфицированы и верифицированы новые функции прототипа метаженератора, относящиеся к сопоставлению деревьев программ и шаблонов. Для проверки реализации правил символического метода верифицировались функции из первого уровня интерфейса операций линейной алгебры BLAS, относящиеся к типу “вектор-вектор”.

На базе символического метода элиминации инвариантов циклов разработаны и реализованы алгоритмы верификации финитных итераций над структурами данных языка C для итераций над неизменяемыми структурами данных с выходом из тела цикла и над изменяемыми структурами данных. Это позволяет проводить доказательство частичной корректности C программ без некоторых инвариантов циклов. Полученный программный модуль встроен в автоматизированную систему верификации C программ СПЕКТР.

Реализован интерфейс с SMT-решателем Z3. Предложен и реализован метод, позволяющий решателю Z3 успешно проверять условия корректности, возникающие при верификации финитных итераций, для доказательства которых применяется метод математической индукции.

### **3. Развитие онтологического подхода к формальной семантике языков программирования**

В рамках развития онтологического подхода к формальной семантике языков программирования разработаны метод описания статической семантики императивных языков программирования, основанный на новом формализме — системах концептуальных конфигураций, и метод описания динамической семантики языков этого класса, основанный на новом варианте концептуальных систем переходов.

Формальная семантика языков семейства MPL переопределена на основе систем концептуальных конфигураций и нового варианта концептуальных систем переходов.

На основе предложенных методов описания семантики определена формальная семантика ряда фрагментов языка C.

### **4. Разработка методов и средств анализа и верификации распределенных систем**

Графическая нотация Use Case Maps (UCM) является выразительным средством описания функциональных требований к программным системам и протоколам. Разработаны алгоритмы и реализованы средства для трансляции UCM моделей в раскрашенные сети Петри и модели на входном языке Promela известной системы верификации SPIN. Это позволяет анализировать и верифицировать UCM модели, в которых поддерживаются конструкции для обработки ошибочных ситуаций и защищенных компонентов.

Разработаны и реализованы новые версии программных систем анализа и верификации расширений MSC-диаграмм (т.е. диаграмм UML SD и композиционных MSC-диаграмм), которые используются в качестве моделей распределенных систем.

Разработаны алгоритмы и реализованы новые версии программных средств анализа и верификации распределенных систем, представленных на языке спецификаций SDL. В этих программных системах используются язык Dynamic-Real и сети Петри высокого уровня в качестве промежуточных языков, в которые транслируется язык SDL, а для их верификации

применяется известная система SPIN. Сети Петри высокого уровня включают раскрашенные сети Петри и иерархические временные типизированные сети Петри.

## **5. Разработка методов и средств анализа и верификации мультиагентных систем**

Предложен алгоритм разрешения конфликтов для мультиагентной системы, агенты которой связаны отношениями различных типов и значимости. Результатом разрешения конфликтов является бесконфликтное множество агентов. Данный алгоритм применяется для разрешения неоднозначностей в задаче пополнения онтологий, использующей мультиагентный анализ текстов на естественном языке.

Предложен метод верификации для семейств мультиагентных систем, которые порождаются контекстно-зависимой сетевой грамматикой специального вида. Предложенный метод верификации основан на методах верификации моделей и абстракции.

Предложен подход к разрешению контекстно-зависимой лексической и синтаксической неоднозначности в рамках пополнения онтологии предметной области из слабоструктурированных источников данных, таких как тексты на естественном языке. Показано, что множество максимально определенных по входным данным экземпляров онтологии может быть представлено как информационная система Скотта с отношением выводимости в виде набора информационных связей, которая порождает мультиагентную систему.

### **Проекты РФФИ**

**Проект РФФИ 15-01-05974** «Онтологический подход к формальной семантике языков программирования»

*Руководитель: Ануреев И.С. (2015-2017)*

**Проект РФФИ 14-07-00401** «Моделирование, анализ и верификация распределенных систем с помощью сетей Петри высокого уровня».

*Руководитель: Непомнящий В.А. (2014-2016)*

### **Список публикаций лаборатории**

#### **Центральные журналы**

1. Визовитин Н.В., Непомнящий В.А., Стененко А.А. Применение раскрашенных сетей Петри для верификации конструкций управления сценариями языка UCM // Моделирование и анализ информационных систем. Т.23, № 6, 2016, 688-702.
2. Vizovitin N.V., Nepomniaschy V.A., Stenenko A.A. Verification of UCM Models with Scenario Control Structures Using Colored Petri Nets // System Informatics, 7, 2016, 11-22.
3. Anureev I.S. Conceptual query systems // System Informatics. 2016. Vol. 7. P. 45-126.
4. Anureev I.S. From conceptual query systems to conceptual transition systems // System Informatics. 2016. Vol. 8. P. 53-92.
5. Гаранина Н.О., Сидорова Е.А. Подход к верификации семейства мультиагентных систем разрешения конфликтов // Моделирование и анализ информационных систем, Т.23, № 6, 2016.

6. N. Garanina and E.Sidorova. A Verification Method for a Family of Multi-agent Systems of Ambiguity Resolution // Theory and Applications (PSSV 2016) June 14-15, 2014 in St. Petersburg, Russia. – System Informatics. — 2016. — Vol. 8. — P. 1-10.
7. Shilov N.V., Promsky A.V. On Specification and Verification of Standard Mathematical Functions // Университетский научный журнал. Санкт-Петербург.- 2016. № 19. С. 57-68.

### **Зарубежные журналы**

1. M. de Brecht, M. Schroeder, V.L. Selivanov: Base-complexity classifications of QCB<sub>0</sub>-Spaces. Computability, vol. 5, no. 1, pp. 75-102, 2016.
2. C. Glasser, H. Schmitz, V. Selivanov. Efficient algorithms for membership in boolean hierarchies of regular languages. Theoretical Computer Science, 646, issue C, 86-108, 2016.
3. V.L. Selivanov. Towards a descriptive theory of cb<sub>0</sub>-spaces. Mathematical Structures in Computer Science. Published online: 09 June 2016.
4. N. O. Garanina, E. A. Sidorova, I. S. Anureev. Conflict resolution in multi-agent systems with typed relations for ontology population // Programming and Computer Software, Volume 42, Issue 4, pp 206–215, 2016.

### **Международные конференции и семинары**

1. А.А.Стененко, В.А. Непомнящий. Верификация коммуникационных протоколов с использованием временных раскрашенных сетей Петри // Труды XVIII Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах», 20-25 сентября 2016, Самара, Россия, 308-313.
2. Г.А.Белошапко, В.А.Непомнящий Анализ и верификация иерархических временных типизированных сетей Петри // Материалы IV Международной молодежной научной конференции «Математическое и программное обеспечение информационных, технических и экономических систем», 20-21 мая 2016 г., Томский государственный университет, 2016, 3-7.
3. A. Konovalov, V. Selivanov. The Boolean algebra of piecewise testable languages // Proc. CiE 2016, LNCS 9709, 292-301, 2016.
4. O.V. Kudinov, V.L. Selivanov. On the lattices of effectively open sets // Proc. Conf. CiE 2016, LNCS 9709, 302-311, 2016.
5. Natalia Garanina, Elena Sidorova, and Stepan Anokhin. Conflict Resolution in Multi-agent Systems with Typed Connections for Ontology Population // Proc. Conf. «Perspectives of System Informatics», LNCS 9609, pp 116-129, 2016.
6. Natalia Garanina, Elena Sidorova. Context-dependent Lexical and Syntactic Disambiguation in Ontology Population // Proc. of 25th International Workshop «Concurrency, Specification and Programming», Rostock, Germany, pp. 101-112, 2016.

### **Российские конференции**

1. Сидорова Е.А., Гаранина Н.О. Подход к разрешению неоднозначности текста при пополнении онтологии // Труды 15 национальной конференции по искусственному интеллекту (КИИ-2016), Т 2. – Смоленск: Универсум. – С. 130–138, 2016.
2. Кондратьев Д.А. Расширение системы C-light символическим методом верификации финитных итераций // Материалы XVII Всероссийской конференции молодых учёных по математическому моделированию. Новосибирск, ИВТ СО РАН, с.91-92, 2016.

### **Тезисы местных конференций, отчеты и другие материалы**

1. O. Kudinov, V. Selivanov. Definability in some well partial orders // Abstracts of Dagstuhl Workshop 16031 “Well quasi-orders in computer science”, Dagstuhl Reports 6(1): p. 13, 2016.
2. V. Selivanov. Well quasi-orders and descriptive set theory: some results and questions // Abstracts of Dagstuhl Workshop 16031 “Well quasi-orders in computer science”, Dagstuhl Reports 6(1): p. 21, 2016.

### **Участие в конференциях**

1. 7th Workshop «Program Semantics, Specification and Verification» Theory and Applications» (PSSV 2015), June 14-15, 2014 in St. Petersburg, Russia. (Гаранина Н.О.)
2. The 25th International Workshop on Concurrency, Specification and Programming, Rostock, Germany, September 28-30, 2016. (Гаранина Н.О.)
3. Пятнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2016 (3–7 октября 2016 г., г. Смоленск, Россия) (Гаранина Н.О.)
4. Dagstuhl Seminar 16031 «Well quasi-orders in computer science». (Селиванов В.Л.)

### **Международное сотрудничество**

#### **Членство в редакциях международных журналов, другие формы сотрудничества**

1. *Селиванов В.Л.* — организатор международного семинара Well quasi-orders in computer science (Dagstuhl Seminar 16031), январь 2016.

#### **Командировки**

1. *Селиванов В.Л.* (7.01.16-31.01.16) – Университет Мюнхена. Проведение совместных исследований по проекту Евросоюза «Вычислимый анализ» по программе «Мария Кюри».

#### **Членство в редколлегиях научных изданий**

Непомнящий В.А. – член редколлегии журналов “Системная информатика” и “Bulletin of the Novosibirsk Computing Center. Series: Computer Science”.

Ануреев И.С. – заместитель главного редактора журнала “Системная информатика”.

Селиванов В.Л. – член редколлегии журнала “Системная информатика”.

## **Общая характеристика исследований лаборатории конструирования и оптимизация программ**

*Зав лабораторией д.ф.-м.н., профессор Касьянов В.Н.*

### **Основные результаты научных исследований за год, их практическое использование и применение в учебном процессе**

Цель исследований, ведущихся в лаборатории, - разработка методов и средств повышения качества матобеспечения вычислительных систем и сетей, главным образом его эффективности и надежности. Лаборатория ведет фундаментальные исследования, направленные на достижение данной цели, а также осуществляет экспериментальные и прикладные проекты, базирующиеся на разрабатываемых теоретических концепциях и методах.

#### **Результат, включенный в список основных результатов института за 2016 год**

##### **«Методы и система преобразования представлений информации из баз данных MediaWiki в TeX-документы и обратно»**

**Авторы:** д.ф.-м.н., профессор Касьянов В.Н., к.ф.-м.н., доцент Касьянова Е.В., Малышев А.А.

Разработан и прошел государственную регистрацию пакет программ Wiki2TeX, который автоматизирует процесс построения набора TeX-документов, образующих оффлайн версию вики — базы данных, построенной с помощью MediaWiki. Пакет выполняет автоматическое извлечение самых актуальных версий статей заданной вики с последующим переводом языка вёрстки MediaWiki в язык LaTeX и построением документов, образующих оффлайн версию данной вики. Оффлайн версия содержит списки литературы и категорий, сохраняет структуру перекрёстных ссылок и может выдаваться в виде TeX-, PDF- и DVI-файлов. Пакет позволяет также выполнять и обратную операцию — преобразовывать TeX-документы в статьи MediaWiki и добавлять их к заданной вики в виде правок к уже существующим её статьям либо в качестве новых её статей. Пакет поддерживает как удалённую, так и локальную работу с базой данных.

#### **Публикации по результату:**

1. Касьянов В.Н., Касьянова Е.В., Малышев А.А. Программный комплекс Wiki2Tex. Свидетельство о государственной регистрации программы № 2013620463 от 01.04.2016.
2. Касьянов В.Н., Касьянова Е.В. Теоретико-графовые методы и системы программирования // Проблемы информатики, 2016, № 1, С.26-38.
3. Kasyanov V.N., Kasyanova E.V. Graph- and cloud-based tools for computer science education // Mobile, Secure, and Programmable Networking, First International Conference, MSPN 2015, Paris, France, June 15-17, 2015, Selected Papers. Lecture Notes of Computer Science. - Springer, 2015. - Vol. 9395. - pp. 41-54.
4. Малышев А.А. Пакет программных расширений MediaWiki для интеграции с издательской системой TeX // Материалы XVI Международной конференции "Информатика: проблемы, методология, технология". – Воронеж: ВГУ, 2016. – Том 5. – С. 350-353.

## Краткое описание проведенных научных исследований

**Приоритетное направление IV.39.** Архитектура, системные решения, программное обеспечение и информационная безопасность информационно-вычислительных комплексов и сетей новых поколений. Системное программирование.

**Программа IV.39.1.** Теоретические и прикладные проблемы создания эффективных надежных программных систем и информационных технологий

**Проект IV.39.1.2.** Методы и технологии конструирования эффективного и надежного программного обеспечения для суперкомпьютеров и компьютерных сетей.

*Руководитель — д.ф.-м.н., профессор В.Н.Касьянов*

В процессе выполнения данного четвертого этапа работы были достигнуты поставленные следующие промежуточные цели проекта:

- разработка экспериментальной версии среды параллельного и функционального программирования для поддержки облачных супервычислений;
- разработка новых методов и средств тестирования оптимизирующих компиляторов на основе использования покрытия исходного текста тестами и случайного тестирования функций, снабженных контрактами;
- развитие средств поддержки применения теоретико-графовых методов в программировании;
- разработка новых методов и алгоритмов визуализации информации на основе иерархических графовых моделей;

### Разработка экспериментальной версии среды параллельного и функционального программирования для поддержки облачных супервычислений

Созданы программные средства для построения интерактивных графовых изображений внутренних представлений Cloud-Sisal-программ, доступные для использования на широком множестве клиентских устройств без использования дополнительного программного обеспечения. Осуществлена их интеграция в среду облачных супервычислений CSS. Проведена опытная эксплуатация созданной версии среды облачных супервычислений CSS и осуществлено её расширение средствами визуальной отладки Cloud-Sisal-программ. Разработаны методы оптимизирующей компиляции Cloud-Sisal-программ, создана экспериментальная версия оптимизирующего распараллеливающего компилятора для языка Cloud Sisal и осуществлена ее интеграция в среду облачных супервычислений CSS.

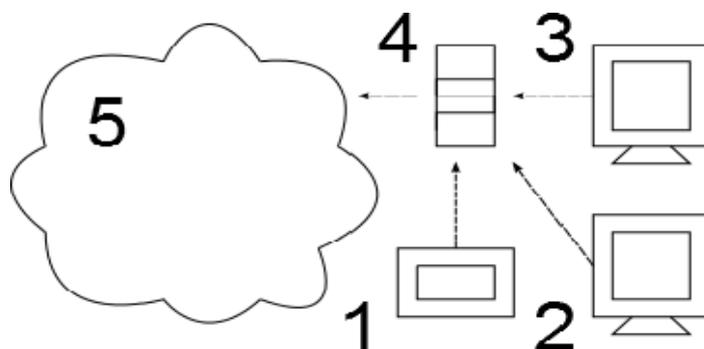


Рис. 1. Структура системы CSS

На рис. 1 изображена структура системы CSS. Цифрами 1, 2 и 3 обозначены устройства, подключающиеся к облачному сервису. На этих устройствах интерпретатор JavaScript, находящийся внутри браузера, используется для реализации среды разработки и отладки программ на задачах меньшей размерности. При отключении от системы (потере интернет-соединения) работоспособность интерпретатора сохраняется. Цифрой 4 обозначен сервер, предоставляющий доступ к облаку. Этот сервер доступен по фиксированному адресу и может не выполнять каких-либо вычислительных задач. 5 – облачная структура, выполняющая основные вычисления и хранящая пользовательские данные. Под данными предполагаются как программы, так и входная/выходная информация.

Созданная экспериментальная версия системы CSS - это пример среды параллельного программирования нового типа, аналогов которых пока не существует и которых так не хватает сейчас, когда число супервычислителей все еще мало, но каждый из них можно сделать доступным по сети практически для каждого пользователя. Задача системы - предоставлять любому пользователю, имеющему выход в Интернет, возможность без установки дополнительного программного обеспечения на своем рабочем месте в визуальном стиле создавать и отлаживать переносимые параллельные программы, а также в облаке осуществлять эффективное решение своих задач, исполняя на некотором супервычислителе, доступном ему по сети, созданные переносимые программы, предварительно оптимизировав их под используемый супервычислитель с помощью облачного оптимизирующего кросс-компилятора.

Широкое применение таких систем сделает супервычислители, включенные в сети, более доступными для использования широкому кругу прикладных программистов, а также позволит упростить работу прикладным программистам и повысить эффективность использования ими супервычислителей, во-первых, за счет переноса работ по конструированию и отладке программ с дорогих супервычислителей на более дешевые и привычные персональные компьютеры, и, во-вторых, за счет снятия необходимости прикладному программисту при переходе с одного супервычислителя на другой выполнять каждый раз заново и целиком построение и отладку программы для решения одной и той же задачи.

Разработка новых методов и средств тестирования оптимизирующих компиляторов на основе использования покрытия исходного текста тестами и случайного тестирования функций, снабженных контрактами

Разработаны новые методы и средства тестирования оптимизирующих компиляторов для императивных и функциональных языков на основе использования покрытия исходного текста тестами.

Создана рабочая версия системы упрощения компиляторных тестов Reduce (рис. 2), реализованная на языке C и поддерживающая стандарты C++11 и GNU расширений языков C и C++, на которых написаны компиляторные тесты.

Созданная рабочая версия системы Reduce поддерживает расширяемый набор упрощающих преобразований, ориентированных на минимизацию программ на языках C, C++ и Fortran, являющихся компиляторными тестами, с сохранением воспроизводимости ошибок компилятора. Ошибка может проявляться как на стадии трансляции, так и во время исполнения оттранслированной программы. Например, такой ошибкой может быть разница в результатах исполнения программ, полученных из одной и той же исходной с применением и без применения оптимизаций при трансляции.

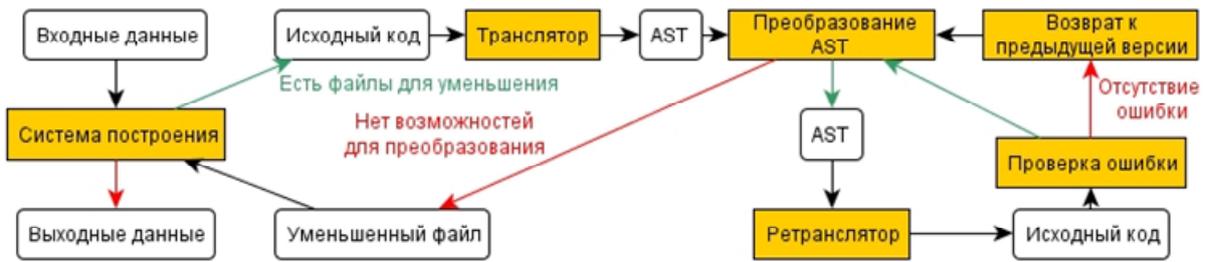


Рис. 2. Общая схема работы системы Reduce

Редуцирующие преобразования, упрощающие тесты, выполняются системой на внутреннем представлении программ-тестов в виде так называемого гибридного абстрактного синтаксического дерева (AST). В отличие от обычного синтаксического дерева в гибридном дереве те части программы, которые заведомо не будут преобразовываться, могут не раскрываться в виде поддеревьев, а оставаться в виде текстовых вершин.

Развитие средств поддержки применения теоретико-графовых методов в программировании

Осуществлено расширение словаря по теории графов WikiGRAPP и энциклопедии теоретико-графовых алгоритмов WEGA новыми базовыми терминами и алгоритмами, в том числе связанными с кодированием и обработкой деревьев, а также произведено пополнение существующих статей словаря и энциклопедии дополнительной информацией, в том числе статическими и динамическими иллюстрациями (рис.3).

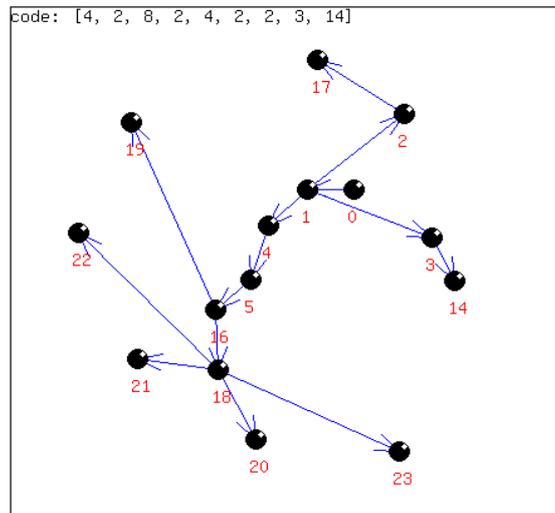
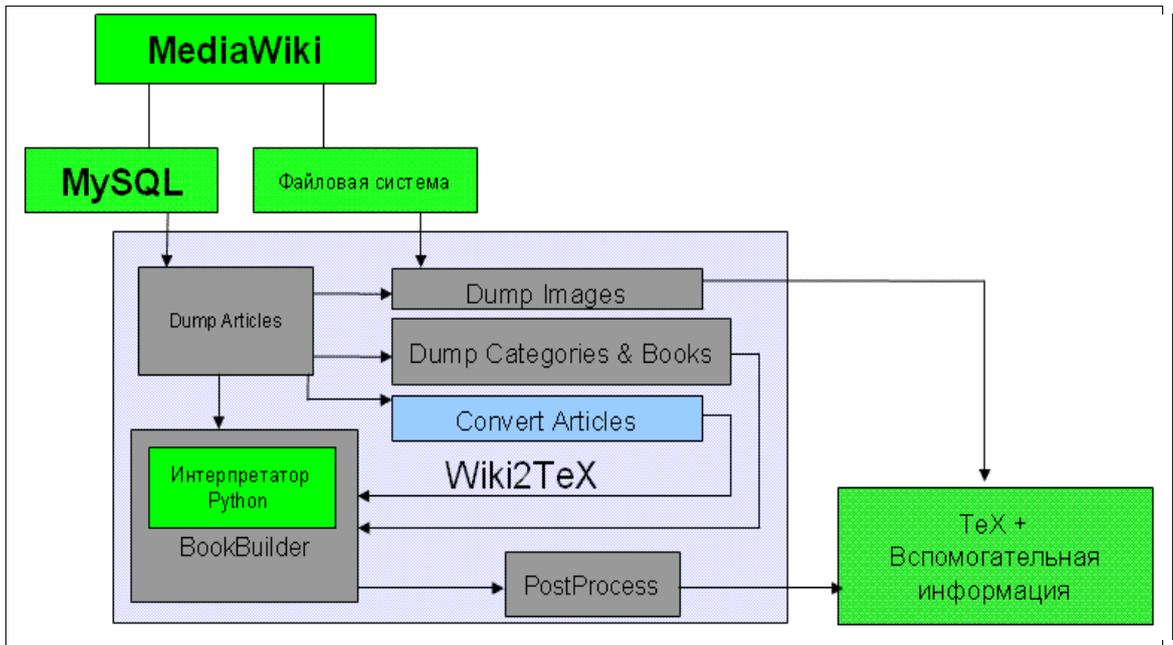


Рис. 3. Один из шагов работы алгоритма построения кода Прюфера по дереву

Словарь WikiGRAPP предназначен для широкого круга специалистов, использующих методы теории графов при решении своих задач на компьютерах. Он содержит описание на русском и английском языках основных связанных с графами терминов из монографий, вышедших на русском языке, томов ежегодных конференций «Graph-Theoretic Concepts in Computer Science», книг серии «Graph Theory Notes of New York», а также статей, рефераты которых опубликованы в РЖ «Математика» в разделе «Теория графов». WikiGRAPP является вики-словарём и поддерживает удобный поиск и интерактивное взаимодействие с пользователями по своему пополнению и развитию. Описания терминов в словаре сопровождаются рисунками и гиперссылками.



*Рис. 4. Общая структура системы Wiki2TeX*

Энциклопедия WEGA предназначена для преподавателей и студентов, специализирующихся по компьютерным наукам, а также для широкого круга специалистов, использующих методы теории графов при решении своих задач, в первую очередь для системных и прикладных программистов. Она является вики-системой и содержит описание теоретико-графовых методов и алгоритмов решения задач информатики и программирования. WEGA включает электронный тезаурус по теории графов для программистов, предусматривает открытый доступ и поддерживает удобный поиск информации, а также интерактивное взаимодействие с пользователями по своему пополнению и развитию. Статьи энциклопедии сопровождаются статическими и динамическими иллюстрациями и гиперссылками.

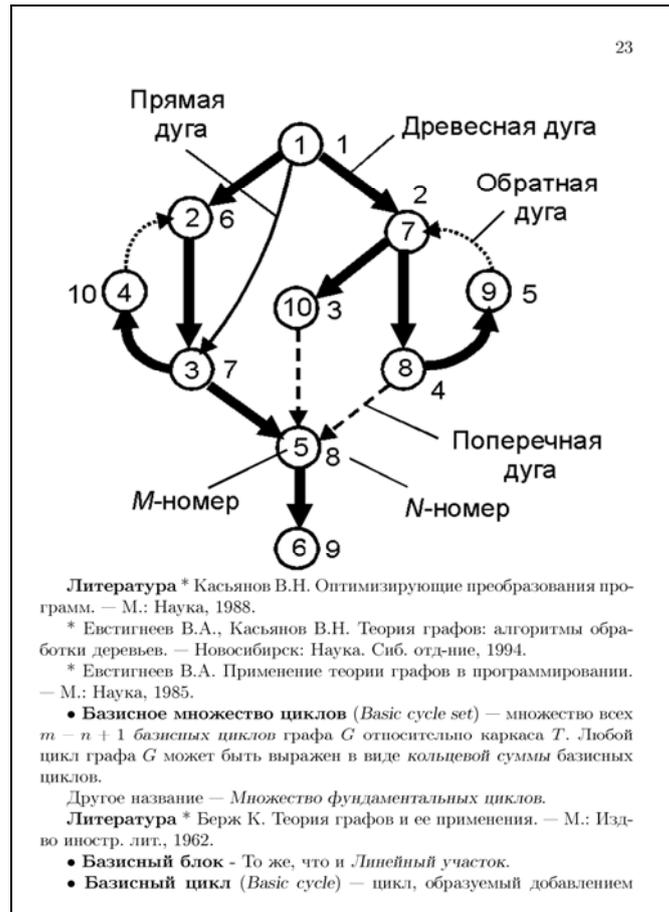


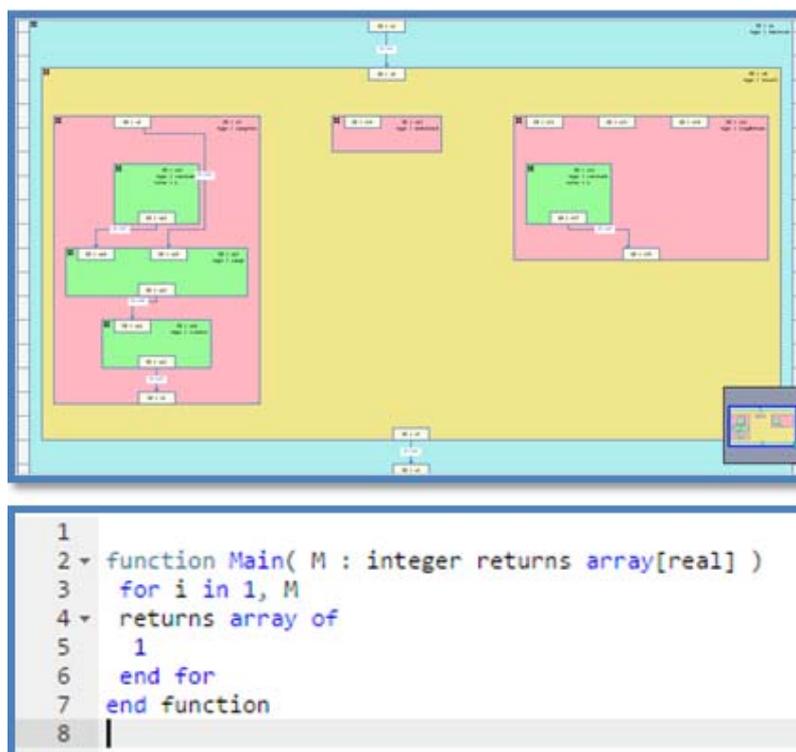
Рис. 5. Пример страницы словаря, получаемого с помощью Wiki2TeX

Разработан пакет программ Wiki2TeX, который автоматизирует процесс построения набора TeX-документов, образующих оффлайн версию вики — базы данных, построенной с помощью MediaWiki (рис. 4).

Пакет выполняет автоматическое извлечение самых актуальных версий статей заданной вики с последующим переводом языка вёрстки MediaWiki в язык LaTeX и построением документов, образующих оффлайн версию данной вики. Оффлайн версия содержит списки литературы и категорий, сохраняет структуру перекрёстных ссылок и может выдаваться в виде TeX-, PDF- и DVI-файлов (рис. 5). Пакет позволяет также выполнять и обратную операцию — преобразовывать TeX-документы в статьи MediaWiki и добавлять их к заданной вики в виде правок к уже существующим её статьям либо в качестве новых её статей. Пакет поддерживает как удалённую, так и локальную работу с базой данных. Программный комплекс Wiki2TeX прошел государственную регистрацию.

Разработка новых методов и алгоритмов визуализации информации на основе иерархических графовых моделей

Разработаны новые методы и алгоритмы визуализации информации на основе графовых моделей, в том числе сравнения сложно организованных изображений, и выполнена их экспериментальная реализация в рамках системы визуализации атрибутированных иерархических графов Visual Graph. Например, на рис. 6. приведен результат работы раскладчика по укладке простого иерархического атрибутированного графа в системе Visual Graph. Данный граф получен CSS компилятором из Sisal-программы Main, приведенной на рисунке ниже.



*Рис. 6. Результат работы раскладчика по укладке простого иерархического атрибутированного графа в системе Visual Graph*

Создана программная система Visual Graph, предназначенная для визуализации сложных больших данных на основе графовых моделей. Система поддерживает обработку произвольных атрибутированных иерархических (в том числе составных и кластерных) графов, представленных на стандартных языках описания графов, включая язык GraphML, и предоставляет богатые возможности для наглядной многооконной их визуализации, структурного анализа и навигации, а также для расширения и настройки системы под нужды конкретного пользователя.

Система ориентирована на работу с данными, возникающими в трансляторах, и обеспечивает плавность выполнения основных операций над графами, содержащими до 100000 элементов. Подана заявка на государственную регистрацию системы Visual Graph.

### Результаты работы по грантам

**Грант РФФИ 15-07-020029** «Методы и средства функционального программирования для поддержки облачных супервычислений»,

*Руководитель — д.ф.-м.н., профессор В.Н. Касьянов*

## Список публикаций лаборатории

### Журналы и патенты

1. Касьянов В.Н., Касьянова Е.В. Теоретико-графовые методы и системы программирования // Проблемы информатики. – 2016. – № 1. – С.26-38.
2. Гордеев Д. Визуализация внутреннего представления программ на языке Cloud Sisal // Научная визуализация. – 2016. –Том. 8, № 2. – С. 98 – 106.
3. Касьянова Е.В. Методы и средства обучения программированию в вузе // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. – № 2. – С. 23-30. – ISSN 2312-5500
4. Касьянов В.Н., Касьянова Е.В., Малышев А.А. Программный комплекс Wiki2Tex. Свидетельство о государственной регистрации программы № 2013620463 от 01.04.2016.

### Материалы международных конференций

1. Касьянов В.Н., Идрисов Р.И., Касьянова Е.В., Стасенко А.П. Язык параллельного программирования Cloud Sisal // Материалы XVI Международной конференции "Информатика: проблемы, методология, технология". – Воронеж: ВГУ, 2016. – Том 5. – С. 157-161.
2. Малышев А.А. Пакет программных расширений MediaWiki для интеграции с издательской системой TeX // Материалы XVI Международной конференции "Информатика: проблемы, методология, технология". – Воронеж: ВГУ, 2016. – Том 5. – С. 350-353.
3. Kasyanov V. Hierarchical graph models and tools for visual processing and parallel programming // 7th European Congress of Mathematics. Conference Scientific Program and Abstracts. – Berlin: Technische Universität Berlin, 2016. – P. 241.
4. Kasyanov V.N., Kasyanova E.V. Methods and Tools of Parallel Programming // Mathematical and Information Technologies (MIT-2016). Conference Information. - Beograd: Uiverziteta u Pristini, 2016. – P. 134-135.
5. Касьянова Е.В. Методы и средства дистанционного обучения программированию // Информационные системы и коммуникативные технологии в современном образовательном процессе: Материалы III Международной научно-практической конференции.– Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2016. – С. 45-49.
6. Kasyanov V.N., Kasyanova E.V. Methods and Tools of Parallel Programming // Proceedings of the International Conference Mathematical and Information Technologies (MIT-2016). - CEUR-WS, 2016. - 15 p. (in print)

### Другие публикации

1. Касьянов В.Н. Поттосин Игорь Васильевич // Страницы истории отечественных ИТ. – М.: Интеллектуальная Литература, 2016. – С. 97-99. - ISBN 978-5-9614-5218-1.

## Международное сотрудничество

### Командировки (в том числе инициативные, не оплачиваемые Институтом)

1. Касьянов В.Н. (28.08.2016 - 07.09.2016) – участие с докладом в Международной конференции «Математические и информационные технологии (MIT-2016)», г. Врнячка Баня, Сербия; г. Будва, Черногория.

2. *Касьянова Е.В.* (28.08.2016 - 07.09.2016) – участие с докладом в Международной конференции «Математические и информационные технологии (MIT-2016) », г. Врнячка Баня, Сербия; г. Будва, Черногория.

#### **Членство в международных научных организациях**

Касьянов В.Н. – член Американского математического общества.

#### **Участие в международных программах сотрудничества, зарубежные гранты, членство в редакциях международных журналов, другие формы сотрудничества**

Касьянов В.Н. — член редколлегии международного журнала «Проблемы программирования», г. Киев.

## **Общая характеристика исследований лаборатории искусственного интеллекта**

*Зав лабораторией к.т.н. Загорулько Ю.А.*

### **Основные результаты научных исследований за год, их практическое использование и применение в учебном процессе**

**Приоритетное направление IV.39.** Архитектура, системные решения, программное обеспечение и информационная безопасность информационно-вычислительных комплексов и сетей новых поколений. Системное программирование

**Программа IV.39.1.** Теоретические и прикладные проблемы создания эффективных надежных программных систем и информационных технологий

**Проект IV.39.1.4.** Методы и технологии создания интеллектуальных информационных систем и систем поддержки принятия решений

#### **Ответственные исполнители блоков проекта:**

**Блок 1:** к.т.н., заведующий лабораторией Загорулько Ю.А.

**Блок 2:** к.ф.-м.н., с.н.с. Сидорова Е.А.

**Блок 3:** к.т.н., заведующий лабораторией Загорулько Ю.А., н.с. Загорулько Г.Б.

Объектами исследования и разработки в данной работе являются методы и технологии создания и сопровождения интеллектуальных информационных систем, модели и методы автоматизированного построения и наполнения онтологий предметных областей; модели, методы и программные средства извлечения информации из текстов, методы и технологии создания предметных семантических словарей и корпусов текстов; методы и технологии создания интеллектуальных систем поддержки принятия решений.

Цель работы: разработка методов, программных средств и технологии создания и сопровождения интеллектуальных информационных систем поддержки научной, производственной и образовательной деятельности; разработка методов и программных средств извлечения информации из текстов на основе лингвистических моделей и ресурсов; разработка методов и технологий построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений на основе онтологий.

### **Краткое описание проведенных научных исследований**

**Блок 1. Разработка методов, программных средств и технологии создания и сопровождения интеллектуальных информационных систем поддержки научной, производственной и образовательной деятельности.**

Разработан подход к автоматизированному построению онтологий предметных областей, объединяющий формальные математические методы, методы инженерии знаний и лингвистические методы анализа текста.

Исследованы существующие и разработаны новые методы извлечения и пополнения онтологий из открытых информационных ресурсов. Проведены эксперименты по извлечению информации из публичных информационных ресурсов онтологического типа, таких как Wikipedia, DBpedia, Wikidata, Freebase и др.

В частности, был разработан метод, позволяющий на основе контента информационных ресурсов энциклопедического типа (DBpedia и Wikipedia) строить таксономию онтологии предметной области, заданной набором понятий (ключевых слов).

Схема разработанного метода для ресурса DBpedia включает следующие шаги.

1. Из заданного набора понятий выбирается очередное понятие.
2. Это понятие ищется в DBpedia с помощью языка запросов SPARQL через предоставляемую данным ресурсом точку доступа.
  - Если понятие найдено среди онтологических классов DBpedia, то извлекается иерархия вверх и вниз по отношению `rdfs:subClassOf`.
  - Если понятие найдено среди категорий DBpedia, то иерархия извлекается по отношениям `skos:broader`.
  - Если понятие найдено среди экземпляров, то для него извлекаются классы по отношениям `rdf:type` и `dbo:type` и категории по отношению `dct:subject`, а уже для них повторяются два предыдущих пункта.
3. Если понятие не найдено, то оно заменяется синонимом при помощи тематического тезауруса или словаря WordNet, после чего выполняется шаг 2.
4. Если набор понятий еще не исчерпан, то переходим к шагу 1.
5. Все построенные иерархии объединяются в одну онтологию.

Схема метода для ресурса Wikipedia отличается только в шаге 2. На этом шаге понятие ищется в Wikipedia при помощи MediaWiki API (программного интерфейса доступа к системе). Для разных языков программирования существуют свои библиотеки для использования этого API. Например, для Python можно использовать Python WikipediaBot Framework, для PHP — Aribot.

- Если понятие найдено среди категорий Wikipedia, то извлекаются надкатегории и подкатегории на заданную глубину.
- Если понятие найдено среди страниц, то для этой страницы берутся ее категории и уже для каждой из них выполняется предыдущий пункт.

После окончания обработки каждого ресурса две полученные онтологии объединяются в одну при помощи встроенного в редактор онтологий Protégé инструмента.

В качестве заключительного этапа выполняется проверка корректности полученной онтологии средствами логического вывода редактора Protégé.

Работу предложенного метода проиллюстрируем на примерах.

Пример запроса для извлечения из DBpedia иерархии «общее-частное» для понятия Animal (по отношению `rdfs:subClassOf`) выглядит следующим образом:

```
CONSTRUCT
{
  ?x rdfs:subClassOf ?y.
  ?a rdfs:subClassOf ?b.
}
WHERE
{
  ?x rdfs:subClassOf+ dbo:Animal.
  ?x rdfs:subClassOf ?y.
  dbo:Animal rdfs:subClassOf* ?a.
  ?a rdfs:subClassOf ?b.
}
```

Результат выполнения этого запроса представлен на Рис. 1.

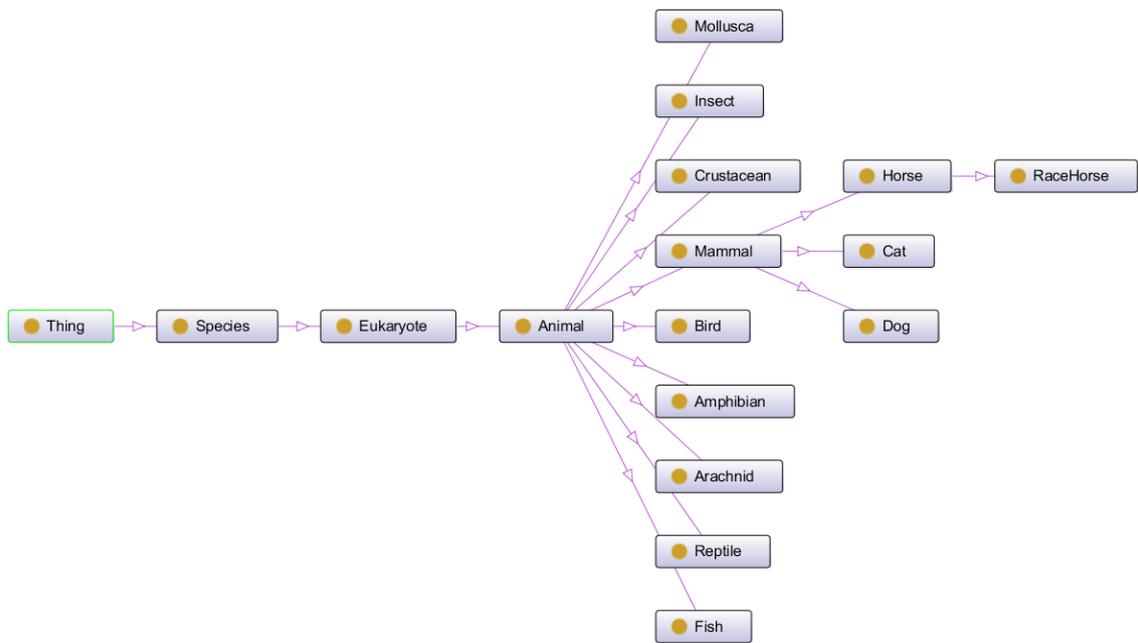


Рис. 1. Иерархия, построенная для понятия *Animal*

Приведем также пример запроса на извлечение всех непосредственных подкатегорий для понятия *Archaeology* по отношению *skos:broader*:

```

CONSTRUCT
{
  ?x rdfs:subClassOf dbc:Archaeology.
}
WHERE
{
  ?x skos:broader dbc:Archaeology.
}

```

Заметим, что в качестве примера специально был выбран запрос, дающий обозримый результат (см. Рис. 2). При расширении запроса (все подкатегории, все надкатегории) размер результата резко возрастает.

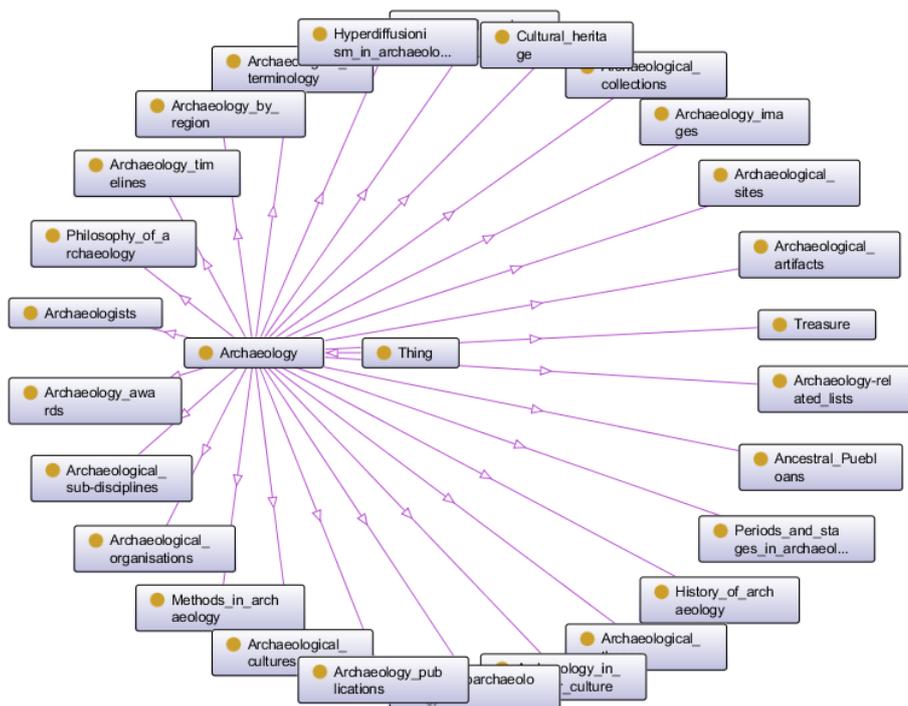


Рис. 2. Результат запроса, полученного для понятия *Archaeology*

В качестве примера построения таксономии онтологии на основе русской Википедии приведем результат извлечения из нее всех подкатегорий и их страниц для категории «Компьютерная лингвистика»:

Категория: Компьютерная лингвистика  
Bologna Translation Service  
Автоматическое получение размеченного корпуса  
Компьютерная лингвистика  
Метод Леска  
Паккард, Дэвид Вудли  
Разрешение лексической многозначности  
Субвокальное распознавание  
Частеречная разметка  
Категория: Word sense disambiguation  
Автоматическое получение размеченного корпуса  
Метод Леска  
Разрешение лексической многозначности  
Категория: Корпусная лингвистика  
Корпусная лингвистика  
Битекст  
Закон Ципфа  
Индекс удобочитаемости  
Мангеймский корпус немецкого языка  
Машинный фонд русского языка  
Национальный корпус русского языка  
Письменный корпус татарского языка  
Татозба  
Частотность  
Частотный словарь  
Чешский национальный корпус  
Категория: Распознавание речи  
Распознавание речи  
MARF  
PPAML  
Silent Speech Interfaces  
Voice Activity Detection  
Актроид  
Гибридный машинный перевод  
Голосовое управление  
Голосовой поиск  
Мобильный перевод  
Обработка естественного языка  
Синхронный автоматический перевод  
Статистический машинный перевод  
Субвокальное распознавание

Как видно, качество данной выборки не очень высокое. Это обусловлено тем, что структура и контент Википедии формируется большим количеством людей, что затрудняет создание единой стройной системы. Поэтому иерархию, извлеченную из Википедии, нужно в значительной мере дорабатывать вручную, а в перспективе развивать методы автоматизирующие этот процесс (например, отфильтровывающие нерелевантные понятия).

В рамках развития подхода к автоматизированному построению онтологий предметных областей **разработаны новые методы поиска и сбора релевантных информационных**

**ресурсов из сети Интернет**, используемых для пополнения онтологий интеллектуальных информационных систем (ИИС) поддержки научной деятельности. В частности, предложены новый метод генерации запросов к метапоисковой системе и новый метод оценки релевантности найденных по ним информационных ресурсов.

Предложенный метод генерации поисковых запросов использует онтологию и тезаурус. Сгенерированные по онтологии и тезаурусу поисковые запросы позволяют находить ресурсы в сети Интернет, которые содержат информацию об экземплярах классов онтологии, их атрибутах и связях между ними. Поиск релевантных информационных ресурсов осуществляется методами метапоиска, т.е. запросы отправляются существующим информационно-поисковым системам (Яндекс, Google, Bing), а результаты объединяются. Модуль поиска запускается с заданной при настройке ИИС периодичностью. На Рис. 3 представлена общая схема процесса поиска ссылок на релевантные интернет-ресурсы.

Поскольку используются универсальные поисковые системы, дополнительно оценивается релевантность найденных информационных ресурсов и выполняется фильтрация ссылок на нерелевантные ресурсы и дубликаты, после чего оставшиеся ссылки добавляются в базу данных ссылок на интернет-ресурсы (БД СИР).

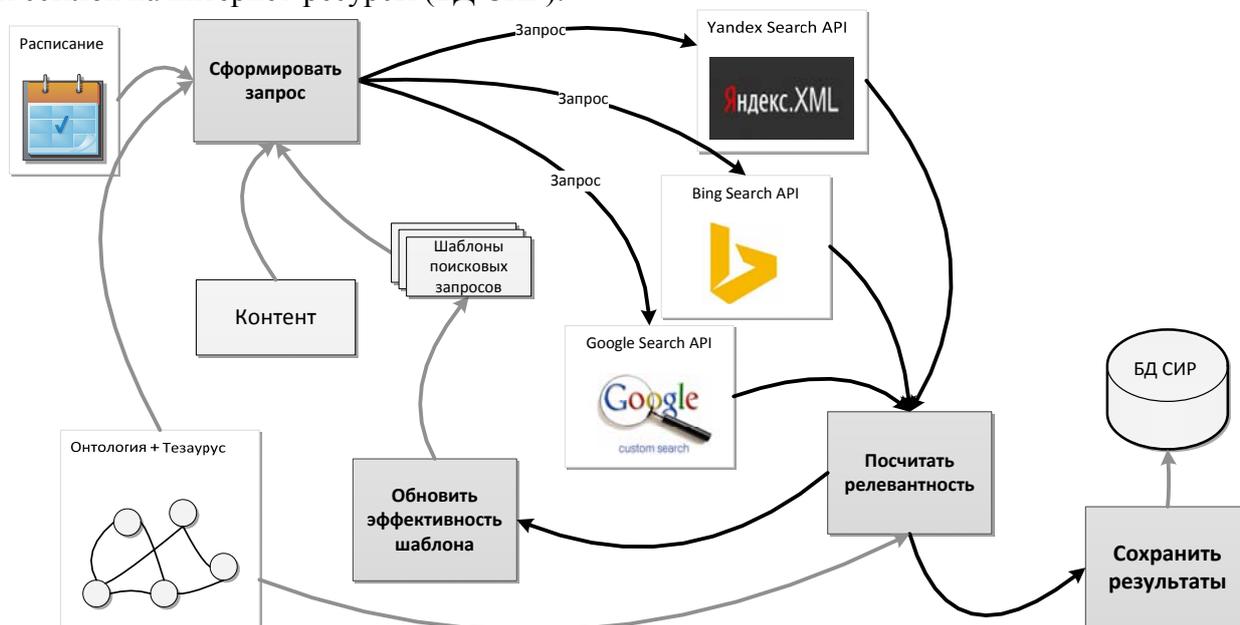


Рис. 3. Поиск релевантных интернет-ресурсов

Модуль поиска использует шаблоны поисковых запросов, которые позволяют по фрагменту онтологии построить поисковый запрос для поиска интернет-ресурсов, содержащих релевантную информацию, но не представленных в контенте ИИС. Заметим, что в контенте ИИС информация о какой-либо сущности области знаний может отсутствовать совсем, либо задана только частично. Для каждого из этих случаев генерируются свои наборы шаблонов.

На основе значений релевантности найденных интернет-ресурсов рассчитывается эффективность шаблона, по которому был сгенерирован поисковый запрос. Эффективность шаблона влияет на то, как часто будет осуществляться поиск по запросам, сгенерированным на его основе.

Шаблон поискового запроса задает структуру фрагмента онтологии, по которому будет строиться запрос. Такая структура задается с помощью базовых элементов шаблона: шаблонов классов, шаблонов экземпляров, а также шаблонов связей между ними и шаблонов атрибутов (в том числе и атрибутов отношений). Кроме этого шаблон указывает, какие значения (названия классов, отношений, атрибутов и значения атрибутов) должны быть включены в поисковый запрос.

Например, на Рис. 4 представлен шаблон поискового запроса, в котором указано, что в поисковый запрос следует включать значения атрибута *Название* класса *Раздел науки*, а также значение доменного атрибута класса *Событие*. (Здесь под значением атрибута класса

понимается любое допустимое значение этого атрибута; в случае, если число допустимых значений бесконечно, рассматриваются только значения представленные в контенте ИИС.)

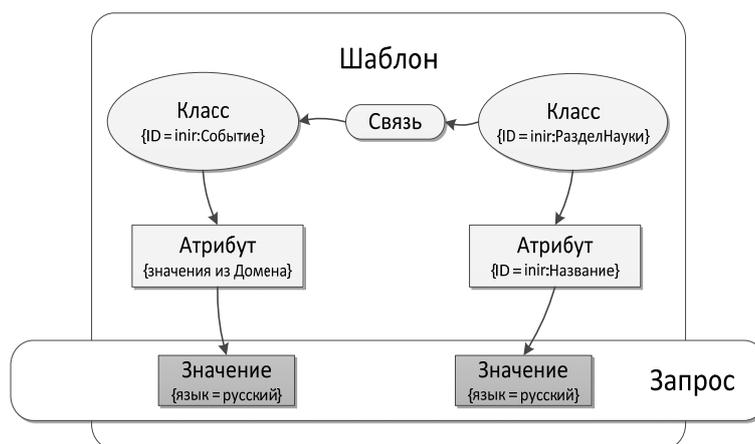


Рис. 4. Шаблон поискового запроса

При генерации поискового запроса по шаблону осуществляется поиск всех фрагментов онтологии, подходящих под заданные ограничения. По каждому найденному фрагменту строится один поисковый запрос. Для базовых элементов в шаблоне могут быть указаны ограничения, например для шаблона класса может быть указан идентификатор конкретного класса онтологии, тогда при поиске подходящего фрагмента онтологии этому базовому элементу шаблона ставится в соответствие только этот конкретный класс. На Рис. 4 ограничения указаны в фигурных скобках.

Шаблон поискового запроса автоматически транслируются в SPARQL запрос, который осуществляет поиск нужных фрагментов онтологии и извлекает значения, необходимые для построения запроса. В таблице 1 представлены примеры запросов, сгенерированных по шаблону, показанному на Рис.4.

Таблица 1. Примеры сгенерированных поисковых запросов

Поисковый запрос
конференция Системный анализ
конференция Когнитивная психология
конференция Искусственный интеллект
конференция Теория принятия решений
конференция Исследование операций
семинар Системный анализ
семинар Когнитивная психология
семинар Искусственный интеллект
семинар Теория принятия решений
семинар Исследование операций

Релевантность ссылок оценивается с использованием характеристических векторов, которые строятся для запроса и для каждой скачанной по ссылке веб-страницы. Вектора включают абсолютные частоты встречаемости терминов (слов) в тексте запроса или страницы. При этом в вектора не включается информация о стоп-словах, т.е. словах, не несущих смысловой нагрузки (предлогах, общеупотребимых словах и т.п.). Для учета встречаемости терминов в разных морфологических формах используются их основы. Для решения проблемы неоднозначности слов в вектор запроса включаются имена понятий онтологии, близкие к входящим в запрос понятиям.

Релевантность страницы запросу вычисляется как значение косинусной меры между векторами запроса  $\vec{q}$  и веб-страницы (документа)  $\vec{d}$  по формуле 1.

$$similarity = \cos(\theta) = \frac{q \cdot d}{\|q\| \times \|d\|} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i \times d_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n q_i^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n d_i^2}} \quad (1),$$

где  $n$  – длина вектора (число учитываемых терминов), а  $i$  – позиция термина в векторе.

Страницы, для которых значение релевантности меньше определенного порога, считаются не релевантными и удаляются из результатов.

Исследованы существующие и **разработаны новые методы создания интеллектуальных информационных систем** поддержки научной деятельности с использованием средств технологий **Semantic Web**.

Технология Semantic Web удобна при реализации ИИС, прежде всего, потому, что она предоставляет достаточно удобные и выразительные средства представления знаний и данных, в частности, языки описания онтологий RDF, RDF(S) и OWL. Кроме того, применение языка OWL позволяет использовать существующие в свободном доступе машины вывода (reasoners), с помощью которых можно не только выводить новые знания, но и контролировать корректность и целостность системы знаний.

Другим важным преимуществом применения средств технологии Semantic Web для создания ИИС является возможность использования для хранения знаний и данных RDF-хранилищ, а для организации доступа к нему – стандартного языка запросов SPARQL. В такие хранилища встроены машины вывода, что дает им дополнительные преимущества.

Таким образом, был предложен подход к созданию ИИС, в соответствии с которым уровень хранения и доступа к информации обеспечивается RDF-хранилищем и языком SPARQL; уровень обработки информации – стандартными средствами редактирования онтологий и вывода на них; уровень представления информации – пользовательским интерфейсом, вся функциональность которого, включая представление пользовательских запросов и результатов поиска и решений задач, а также обеспечение навигации в информационном пространстве ИИС базируется на OWL-онтологиях и SPARQL-запросах.

Для универсализации разработки ИИС поддержки научной деятельности были **разработаны средства формирования запросов к RDF-хранилищу в терминах онтологии предметной области**. Запрос конструируется из типовых шаблонов в виде интуитивно понятной модели искомого результата, которая затем транслируется в запрос на языке SPARQL.

В рамках создания данных средств были разработаны базовые шаблоны запросов, средства их объединения в более сложные запросы, алгоритмы трансляции запросов в SPARQL и интерпретации результатов. Параметрами шаблонов являются идентификаторы классов, экземпляров, связей, а также идентификаторы значений атрибутов и сами значения.

Полный список базовых шаблонов и их параметров приведен в таблице 2.

Таблица 2. Базовые шаблоны запросов.

Шаблон	Параметры шаблона
Класс	<ul style="list-style-type: none"> <li>Идентификатор класса (URI)</li> </ul>
Экземпляр класса	<ul style="list-style-type: none"> <li>URI класса</li> <li>URI экземпляра</li> </ul>
Отношение	<ul style="list-style-type: none"> <li>URI отношения</li> <li>Классы — аргументы отношения</li> </ul>
Экземпляр отношения	<ul style="list-style-type: none"> <li>URI отношения</li> <li>Объекты — аргументы отношения</li> </ul>
Атрибут	<ul style="list-style-type: none"> <li>URI атрибута</li> <li>Тип значения атрибута</li> </ul>

Экземпляр атрибута	<ul style="list-style-type: none"> <li>• URI атрибута</li> <li>• Значение атрибута</li> </ul>
--------------------	---

На Рис. 5 в виде дерева представлен общий вид запроса, сконструированного из базовых шаблонов.

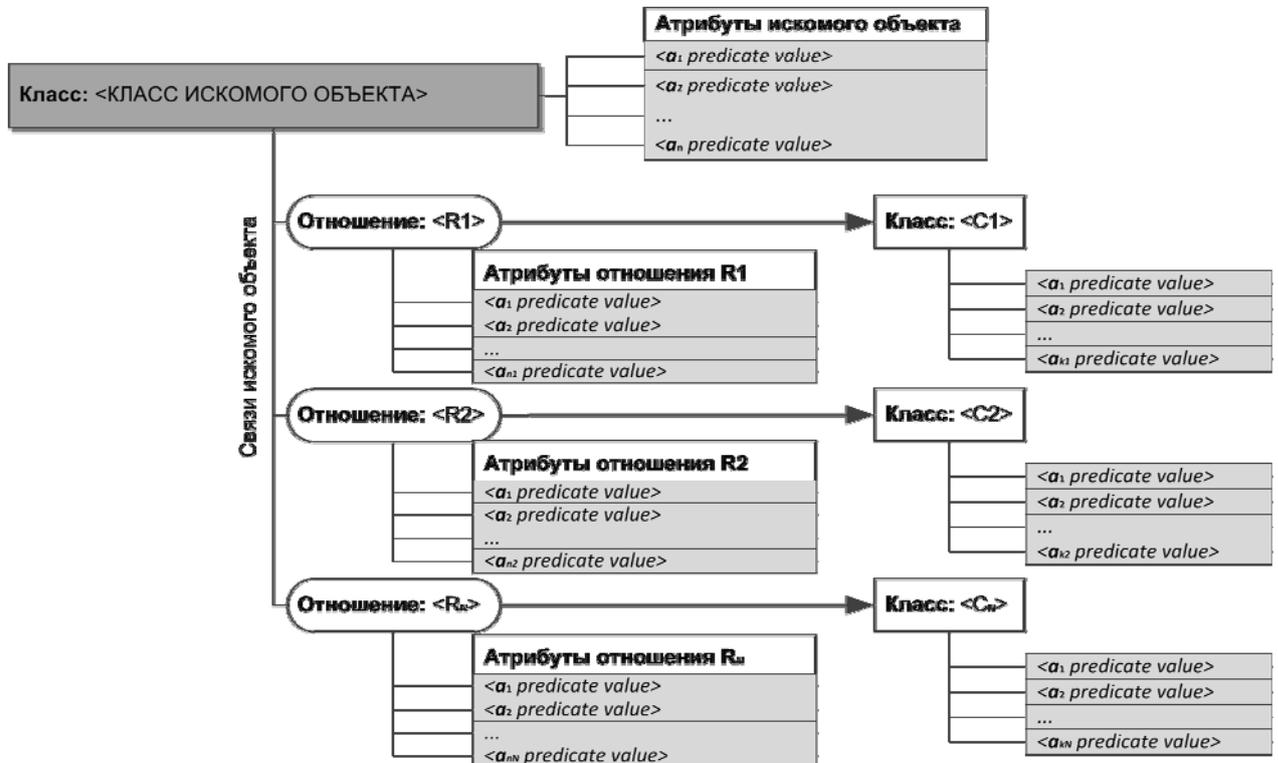


Рис. 5. Общий вид сложного шаблона

При этом SPARQL-запросы, сгенерированные по таким шаблонам, могут быть довольно сложными.

Таким образом, данные средства упрощают разработку интеллектуальных систем поддержки научной деятельности, снижая уровень требований к разработчику в области представления знаний.

Разработанные на предыдущем этапе **методы поддержки актуальности информации** были **опробованы в ИИС, построенной с использованием технологий Semantic Web.**

Проведено экспериментальное исследование методов поддержки доверия и актуальности информации на данных из сетей цитирования научных публикаций. На основе проведенных исследований было скорректировано поведение модели при работе со связанными данными, что важно, т.к. информационные системы, построенные с использованием технологий Semantic Web, рассматриваются в качестве основной области применения. Доверие (англ. trust) является одним из основополагающих элементов концепции Semantic Web, так как функционирующие внутри сети интеллектуальные агенты должны быть способны выбирать наиболее заслуживающую доверия информацию из многочисленных альтернативных источников.

В общем случае, сети цитирования могут извлекаться как из специализированных систем цитирования, таких как Scopus или eLibrary, так и непосредственно из облака Linked Open Data. Ранее проводились эксперименты по оценке рейтингов IT-проектов на данных, извлекаемых из систем совместной разработки. Рейтинг IT-проекта вычислялся на основе доступной информации о команде разработчиков и активности поддержки проекта. Условия экспериментов по применению разработанных методов на графах, в частности, графах цитирования, отличаются, в первую очередь, наличием зависимости рейтинга узла от других узлов того же типа. Рейтинг научной публикации зависит от рейтинга других публикаций —

публикаций, ссылающихся на нее. Соответственно, при изменении рейтинга одного из узлов изменения рейтинга распространяются по графу.

Была проведена серия экспериментов по оценке рейтингов научных публикаций в системах Google Scholar и PubMed на основе рейтингов авторов и информации о цитировании. Подсчитанный таким образом рейтинг, хотя и представляется аналогичным индексу цитирования, имеет также и существенные отличия, такие как учет зависимости от времени и дополнительный анализ динамики изменений рейтинга. Результаты такого анализа позволяют выделить публикации, менее значимые для научного сообщества. В системах с ограниченными ресурсами такие публикации будут первыми кандидатами на перемещение в архив.

Поскольку ни одна из характеристик авторов публикаций, доступная в рассматриваемых источниках данных для эксперимента, не могла сама по себе служить рейтингом в силу требований модели, для вычисления рейтинга автора применялась следующая формула:

$$R^a = \begin{cases} \frac{1}{2}, n^p = 0 \\ \frac{4}{5} - \frac{4}{5 \cdot 2^{\frac{n^c}{100} + 1}} + \frac{1}{5n^p} \sum_{i=1}^{n^p} \frac{1}{n_i^a}, n^p > 0 \end{cases} \quad (2)$$

Здесь  $n^p$  и  $n^c$  — соответственно, общее число публикаций и цитирований автора,  $n_i^a$  — общее число авторов  $i$ -той публикации. Из формулы (2) видно, что рейтинг автора есть функция от числа его публикаций, соавторов и общего числа цитирований. Вставка публикации влечет обновление рейтингов ее авторов, публикаций этих авторов и публикаций, на которые они ссылаются.

Было проведено несколько экспериментов на разных наборах данных. Выборка данных из Google Scholar формировалась «от автора»: выбирался один автор, находились все его публикации, далее выбирались все цитирующие публикации и их авторы. В таблице 3 приведено сравнение рейтингов публикаций разных лет с разным числом цитирований для выборки на основе Хорхе Хирша — автора одноименного индекса.

Таблица 3. Рейтинги некоторых публикаций Х. Хирша

Название	Год издания	Процитировано	Рейтинг
<i>Uncertainties in nuclear transition matrix elements for neutrinoless <math>\beta\beta</math> decay within the projected-Hartree-Fock-Bogoliubov model.</i>	2010	107	0,7608
<i>Double-beta decay within a single-mode model.</i>	1992	24	0,5206
<i>El decaimiento beta doble.</i>	1990	0	0,266

Всего было извлечено 2478 публикаций, из них 235 публикаций Хорхе Хирша с 1986 по 2016 годы, и около 1000 авторов. Наибольшее число цитирований имеет вышедшая в 2010 году статья «Uncertainties in nuclear transition matrix elements for neutrinoless  $\beta\beta$  decay within the projected-Hartree-Fock-Bogoliubov model». Ожидаемые результаты подтвердились: наиболее высоким рейтингом обладает самая цитируемая статья, в то время как рейтинг статьи 1990 года, имеющей 0 цитирований, постепенно снижается. Рейтинг самого Хирша по формуле (1), при этом, составил 0,86.

Выборка данных из PubMed формировалась «от публикации»: выбиралась публикация, далее на каждом шаге выбирались все публикации, цитирующие публикации, выбранные на предыдущем шаге. Также извлекалась информация об авторах всех публикаций.

Первая выборка включала 898 публикаций с 1990 по 2016 годы, 4661 автора и 989 цитирований. При этом самая цитируемая публикация в выборке имела 26 цитирований, самый цитируемый автор — 87. На Рис. 6 приведены графики изменений рейтингов, соответственно, наиболее цитируемых публикации и автора в выборке.

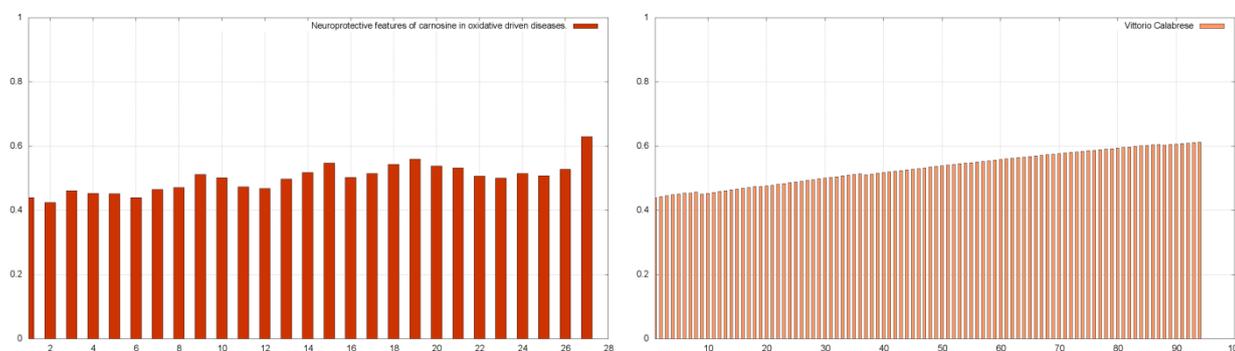


Рис. 6. Графики рейтингов наиболее цитируемых публикации и автора в выборке

На Рис. 7 приведены графики рейтингов, соответственно, публикации, процитированной один раз, и ее автора. Графики схожи, т.к. в выборку попала единственная публикация автора и только ее цитирования оказывали влияние на рейтинг самого автора.

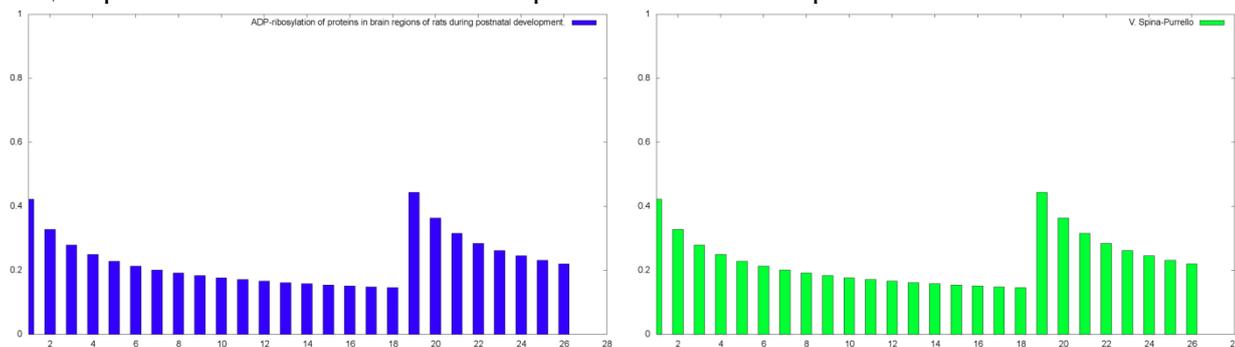


Рис. 7. Графики рейтингов наименее цитируемых публикации и автора в выборке

Как и ожидалось, рейтинги регулярно цитируемых публикаций и авторов равномерно возрастают со временем, тогда как рейтинги редко цитируемых публикаций и авторов увеличиваются при цитированиях, но уменьшаются со временем.

Дополнительно были проведены несколько экспериментов на выборках объема ~5000 и ~20000 публикаций. Их результаты также соответствовали ожидаемым, что подтвердило предположение о применимости разработанных методов для решения данной задачи.

## Блок 2. Разработка методов и программных средств извлечения информации из текстов на основе лингвистических моделей и ресурсов.

В рамках развития технологии создания лингвистических ресурсов разработан подход к **аннотированию текстов** на основе системы семантических признаков, предложена архитектура системы разметки текстов и создания аннотированных корпусов.

Предложена концепция аннотирования текста и создания аннотированного корпуса на основе онтологии предметной области. Корпус текстов содержит текстовые ресурсы, снабженные аннотацией, относящейся к контенту текста, и метаинформацией, отражающей его контекст — «внешние связи» и место в онтологии. Для описания метаинформации каждому тексту сопоставляется информационный объект, атрибуты и связи которого, содержат всю необходимую информацию о документе.

Формально, аннотированный корпус представляется системой вида  $K_A = \langle T, I_T, A, O_A \rangle$ , где  $T$  — множество текстовых документов корпуса,  $I_T$  — множество информационных

объектов, сопоставляемых документам корпуса,  $A$  — множество аннотаций; при этом каждая аннотация соответствует одному тексту, но текст может содержать несколько аннотаций, содержащих различную информацию о данном тексте,  $O_A$  — онтология аннотирования, задающая базовый набор понятий, необходимых для аннотирования, таких как фрагмент текста, отношения между фрагментом и сущностью предметной области, связь фрагмента и текста и т.п.

В общем виде, аннотированный текст представляет собой многослойную систему, где каждый слой представлен разметкой, полученной в соответствии с определенными принципами и основанием (схемой): лингвистическим или семантическим. Созданием схемы управляет эксперт, который фиксирует функциональность слоя разметки и формирует для него систему признаков, с помощью которых будут размечаться необходимые элементы текста.

Аннотация состоит из множества фрагментов текста, каждому из которых поставлен в соответствие семантический признак. Семантический признак должен быть представлен в онтологии либо непосредственно в виде понятия, отношения или атрибута, либо как информационный объект — экземпляр понятия или отношения, либо его атрибут. Формально, аннотация для заданной онтологии предметной области  $O$  и онтологии аннотирования  $O_A$  представляется системой вида  $A = \langle F, S_O, R_{FI}, R_F \rangle$ , где  $F$  — множество фрагментов, где каждый фрагмент задает позиции в тексте;  $S_O$  — множество семантических признаков, таких что  $S_O \subseteq C \cup C_R \cup A_O \cup I \cup I_V$ , где  $C$  — множество понятий  $O$ ,  $C_R$  — множество отношений  $O$ ,  $A_O$  — множество атрибутов понятий или отношений,  $I$  — множество информационных объектов,  $I_V$  — множество значений атрибутов объектов;  $R_{FI}: F \rightarrow S_O$  — отображение, которое сопоставляет фрагменту аннотации его значение, представленное семантическим признаком,  $R_F$  — множество связей между фрагментами, означающих, что один фрагмент построен на основании другого фрагмента (в этом случае позиции совпадают, а признаки различаются). Таким образом, предлагаемые средства аннотирования позволяют разметить в тексте упоминания об объектах заданной предметной области. Отметим, что в тексте может быть несколько упоминаний (вхождений) одного и того же объекта с разным набором атрибутов, в этом случае одному объекту будет сопоставлено несколько фрагментов текста, что позволит в дальнейшем осуществлять поиск всех упоминаний объекта во всем корпусе текстов.

Разработана архитектура системы разметки текстов и создания аннотированных корпусов, которая включает базу данных, программный интерфейс, обеспечивающий работу с базой данных в терминах онтологий, пользовательский интерфейс для поиска и просмотра аннотированных корпусов, редактор для создания аннотаций, редактор онтологии и модуль, реализующий основную функциональность системы и обеспечивающий создание и сохранение в БД аннотаций в терминах онтологий.

Разработаны новые модели и методы построения семантических словарей на основе лексико-семантических шаблонов, ориентированных на задачи семантического анализа текста.

Предложен язык описания лексико-семантических шаблонов, который позволяет задавать правила распознавания терминов специализированных предметных областей, а также символично-числовые конструкции естественного языка. Язык поддерживает использование альтернатив, ссылки на шаблоны, повторители, опциональность частей, условия на контекст, дистантный контекст и т.п.

В качестве примера рассмотрим шаблон, задающий правила распознавания в тексте название института ИСИ СО РАН. Данный шаблон содержит две альтернативы, ссылки на шаблоны, используется опциональность частей и задана длина хвоста слова.

**[ИСИ СО РАН]** =  
институт...<sup>(0,2)</sup>\_систем\_информатики(\_[ершова])(\_[СО РАН])  
иси\_[СО РАН]

Каждый шаблон, помимо описания своего тела (образца) на заданном языке, имеет набор дополнительных параметров, позволяющих описать семантические характеристики

выявляемых терминов. Для определения набора семантических характеристик используется объектный подход – каждый шаблон приписывается определенному классу и определяет значения атрибутов данного класса.

Разработана архитектура системы и осуществлено проектирование среды, обеспечивающей создание семантически-ориентированных предметных словарей шаблонных конструкций на основе концепции “проеекционного редактора”. Среда поддерживает работу пользователя с временными проекциями модели словаря и предоставляет удобные средства описания конструкций языка в виде текста и набора графических примитивов с задаваемыми свойствами.

Разработан подход к анализу текста с помощью словаря лексико-семантических шаблонов. Шаблон является основной единицей поиска. Пусть  $L_0, \dots, L_n$  – разбиение текста на лексемы. Тогда пара чисел  $(s, e)$  – *вхождение шаблона*, где  $s$  – номер начальной позиции в разбиении текста, а  $e$  – номер конечной позиции. Такому вхождению соответствует последовательность  $L_s, \dots, L_{e-1}$ ,  $0 \leq s < e \leq n$ . Таким образом, в процессе лексического анализа каждый шаблон применяется к тексту, находят его вхождения и по каждому вхождению формируется объект с набором атрибутов, указанных в описании шаблона.

Разработаны новые модели и методы структурно-жанрового описания текстов и получили развитие методы жанровой классификации на их основе.

Разработана модель структурно-жанрового описания текста на основе жанровых шаблонов, разрабатываемых экспертами. Описание шаблона опирается на лексические маркеры и условия их сочетаемости в текстовом фрагменте. Маркеры состоят из терминов предметного словаря; поддерживаются альтернативы (синонимы), совместная встречаемость терминов, а также вложенное использование маркеров. Каждому маркеру дополнительно сопоставляются презентационные условия: тип базового фрагмента (заголовок, ссылка, выделенный текст, абзац, титул страницы и др.), в границах которого должен располагаться маркер, и позиция в нем (начало, конец, внутри); тип извлечения, определяющий способ выделения текстового фрагмента (список, следующий за маркером; текст, следующий за маркером до конца абзаца; текст, следующий за маркером до следующего маркера; весь текст страницы и др.). Жанровый шаблон составляется из маркеров с заданными презентационными условиями и в дальнейшем может использоваться как для жанровой классификации, так и для структурно-жанровой сегментации текста.

В общем виде, жанровый шаблон документа, используемый для решения задачи жанровой классификации (т.е. определения жанра текста) задается набором альтернатив, где каждая альтернатива задает совместную встречаемость маркеров с указанием базовых структурных фрагментов, где эти маркеры следует искать. Разработан следующий формат описания шаблона жанра  $id\_genre$ :  $[<marker_{11}, f_{11}><marker_{12}, f_{12}> \dots] [<marker_{21}, f_{21}><marker_{22}, f_{22}> \dots] \dots$ , где  $id\_genre$  – уникальный идентификатор жанра текста (имя),  $marker_{ij}$  – маркер, который должен присутствовать в тексте;  $f_{ij}$  – структурный фрагмент (презентационное условие) для соответствующего маркера.

Предложена двухуровневая архитектура системы жанровой классификации, совмещающая статистический и экспертный подходы к анализу жанра, разработаны методы жанровой классификации текста на основе вычисления меры принадлежности текста жанру. Жанр текста определяется с некоторой вероятностью или релевантностью  $\bar{P}_j = (p(j_1), \dots, p(j_{Nj}))$ , где  $Nj$  – число всех жанров текстов рубрикатора,  $p(j_k)$  – вероятность реализации жанра  $j_k$  в тексте,  $i = 1, \dots, Nj$ ;  $\sum_{k=1}^{Nj} p(j_k) = 1$ .

В рамках экспертного подхода осуществляется поиск маркеров в тексте и применение жанровых шаблонов. Если одному тексту сопоставилось несколько шаблонов жанра, то их релевантность оценивается как  $\frac{1}{n}$ , где  $n$  – общее число определившихся жанров. Если ни один шаблон применить не удалось, то применяется статистический подход. В рамках статистического подхода релевантность текста жанру вычисляется на основе методов машинного обучения. Релевантность (вероятность реализации) жанра  $j_k$  оценивается по

формуле:  $p(j_k) = \sum_{\langle l_i, j_k \rangle} \alpha_{fi} * w(l_i, j_k)$ , где  $l_i \in \omega$  – термин словаря  $\omega$ , найденный в тексте,  $\langle l_i, j_k \rangle$  – связь термина  $l_i$  с жанром  $j_k$  в словаре,  $w(l_i, j_k)$  – вес связи термина  $l_i$  с жанром  $j_k$ , полученный в процессе обучения,  $\alpha_{fi}$  – вес структурного фрагмента, в котором встретился термина  $l_i$ .

В рамках развития **моделей и методов фактографического анализа текста** была рассмотрена задача разрешения неоднозначности текста.

Проведено исследование неоднозначности, возникающей в результате фактографического анализа текста. Собран корпус примеров, проведен их анализ и предложена типизация неоднозначности текста, возникающей после его семантической обработки. Отмечено, что с одной стороны, большая часть многозначности текста снимается семантикой конкретной предметной области, с другой – разрешение неоднозначности на постсемантическом этапе является необходимым для обеспечения корректного пополнения БД фактами. Предложена модель описания неоднозначности текста в терминах конфликтов между результирующими объектами.

На основании проведенных исследований была сформулирована задача разрешения неоднозначности при фактографическом анализе текста и специфицирован результат. Результатом фактографического анализа текста является множество найденных фактов, представленных в виде покрытия текста информационными объектами заданной предметной области. Неоднозначность текста на данном уровне проявляется наличием конфликтных отношений между объектами, где каждый конфликт, по сути, порождает отдельный вариант объектного покрытия текста. Задача разрешения конфликтов заключается в разрешении всех неоднозначностей таким образом, чтобы система была свободной от конфликтов и при этом сохранила максимально возможное количество объектов и связей. Для решения данной задачи предложена модель, описывающая информационные зависимости между объектами и сопоставляющая каждому объекту мощность его контента, а также количество подтверждающей информации.

### **Блок 3. Разработка методов и технологии построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений.**

В рамках разработки методов и технологии построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений **онтология задач и методов поддержки принятия решений была расширена фрагментами, описывающими методы когнитивного моделирования, методы экспертного оценивания и метод недоопределенных вычислений (МНВ).**

Методы когнитивного моделирования используются в процессе принятия решений для решения следующих задач: структурирование предметной области и проблемной ситуации; анализ проблемной ситуации; прогнозирование возможных ситуаций; разработка возможных альтернатив. В качестве модели выступает когнитивная карта ситуации, которая представляет указанные лицом, принимающим решения, законы и закономерности исследуемой области в виде знакового орграфа, в котором вершины являются факторами (признаками, характеристиками ситуации), а дуги, соединяющие вершины, – причинно-следственными связями между факторами.

На Рис.8 представлен фрагмент онтологии, описывающий метод когнитивного моделирования, используемые в нем вспомогательные методы и связанные с ними понятия.

Методы, используемые в когнитивном моделировании, делятся на методы построения карт и на методы работы с картой. В зависимости от вида дуг когнитивные карты делятся на несколько типов: знаковый орграф, взвешенный знаковый орграф, простейший функциональный граф, параметрический векторный функциональный граф, модифицированный граф с учетом времени. После создания карты выбираются целевые и управляемые факторы.

Методы работы с картой в зависимости от типа карты можно подразделить на две основные категории: статические (анализ путей и циклов, анализ связности) и динамические

(генерация и анализ сценариев, анализ устойчивости). Динамические методы основываются на импульсном моделировании и сценарном анализе.

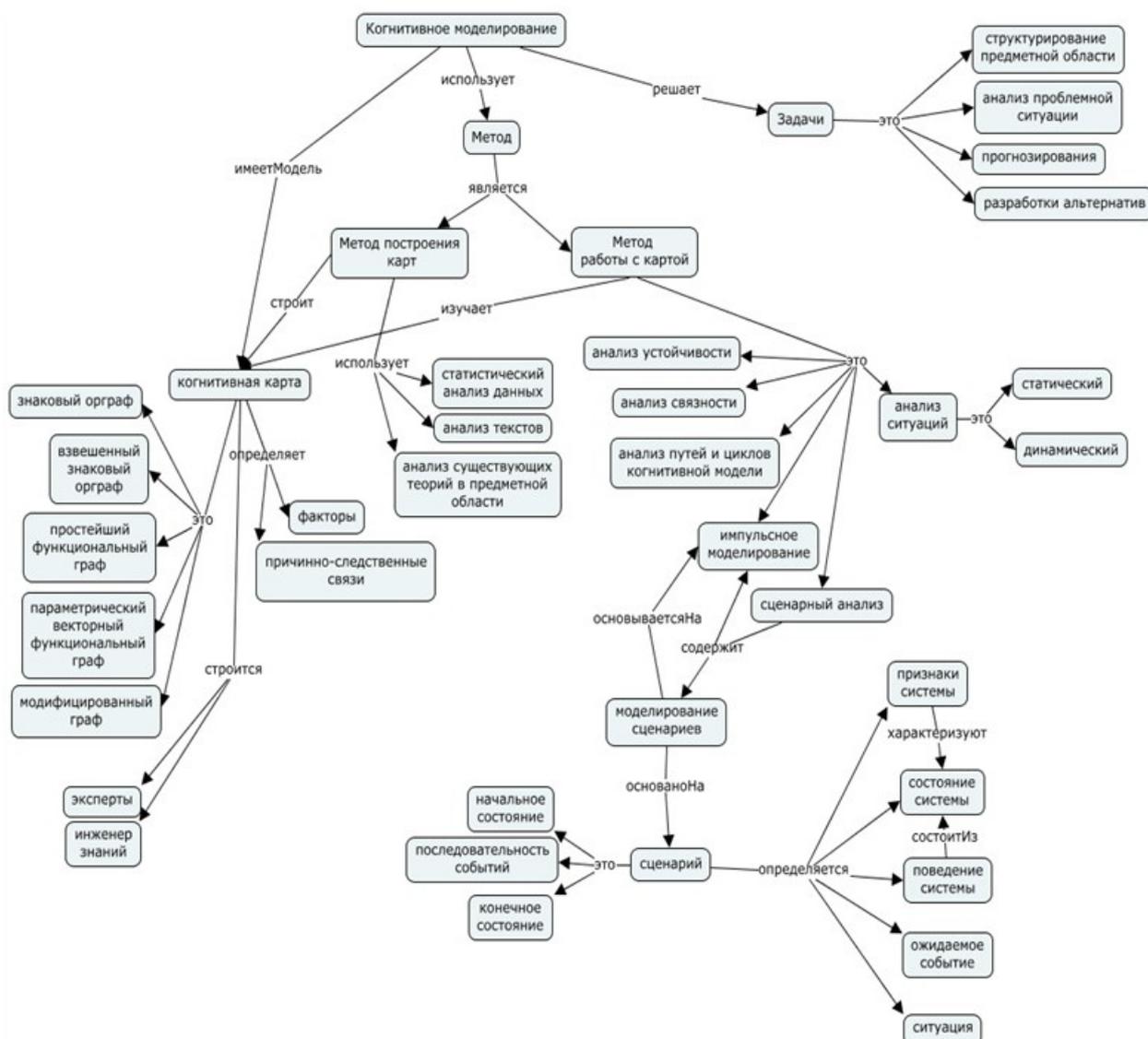


Рис. 8. Метод когнитивного моделирования

Методы экспертного оценивания (Рис.9) используются на заключительных этапах процесса принятия решений – разработке, оценивании и выборе альтернатив выхода из проблемной ситуации, и решают соответствующие этим этапам задачи. В свою очередь, методы включает свои этапы. Можно выделить три основных этапа применения методов экспертного оценивания: подготовка процедуры экспертизы, проведение экспертизы и анализ результатов. На подготовительном этапе формируется рабочая группа (РГ), формулируются цель проведения экспертизы и, если это возможно, альтернативы решения проблемы и критерии их оценки. На этом же этапе подбираются эксперты, и определяется процедура экспертизы, в частности регламент и технические аспекты сбора мнений экспертов. В некоторых методах (например, в мозговом штурме) альтернативы не предлагаются участникам, а определяются (генерируются) ими в процессе проведения экспертизы. На этапе проведения экспертизы эксперт использует предложенный ему метод оценки альтернатив по заданным критериям.

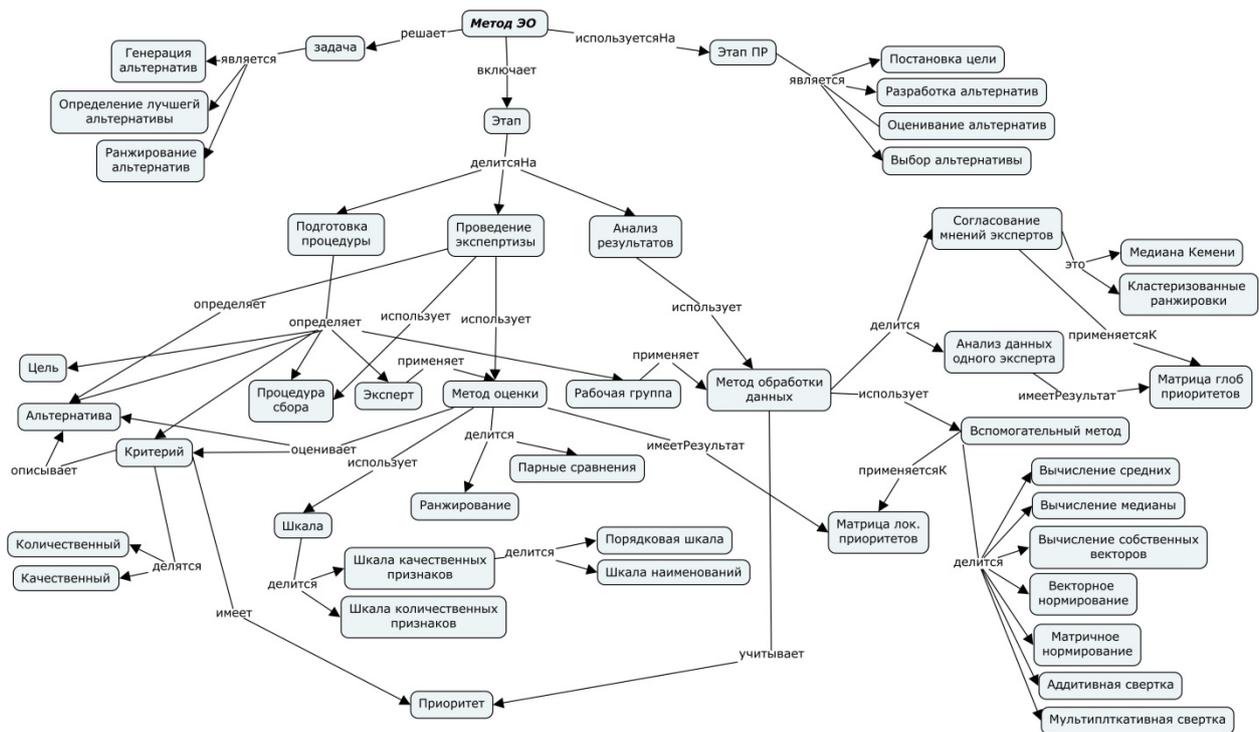


Рис.9. Метод экспертного оценивания.

Основными методами, используемыми при экспертном оценивании, являются парные сравнения и ранжирование альтернатив. Критерии, описывающие альтернативы, могут быть как количественными, так и качественными. Оценка по каждому типу критериев осуществляется в соответствующих шкалах.

На этапе анализа результатов экспертизы оценки каждого эксперта, представленные в матричном виде, подвергаются анализу и дальнейшему согласованию. Для анализа используют разные методы вычисления средних и медиан, методы векторного и матричного нормирования, разные виды свертки. При анализе могут учитываться предпочтения ЛПР относительно приоритетов (важности) критериев, либо эксперты могут сами задать эти приоритеты, исходя из собственных предпочтений. Для вычисления согласованного мнения группы экспертов хорошо себя зарекомендовали методы вычисления медианы Кемени и кластеризованных ранжировок.

Метод недоопределенных вычислений относится к методам программирования в ограничениях, решающих задачу, которую упрощенно можно сформулировать следующим образом: найти значения переменных, удовлетворяющие определенным ограничениям. На Рис. 10 представлен фрагмент онтологии, описывающий метод недоопределенных вычислений. С каждой переменной связывается тип данных и его вид недоопределенности, определяющие множество допустимых значений, способ представления недоопределенного значения, операции над недоопределенными значениями, и, собственно, само недоопределенное значение (подмножество множества допустимых значений). При отсутствии информации значением переменной считается все множество допустимых значений.

Ограничения, связывающие переменные, имеют функциональные интерпретации, позволяющие вычислить новые, в общем случае недоопределенные значения для каждого из своих аргументов по имеющимся значениям остальных аргументов. Совокупность переменных и ограничений модели образует функциональную сеть, над которой выполняются вычисления.

Алгоритм вычислений имеет потоковый характер, выражающийся в том, что изменение значения переменной активирует (вызывает к исполнению) ограничения, связанные с данной переменной. В то же время исполнение (удовлетворение) ограничения, в свою очередь, может вызвать изменение связанных с ним переменных.

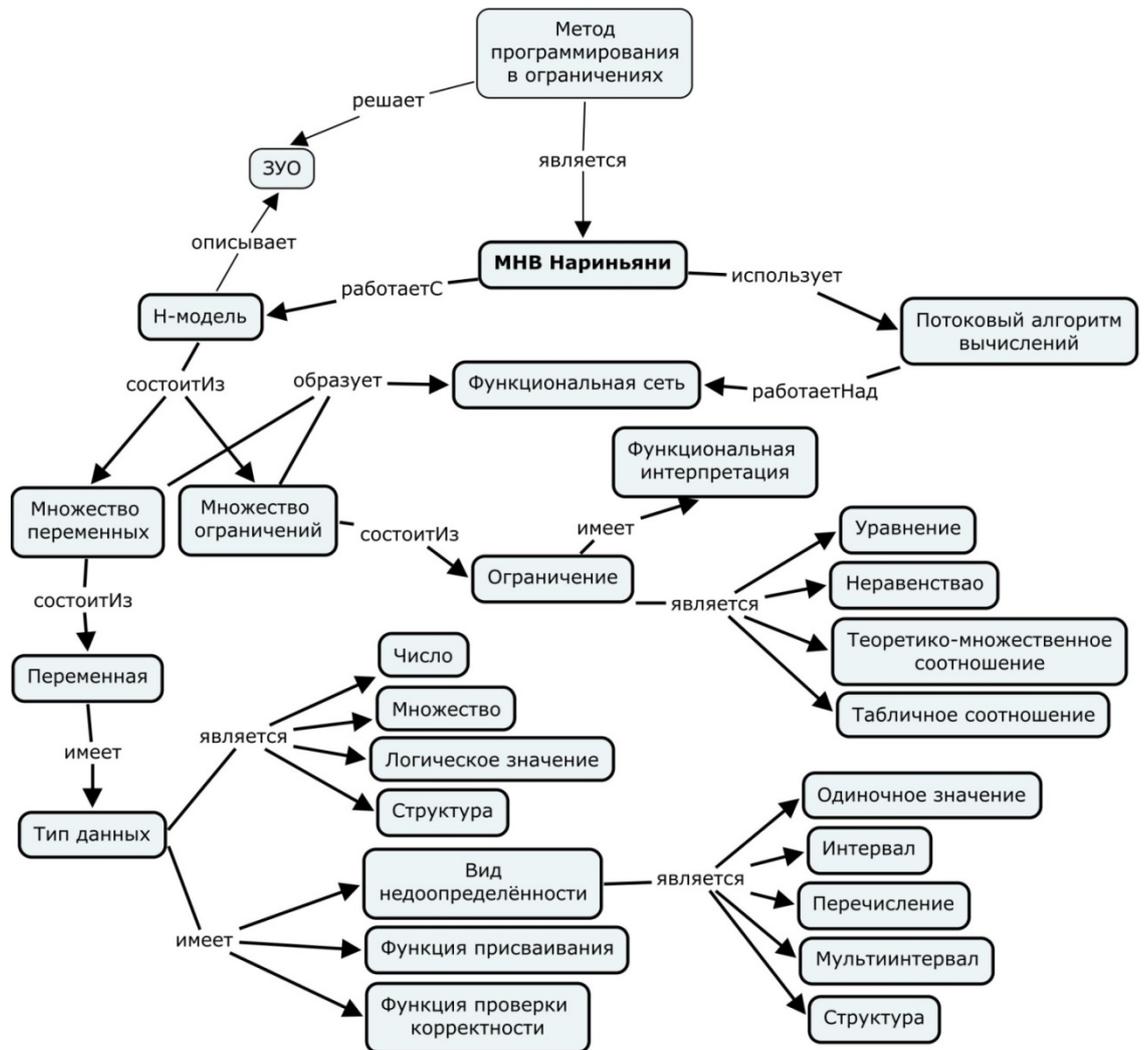


Рис.10. Метод недоопределенных вычислений

В процессе вычислений означивание переменной происходит в соответствии с функциями присваивания и проверки корректности, определенными для типа переменной и вида его недоопределенности. Функция присваивания позволяет только сужать недоопределенное значение переменной, а функция проверки корректности останавливает алгоритм вычислений, если новое значение переменной нарушает локальную совместность.

В контент интернет-ресурса по поддержке принятия решений были добавлены информационные объекты, описывающие вышеописанные методы, вспомогательные методы, используемые данными методами, а также экземпляры связанных с методами понятий, описанных в рассмотренных фрагментах онтологии.

В репозиторий интернет-ресурса добавлены программные сервисы, реализующие методы когнитивного моделирования, экспертного оценивания и метод недоопределенных вычислений.

Для разработки когнитивных карт был использован сторонний редактор, позволяющий сохранять карту в xml-формате. Для анализа когнитивных карт, представленных в xml-формате разработан ряд сервисов, в том числе сервис, снабженный пользовательским интерфейсом, позволяющий загрузить и проанализировать карту, получить наиболее вероятные сценарии развития ситуации.

Методы экспертного оценивания предполагают организацию сбора данных от эксперта. Для реализации этой процедуры был использован сервис google-forms. С помощью данного сервиса рабочая группа может создать анкету, которую в дальнейшем эксперты будут заполнять количественными и качественными данными. Сервис google-forms предоставляет возможность рассылки анкет экспертам и получения от них заполненных анкет. Для обработки

результатов, которые google-forms представляет в Excel-таблице, создан специальный сервис, позволяющий считывать данные в матрицы и применять к ним описанные в онтологии методы.

Для предоставления доступа к МНВ разработан сервис, позволяющий запустить на счет n-модель и выгрузить результаты своей работы. Для предоставления доступа к данному методу было использовано приложение с web-интерфейсом, позволяющее создавать и редактировать n-модели и запускать их вычисления.

**Были разработаны средства для представления в контенте интернет-ресурса табличных данных, значения которых хранятся во внешних хранилищах.**

Эти средства включают в себя сервис, собирающий мета-информацию об интересующем объекте интернет-ресурса, сервис, извлекающий данные из внешнего источника. Разработана база данных (БД), хранящая информацию о внешних источниках данных, сервисах сбора и извлечения данных, шаблоны запросов к внешней БД. Предложена архитектура взаимодействия сервисов, БД и внешних хранилищ.

## Результаты работы по грантам

**Проект РФФИ № 15-07-04144а «Методы и технологии создания предметно-ориентированных систем извлечения информации из документов на основе мультиагентного подхода»**

*Руководитель проекта – к.ф.-м.н., с.н.с. Е.А. Сидорова*

Целью проекта является на решение фундаментальной проблемы - автоматическая обработка и анализ разнородной информации, представленной на естественном языке. Конкретной фундаментальной задачей, решаемой в рамках данного проекта, является разработка эффективных методов извлечения информации из текстов ограниченной тематики и жанра на основе мультиагентного подхода.

В 2016 году были выполнены следующие работы:

1. Проведены теоретические и экспериментальные исследования, направленные на разработку новых и улучшение созданных ранее методов извлечения информации из текстов на основе мультиагентного подхода к анализу данных.

2. Сформулирована задача разрешения неоднозначности текста в терминах конфликтующих агентов мультиагентной системы, в рамках которой неоднозначность рассматривалась на уровне проекции результатов анализа текста на предметную область, т.е. в контексте заданной онтологии.

3. Разработан оригинальный мультиагентный подход, дано формальное описание моделей агентов и предложены алгоритмы, осуществляющие разрешение неоднозначности, выявляемой в процессе анализ текста и извлечения информации из него. В рамках исследований свойств системы доказана корректность предложенного мультиагентного алгоритма с помощью формального аппарата информационных систем Скотта, показана разделяемость множества агентов на непересекающиеся конфликтующие кластеры и, как следствие, отсутствие необходимости вычислять цепочки разрешений конфликтов в процессе разрешения контекстно-зависимой неоднозначности.

4. Предложен метод верификации алгоритма разрешения неоднозначности с помощью техники проверки моделей. Разработан подход к описанию формальных моделей предложенных мультиагентных алгоритмов на основе формализмов информационных и концептуальных систем переходов. Для поддержки экспериментальных исследований разработаны новые лингвистические модели знаний и ресурсы. В частности, предложена модель структурно-жанрового описания текста на основе жанровых шаблонов. Описание лингвистических моделей и моделей фактов было расширено возможностью представления параметрических конструкций. Предложена семантико-синтаксическая классификация

параметрических конструкций. Разработаны универсальные лексико-семантические шаблоны для извлечения темпоральной и количественной информации.

5. Разработано ядро системы правил извлечения информации из новостных текстов корпуса по энергетике. На основе специализированной мультиагентной платформы, разработанной в рамках проекта в прошлом году, была создана упрощенная реализация модуля мультиагентного анализа текста. Данный компонент включает систему инициализации агентов, модуль проверки условий, компонент поиска подходящих моделей управления, реализацию протоколов взаимодействия агентов.

Полученные теоретические и прикладные результаты опубликованы в 9 статьях и докладах на Международных и Всероссийских конференциях. Из них: 2 статьи в журналах из списка ВАК, 3 – в изданиях, включенных в международные системы цитирования Scopus и WoS.

**Проект РФФИ № 16-07-00569а «Методы и средства комплексной поддержки процесса разработки интеллектуальных СППР в слабоформализованных предметных областях на основе сервис-ориентированного подхода и технологий Semantic Web»**

*Руководитель проекта – к.т.н., заведующий лабораторией Ю.А. Загорюлько*

Целью данного проекта является разработка методологии и средств, направленных на обеспечение комплексной поддержки процесса разработки интеллектуальных систем поддержки принятия решений (ИСППР) для слабоформализованных предметных областей.

Для достижения этой цели в 2016 году были выполнены следующие работы:

1. Разработана концепция комплексной поддержки процесса разработки ИСППР в слабоформализованных предметных областях. Согласно этой концепции поддержка разработки ИСППР осуществляется на трех уровнях: концептуальном, информационном и компонентном. Концептуальный уровень (базис) такой поддержки обеспечивается системой онтологий. Информационный уровень представлен специализированным интернет-ресурсом, содержащим систематизированную в соответствии с данной онтологией информацию об области знаний ППР. Компонентный уровень составляет репозиторий реализованных методов поддержки принятия решений, систематизированных и описанных в соответствии с онтологией.

2. Разработана онтология области знаний (ОЗ) «Поддержка принятия решений в слабоформализованных предметных областях», предоставляющая понятийный базис процесса поддержки принятия решений (ППР). Данная онтология состоит из нескольких взаимосвязанных онтологий: онтологии научного знания о ППР, онтологии научной деятельности в ОЗ ППР, онтологии задач и методов ППР, онтологии научных информационных ресурсов ОЗ ППР. Центральное место принадлежит онтологии задач и методов ППР, которая описывает понятия «Задача ППР» и «Метод ППР» в тесной связи друг с другом. Эта онтология также включает подробную спецификацию интеллектуальных методов поддержки принятия решений в слабоформализованных предметных областях.

3. Разработаны концепция, архитектура и основные функциональные компоненты информационно-аналитического интернет-ресурса по поддержке принятия решений, обеспечивающего информационную поддержку процесса разработки ИСППР. Этот ресурс, в частности, должен предоставлять содержательный доступ к систематизированным в нем на основе онтологии конкретным методам поддержки принятия решений и доступным их реализациям. В этом году реализован прототип ресурса.

4. Выполнены реализации в виде сервисов нескольких авторских методов. В частности, разработан сервис, реализующий методы недоопределенных вычислений и рассуждений на основе экспертных правил, а также сервисы, реализующие методы семантического моделирования, такие как методы онтологического, когнитивного и событийного моделирования.

5. Предложена постановка задачи на создание ресурса по поддержке процесса разработки ИСППР в области интеллектуальных энергетических систем, которая также может быть отнесена к слабоформализованным предметным областям.

Полученные теоретические результаты опубликованы в 10 статьях и 13 докладах Международных и Всероссийских конференций.

### Список публикаций лаборатории

#### Монографии

1. Загорулько Ю.А., Загорулько Г.Б. Инженерия знаний : учеб. пособие. / Ю. А. Загорулько, Г. Б. Загорулько ; Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск : РИЦ НГУ, 2016. – 93 с.

#### Российские журналы

1. Загорулько Ю.А., Загорулько Г.Б., Боровикова О.И. Технология создания тематических интеллектуальных научных интернет-ресурсов, базирующаяся на онтологии // Программная инженерия. – 2016. – Т. 7, № 2. – С. 51–60. [ВАК]
2. Пальчунов Д.Е., Загорулько Ю.А., Борисова И.А., Найданов Ч.А. Итоги работы V всероссийской конференции с международным участием "Знания-Онтологии-Теории" (ЗОНТ-15) // Программная инженерия. 2016. Т. 7. № 1. С. 46-48. [ВАК]
3. Загорулько Г.Б. Разработка онтологии для интернет-ресурса поддержки принятия решений в слабоформализованных областях // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, №4 (22). – С. 485–500. – DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-485-500. [ВАК]
4. Гаранина Н.О., Сидорова Е.А., Ануреев И.С. Разрешение конфликтов в мультиагентной системе с типизированными связями для пополнения онтологий // Программирование. – 2016. – № 4. – С. 27–38. [ВАК]
5. Гаранина Н.О., Сидорова Е.А. Подход к верификации семейства мультиагентных систем разрешения конфликтов. Моделирование и анализ информационных систем. 2016;23(6):703-714. DOI:10.18255/1818-1015-2016-6-703-714 [ВАК]
6. Загорулько Ю.А., Загорулько Г.Б. Проблемы комплексной поддержки процесса разработки интеллектуальных СППР в слабоформализованных предметных областях // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2016. – № 3. – С. 115–125. [РИНЦ]
7. Загорулько Г.Б., Сидоров В.А. Метод недоопределенных вычислений как средство поддержки принятия решений в слабоформализованных предметных областях // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2016. – № 4-1. – С. 27–36. [РИНЦ]
8. Рубцова Ю. В., Котельников С. А. Извлечение аспектов товаров или услуг из отзывов потребителей с использованием модели условных случайных полей // Электронные библиотеки. – 2016. – Т. 18, №. 3-4. – С. 203–221. [РИНЦ]
9. Рубцова Ю.В. Преодоление деградации результатов классификации текстов по тональности в коллекциях, разнесенных во времени // Системная информатика. — 2016. — № 7. — С. 45–68. [РИНЦ]
10. Кононенко И.С., Сидорова Е.А., Веремьянина А.О. Подход к извлечению информации о событиях в энергетике (на материале новостных сообщений информагентств) // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2016. – № 3. – С. 126–136. [РИНЦ]
11. Загорулько Ю.А., Загорулько Г.Б., Боровикова О.И. Проблемы разработки онтологии для тематического интеллектуального научного интернет-ресурса // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. 2016. Т. I. № 2. С. 207–217. [РИНЦ]

12. Шестаков В.К. Автоматическая генерация структуры Wiki-систем при помощи онтологий // ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА, № 4( 6 ), – Донецк: ДонНТУ, 2016. — С. 116–121.
13. Natalia Garanina and Elena Sidorova. An Approach to Context-dependent Lexical and Syntactic Ambiguity Resolution in Ontology Population // Bulletin NCC. Series: Computer Science. – Novosibirsk, 2016. – IIS Special Iss. [РИНЦ] (Принято в печать.)

### **Зарубежные журналы**

1. Akhmadeeva I. R., Zagorulko Y. A., Mouromtsev D. I. Ontology-Based Information Extraction for Populating the Intelligent Scientific Internet Resources // Communications in Computer and Information Science. – Springer International Publishing, 2016. – Vol. 649. – P. 119–128. [Scopus]
2. Garanina N.O., Sidorova E.A., Anureev I.S. Conflict resolution in multi-agent systems with typed relations for ontology population // Programming and Computer Software. – 2016. – Vol. 42, Iss. 4. – P. 206–215. [WoS, Scopus]
3. Natalia Garanina, Elena Sidorova, and Stepan Anokhin. Conflict Resolution in Multi-agent Systems with Typed Connections for Ontology Population // Lecture Notes in Computer Science. – 2016. –Vol. 9609. – P. 116–129. [WoS, Scopus]

### **Материалы международных конференций**

1. Лукашевич Н. В., Рубцова Ю. В. SentiRueval-2016: преодоление временных различий и разреженности данных для задачи анализа репутации по сообщениям твиттера // Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Proceedings of the International Conference “Dialogue 2016”. – 2016. – №15 (22). – С. 375–385. [Scopus]
2. Natalia Garanina, Elena Sidorova. Context-dependent Lexical and Syntactic Disambiguation in Ontology Population // Proceedings of the 25th International Workshop on Concurrency, Specification and Programming, Rostock, Germany, September 28-30, 2016. – Humboldt-Universität zu Berlin, 2016. – Vol. 1698. – P. 101–112. – URL: [http://ceur-ws.org/Vol-1698/CS&P2016\\_10\\_Garanina&Sidorova\\_Context-dependent-Lexical-and-Syntactic-Disambiguation-in-Ontology-Population.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-1698/CS&P2016_10_Garanina&Sidorova_Context-dependent-Lexical-and-Syntactic-Disambiguation-in-Ontology-Population.pdf) (дата обращения: 14.12.2016)
3. N. Garanina and E. Sidorova. A Verification Method for a Family of Multi-agent Systems of Ambiguity Resolution // Proc. of Seven Workshop on Program Semantics, Specification and Verification: Theory and Applications (PSSV 2016), June 14-15, 2014 in St. Petersburg, Russia. – System Informatics. – 2016. – № 8. – P. 1–10.
4. Загорулько Г.Б., Загорулько Ю.А. Подход к организации комплексной поддержки процесса разработки интеллектуальных СППР в слабоформализованных предметных областях // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем = Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2016) : материалы VI междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 18-20 февраля 2016 года) / редкол. : В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУИР, 2016. – С. 61–64. [РИНЦ]
5. Загорулько Ю.А., Ахмадеева И.Р. Сбор информации о научной деятельности из сети интернет на основе онтологии области знаний // 26-я Международная Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2016). Севастополь, 4–10 сентября 2016 г. : материалы конф. в 13 т. – Москва ; Минск ; Севастополь, 2016. – Т. 4. – С. 804–810. [РИНЦ]
6. Загорулько Ю.А., Загорулько Г.Б., Боровикова О.И. Особенности разработки онтологии для тематических интеллектуальных научных интернет-ресурсов // 26-я Международная Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2016). Севастополь, 4–10 сентября 2016 г. : материалы конф. в 13 т. – Москва ; Минск ; Севастополь, 2016. – Т. 4. – С. 845–851. [РИНЦ]
7. Загорулько Г.Б. Разработка методов экспертного оценивания для интеллектуального научного интернет-ресурса по поддержке принятия решений // 26-я Международная Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2016).

- Севастополь, 4–10 сентября 2016 г. : материалы конф. в 13 т. – Москва ; Минск ; Севастополь, 2016. – Т. 4. – С. 852–858. [РИНЦ]
8. Серый А.С. Проблемы измерения доверия к данным в информационных системах, построенных на основе онтологий // 26-я Международная Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2016). Севастополь, 4–10 сентября 2016 г. : материалы конф. в 13 т. – Москва ; Минск ; Севастополь, 2016. – Т. 3. – С. 430–436. [РИНЦ]
  9. Брагинская Л.П., Григорюк А.П., Загорулько Г.Б. Организация портала знаний «Активная сейсмология» // XII Международный научный конгресс Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. Международная научная конференция «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология». Труды конференции. – Новосибирск: СГУГиТ, 2016. – Т 2. –С. 19–24. [РИНЦ]
  10. Брагинская Л.П., Григорюк А.П., Загорулько Г.Б., Ковалевский В.В. Разработка научной среды для комплексных исследований в активной сейсмологии // Информационные технологии в науке, образовании и управлении. Международная конференция IT+S&E'16 (Гурзуф, 22 мая-01 июня 2016 г. Весенняя сессия). Сборник научных трудов под редакцией проф. Е.Л. Глориозова, М.:ИНИТ, 2016. –С. 10-19. [РИНЦ]
  11. Ludmila Braginskaya, Andrey Grigoryuk, Galina Zagorulko, Valery Kovalevsky. Ontological Approach to the Systematization of Scientific Information on Active Seismology // Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных. XVIII Международная конференция DAMDID / RCDL'2016. Ершово, Московская обл., Россия, 11–14 октября 2016 г.: Труды конференции. – Москва: ТОРУС ПРЕСС. – С. 315-320.
  12. Брагинская Л.П., Григорюк А.П., Ковалевский В.В., Загорулько Г.Б. Систематизация научных знаний по активной сейсмологии на основе онтологий // Материалы IV Международной конференции "Современные информационные технологии для научных исследований в области наук о Земле. ITES-2016" (Южно-Сахалинск, 7-11 августа 2016). Труды конференции. –С. 70-71.
  13. Шестаков В.К. Способ построения информационных Wiki-систем на базе онтологий // Программная инженерия: методы и технологии разработки информационно-вычислительных систем (ПИИВС-2016), 16–17 ноября 2016 г. : Сборник научных трудов I научно-практической конф. — Донецк: Изд-во ГОУ ВПО ДонНТУ, 2016. — С. 6–11.

### **Материалы российских конференций**

1. Загорулько Ю.А., Ахмадеева И.Р., Серый А.С., Шестаков В.К. Построение тематических интеллектуальных научных интернет-ресурсов средствами Semantic Web // Пятнадцатая национальная конф. по искусственному интеллекту с междунар. участием КИИ-2016 (3–7 октября 2016 г., г. Смоленск, Россия). Труды конф. В 3 томах. – Смоленск: Универсум, 2016. – Т 2. – С. 47–55. [РИНЦ]
2. Сидорова Е.А., Гаранина Н.О. Подход к разрешению неоднозначности текста при пополнении онтологии // Пятнадцатая национальная конф. по искусственному интеллекту с междунар. участием КИИ-2016 (3–7 октября 2016 г., г. Смоленск, Россия): Труды конф. В 3 томах. – Смоленск: Универсум, 2016. – Т 2. – С. 130–138. [РИНЦ]

### **Участие в конференциях**

1. 7th International Conference: Knowledge Engineering and Semantic Web, KESW 2016. Prague, Czech Republic, September 21-23, 2016.
2. VI международная научно-техническая конференция: Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2016). Минск, 18-20 февраля 2016 г.
3. 26-я международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2016). Севастополь, 4–10 сентября 2016 г.

4. Пятнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2016. г. Смоленск, Россия, 3–7 октября 2016.
5. XXI Байкальская Всероссийская конференция и школа-семинар научной молодежи. Иркутск – Байкал, 29 июня-8 июля 2016 г.
6. Двенадцатая всероссийская конференция «Разработка ПО» (CEE-SECR 2016). Москва, 28-29 октября 2016 г.
7. XVIII международная конференция “Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных” DAMDID/RCDL'2016, Ершово, Московская обл., Россия, 11-14 октября 2016.
8. Международная конференция по компьютерной лингвистике и интеллектуальным технологиям «Диалог 2016», Москва, 1–4 июля 2016 г.

#### **Участие в программных комитетах конференций**

1. Загорулько Ю.А. – член программного комитета VI Международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2016). Минск, Белоруссия, 18–29 февраля 2015 г.
2. Загорулько Ю.А. – член программного комитета The 15th International Conference on Intelligent Software Methodologies, Tools and Techniques (SoMet 2016), September 12-14, 2016, Larnaca, Cyprus.
3. Загорулько Ю.А. – член программного комитета Международной Крымской конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо-2016).
4. Загорулько Ю.А. – член программного комитета XVIII Международной конференции “Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных” DAMDID / RCDL'2016. Ершово, Московская обл., Россия, 11–14 октября 2016 г.:
5. Загорулько Ю.А. – председатель подсекции секции «Информационные технологии» 54-й Международной студенческой конференция "Студент и научно-технический прогресс", Новосибирск, апрель 2016 г.

#### **Членство в национальных научных организациях**

1. Загорулько Ю.А., Боровикова О.И., Загорулько Г.Б., Сидорова Е.А. – члены Российской ассоциации искусственного интеллекта.

#### **Международное сотрудничество**

##### **Командировки**

(в том числе инициативные, не оплачиваемые Институтом)

1. *Загорулько Ю.А.* (18.02.16 – 20.02.16) – участие с докладом в 6-й Международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2016), г. Минск, Белоруссия.
2. *Ахмадеева И. Р.* (21.09.16 – 23.09.16) – участие с докладом в 7-й международной конференции: Knowledge Engineering and Semantic Web, KESW 2016. Prague, Czech Republic.

#### **Членство в международных научных организациях**

1. Загорулько Ю.А., Боровикова О.И., Загорулько Г.Б., Сидорова Е.А. – члены Европейской ассоциации искусственного интеллекта.

## Общая характеристика исследований лаборатории системного программирования

*Зав. лабораторией к.т.н. Шелехов В.В.*

### Основные результаты научных исследований за год, их практическое использование и применение в учебном процессе

Для описания структуры произвольной реактивной системы разработана модель в виде набора слоев. Каждый *слой* определяет вполне конкретную функциональность, являющуюся частью функциональности реактивной системы. Неполный набор слоев определяет *модель реактивной системы*, на базе которой можно построить множество различных реактивных систем. На базе данной модели разрабатываются методы *модельно-ориентированного* программирования (model-driven engineering), позволяющие существенно упростить разработку сложной реактивной системы.

Технология автоматного программирования представлена в виде свода правил, определяющих правильный баланс в интеграции автоматного, предикатного и объектно-ориентированного программирования, а также баланс информационных и управляющих связей автоматной программы.

Разработан метод формальной верификации автоматных программ, в частности, проверяющий истинность инвариантов управляющих состояний. Для запуска инструмента проверки на модели (model checking) автоматная программа преобразуется в эквивалентный набор логических формул в соответствии с формальной операционной семантикой предикатных программ.

Определена задача синтеза предикатной программы  $H(x: y)$  на базе формулы корректности  $P(x) \ \& \ H(x: y) \Rightarrow Q(x, y)$ . Синтез реализуется перебором основных операторов и простейших выражений. Сформулирована постановка задачи программного синтеза фрагментов предикатной программы. Синтезируемая программа определяется в форме композиции подпрограмм, полученных применением правил синтеза.

В рамках известной системы Eclipse реализован редактор предикатных программ, в котором традиционный стиль конструирования предикатной программы интегрирован с подсистемами дедуктивной верификации и программного синтеза.

Кодирование операций с объектами алгебраических типов представлено набором правил, определяющих эффективную замену исходной операции на ее образ в императивном языке с использованием результатов потокового анализа программы.

Разработана модель типов языка предикатного программирования  $P$  в целях реализации семантического анализа программ. Определен предпорядок на типах языка  $P$  в виде системы правил. Семантика языка  $P$  формализована с использованием трех видов отношений: совместимости, согласованности и тождества. Обобщенные типы анализируются на базе *концептов* – наборов ограничений для типов.

Разработан новый метод генерации формул тотальной корректности рекурсивных программ без циклов и указателей. Реализована система дедуктивной верификации, генерирующая формулы корректности. Разработана система правил для упрощения процесса генерации формул корректности. Истинность полученных формул проверяется с помощью SMT-решателя CVC3 и в системе PVS.

Разработана классификация программ по их внутренней организации, определяющей интерфейс с внешним окружением, форму спецификации программы и другие особенности. Классификация ориентирована на разработку адекватной технологии для каждого класса программ.

Определены три класса программ: программ-функций, реактивных систем и языковых процессоров.

Кодирование операций с объектами алгебраических типов представлено набором правил, определяющих эффективную замену исходной операции на ее образ в императивном языке с использованием результатов потокового анализа программы. Для AVL-деревьев разработан метод эффективной трансформации операций с деревьями. С этой целью язык предикатного программирования P расширен средствами модификации поддеревьев, доступного по некоторому произвольному пути в дереве. Разработаны новые методы реализации списков и строк с использованием «плавающих» буферов и возможностью задания размера памяти. Введены также средства для их сканирования, аналогичные итераторам в императивных языках.

Разработаны методы восстановления наблюдений для отдельных спутников путём достаточно долгих статических наблюдений в пространственной и временной окрестности. Данные методы позволяют повысить качество эфемерид и соответственно качество определения местоположения для статических наблюдений. Начаты работы по разработке и реализации метода высокой точности для ГНСС Бэйдоу для статических наблюдений. Данная система уже имеет 21 спутник на орбите и может быть полезной для определения уточнённого местоположения в регионах Сибири и Дальнего Востока.

## Описание проведенных научных исследований

### 1. Классификация программ для разработки адекватной технологии программирования.

Методы программной инженерии, доказавшие свою эффективность, не всегда успешно применимы для всех программ. Причина здесь в различиях архитектур программ. Это ставит задачу *классификации программ*, т.е. построения системы классов программ и разработку адекватной технологии программирования для каждого класса программ. Теория программ каждого класса должна определять методы спецификации, верификации (в широком смысле), моделирования и эффективной реализации программ.

Генеральная классификация определяет два класса программ: невзаимодействующие программы (или *программы-функции*) и реактивные системы (или *программы-процессы*). Данные два класса составляют более 90% всех программ. Имеются другие, более сложные классы, например, языковые процессоры и операционные системы.

**Класс программ-процессов.** *Программа-процесс* является *реактивной системой*, реагирующей на определенный набор событий (сообщений) во внешнем окружении программы. Программа-процесс является либо автоматной программой, либо она определяется в виде композиции нескольких автоматных программ, исполняемых параллельно и взаимодействующих между собой через прием/посылку сообщений и разделяемые переменные.

*Автоматная программа* состоит из одного или нескольких сегментов. *Сегмент* имеет один *вход*, помеченный меткой – *управляющим состоянием*. Сегмент имеет один или несколько выходов. Автоматная программа определяет конечный автомат в виде *гиперграфа* с набором управляющих состояний в качестве вершин и набором сегментов в качестве ориентированных гипердуг. *Состояние* автоматной программы определяется значениями набора переменных, модифицируемых в программе.

Частью задачи классификации программ является определение структуры класса реактивных систем. Подклассом реактивных систем являются *гибридные системы*, соединяющие дискретное и непрерывное поведение. Часть переменных состояния гибридной системы соответствует непрерывным параметрам (типа **real**), изменение которых реализуется независимо от программы гибридной системы (вне ее) по определенным законам, обычно

формулируемым в виде дифференциальных уравнений. Важнейшими подклассами гибридных систем являются контроллеры систем управления и временные автоматы.

*Система управления* реализует взаимодействие с *объектом управления* для поддержания его функционирования в соответствии с поставленной целью. Системы управления используются в аэрокосмической отрасли, энергетике, медицине, робототехнике, массовом транспорте и др. отраслях. На каждом шаге вычислительного цикла *контроллер системы управления* получает входную информацию из окружения и обрабатывает ее. Результаты вычисления используются для передачи управляющего сигнала для воздействия на объект управления. Большинство систем управления являются встроенными системами.

**Модель реактивной системы в виде набора слоев.** Для описания структуры произвольной реактивной системы, в частности, системы управления, рассматривается модель в виде набора слоев. Каждый *слой* определяет вполне конкретную функциональность, являющейся частью функциональности реактивной системы. Полный набор слоев после их интеграции между собой определяет реактивную систему. Неполный набор слоев определяет *модель реактивной системы*, на базе которой можно построить множество различных реактивных систем.

Модель простейшей системы управления расширяется слоем отказоустойчивости. Дальнейшее включение слоев интеграции автоматического и ручного управления и защиты от несанкционированного доступа определяет модель системы управления беспилотным летальным аппаратом. Модель системы управления космическим аппаратом (КА) дополнительно включает следующие слои: управление движением КА, поддержку работы служебных систем (энергообеспечение, терморегулирование и др.) и разнообразных сервисов, мониторинг всех процессов и подсистем КА, взаимодействие с наземным комплексом управления.

## 2. Автоматное программирование

ориентировано на класс программ – *реактивных систем*, реализующих взаимодействие с внешним окружением программы и реагирующих на определенный набор событий (сообщений) в окружении программы.

Определение требований – **первый этап** в разработке реактивной системы. *Требования* — совокупность утверждений о свойствах разрабатываемой программы. *Функциональные требования* определяют поведение программы. Определение требований должно проводиться методами *инженерии требований* в соответствии со стандартом ISO/IEC/IEEE 29148. Для сложных производственных систем построение требований требует высокой квалификации специалистов в области инженерии требований. **Второй этап** – формализация функциональных требований, содержательно сформулированных на первом этапе, в виде автоматной программы. При этом реализуется верификация формальных требований относительно содержательных, что обычно позволяет обнаружить значительное число ошибок.

Спецификация функциональных требований на формальном языке спецификаций не отличается принципиально от автоматной программы на некотором императивном языке. Фактически, построение автоматной программы является процессом формализации содержательных требований. Эта особенность является причиной многочисленных спекуляций по поводу программирования без программистов. В действительности, здесь нужны программисты, владеющие инженерией требований и навыками формализации требований.

Ввиду трудности формализации требований существенно, в какой степени используемый язык автоматного программирования способствует хорошему пониманию автоматных программ. Другой важный аспект – применяемая технология автоматного программирования.

Язык автоматного программирования – компактный язык, который строится как расширение *базисного языка* предикатного или императивного программирования. В дополнении к операторному языку автоматного программирования имеется эквивалентный

формальный язык требований с более компактной формой их записи, которая по структуре ближе к содержательным функциональным требованиям.

Технология автоматного программирования представлена в виде свода правил, определяющих правильный баланс в интеграции автоматного, предикатного и объектно-ориентированного программирования, а также баланс информационных и управляющих связей автоматной программы.

На базе модели реактивной системы в виде набора слоев разрабатываются методы *модельно-ориентированного* программирования (model-driven engineering) [5], позволяющие существенно упростить разработку сложной реактивной системы. В простейшем случае слой может быть реализован независимой утилитой с предоставлением определенного интерфейса. В общем случае включение в модель очередного слоя требует существенной модификации исходной модели.

**Верификация автоматных программ.** *Валидация* содержательно сформулированных требований, по которым строится автоматная программа, заключается в их проверке на соответствие потребностям пользователей. Обычно здесь применяется моделирование. Результаты валидации оцениваются совместно разработчиком и заказчиком.

Верификация автоматной программы реализуется относительно ее спецификации, в роли которой выступают *инварианты управляющих состояний*. Инвариант должен быть истинным, когда исполнение программы достигает соответствующего управляющего состояния. Спецификацией являются также и требования на формальном языке требований. Однако поскольку программа транслируется из требований, здесь нет предмета для верификации.

Формальная верификация автоматных программ может быть реализована следующим образом. Для каждого сегмента кода в качестве предусловия выступает инвариант входного управляющего состояния для данного сегмента, а в качестве постусловия – инвариант выходного управляющего состояния. Если инварианты отсутствуют, верификация ограничивается проверкой истинности предусловий для всех используемых вызовов и операций. Здесь используется аппарат дедуктивной верификации для предикатных программ.

Инварианты управляющих состояний, если присутствуют, обычно являются довольно слабыми. По этой причине верификация автоматной программы оказывается принципиально неполной. Не помогут также и дополнительные инварианты внутри сегментов кода. Проведение формальной верификации не гарантирует отсутствия ошибок в автоматной программе. Модель в виде предусловия и постусловия для сегментов кода неадекватна, поскольку сегмент кода состоит из нескольких разнородных кусков и не представляет цельной программы.

Формальная верификация программ реактивных систем, построенных по функциональным требованиям, весьма трудоемка, а число обнаруживаемых ошибок, в дополнении к найденным при моделировании, ничтожно.

Объектами верификации могут быть также *свойства* автоматной программы, обычно формулируемые на языке темпоральной логики. Эти свойства могут быть верифицированы с помощью инструментов проверки на модели (model checking). При этом автоматная программа преобразуется в эквивалентный набор логических формул в соответствии с формальной операционной семантикой предикатных программ.

### 3. Предикатное программирование.

**Программный синтез** предикатной программы  $H(x: y)$ , для которой заданы предусловие  $P(x)$  и постусловие  $Q(x, y)$ , реализуется на базе формулы корректности  $P(x) \ \& \ H(x: y) \Rightarrow Q(x, y)$  для тотальной программы  $H(x: y)$ . Задача синтеза фрагментов предикатной программы определяется посредством композиции операторов применением правил синтеза. Определена система правил синтеза параллельного, условного и последовательного операторов предикатной программы. Она является небольшой частью правил для дедуктивной верификации; другие правила оказались неприменимыми для синтеза.

Синтез реализуется перебором основных операторов и простейших выражений. Для очередной сгенерированной программы с помощью SMT-решателей проверяется выводимость постуловия. При этом используются леммы, поставляющие математические свойства генерируемых программ. Отбраковка реализуется нахождением контрпримеров, нарушающих истинность постуловия.

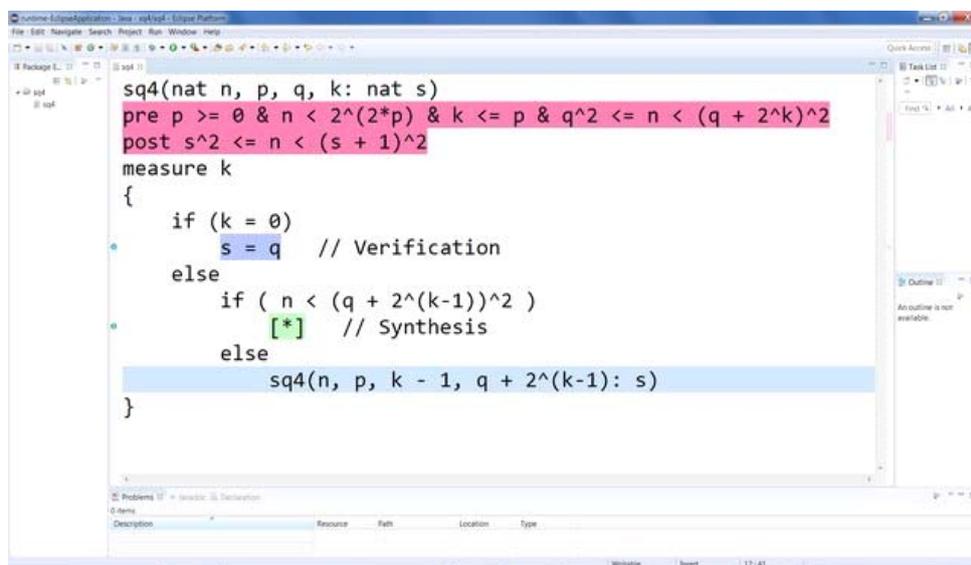
На нескольких небольших программах проведены эксперименты по использованию SMT-решателей CVC3, CVC4 и Z3 для реализации вручную всей совокупности действий, осуществляемых в процессе программного синтеза элементарных операторов. В значительном числе случаев решатели оказались неспособными определить выполнимость очередных генерируемых формул. Ответ гарантируется лишь для бесквантовых формул с целочисленной линейной арифметикой.

Данное обстоятельство требует пересмотра постановки задачи программного синтеза. Возможно, следует допустить возможность использования методов интерактивного доказательства генерируемых программ.

**Дедуктивная верификация.** Разработан новый метод генерации формул тотальной корректности рекурсивных программ без циклов и указателей. Разработана система правил для упрощения процесса генерации формул корректности. Истинность полученных формул проверяется с помощью SMT-решателя CVC3 и в системе PVS.

Реализована экспериментальная система предикатного программирования. Подсистема дедуктивной верификации применялась в рамках студенческих заданий по курсу «Формальные методы в программной инженерии» в 2013-2016гг. для генерации формул корректности, которые далее доказывались студентами в системе PVS.

**Редактор предикатных программ,** в котором традиционный стиль построения предикатной программы интегрирован с подсистемами дедуктивной верификации и программного синтеза, построен посредством набора плагинов в рамках известной системы Eclipse. Процесс редактирования предикатной программы реализуется параллельно с независимыми процессами дедуктивной верификации и программного синтеза, запускаемыми для отдельных фрагментов предикатной программы. В систему Eclipse переносится также весь инструментарий системы предикатного программирования.



```
sq4(nat n, p, q, k: nat s)
pre p >= 0 & n < 2^(2*p) & k <= p & q^2 <= n < (q + 2^k)^2
post s^2 <= n < (s + 1)^2
measure k
{
  if (k = 0)
    s = q // Verification
  else
    if ( n < (q + 2^(k-1))^2 )
      [*] // Synthesis
    else
      sq4(n, p, k - 1, q + 2^(k-1): s)
}
```

Рис.1

**Оптимизирующие трансформации.** Оперирование указателями является весьма сложной и опасной процедурой в императивном программировании. Показателем такой сложности является чрезвычайная трудность дедуктивной верификации программ, оперирующих указателями. В предикатном программировании вместо указателей используются

объекты *алгебраических типов*: списки и деревья. Предикатная программа существенно проще в сравнении с императивной программой, реализующей тот же алгоритм. Эффективность предикатных программ достигается применением следующих оптимизирующих трансформаций: замены хвостовой рекурсии циклом, открытой подстановки, склеивания переменных и кодирования списков, строк и деревьев с помощью массивов и указателей. Результатом трансформаций является императивная программа, по эффективности сравнимая с написанной вручную.

Кодирование операций с объектами алгебраических типов представлено набором правил, определяющих эффективную замену исходной операции на ее образ в императивном языке с использованием результатов потокового анализа программы. Для AVL-деревьев разработан метод эффективной трансформации операций с деревьями. С этой целью язык предикатного программирования P расширен средствами модификации поддеревьев, доступного по некоторому произвольному пути в дереве. Разработаны новые методы реализации списков и строк с использованием «плавающих» буферов и возможностью задания размера памяти. Введены также средства для их сканирования, аналогичные итераторам в императивных языках.

**Анализ типов языка предикатного программирования.** Язык P является языком доказательного программирования со статической типизацией. В системе типов становится необходимым использовать *подтип* как множество истинности некоторого предиката. Следствием этого является *параметризация* типов переменными. Другая особенность – использование неизвестных типов как параметров, характерное для обобщенного программирования. Имеются конструкции с *неявной типизацией* – типы переменных в таких конструкциях явно не заданы и при трансляции восстанавливаются из контекста.

Определена модель типов языка P. Определения рекурсивных типов построены на базе аппарата наименьшей неподвижной точки рекурсивных типовых уравнений. Определен предпорядок на типах языка P в виде системы правил. Семантика языка P формализована с использованием трех видов отношений: совместимости, согласованности и тождества. Обобщенные типы анализируются на базе *концептов* – наборов ограничений для типов.

**Случай неоднозначных предикатных программ.** Для оператора суперпозиции  $V(x: z); C(z: u)$  в случае неоднозначного предиката  $V(x: z)$  предлагается использовать дополнительное условие корректности  $\forall z. (V(x: z) \Rightarrow \exists u. C(z: u))$ , гарантирующее истинность всех лемм и теорем формальной операционной семантики.

#### **4. Разработка метода высокой точности для одночастотного приемника спутниковой навигации на базе систем GPS и ГЛОНАСС.**

Одночастотные навигационные приемники гражданского назначения на базе космической навигационной системы ГЛОНАСС имеют точность определения координат до 8-10м без использования специальных методов. Существует достаточно большой спектр задач, в частности связанных с мобильным картографированием, где не нужна геодезическая точность, однако требуется большая точность, чем могут предложить одночастотные навигационные приемники ГЛОНАСС/GPS. Изначально применялись двухчастотные геодезические навигационные приемники системы GPS, которые существенно (в 10-100 раз) дороже одночастотных.

Разработаны методы восстановления наблюдений для отдельных спутников путём достаточно долгих статических наблюдений. Разработаны также методы восстановления пропусков наблюдений для всех наблюдаемых спутников в пространственной и временной окрестности наблюдения. Данные методы позволяют повысить качество эфемерид и соответственно качество определения местоположения для статических наблюдений. Начаты работы по разработке и реализации метода высокой точности для ГНСС Бэйдоу для статических

наблюдений. Данная система уже имеет 21 спутник на орбите и может быть полезной для определения уточнённого местоположения в регионах Сибири и Дальнего Востока.

### Работы по грантам

#### Проект РФФИ № 16-01-00498а

Технология предикатного и автоматного программирования

*Руководитель – к.т.н., зав.лаб. В.И. Шелехов*

**Грант благотворительного фонда В.Потанина** «Российский образовательный проект по курсу «Формальные Методы в Программной Инженерии»

Подготовлена большая часть видеолекций по первой половине курса "Формальные методы в программной инженерии": <http://wasp.iis.nsk.su/>

*Руководитель – к.т.н., зав.лаб. В.И. Шелехов*

### Список публикаций лаборатории

#### Международные журналы

1. Khenzykhenova F.I., Shchetnikov A.A., Sato T., Erbajeva M.A., Semenei E.Y., Lipnina E.A., Yoshida K., Kato H., Filinov I.A., Tumurov E., Alexeeva N. Ecosystem analysis of Baikal Siberia using Palaeolithic faunal assemblages to reconstruct MIS 3 – MIS 2 environments and climate // Quaternary International, 2016. P. 1-12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2016.06.026>

Журнал входит в международные базы: Web of Science (WoS), Scopus, импакт-фактор: 2,067

#### Российские журналы

1. Чушкин М.С. Система дедуктивной верификации предикатных программ // «Программная инженерия», № 5, 2016. – С. 202-210. (BAK) .
2. Шелехов В.И. Классификация программ, ориентированная на технологию программирования // «Программная инженерия», № 12, 2016. – С3. 531–538. (BAK) . <http://persons.iis.nsk.su/files/persons/pages/prog.pdf>
3. Тумуров Э.Г., Шелехов В.И. Технология автоматного программирования на примере программы управления лифтом // «Программная инженерия», 2016. – 18с. В печати. (BAK) <http://persons.iis.nsk.su/files/persons/pages/lift1.pdf>
4. Шелехов В.И. Предикатная программа вставки в AVL-дерево // Системная информатика. — Новосибирск, 2016. — 16с. На рецензии. [http://persons.iis.nsk.su/files/persons/pages/avl\\_insert.pdf](http://persons.iis.nsk.su/files/persons/pages/avl_insert.pdf)
5. Булгаков К.В., Каблуков И.В., Тумуров Э.Г., Шелехов В.И. Оптимизирующие трансформации списков и деревьев в системе предикатного программирования // Системная информатика. — Новосибирск, 2016. — 29с. На рецензии. [http://persons.iis.nsk.su/files/persons/pages/transalgebraic\\_5.pdf](http://persons.iis.nsk.su/files/persons/pages/transalgebraic_5.pdf)
6. Зубарев А.Ю. Анализ типов в трансляторе с языка предикатного программирования // Системная информатика. — Новосибирск, 2016. — 22с. На рецензии. <http://persons.iis.nsk.su/files/persons/pages/zubarev.pdf>

## Материалы международных конференций

1. Чушкин М.С., Шелехов В.И. Методы синтеза фрагментов предикатных программ // Конф. «Компьютерная безопасность и криптография» SIBECRIPT'16 / Прикладная дискретная математика. Приложение. — 2016, №.9, С.126-128.
2. Тюгашев А.А., Шелехов В.И. Модель программы управления спутником qXz // Тезисы докладов Межд. конф. «Математические методы и современные космические технологии», Алматы. Казахстан. — 2016. — С.176-179.  
<http://persons.iis.nsk.su/files/persons/pages/ctrlspacecraft.pdf>
3. Зубарев А.Ю. Анализ типов в трансляторе с языка предикатного программирования // Материалы 54-й международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс»: секция Математика / Новосиб. гос. ун-т. — Новосибирск, 2016. — С. 201.

## Учебные материалы

1. Шелехов В.И. Основы предикатного программирования. — ИСИ СО РАН, Новосибирск, 2016. — 25с. <http://persons.iis.nsk.su/files/persons/pages/predbase.pdf>

## Участие в конференциях

1. 15-ая всероссийская конференция Сибирская научная школа-семинар с международным участием «Компьютерная безопасность и криптография» SIBECRIPT'16. — Новосибирск, 6–8 сентября 2016 г. Докладчик: Чушкин М.С.
2. 54-я международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс»: Секция «Математика». Новосиб. гос. ун-т. □ Новосибирск, 16-20 апреля, 2016 г. Докладчик: Зубарев А.Ю.
3. Международная конференция, посвященная 80-летию академика У.М. Султангазина «Математические методы и современные космические технологии» — Алматы. Казахстан. — 4–6 октября 2016 г. Докладчик: Шелехов В.И.

## **Общая характеристика исследований лаборатории смешанных вычислений**

*Зав. лабораторией к.ф.-м.н. Бульонков М.А.*

**Кадровый состав:** всего сотрудников — 7, из них научных сотрудников — 6 (в том числе 4 кандидата наук).

**Основные направления исследований:**

- теория и практика смешанных вычислений.

### **Основные результаты научных исследований за год, их практическое использование и применение в учебном процессе**

**Приоритетное направление IV.39.** Архитектура, системные решения, программное обеспечение, стандартизация и информационная безопасность информационно-вычислительных комплексов и сетей новых поколений. Системное программирование

**Программа IV.39.1.** Теоретические и прикладные проблемы создания эффективных надежных программных систем и информационных технологий

**Проект:** Алгоритмы и программные средства для моделирования сложных систем

*Научные руководители:*

*к.ф.-м.н., доцент Ф.А. Мурзин, к.ф.-м.н., доцент М.А. Бульонков*

### **Краткое описание проведенных научных исследований**

#### **1. Система МИКС.**

В рамках развития системы МИКС (модульная информационно-картографическая система) были развиты средства экспертной оценки в подсистеме МИХ-ОМММ. Эта подсистема связанная с анализом и прогнозированием межрегионального взаимодействия с учетом экономических и социальных условий, а также динамики развития отдельных регионов. С математической точки зрения, она сводится к сложной задаче максимизации общего объема конечного потребления при рассмотрении ограниченного временного отрезка.

Полученное решение, однако, требует экспертной оценки, поскольку, далеко не очевидно каким образом изменение параметров задачи влияет на полученный результат. Ситуация осложняется очень большим количеством как входных, так и выходных показателей и в настоящий момент нет практических методов автоматического определения их взаимосвязей. Для решения этой проблемы были разработаны следующие инструменты для нахождения и отображения «аномальных» и «заслуживающих экспертного внимания» точек в ОММ-решениях. Во-первых, эксперт может заранее просчитать несколько вариантов, например, «пессимистический», «оборонный», «хозяйственный» и т.п., для последующего их сравнения. Это потребовало развития архитектуры системы МИКС-ОМММ возможностью работы с несколькими ОМММ решениями одновременно. Во-вторых, он может задать проекцию - перечень тех показателей, которые подлежат сравнению с учётом приоритетных

направлений развития. Наконец, в-третьих, о может задать пороговые значения показателей, чтобы выделить наиболее существенные изменения.

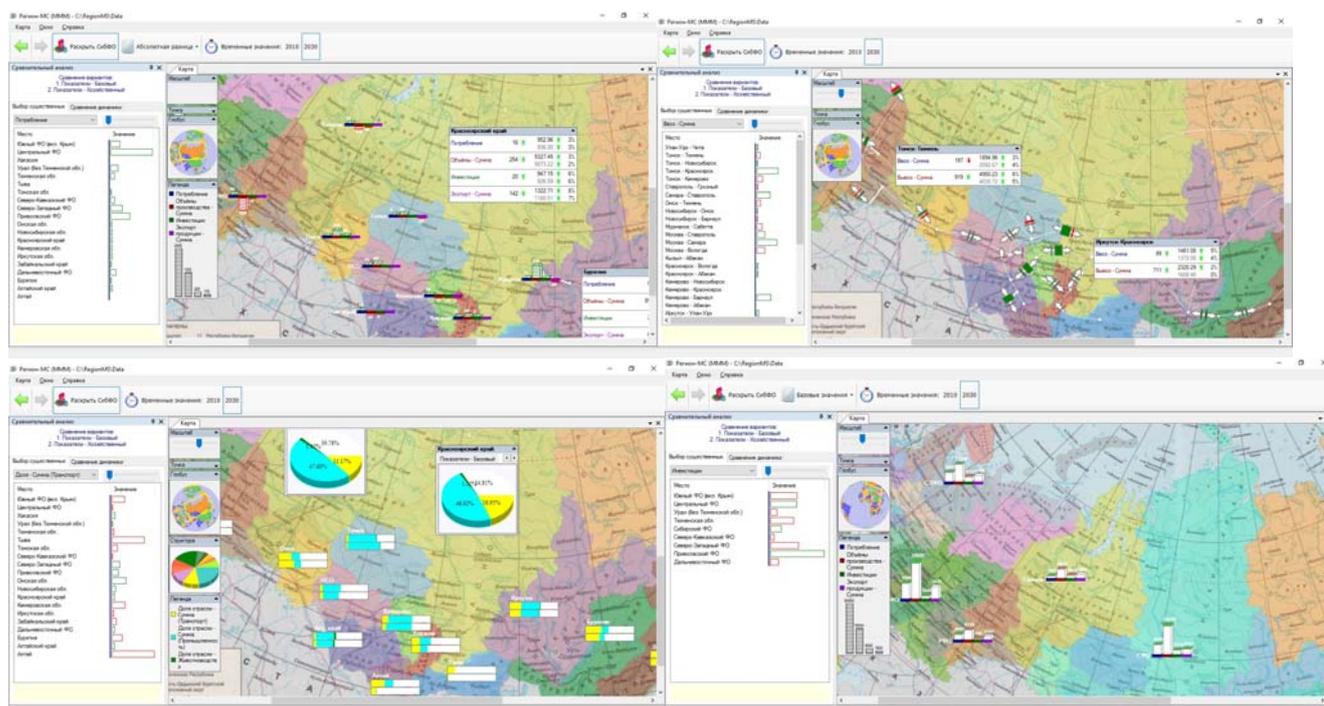


Рис.1. Средства сравнительного анализа в системе MIX OMMM

Разработан дизайн системы МИКС-АТПК для интерактивной поддержки экономических игр. В красноярско-якутской части Арктики прогнозируется развитие Таймыро-Якутского АТПК. В связи с высокими инвестиционными потребностями проектов, высокими рисками ведения хозяйственной деятельности в Арктике, анализ интересов возможных операторов проекта или инвестиционных партнеров требует оценки и сопоставления коммерческих, региональных и общегосударственных эффектов проектов. Прогнозные эффекты приводятся на 2035 год и отображаются на карте России в соответствии с территориальной принадлежностью проектов. Также они могут быть отображены в табличной форме (матрица выигрышей игроков). С очевидностью, действия основных заинтересованных сторон при реализации указанных проектов должны быть согласованы. Данный инструмент создан для осуществления поиска согласованной стратегии.

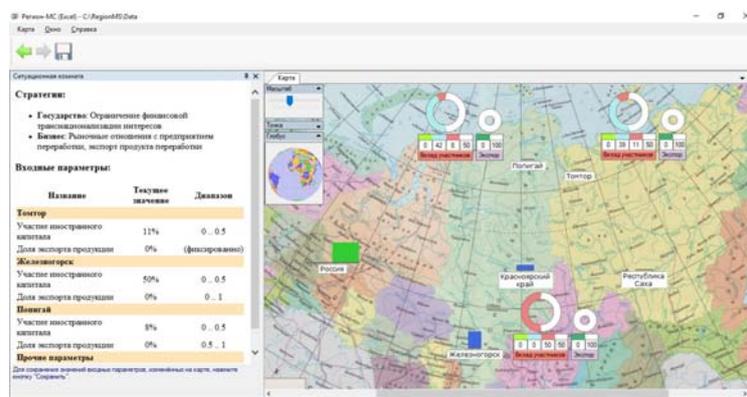


Рис. 2. Момент работы МИКС-АТПК

## **2. Алгоритмические вопросы конъюнктивной декомпозиции булевых формул.**

Продолжались исследования, посвященные декомпозиции формул в конъюнкцию двух формул с предписанным множеством разделяемых переменных (пустым и непустым). Декомпозиция логических формул является важной областью исследований, имеющей длинную историю и широкий спектр приложений в комбинаторной оптимизации, оптимизации при синтезе логических схем, теории игр/(гипер) графов, декомпозиции выразительных дескрипционных логик и т.д. Под конъюнктивной декомпозицией понимают отыскание двух или более формул — компонент, конъюнкция которых эквивалентна исходной формуле.

В 2015-2016 исследовалась модификация задачи для формул в АНФ, в которой компоненты декомпозиции разделяют предписанное множество общих переменных. Был построен алгоритм. При фиксированной мощности разделяемого множества сложность алгоритма является полиномиальной. Исследованы некоторые свойства данного вида декомпозиции. Работа была представлена на *Second International Conference on Algorithms and Discrete Applied Mathematics (CALDAM 2016)* и опубликована в трудах конференции в серии LNCS. По результатам конференции было получено приглашение опубликовать расширенную версию статьи в журнале *Discrete Applied Mathematics* в выпуске, посвященном конференции. Была представлена Emelyanov P. and Ponomaryov D. The Complexity of AND{decomposition of Boolean Functions // Submitted to *Discrete Applied Mathematics*, 2016, в которой приводятся подробные доказательства, некоторые обобщения и эксперименты.

## **3. Исследование личностных характеристик активных пользователей социальных сетей**

Совместно с сотрудником кафедры Фундаментальной и прикладной лингвистики Гуманитарного факультета НГУ Можейкиной Л.Б. была предпринята попытка выявить некоторые характерные личностные особенности активных пользователей социальных сетей. Были рассмотрены такие характеристики, как нейротизм (гипотеза о высоких показателях подтвердилась), открытость личности (гипотеза о высоких показателях не подтвердилась), добросовестности личности (гипотеза о низких показателях подтвердилась). Выявленные черты могут служить маркерами для диагноста, мы можем определить группу риска и провести дополнительную диагностику на предмет зависимости от социальных сетей. Современные информационные технологии позволяют предложить помимо традиционных психотерапевтических подходов новые средства снижения Интернет-зависимости и других рисков для психологического здоровья. Были рассмотрены некоторые из этих средств, пригодных для реализации в браузерах. Статья о результатах исследований была представлена на *Symposium on Health Sciences, Systems and Technologies (HSST 2016, июль 2016, Орlando, США)* и опубликована в трудах конференции.

## **4. Методы анализа и визуализации данных большого объема**

Продолжены работы по разработке новых методов установления идентичности сущностей. Проведена группа экспериментов по сопоставлению информации, извлеченной методом кросс-языковой идентификации авторов с данными русскоязычных электронных библиотек. Эксперименты показали, что информация о публикациях одного и того же автора может быть рассредоточена по многим различным как англоязычным так и русскоязычным ресурсам и для создания наиболее полной картины нужна работа по объединению информации из различных источников. В частности, показано, что значительное количество англоязычных публикаций русскоязычных авторов, извлекаемых из англоязычных электронных библиотек, отсутствует в таких электронных библиотеках, как [elibrary.ru](http://elibrary.ru).

Исследованы возможности использования графовых баз данных при решении задач из области Big Data. Написан обзор, в котором рассмотрены основные модели графовых баз данных, такие как хранилища триплетов (RDF-графы) и графы свойств, осуществлено сравнение хранилищ,

движков и языков запросов различных графовых баз данных, а также рассмотрены такие тенденции как мультимодельность и распределенность при разработке новых графовых баз данных. Рассмотрено взаимодействие современных графовых баз данных с такими фреймворками, как Giraph, Spark, MapReduce.

### **Результаты работы по грантам**

**Проект РФФИ 14-07-00386а Исследование и разработка технологий реализации и анализа больших графовых данных научного профиля**

*Руководитель – д.ф.-м.н. Марчук А.Г.*

**Проект 15/10 «Математические и методологические аспекты интеллектуальных информационных систем»**

*Руководитель – д.ф.-м.н. Марчук А.Г.*

**Проект РГНФ 13-01-12003в**

*Руководитель – д.ф.-м.н Панина Н.Л.*

**Проект РГНФ № 16-02-00221 «Моделирование процесса освоения северных территорий и акваторий России: игровой подход на основе геоинформационных технологий»**

*Руководитель: Малов В.Ю.*

*Исполнители: Бульонков М.А., Филаткина Н.Н., Тарасова О.В., Мелентьев Б.В.*

### **Список публикаций лаборатории**

#### **Российские издания**

1. Апанович З.В. Кросс-языковая идентификация сущностей для сопоставления данных разноязычных ресурсов //Труды пятнадцатой национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием, Смоленск, Универсум, 2016, С. 5-13.
2. Апанович З.В. Сопоставление данных разноязычных ресурсов и кросс-языковая идентификация авторов //Научный сервис в сети Интернет: труды XVIII Всероссийской научной конференции (19-24 сентября 2016 г., г.Новороссийск). — М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2016. — С. 36-45. URL: <http://keldysh.ru/abrau/2016/proc.pdf>

#### **Зарубежные издания**

1. Emelyanov P. and Ponomaryov D. Algorithmic Issues of AND-Decomposition of Boolean Formulas // Programming and Computer Software. 41:3 (2015). pp. 162–169. DOI: 10.1134/S0361768815030032.

### **Материалы международных конференций**

1. Alexey Yu. Akhlyostin, Z.V. Apanovich et al., The current status of W@DIS information system //Proc. SPIE 10035, 22nd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, 100350D (November 29, 2016); doi:10.1117/12.2249235. <http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=2589506> SCOPUS
2. Mozheikina L. and Emelyanov P. Personal Issues of Social Networks: Towards Safe Surfing // Proceedings of the Symposium on Health Sciences, Systems and Technologies (HSST 2016) as a part of the 20th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics (WMSCI 2016), 5-8 July 2016, Orlando, FL, USA. Pages 164-168.
3. Emelyanov P. AND-Decomposition of Boolean Polynomials with Prescribed Shared Variables // Proceedings of the Second International Conference on Algorithms and Discrete Applied Mathematics (CALDAM 2016), 18-20 February 2016, Thiruvanthapuram, India / Lecture Note in Computer Science. – Vol. 9602, - Springer, 2016. – P. 164-175. DOI: 10.1007/978-3-319-29221-2\_14.

### **Материалы российских конференций**

1. Апанович З.В. Кросс-языковая идентификация сущностей для сопоставления данных разноязычных ресурсов.//Труды пятнадцатой национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием, Смоленск, Универсум, 2016, С. 5-13.
2. Апанович З.В. Сопоставление данных разноязычных ресурсов и кросс-языковая идентификация авторов //Научный сервис в сети Интернет: труды XVIII Всероссийской научной конференции (19-24 сентября 2016 г., г.Новороссийск). — М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2016. — С. 36-45.

### **Участие в конференциях**

1. Пятнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием, 3-7 октября 2016 г., Смоленск, Россия
2. XVIII Всероссийская научная конференция Научный сервис в сети Интернет, 19-24 сентября 2016 г., г. Новороссийск).

### **Командировки**

**(в том числе инициативные, не оплачиваемые Институтом)**

1. *Апанович З.В.* Пятнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием, 3-7 октября 2016г., Смоленск, Россия
2. *Апанович З.В.* XVIII Всероссийская научная конференция Научный сервис в сети Интернет, 19-24 сентября 2016 г., г. Новороссийск).

3. *Емельянов П.Г.* Прешкола CALDAM'2016 по дискретной математике и алгоритмам и конференция CALDAM'2016, 15-20 февраля 2016, Тируванантапурам, Индия.
4. *Емельянов П.Г.* XXXVII Пленум УМС по математике и механике УМО по классическому университетскому образованию РФ / ПермьГУ, 20 - 21 мая 2016, Пермь.
5. *Емельянов П.Г.* Посещение высших школ объединения ПариТех, 28 мая-4 июня 2016, Париж, Франция.
6. *Емельянов П.Г.* Конференция HSST'2016, 5-8 июля, Орlando, США.
7. *Емельянов П.Г.* Совместный Пленум ФУМО УГСН 01 и 02 / Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, 9 - 10 декабря 2016, Казань.

# **Общая характеристика исследований лаборатории САПР и архитектуры СБИС**

*Зав лабораторией д.ф.-м.н. Марчук А.Г.*

## **Основные результаты научных исследований за год, их практическое использование и применение в учебном процессе**

Разработан метод вычисления явных терминологических определений в онтологиях, который для выбранного набора терминов и отношений из онтологии позволяет проверить, существует ли определение интересующего термина с использованием только этих терминов и отношений, и построить определение в явном виде. Результат имеет практическую ценность при анализе и декомпозиции объемных онтологий, т.к. позволяет установить, возможно ли устранить заданные пользователем термины и отношения из терминологических определений в онтологии.

Предложена новая обобщенная модель разработанной ранее системы управления модульными гиперизбыточными системами, позволяющая работать с более широким классом модульных систем. Проведены экспериментальные исследования применимости предложенной модели на примере управления виртуальными моделями модульных роботов в программной среде, моделирующей законы механики реального мира.

Создана и опробована библиотека PolarDB, предназначенная для конструирования специализированных и универсальных баз данных и СУБД. Библиотека была опробована в ряде принципиальных классов приложений: реляционные решения, графовая модель RDF, key-value хранилище, объектная база данных класса ORM. Во всех случаях была показана конкурентоспособность библиотеки и построенных на ней решений с хорошо известными, промышленно реализованными системами, направленными каждая на свой класс.

Разработаны изобразительные средства для учебного языка программирования, приспособленные к использованию основных и фундаментальных парадигм программирования при разработке параллельных алгоритмов, включая их парадигмально-аспектную декомпозицию, обеспечивающую лаконизм фрагментов и удобную комбинаторику типовых компонентов, выделяемых при создании и отладке программ, допускающих развитие в процессе эволюции постановки решаемой задачи.

Создана методика установления парадигмальной характеристики языков программирования и формального представления парадигмальных различий в терминах компромисса между эксплуатационной и реализационной прагматиками.

## **Краткое описание проведенных научных исследований**

### **1. Математический анализ понятий, терминологических систем, онтологий**

При анализе онтологий часто возникает вопрос, возможно ли определить то или иное понятие, используя только некоторый ограниченный набор терминов. Простейший пример, если определить понятие  $A$  через некоторые понятия  $B$  и  $C$  как:  $A = B \text{ and } (C \text{ or not } C)$ , то из этого логически следует, что  $A$  можно определить, не используя понятие  $C$ . Необходимость вычисления явных определений понятий (то есть тех, которые возможны, но не представлены в онтологии синтаксически) возникает в процессе работы с большими онтологиями, при извлечении из них компонент, касающихся выделенных терминов. Известно, что в дескрипционных логиках явные определения термина можно вычислить на основе анализа доказательств формул, логически следующих из онтологии. В частности, на основе анализа

доказательств в табличных исчислениях.

Современные оптимизированные алгоритмы автоматического доказательства в дескрипционных логиках основаны на модификации известного метода резолюций и называются алгоритмами направленного логического вывода (consequence-based reasoning algorithms). В сравнении с другими известными методами доказательства, например, табличными методами, они показывают большее быстродействие и удобство реализации. Известно, что для проверки выводимости формулы в классической пропозициональной логике необходимо и достаточно вычислить (конечное) замыкание расширения заданного множества формул относительно правила резолюции и проверить, лежит ли формула-противоречие в построенном замыкании. Исчисления направленного вывода также ориентированы на проверку выводимости формул определенного класса и представляют собой правила, которые минимизируют применение правила резолюции в тех случаях, когда получаемые по нему формулы заведомо не требуются для проверки выводимости. Этим на практике достигается существенное сужение пространства поиска. К примеру, до недавнего времени задача классификации понятий (вычисление is-a иерархии понятий) онтологий в дескрипционной логике EL (сложность проверки выводимости в которой невысока, ограничена квадратичным полиномом от размера онтологии), содержащих сотни тысяч терминологических определений считалась на практике нерешаемой. Современные алгоритмы, использующие направленный логический вывод, решают эту задачу за секунды.

В результате проведенных исследований для дескрипционной логики EL был предложен метод вычисления явных определений понятия относительно онтологий на основе исчисления направленного вывода. Метод основан на введении пометок формул, выводимых относительно правил вывода, и использует простую модификацию алгоритма направленного вывода. Метод может быть реализован как непосредственной внутренней модификацией алгоритма, так и с использованием специального протокола обращений к стандартному алгоритму направленного вывода.

## **2. Разработка методов адаптивного управления модульными механическими системами с большим числом степеней свободы**

В рамках исследований по разработке методов адаптивного управления гиперизбыточными модульными механическими системами предложена обобщенная модель разработанной ранее системы управления модульными системами, состоящими из функционально схожих элементов. В предложенной модели получила дальнейшее развитие идея использования функциональной симметрии элементов системы для преодоления проблемы большого количества степеней свободы. Была предложена формализация управляющих правил при помощи многосортного языка логики первого порядка с вероятностными оценками. Использование многосортной логики позволяет оперировать дополнительной информацией при описании управляющих правил. В частности, при обучении системы появляется возможность использовать не только статистические данные о ее взаимодействии со средой, но и дополнительную информацию о конструктивных особенностях самой системы, что позволяет сократить пространство поиска решений и увеличить скорость обучения. На основе вероятностного логического вывода был разработан метод обнаружения эффективных управляющих правил заданного вида из массивов статистических данных о взаимодействии системы с окружающим миром.

## **3. Экспериментальные исследования применимости логико-вероятностного подхода к управлению для гиперизбыточных модульных механических систем.**

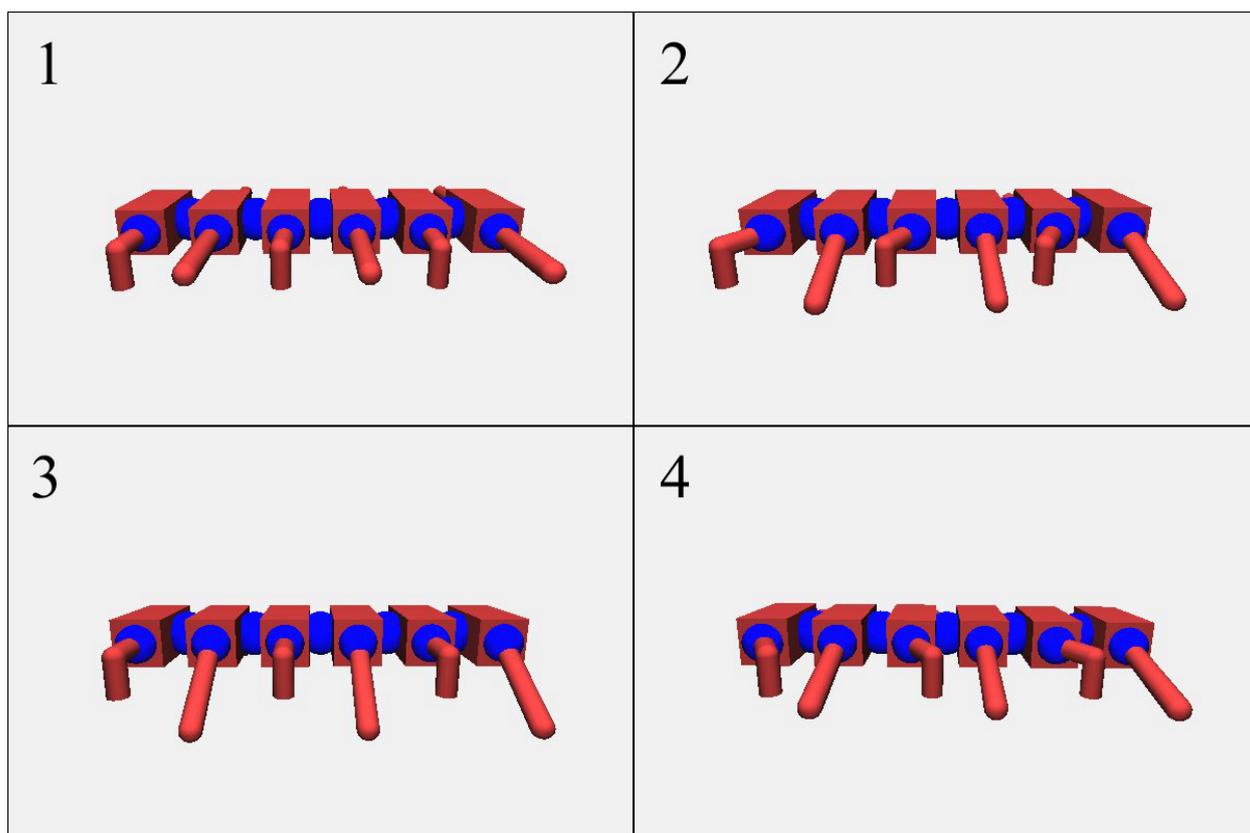
Целью работы является исследование применимости предлагаемого подхода для управления гиперизбыточными модульными механическими системами на примере построения и обучения системы управления для виртуальной модели модульного робота.

Для проведения экспериментов с предложенной моделью управления был разработан интерактивный 3D-симулятор модульного робота с графическим интерфейсом. В качестве физического движка в симуляторе использовалась библиотека Open Dynamic Library (ODE), которая позволяет моделировать динамику твердых тел с различными видами сочленений.

Основной задачей эксперимента являлась проверка возможностей предложенной модели успешно обнаруживать эффективные управляющие правила для различных типов модулей. С этой целью в симуляторе была создана модель многоного робота, состоящая из двух типов модулей. Четные модули имеют пару Г-образных конечностей с правой и левой стороны, способные двигаться только в горизонтальной плоскости. Нечетные модули имеют пару прямых конечностей, способных двигаться только в вертикальной плоскости. Задачей системы управления являлось обучение эффективному способу движения вперед данной модели робота, этого можно добиться только при согласованной работе модулей разных типов.

Для системы управления роботом был выбран нейронный контур, состоящий из шести нейронов – по одному нейрону на каждый модуль робота. Каждый нейрон контролирует движения левой и правой конечности своего модуля, подавая активирующие сигналы на соответствующие угловые двигатели, вращающие конечности в суставе.

При помощи 3D-симулятор была проведена серия экспериментов по обучению движению модели многоногого робота. Результаты экспериментов показали, что система управления успешно обнаруживает согласованные движения конечностей различных модулей, обеспечивающие эффективное перемещение вперед (рис. 1).



*Рис. 1. Последовательность движений модульного робота при перемещении вперед*

Проведенные эксперименты подтвердили высокую скорость обучения и качество управления. С практической точки зрения, разработанная модель системы управления может быть использована для создания интеллектуальных обучающихся агентов, способных к самостоятельному выполнению задач, требующих возможность обучения и адаптации в режиме реального времени. Модель может быть использована как для управления агентами, решающими поставленную задачу самостоятельно, так и для управления агентами,

работающими в составе мультиагентных групп. Подобные агенты могут использоваться для решения широкого круга задач, начиная с интеллектуальных программных систем и заканчивая управлением робототехническими системами, имеющими большое количество степеней свободы.

#### 4. Исследования по распараллеливанию логико-вероятностных методов извлечения знаний для задач анализа больших массивов данных

Для задач извлечения знаний из большого объема данных предложен параллельный вариант логико-вероятностного алгоритма извлечения знаний, основанного на семантическом вероятностном выводе. Постановка задачи предполагает, что весь объем анализируемых данных достаточно равномерно распределен между несколькими узлами распределенной сети хранения данных. В результате проведенных исследований был предложен двухэтапный алгоритм извлечения вероятностных закономерностей из всего объема данных. Во время первого этапа осуществляется запросы к узлам сети с целью обнаружения вероятностных закономерностей на локальных данных каждого узла. Полученные в результате локальные закономерности сличаются и объединяются. Во время второго этапа выполняются уточняющие запросы для массива локальных закономерностей с целью вычисления их статистических характеристик на генеральной совокупности данных. По рассчитанным характеристикам окончательно определяется, будет ли являться локальная закономерность также и закономерностью для всего объема данных. Проведены предварительные экспериментальные исследования эффективности предложенного алгоритма на искусственно сгенерированных данных. В рамках исследования была проведена оценка быстродействия параллельной версии алгоритма на таблицах данных различной размерности (от  $5 \times 10^5$  до  $10 \times 10^6$ ), которая показала линейное ускорение при росте количества вычислительных потоков.

#### 5. Технологии исторической фактографии

Продолжились исследования по технологиям и методологиям для фактографических информационных систем исторической направленности. Была произведена ревизия решений, по созданию электронных архивов газет и аналогичных информационных наборов. Был сформирован формат хранения растровых имиджей достаточно произвольного размера. Формат основан на решении DeepZoom, но в отличие от него, представляется собой единый файл с эффективным доступом к информации и динамическому композированию копий заданного размера.

#### 6. Технологии работы с большими данными

Была начата работа по созданию технологий работы с базами данных большого и очень большого объема (большими данными). Было определено, что ранее созданная библиотека PolarDB может составить техническую основу решений, а реализованные алгоритмы построения индексов и динамических расширений стать алгоритмической базой.

Был сформирован стенд для тестирования и измерения разных, в том числе чужих, решений. Был создан генератор тестовых данных с задаваемым числом основных объектов. Были проведены сопоставительные испытания разных решений, результаты приведены в таблице:

	40 тыс.						
	SQLite	MSSQL	3TabsInt	SimTS	Virtuoso	Virtuoso7	MySQL
Загрузка	5361	29421	1209	19342	86000	170000	24700
Индекс	875	588	3541	-1	-1	-1	788
ItemById 1K	808	175	26	61	313	570	184

SearchName	9670	1780	264	270		375000	307
GetPortrait	587	1653	200	65	479	985	271

400

тыс.

	SQLite	MSSQL					
Загрузка	51511	278000	12500	157000	1727000		213000
Индекс	9752	7711	21000	-1	-1		9667
ItemById 1K	881	275	27	69	429		310
SearchName	93000	2167	336	2540000			552
GetPortrait	862	3035	247	195	778		1400

4 млн.

	SQLite	MSSQL	
Загрузка	560000	3072000	297000
Индекс	109000	90000	72000
ItemById 1K	888	9000	35
SearchName	995000	12000	279
GetPortrait	1026	40000	252

Здесь приведены результаты измерений времен исполнений в миллисекундах стадий обработки и работы разных решений на тесте “Phototeka” и на рабочей станции средней производительности (Intel I7, 16 Gb RAM). Результаты сгруппированы по параметру объема базы данных 40 тыс., 400 тыс. и 4 млн. основных объектов. Последняя группа соответствует объему, эквивалентному 100 млн. триплетов (элементарных высказываний). Тестировались: Загрузка – время загрузки сгенерированных данных, Индекс – время создания индексов, ItemById1K – время выполнения 1000 запросов по выборке записей по уникальному идентификатору, SearchName – время выполнения 1000 запросов по заданному частично значению текстового поля основной таблицы, GetPortrait – время получения 1000 «портретов» по случайно выбранным идентификаторам, портретом считалось множество основных объектов, выбранных по идентификатору с присоединенной информацией по отношению «много к многим».

В качестве испытываемых решений были задействованы известные решения: SQLite, MS SQL Server, OpenLinkVirtuoso версий 6 и 7, MySQL и созданные в разных парадигмах (табличной и триплетной) решения, собранные на библиотеке PolarDB (колонки помечены красным цветом).

На сделанных измерениях, PolarDB показывает заметный выигрыш по времени обработки относительно всех объемов и всех внешних решений.

## 7. Исследование вопросов создания эффективных СУБД и ORM

Проведен ряд исследований по использованию системы Polar в качестве СУБД. Для расширения возможностей использования Polar, выполнены исследования по возможностям эффективного применения технологии ORM для нереляционных баз данных и разработано приложение ORM Polar.

Также было проведено исследование по оптимизации размещения данных для подобных случаев, и получена модель, позволяющая построить ORM системы для эффективной работы с большими данными в Polar.

В настоящее время ведутся исследования возможностей использования ORM Polar, как многомашинной (кластерной) системы, и оптимизация работы подобной системы. Разработана пилотная модель Polar как многомашинной системы и система измерения результатов для таких случаев.

В 2016 году совместно с сотрудниками лаборатории проведен ряд исследований в направлении расширения возможностей использования системы Polar, в том числе и в качестве СУБД. Проведено построение, позволяющее преобразовать текст на естественном языке для его загрузки в Polar с возможностью дальнейшей обработки. Разработан метод преобразования текстов на естественном языке в RDF-граф при помощи специализированных приложений, разработанных для лексического и синтаксического анализов. Дерево зависимостей, полученное в результате обработки анализаторами (lexer и parser соответственно), в дальнейшем преобразуется в RDF-граф и загружается в Polar. Дальнейшее исследование посвящено способам оптимального размещения данных непосредственно в системе, в том числе, применению к системе Polar технологии ORM, способам реализации обобщенной системы ORM Polar и оптимального размещения данных в ней.

## **8. Историческая идентичность и фактографические архивы**

Следствием многолетнего опыта работы по созданию электронных архивов ученых в ИСИ СО РАН явилось выявление механизмов, задействованных в процессе комплектования архивов фондообразователями. На основе анализа артефактуальной деятельности индивида – формирования корпуса идентифицирующих дескрипций – научного архива – создана концепция исторической идентичности. Историческая идентичность является личностным обретением историчности через идентификацию особого рода – формирование коллекции артефактов, архива. Ученый реализует себя в науке через публикации, общение с коллегами и учениками, институции. Но ему требуется и другая форма идентификации, подтверждения своей причастности научному сообществу, тем общественно или лично значимым событиям, в которых он участвовал, определения своего места в историческом процессе наукотворчества. Это стремление проявляется за счет расширения идентифицирующих дескрипций, которые материализованы в различных свидетельствах (документах, фотографиях, памятных вещах).

Исследован послевоенный (до 1955 г.) период развития советской вычислительной техники и становления научно-технической политики СССР в области вычислительной техники нового поколения. Выявлена первоначальная область ее применения – Советский атомный проект. Очевидно, что информация о новой ВТ пришла в Советский Союз из-за рубежа. Одним из источников этой информации стали публикации в научных и научно-технических журналах. Академическое сообщество в послевоенный период активно обсуждало новые задачи использования вычислительной техники на семинаре по точной механике и вычислительной технике в Институте машиноведения АН СССР, которым руководил академик Н.Г. Бруевич.

В этот период, до середины 1950-х гг. зародились три из четырех ведущих академических школ программирования – в Москве, Ленинграде и Киеве, основы теории программирования были заложены А.А. Ляпуновым. Идеологический прессинг позднего сталинского периода в отношении отдельных научных направлений, например, биологии, не имел сколько-нибудь серьезных последствий для развития вычислительной техники. Скромные успехи здесь были обусловлены, в первую очередь, общим отставанием в этой области. Широкое применение ВТ в других областях народного хозяйства, помимо оборонного комплекса, искусственно сдерживалось. Ситуация с электронной вычислительной техникой подтверждает тот факт, что советское техническое развитие периода позднего сталинизма носило догоняющий характер.

Выполнялись исследования по истории становления и развития одной из советских школ программирования в АН СССР – киевской. Само понятие «школа программирования» в лексиконе программистов утвердилось в начале 1990-х годов. В среде киевских математиков, программистов и инженеров в области вычислительной техники лидерские позиции занимал

академик В.М. Глушков как генератор идей, а также в силу его научного руководства проектами и административного положения. Впервые в отношении коллектива под руководством В.М. Глушкова термин «школа» применен А.П.Ершовым в 1968г. (киевская школа теории автоматов). Рассмотрены наиболее значимые проекты коллектива программистов Института кибернетики АН УССР, выявлены теоретические, практические и методические основы его деятельности как научной школы в исследуемый период 1960–1990гг.

На основе междисциплинарного подхода внутри гуманитарного корпуса наук исследованы социальные механизмы и психологические интенции создания и реализации потенциала персональных архивов ученых как проявления идентичности и историчности, как способа ориентации человека в мире, попытке придать смысл своему существованию. Создание архивов классифицируется как потребность социально-культурной и профессиональной идентификации и обусловлено желанием их создателей подчеркнуть индивидуальность за счет расширения идентифицирующих дескрипций, которые материализованы в различных свидетельствах. Рассмотрен феномен персональных архивов ученых, созданных в XX веке. Это электронные архивы математика и программиста академика Андрея Петровича Ершова (1931-1988), математика и кибернетика члена-корреспондента Алексея Андреевича Ляпунова (1911-1973) и физика-теоретика доктора физико-математических наук Юрия Борисовича Румера (1901-1985), созданные силами сотрудников Института систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН (Новосибирск).

## **9. Исследования по парадигмам программирования**

Продолжалось изучение парадигмальных характеристик языков и систем программирования, включая взаимосвязи эксплуатационной и реализационной прагматик, а также их представление на уровне абстрактной машины в применении к проблеме декомпозиции сложных определений языков и систем программирования. Выполнено сопоставление базовых механизмов поведения, влияющих на восприятие и обработку информации. Результаты исследования представлены на международных и российских конференциях.

## **10. Исследования по определению языка начального ознакомления с миром параллелизма**

Выполнялась разработка изобразительных средств для представления параллельных алгоритмов решения учебных задач, нацеленных на демонстрацию основных явлений и методов. Был выбран ряд лексико-синтаксических средств для представления параллельных алгоритмов, которые поддерживают аспектно-ориентированное отделение процессов вычисления от последовательности представления фрагментов программ. Результаты исследования представлены на международных конференциях.

Для выработки подхода к типизированной макрогенерации программ с целью выделения схем управления, был выбран формат представления макроформул, приспособленный к контролю синтаксической правильности подстановки параметров в процессе макрогенерации. Результаты исследования представлены в форме препринта.

Возможность полной или частичной автоматизации процесса генерирования тестовых наборов для систем автоматической проверки задач по программированию напрямую зависит от размерности пространства допустимых входных данных. При заданных спецификациях входных и выходных данных возможна полная или частичная генерация тестовых наборов. Целью исследований является создание системы автоматической генерации тестовых наборов для систем автоматической проверки решений задач по программированию. Подобные системы используются не только на различных олимпиадах, но и в учебном процессе. Критерии и методы установления полноты сгенерированного набора находятся на стадии изучения и разработки.

## 11. Методики, технологии учебной информатики, апробация их в учебной работе

Продолжается работа по созданию и апробация систем учебной информатики. В течение года велась работа по анализу существующих и разработке новых систем для эффективного процесса в области информатики образования, в том числе дистанционных форм. В качестве технических средств поддержки конкурсной работы и преподавания информатики велась отладка и разработка новых систем проведения олимпиад и сайта. Разрабатываются и апробируются методы и программы для профильной подготовки учащихся, программы для изучения основных и факультативных курсов информатики, программы для олимпиадной и предпрофессиональной подготовки школьников. Создаются новые формы работы по интенсификации конкурсной деятельности, предназначенные для эффективности образовательного процесса. Ведется исследование проблемы взаимного влияния основных подзадач оптимизирующей генерации кода для CISC-архитектур.

Была проведена 41-я Летняя школа юных программистов. Спецификой этого года организаторы считают очередное снижение возрастного барьера. К сожалению, несмотря на огромное желание родителей и детей, неподдельный интерес к компьютеру, как инструменту, учащиеся редко бывают подготовлены технически для методически отработанных механизмов практической проектной деятельности в рамках ЛШЮП. Большинству из них явно не достаёт математического аппарата и вычислительных навыков. Психологию детства даже не берем в основной расчет. Потому организаторы осуществляют осознанно отбор учащихся – участников Летней школы – преимущественно среднего звена. Неоднократное участие в ЛШЮП позволяет подготовить к серьезной проектной деятельности. Превалирует по количеству 9-й класс. Это обусловлено необходимостью приобщения детей к коллективной работе, пропедевтическая работа по изучению основ профессиональной деятельности, а также возможность пролонгированной работы со школьниками. 10-ти и 11-тиклассники, как правило, уже определились если не со своей будущей специальностью, то с направлением деятельности

В общеобразовательный цикл входили лекции и спецкурсы по языкам и системам программирования, обзорные лекции по перспективам и проблемам программирования, истории информатики и дисциплинам, которые позволяют расширить кругозор учащихся во многих областях науки, а также ежедневная «Задача дня» - олимпиада по решению алгоритмических задач. Учебное время экономилось за счет совмещения по времени занятий по языкам программирования, спецкурсов и учебной работы по мастерским.

## 12. Создание и поддержка информационных систем и сайтов

### МОДЕРНИЗАЦИЯ ПОРТАЛА СО РАН

В 2016 году была осуществлен I этап модернизации Портала СО РАН (<https://www.sbras.ru/>). Портал СО РАН был создан в ИВТ СО РАН в 1996 году. На протяжении 20 лет на портале собиралась информация о Сибирском отделении РАН:

- годовые отчеты Сибирского отделения с 1995 г.;
- архив газеты «Наука в Сибири» с конца 1997;
- уникальные коллекции документов, проектов и др.

Портал СО РАН представлял собой конгломерацию сайтов, доступных из исходной точки. Сайты Портала СО РАН разрабатывались в различных технологиях, работают под управлением независимых CMS, имеют, как правило, самостоятельный графический дизайн, отдельную систему регистрации пользователей и т.д.

В рамках модернизации были решены следующие задачи: 1) разработана единая система управления Порталом на платформе свободно распространяемой CMS с открытым кодом. 2) осуществлена миграция данных и ряда разделов в новую систему; 3) при создании шаблонов дизайна обеспечена совместимость Портала с мобильными устройствами, работающими на различных платформах, при этом, по просьбе Заказчика, по возможности был сохранен исходный стиль графического дизайна; 4) добавлена поддержка многоязыковости Портала на уровне системы; создана китайская версия сайта; 5) на Портал добавлен ряд новых

разделов и функциональных возможностей.

Портал корректно отображается и ведет себя в популярных браузерах как на десктопных компьютерах, так и на мобильных устройствах, работающих под следующими платформами: 1) iOS, 2) Android, 3) Windows.



*Рис.2. Совместимость с мобильными устройствами*

В ходе модернизации произведен перевод Портала на технологии HTML5. В частности, для отображения флеш-анимация заменена на HTML5 анимацию. Для проигрывания видеоматериалов используется HTML5-плеер, позволяющий проигрывать видео на устройствах под управлением iOS.

Значительная часть работы по наполнению Портала ведется авторизованными пользователями Портала, а именно – редакторами, ответственными за ведение того или иного раздела, переводчиками контента на английский язык. Портал предоставляет возможность комфортного ввода информации для этих категорий пользователей, а именно, обеспечивает корректность работы интерактивных элементов Портала на мобильных устройствах. Свободно распространяемая открытая платформа Drupal позволяет разрабатывать шаблоны страниц с использованием HTML5, JavaScript, JQuery, AJAX.

В ходе работы над новой версией Портала обеспечивается взаимодействие пользователей с Порталом с помощью внедрения интерактивных элементов, реализованных с помощью перечисленных технологий.

Обновленный графический дизайн должен отвечать целям модернизации Портала. При этом выполнено требование заказчика сохранить узнаваемость Портала, вид, привычный для пользователей Портала, основные графические элементы текущего дизайна, составляющие стиль оформления страниц.

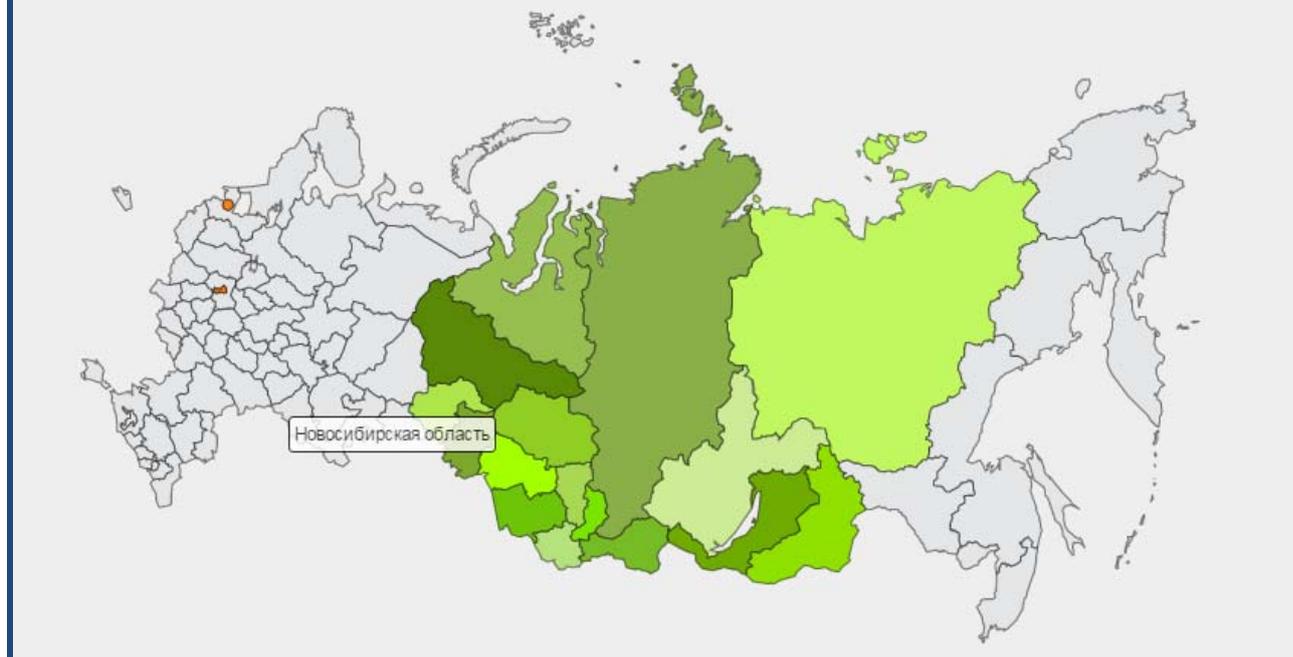
Графический дизайн сайта является адаптивным, т.е. обеспечивает корректное отображение сайта как на десктопных, так и на мобильных устройствах, и динамически подстраивается под заданные размеры окна браузера. При разработке использована технология Bootstrap.



Рис.3. Вид главной страницы на десктопном компьютере

## Инфографика

Регионы России, в которых ведутся научные разработки под руководством СО РАН



*Рис. 4. Интерактивная карта регионов СО РАН в формате SVG*

### ПЕРЕНОС БИЗНЕС-ЛОГИКИ ПРИЛОЖЕНИЯ АРХИВ А.П. ЕРШОВА НА DRUPAL

В результате создания Архива под CMS Drupal была поддержана модель двух иерархических структур хранения документов: в виде набора Папок с Листами, что отражает реально существующий архив, и иерархии Темы – Группы – Документы – Листы

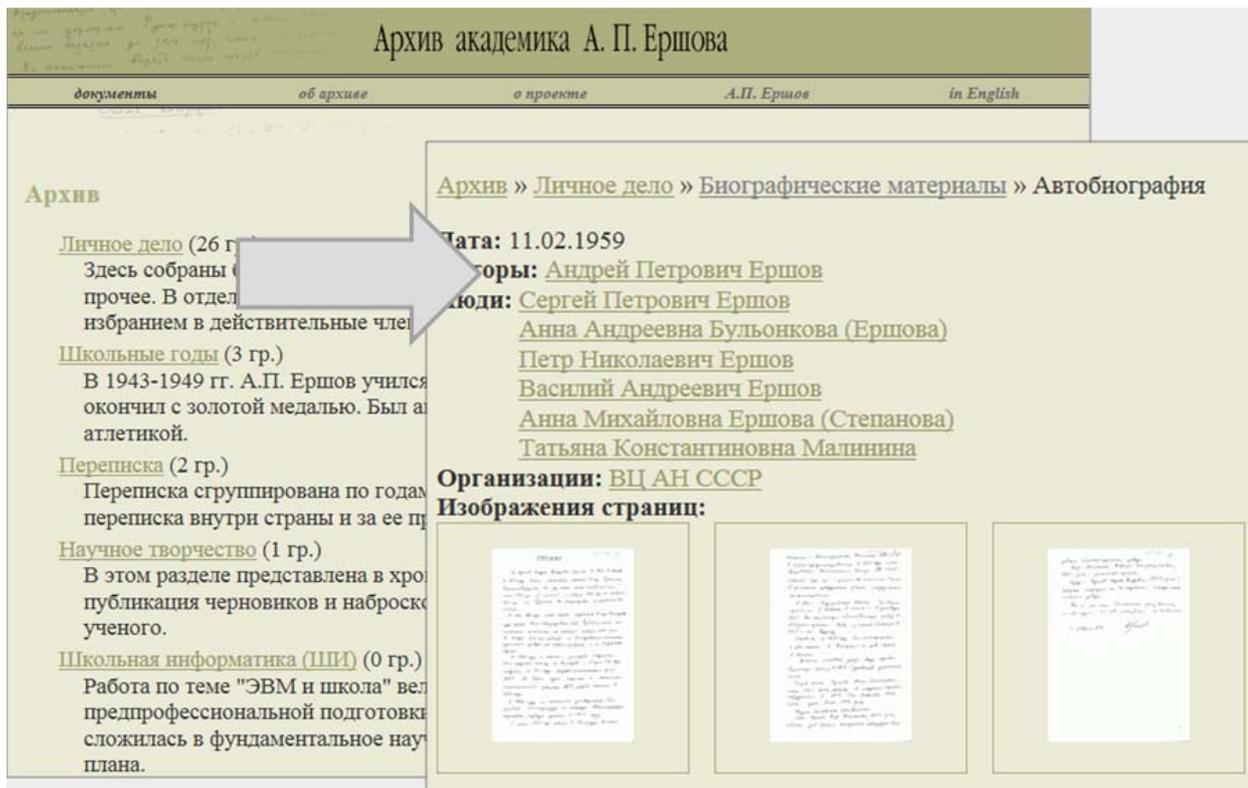


Рис.5. Отображение Тем, Групп, Документов в новом приложении

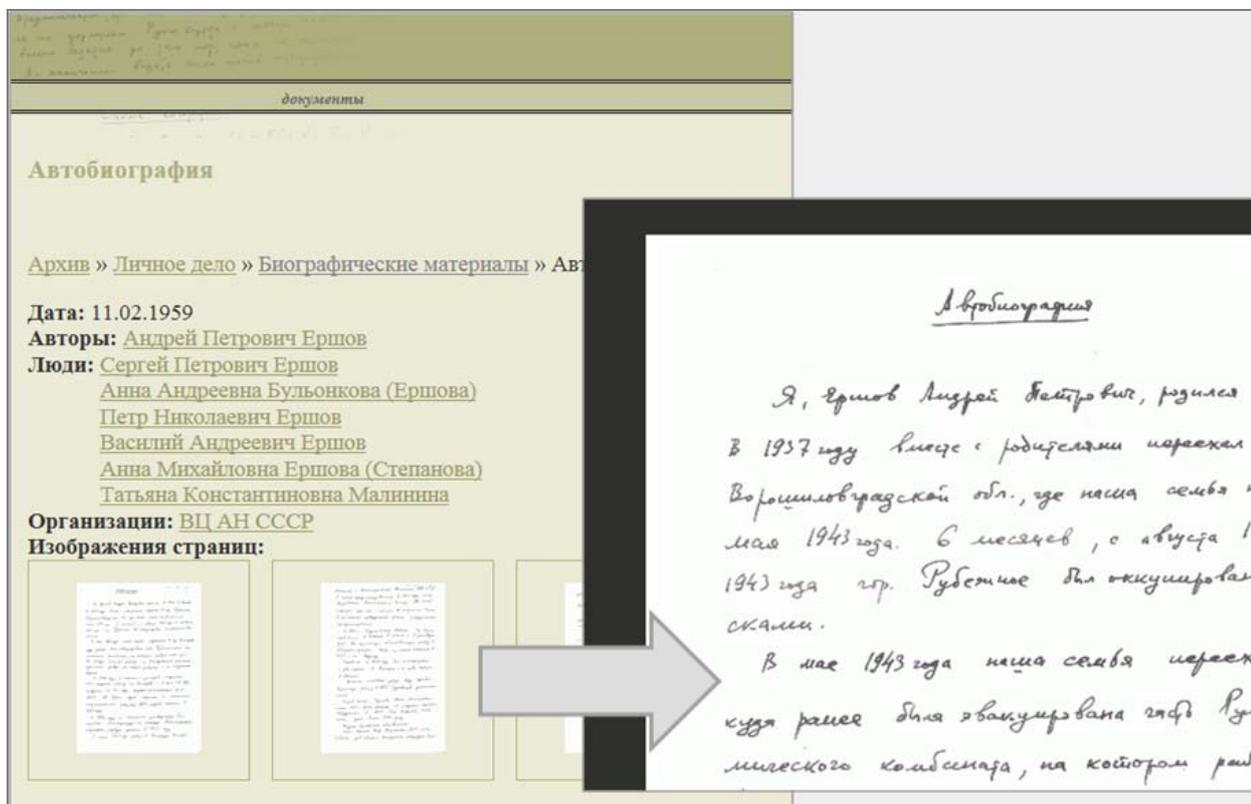


Рис.6. Темы, группы, документы: уменьшенные изображения листов

На рис.7 представлена страница Архива в режиме просмотра Папок и Листов. Добавлена возможность быстрого перехода к просмотру папки с помощью фильтра Номер папки, что немаловажно, учитывая факт, что Архив насчитывает более 500 папок.

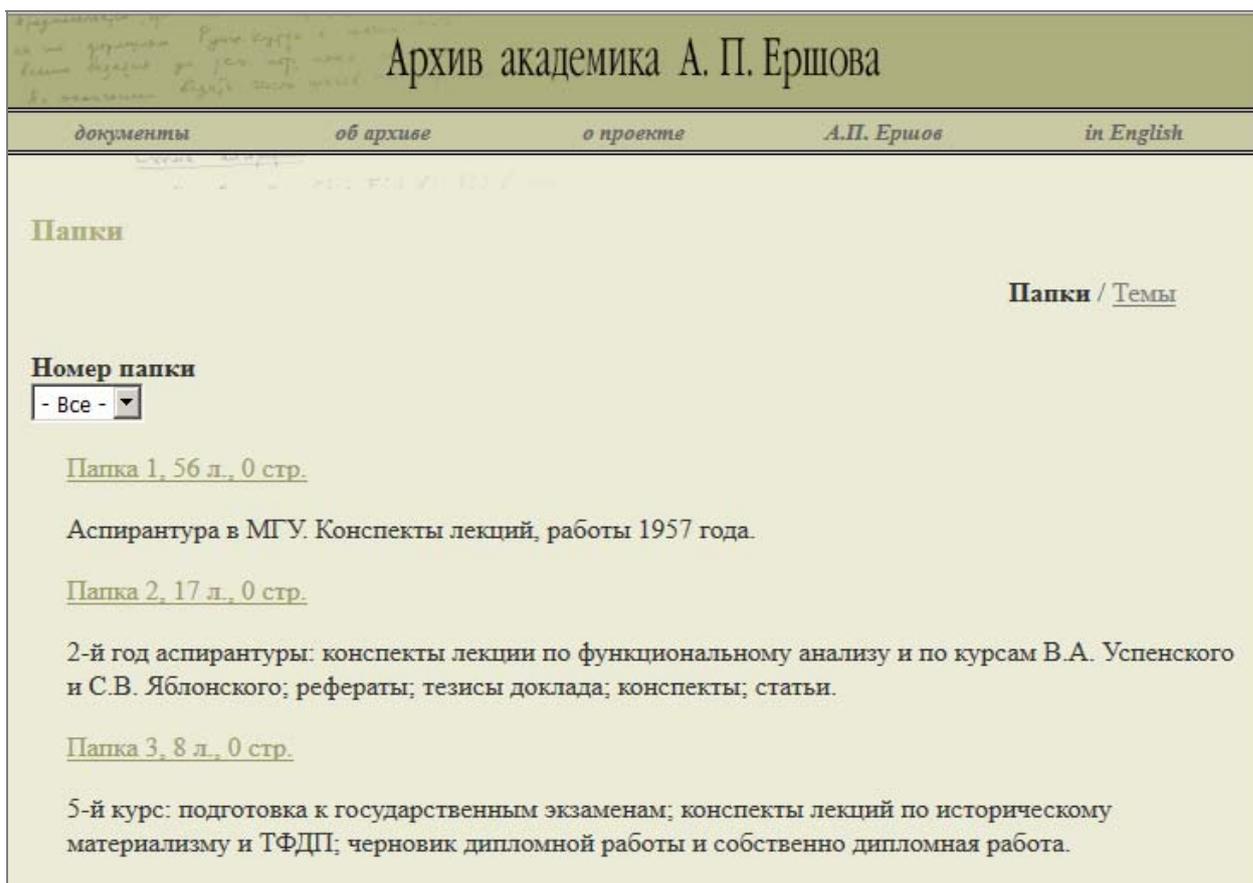


Рис.7. Просмотр папок. Возможность отфильтровать папки по номеру

В течение всего отчетного периода продолжались работы по поддержке и обеспечению хостинга сайтов, разработанных в ИСИ СО РАН. Эти работы включают как административные функции

- обеспечение резервного копирования,
- своевременное обновление модулей третьих сторон, что особенно важно при использовании Open Source разработок,
- быстрая реакция на непредвиденные обстоятельства – отключение электроэнергии, сбой аппаратуры и т.д.

так и работы по поддержке – коммуникации с владельцами, обновление материалов по просьбе владельцев, работа с письмами пользователей. В настоящее время на поддержке находятся следующие сайты:

- 1) Сайт ИСИ СО РАН;
- 2) Сайт Бюллетеня Новосибирского Вычислительного Центра;
- 3) Сайт серии конференций PSI;
- 4) Сайт конференций SORUCOM-2014;
- 5) Сайт проекта «Информатика и программная инженерия»;

- 6) Сайт Интеграционного проекта СО РАН № 21 «Веб-пространство»;
- 7) Сайт ММФ НГУ;
- 8) Архив академика А.П. Ершова;
- 9) Сайт «Хроника Сибирского отделения»;
- 10) Портал MathTree;
- 11) Коллекция старинных математических книг;
- 12) Сайт ВНТК "СТАРТ";
- 13) Сайт «50 лет Отделу программирования».
- 14) Сайт проекта Кронос;
- 15) Сайт Музея СО РАН;
- 16) Исторический портал ММФ НГУ Global MMF;
- 17) Сайт кафедры программирования ММФ НГУ;
- 18) Мемориальный сайт Г.И. Марчука;
- 19) Мемориальный сайт А.Ф. Рара;
- 20) Мемориальный сайт А.А. Берса;
- 21) Юбилейный сайт В.Е. Котова;
- 22) Юбилейный сайт А.Г. Марчука;
- 23) Исторический сайт «Аллея памяти».

### **Работы по грантам и интеграционным проектам**

**Проект РФФИ N 14-07- 00386a** «Исследование и разработка технологий реализации и анализа больших графовых данных научного профиля»

*Руководитель – д.ф.-м.н. А.Г.Марчук*

**Интеграционный проект РАН 15/10** «Математические и методологические аспекты интеллектуальных информационных систем».

*Руководитель – д.ф.-м.н. Марчук А.Г.*

### **Список публикаций лаборатории**

#### **Центральные издания**

1. Демин А. В. Адаптивное управление модульным хоботовидным манипулятором // Молодой ученый. – 2016. – №3. – С. 47-52.
2. Платонов Ю.Г., Бычков Д.А. ORM-РЕШЕНИЕ НА БАЗЕ POLAR // Фундаментальные исследования. - 2016. - № 7 (2) 2016, стр. 257-261. (ВАК).
3. Артамонова Е.В., Лештаев С.В. Преобразование естественно-языковых текстов в RDF-граф // Современные наукоемкие технологии. - 2016. - №11 (2). - С. 214-218.
4. Крайнева И.А. ДИСПАК – операционная система Атомного проекта // Операционные системы. СУБД. – 2016. – №1. – С. 42–43. ВАК.
5. Крайнева И.А., Н.Ю. Пивоваров, В.В. Шилов. Становление советской научно-технической политики в области вычислительной техники (конец 1940-х – середина 1950-х гг.) // Идеи и идеалы. – 2016. –Т.1.– №3 (29). – С. 118–135. ВАК.

6. Крайнева И.А., Пивоваров Н.Ю., Шилов В.В. Советская вычислительная техника в контексте экономики, образования и идеологии (конец 1940-х – середина 1950-х гг.). Статья 2. Идеи и идеалы. 2016. Т.1. № 4 (30). с. 135-155. ВАК.
7. Томилин А.Н., Крайнева И.А., Тумбинская М.В., Трегубов В.М., Абзалов А.Р. Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения в России и странах бывшего СССР: страницы истории // История науки и техники. – 2016. – № 10. – С. 15–26. ВАК.
8. Городняя Л.В. "Движущие силы информатики" — М. "Дистанционное и виртуальное обучение" № 2 (март) 2017 г., 16 страниц. (ВАК).
9. Тихонова Т.И. Потенциал развития системы дополнительного образования/ /Журнал «Педагогические заметки», Т.9, вып. 2, 2016 г., – с. 74-81.

### **Материалы международных конференций**

1. D. Ponomaryov, S. Yakovenko. Interpolant Computation in Consequence-based Calculus for Description Logic EL // Тезисы международной конференции «Мальцевские чтения», 21-24 ноября 2016 г., Новосибирск.
2. Артамонова Е. В. Перспективы применения Linked Data для обработки текстов на естественном языке // Международная научно-практическая конференция "Перспективы развития науки и образования" // Вестник научных конференций. - 2016. - № 4-5 (8) - URL: <http://ucom.ru/doc/cn.2016.04.05.pdf> (дата обращения 07.06.2016). г.Тамбов, 2016.
3. Крайнева И.А. Академик Андрей Петрович Ершов и национальная программа информатизации образования // «От информатики в школе к техносфере образования». Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. Российская академия образования, Московский городской педагогический университет, Московский педагогический государственный университет. Воронеж, 2016. – С. 195–202.
4. Андреева Т. А. Генерирование тестовых наборов для автоматического тестирования. // Материалы XXVII международной конференции «Современные информационные технологии в образовании», Троицк – Москва, 2016. – с. 296-297. ISBN 978-5-9907219-2-0.
5. Andreyeva T. A. Automated generation of test sets // Science in the modern information society IX // Материалы IX международной научно-практической конференции «Наука в современном информационном обществе», 1-2 августа 2016, North Charleston, USA. – с. 110-112. ISBN 978-1536920598.
6. Городняя Л.В. Язык ознакомления с миром параллелизма. - Международная конференция «Суперкомпьютерные дни в России». 9 страниц. <http://russianscdays.org/files/pdf16/1077.pdf>
7. Городняя Л.В. О классификациях парадигм программирования и параллельном программировании. - М. «Образовательные ресурсы и технологии » 2016 № 2, с. 138-144, Международная конференция «IX сибирский конгресс женщин-математиков». <http://www.muiv.ru/vestnik/pp/chitatelnyam/poisk-po-statyam/8712/48456/> (ВАК).
8. Городняя Л.В. Этология как платформа образовательной информатики - Материалы XXVII международной конференции «Современные информационные технологии в образовании», Троицк – Москва, 2016.
9. L. Gorodniaia, T. Andreyeva. Study of Programming Paradigms. // 10th International Technology, Education and Development Conference. 7-9 March, 2016, Valencia, Spain. //INTED2016 Proceedings. – 2016. – pp. 7482-7491.-ISBN: 978-84-608-5617-7.-ISSN: 2340-1079.-doi: 10.21125/inted.2016.0768
10. А.Г.Марчук, С.В.Лештаев. Электронный архив газет: Web-публикация, ассоциация информации с базой данных, создание полнотекстового поиска // Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных, XVIII Международная конференция DAMDID/RCDL'2016, Ершово, Московская обл., Россия, 11-14 октября 2016 года, Труды конференции. Торус пресс, Москва, 2016. С. 155-160.

11. Крайнева И.А. Поле науки и поле власти: характер взаимодействия и влияния на формирование исторической идентичности ученых//Азиатская Россия: проблемы социально-экономического, демографического и культурного развития (XVII-XXI вв.). Материалы международной научной конференции. Новосибирск, 28–29 ноября 2016 г. Новосибирск: Параллель, 2016. С. 454–458.

### **Материалы российских конференций**

1. Городня Л.В. Парадигмальная декомпозиция определения языка программирования - XVIII Всероссийская конференция «Научный сервис в сети Интернет», 6 страниц (выходных данных ещё нет).

### **Статьи в сборниках**

1. Тумбинская М.В., Томилин А.Н., Крайнева И.А., Трегубов В.М., Абзалов А.Р. Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения в России и странах бывшего СССР: страницы истории (по материалам конференции SoRuCom-2014) // Сборник научно-популярных статей и фотоматериалов – победителей конкурса РФФИ 2016 г. Под ред. В.А. Шахнова. М., 2016. Вып.19. С. 293–315. [Электронный ресурс]:URL:

[http://www.rfbr.ru/rffi/ru/annotated\\_project\\_reports/o\\_1959577#294](http://www.rfbr.ru/rffi/ru/annotated_project_reports/o_1959577#294)

2. Крайнева И.А. Персональный архив ученого – проявление его исторической идентичности в поле науки.URL: <http://www.cogita.ru/a.n.-alekseev/publikacii-a.n.alekseeva/personalnyi-arhiv-uchenogo-istoricheskaya-identichnost-lichnostnye-artefakty-polya-nauki-v-socialnom-prostranstve> (дата обращения: 20.11.2016).

3. Gorodnyaya L.V., Andreyeva T.A. Programming paradigms in higher education. // Bulletin of the Novosibirsk Computing center. Series: Computer science. – № 38. – 2015. – pp. 67-90. (вышла в 2016 году).

4. Марчук А.Г., Тихонова Т.И. Летняя школа юных программистов – этап становления школьной информатики //В сборнике: От информатики в школе к техносфере образования – Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. Российская академия образования, Московский городской педагогический университет, Московский педагогический государственный университет. 2016. С. 243-249.

### **Препринты**

1. Городня Л.В. Язык параллельного программирования СИНХРО, предназначенный для обучения. Новосибирск, ИСИ СО РАН, 30 с.

### **В печати:**

1. Городня Л. В., Крайнева И.А., Марчук А.Г. Библиография и источники по истории школ программирования в Академии наук СССР и ведущих советских вузах (1950-2015)// ВИЕТ. ВАК.

2. Городня Л.В., Крайнева И.А., Марчук А.Г. Школа программирования Института кибернетики АН УССР (1962-1990)// История науки и техники. ВАК.

3. Тихонова Т.И. Научно-практические конференции школьников по информатике // Журнал «Педагогические заметки» (в печати).

### **Участие в конференциях**

1. Д.К. Пономарев. Международная конференция «Мальцевские чтения», Новосибирск, 21-24 ноября 2016 г. - 1 доклад.
2. Артамонова Е. В. Международная научно-практическая конференция "Перспективы развития науки и образования", г. Тамбов, 2016.
3. Андреева Т.А., Городняя Л.В. 10th International Technology, Education and Development Conference (7-9 March, 2016), Valencia, Spain. (1 статья).
4. Андреева Т.А., Городняя Л.В. XXVII международная конференция «Современные информационные технологии в образовании», Троицк – Москва, 2016. – 2 доклада.
5. Андреева Т. А. IX международная научно-практическая конференция «Наука в современном информационном обществе», 1-2 августа 2016, North Charleston, USA. (1 статья).
6. Городняя Л.В. Международная конференция «Суперкомпьютерные дни в России, 2016 г. – 1 доклад.
7. Городняя Л.В. Международная конференция «IX сибирский конгресс женщин-математиков», 2016 г. – 1 доклад.
8. Городняя Л.В. XVIII Всероссийская конференция «Научный сервис в сети Интернет», 2016 г. – 1 доклад.
9. А.Г.Марчук, С.В.Лештаев. Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных, XVIII Международная конференция DAMDID/RCDL'2016, Ершово, Московская обл., Россия, 11-14 октября 2016 года – 1 доклад.

#### **Участие в оргкомитетах конференций, школ, олимпиад**

1. Пономарев Д.К. – член программного комитета IJCAI'16 (<http://ijcai-16.org>), член программного комитета DL Workshop 2016 (<http://dl2016.cs.uct.ac.za>), член программного комитета KESW'16 (<http://2016.kesw.ru>), член программного комитета WOMoCoE'16 (<http://www.iaoa.org/womocoe/2016/>).
2. Городняя Л.В. - эксперт при отборе докладов для конференций «Научный сервис в среде Интернет» и «Суперкомпьютерные дни в России».
3. Марчук А.Г. - научный руководитель 41-ой Летней школы юных программистов им. академика А.П. Ершова (ЛШЮП-16), ДОЛ «Солнечная поляна, д. Бурмистрово, Новосибирская область, 17 - 30 июля 2016г. и председатель жюри XVII Открытой Всесибирской олимпиады по программированию им. И.В.Поттосина, Новосибирск, НГУ, ноябрь 2016 года.
4. Занина И.В. -- член оргкомитета 41-ой Летней школы юных программистов им. академика А.П. Ершова (ЛШЮП-16), ДОЛ «Солнечная поляна, д. Бурмистрово, Новосибирская область, 17 - 30 июля 2016г.
5. Тихонова Т.И - координатор, член оргкомитета 41-ой Летней школы юных программистов им. академика А.П. Ершова (ЛШЮП-16). ДОЛ «Солнечная поляна, д. Бурмистрово, Новосибирская область, 17 - 30 июля 2016г.
6. Крайнева И.А. - Член музейного совета Виртуального компьютерного музея (Москва), эксперт фонда В. Потанина (Москва) и член программного комитета по организации Международной конференции SoRuCom-2017 (Soviet-Russian Computing, Зеленоград, октябрь 2017 г.).

#### **Членство в редколлегиях научных изданий**

1. Журнал “Bulletin of the Novosibirsk Computing Center. Series: Computer Science” — д.ф.-м.н., проф. А.Г. Марчук – член редколлегии.
2. Журнал «Проблемы информатики» ИВМ и МГ СО РАН — д.ф.-м.н., проф. А.Г.Марчук в редакционном совете.
3. Журнал «Вестник НГУ, серия: Математика, механика, информатика» — д.ф.-м.н., проф. А.Г. Марчук в редакционном совете.

4. Научный электронный журнал «Системная информатика» (сайт журнала <http://www.system-informatics.ru/>) -- проф. А.Г. Марчук — главный редактор.

**Участие в международных программах сотрудничества, зарубежные гранты, членство в редакциях международных журналов, другие формы сотрудничества**

1. Пономарев Д.К. Совместные научные исследования с Институтом искусственного интеллекта при факультете информатики университета г. Ульм, Германия, в рамках гранта Немецкого Исследовательского Сообщества. Тема исследований: применение автоматизированного логического вывода в интеллектуальных системах, направленных на экспертную поддержку пользователей.

2. Пономарев Д.К. Совместная научная деятельность с факультетом информатики Университета Райерсона, г. Торонто, Канада. Тема работы: компонентные свойства теорий в Ситуационном Исчислении.

3. Тихонова Т.И. Член Международного HP Digital Community.

# Общая характеристика исследований Лаборатории моделирования сложных систем

*зав. лабораторией к.ф.-м.н. Мурзин Ф.А.*

## Основные результаты научных исследований за год, их практическое использование и применение в учебном процессе

**Приоритетное направление IV.39.** Архитектура, системные решения, программное обеспечение, стандартизация и информационная безопасность информационно-вычислительных комплексов и сетей новых поколений. Системное программирование.

**Программа IV.39.1.** Теоретические и прикладные проблемы создания эффективных надежных программных систем и информационных технологий

**Пункт программы ФНИ:** Алгоритмы и программные средства для моделирования сложных систем.

Цель проекта – разработка новых, совершенствование имеющихся алгоритмов и создание соответствующего наукоемкого программного обеспечения для моделирования сложных систем. Области применения: обработка сигналов и изображений, поиск нефти, обработка текстов на естественном языке и анализ информации из социальных сетей, анализ генетических последовательностей, обработка физиологических сигналов, создание систем анализа и модернизации старого программного обеспечения очень больших объемов, параллельная и распределенная обработка больших объемов данных, анализ экономических и социальных процессов, моделирование и анализ транспортных потоков и др.

Коды критических технологий: 1.2.1, 1.3.4, 1.6.4, 2.4.2

В процессе работы были достигнуты поставленные цели:

Получены новые результаты по универсальному кодированию совокупности различных источников. Продолжена работа по созданию и улучшению алгоритма поиска в геноме сайтов связывания с транскрипционными факторами. Завершена работа над базой данных GTRD (Gene Transcription Regulation Database). Пройден первый этап работы по проекту «Информационная платформа для биомедицинских исследований». Разработан аналитический метод поиска функциональной значимости не аннотированных участков генома. Разработан новый алгоритм анализа изображений, получаемых секвенатором SeqLL. Разработан прототип протокола, обеспечивающего работу однорангового распределенного хранилища данных высокой доступности. Осуществлен подбор подходящих алгоритмов и созданы программные инструменты для анализа разупорядочения структуры клеточных стенок. Продолжена работа в рамках проекта по созданию виртуального живого организма на основе нематоды *C. elegans*. Разработан новый обобщенный алгоритм определения тем текстов. Проведены исследования по геометрии и моделям пространства-времени. Продолжены работы по разработке новых методов установления идентичности сущностей, упомянутых в текстах.

## Краткое описание проведенных научных исследований

### 1. Исследования по теории информации

В 2016 году получены результаты по универсальному кодированию совокупности источников  $\Omega$ , состоящего из объединения различных множеств марковских источников. В

частности, для  $\Omega = \bigcup_{s=0}^{\infty} \Omega_s$ , где  $\Omega_s$  – множество всех марковских источников связанности  $S$ .

Предложено равномерное по выходу кодирование множества источников  $\Omega$  и получена оценка его эффективности. При этом если информацию порождает источник, принадлежащий конкретному подмножеству  $\Omega_s$ , то предложенное кодирование автоматически дает оптимальную эффективность именно для этого множества источников. Эффективность кодирования резко убывает с ростом связанности параметра. Поэтому даже если  $\Omega$  состоит из объединения конечного числа множеств марковских источников, мы не зная, априори, что источник порождающий информацию, является, скажем источником без памяти  $\theta \in \Omega_0$ , мы будем его кодировать так же, если бы мы строили коды именно для  $\Omega_0$ .

Впервые задача в такой постановке для неравномерного кодирования была предложена Б.Я. Рябко. Статья «Равномерное по выходу кодирование для объединения различных множеств источников» принята в печать журналом «Автоматрица». Опубликовано монография: Трофимов В.К., Храмова Т.В. Теоремы кодирования неравнозначными символами для дискретных каналов без шума // Изд. СибГУТИ, объем 5 печ.л. В книге проведен анализ зависимости между степенью сжатия и сложностью реализации алгоритмов универсального кодирования, когда символы, используемые при передаче по каналам связи неравнозначны.

## **2. Исследования в области биоинформатики**

### **2.1. Алгоритмы и программные средства поиска сайтов связывания с транскрипционными факторами**

Продолжена работа по созданию и улучшению алгоритма поиска сайтов связывания с транскрипционными факторами, имеющими два ядра. Для поиска таких сайтов строятся модели, состоящие из двух весовых матриц, с варьирующим расстоянием между ними. Для этого реализован алгоритм Gibbs Sampler 2 – модификация алгоритма Gibbs Sampler для матриц имеющих одно ядро.

### **2.2. База данных GTRD – Gene Transcription Regulation Database**

Завершена работа над базой данных GTRD (Gene Transcription Regulation Database - база регуляции геной транскрипции), база доступна по адресу <http://gtrd.biouml.org/> вместе с программным интерфейсом к ней, позволяющим осуществлять гибкий поиск и анализ данных по регуляции геной транскрипции, а также пользоваться интерактивной визуализацией данных в собственном браузере генома, включая: исходные экспериментальные данные ChIP-Seq; данные по пикам, полученные в результате применения алгоритмов поиска пиков; другие пользовательские данные. Результаты опубликованы в крупном международном журнале Nucleic Acids Research.

### **2.3. Информационная платформа для биомедицинских исследований**

Пройден первый этап работы по проекту «Информационная платформа для биомедицинских исследований». Проект направлен на создание Информационной платформы для биомедицинских исследований, которая будет позволять проводить весь спектр исследований на пути к поиску новых биомаркеров и терапевтических мишеней для создания новых лекарственных препаратов и панелей биомаркеров при помощи единого унифицированного инструмента.

## **2.4. Анализ регуляторных механизмов в клетке**

На основе компьютерной среды BioUML, реализованной ранее, разработан новый модуль «Геномный усилитель», проводящий реконструкцию регуляторных сетей клетки и поиск ключевых элементов. Модуль «Геномный усилитель» является одним из четырех модулей разрабатываемой на данной стадии проекта конвейерной системы «От генома к мишени». Модули «Статистика» и «Лекарственные вещества» уже были разработаны ранее. На втором этапе текущей стадии проекта предстоит доработка модуля «Биомаркеры и мишени» и интеграция всех модулей системы в единый конвейер анализа данных. Также на завершившемся только что первом этапе проекта был разработан Веб интерфейс для работы со средой BioUML, который в дальнейшем послужит основой для интерфейса создаваемой конвейерной системы «От генома к мишени».

## **2.5. Алгоритмы поиска функциональной значимости неаннотированных участков генома, обладающих свойством протяженной транскрипции**

Разработан аналитический метод поиска функциональной значимости неаннотированных участков генома, обладающих свойством протяженной транскрипции (vlincRNA). Метод основан на объединении корреляционного анализа уровня транскрипции со статистическим анализом ко-локации регуляторных элементов генома. Предсказано участие подгруппы найденных ранее генов vlincRNA в процессе дифференцировки стволовых клеток.

Предсказаны и проанализированы гены-мишени найденных ранее новых микро РНК в крысе, участвующих в индуцировании плюрипотентных стволовых клеток. Предложен набор vlincRNA генов, участвующих в ответе клетки на повреждение ДНК. Список получен в результате анализа данных секвенирования РНК нового поколения повреждённых клеток. Проанализирован 1Тб данных одномолекулярного секвенирования РНК мозга крысы и крови человека. Предложены гены-биомаркеры синдрома гиперактивности и дефицита внимания. Проанализированы данные секвенирования ДНК нового поколения пациентов, страдающих синдромом Паркинсона. Найдены и предложены для дальнейшего анализа геномные полиморфизмы.

Исследованы представители нового класса генов vlincRNA, обладающие в промоторах сайтами связывания транскрипционных факторов OCT4, SOX2, NANOG. Показано, что при наличии в промоторе длинных концевых повторов, данные гены действительно активируются перечисленными факторами плюрипотентности. Данный вывод получен методом корреляционного анализа уровней экспрессии vlincRNA и OCT4, SOX2, NANOG транскриптов, а также в результате исследования динамики показателей цифровой экспрессии генов при дифференцировании стволовых клеток.

## **2.6. Разработка программного обеспечения для обработки изображений с секвенатора нового поколения SeqLL**

Секвенирование нового поколения все чаще используется не только для фундаментальных биологических исследований, но и для решения задач трансляционной медицины. Стратегия секвенирования индивидуальных молекул, используемая компанией SeqLL (США), упрощает процесс пробоподготовки и позволяет избежать ошибок, обусловленных ПЦР-амплификацией.

Разработан новый алгоритм анализа изображений, получаемых секвенатором SeqLL, и расшифровки нуклеотидных последовательностей секвенируемых молекул. Первоначальная обработка изображений: шумопонижение и усиление сигнала, регистрация изображений (относительно фона) осуществляется с помощью функций из библиотеки компьютерного зрения OpenCV. Для выделения областей интереса и последующего извлечения

олигонуклеотидных последовательностей был разработан метод на основе коэффициентов сходства Жаккара. Алгоритм реализован на языке программирования Python (2.7.10) с использованием библиотеки компьютерного зрения cv2 (3.0.0) и пакета numpy для научных вычислений, версия (1.9.2).

Разработан алгоритм, восстанавливающий последовательности олигонуклеотидов на основе предсказаний качества сигналов. Предсказательная модель была создана с помощью алгоритма случайного леса (Random Forest), реализованного в библиотеке sklearn для языка программирования Python. В результате тестирования было показано, что разработанная программа демонстрирует качественные воспроизводимые результаты, которые хорошо согласуются с суммарной концентрацией олигонуклеотидов. По сравнению с оригинальным ПО для анализа изображений и определения последовательностей олигонуклеотидов новая программа обеспечивает большую чувствительность при аналогичном уровне специфичности – чувствительность выше примерно на 30%. В последовательностях олигонуклеотидов, определенных новой программой, содержится меньшее количество ошибочных инсерций и замен по сравнению с предыдущим алгоритмом, но при этом количество ошибочных делеций несколько выше. Среднее количество ошибок составляет примерно 3% (3 ошибки на 100 нуклеотидов), обеспечивая высокую точность расшифровки первичных структур анализируемых нуклеиновых кислот.

### **3. Алгоритмы и протоколы для распределенных децентрализованных систем хранения и обработки данных**

Разработан прототип протокола, обеспечивающего работу однорангового распределенного хранилища данных высокой доступности. Разработанный протокол является модификацией протокола Dyrnato (Amazon), зарекомендовавшего себя во многих коммерческих и свободно-распространяемых системы. В частности, разработанный протокол использует те же принципы обеспечения согласованности и распределения данных в кластере, обеспечивает фиксированное время отклика на запрос. Принципиальным отличием от Dyrnato является обеспечение отказоустойчивости не с помощью репликации (дублирования данных), а на основе избыточного кодирования, конкретно кодов Рида-Соломона. Это обеспечивает существенно более низкий уровень избыточности, независимый от размера кластера при сохранении уровня отказоустойчивости. На практике применение такого протокола уменьшает стоимость хранения гигабайта данных и увеличивает потенциально возможный размер кластера, т.е. улучшает масштабируемость системы. Корректность протокола показана экспериментально, с помощью ранее разработанной системы имитации распределенных систем и сбоев в них.

### **4. Алгоритмы и библиотека программных средств для анализа разупорядочения структуры клеточных стенок**

Объектами исследований и разработок в данной проекте являются: микрофотографии растительного сырья, размолотого на специальных мельницах. Работа выполнена для Института химии твердого тела и механохимии СО РАН. Исследуется вопрос о применимости наборов текстурных признаков для анализа экспериментальных данных с целью выявить на микрофотографиях характерные участки, которые в будущем можно будет увязать с пористостью, химической реактивностью и т.д.

Основная цель работы – подбор подходящих алгоритмов и создание программных инструментов. В итоге были предложены алгоритмы и разработаны следующие программные средства.

1. Программа для вычисления различных текстурных признаков. Цель программы состоит в том, чтобы проводить компьютерные эксперименты и накапливать количественные

данные (значения текстурных признаков) для различных участков изображений клеточных стенок, обработанных при различной температуре. Всего производится расчет 19 текстурных признаков.

2. Программа в среде Matlab, позволяющая осуществлять спектральные преобразования шести видов. Реализована вся математическая часть, но программа пока не имеет развитых интерфейсов. Позднее она будет встроена в первую программу, и появятся соответствующие интерфейсы.

3. Прототипы программ, реализующие R/S – анализ и фрактальный анализ. Проведены первичные эксперименты показавшие интересные результаты, которые могут быть полезными на практике, а именно, для поддержки работ в области химии. Отметим, что аналогичные высказывания встречаются в научной литературе по исследованию лигнина, но без детальных подробностей.

## **5. Интерактивный 3d-симулятор нейромышечной системы нематоды *C. Elegans***

Продолжается работа в рамках проекта по созданию виртуального живого организма на основе нематоды *C. elegans*. Дополняя результат предыдущего года, когда с помощью разработанного ранее 3D симулятора *Sibernetic* ([sibernetic.org](http://sibernetic.org)) была произведена реалистичное моделирование процесса ползания виртуального *C. elegans* по агар-подобной поверхности, в 2016 году был подготовлен, произведен и проанализирован ряд запусков *Sibernetic*, в ходе которых моделировался процесс плавания *C. elegans* в толще жидкости. Число частиц, представляющих модель тела нематоды и объекты виртуального физического мира, в случае плавания составило 500 000 (тогда как для ползания было задействовано 167 000), однако быстродействие и стабильность *Sibernetic* по-прежнему остались высокими.

Опубликована статья, посвященная *Sibernetic*: Palyanov A., Khayrulin S., Larson, S. Application of smoothed particle hydrodynamics to modeling mechanisms of biological tissue // *Advances in Engineering Software* (2016), 98: 1-11 (Web of Science IF = 1.67). Расчеты в случае плавания проводились для различных значений вязкости жидкости, что позволило рассчитать зависимость от неё ряда важных величин, характеризующих динамику формы тела нематоды в ходе движения – амплитуды, длины волн, скорости поступательного движения. Был сделан вывод, что компьютерная модель тела *C. elegans* при взаимодействии с объектами виртуального физического мира способна реалистично двигаться в обоих случаях (плавание и ползание) с параметрами, соответствующими таковым для реального живого организма, и можно переходить к этапу подключения модели нервной системы. Результаты были представлены на конференции *Mathematical Modeling and High-Performance computing in Bioinformatics, Biomedicine and Biotechnology MM-HPC-BBB-2016* (пленарный доклад).

## **6. Исследование по гранту Президента РФ мк-5714.2015.9 «Разработка методологии и алгоритмической базы для создания первого виртуального организма под управлением биологически обоснованной компьютерной модели его нейронной сети»**

Руководитель гранта – к.ф.-м.н. А.Ю. Пальянов. В рамках международного проекта «OpenWorm» продолжалась работа по созданию методологии и алгоритмической базы, ориентированной на высокопроизводительные параллельные вычисления в области биофизики и нейробиологии, для разработки динамической компьютерной модели простейшего многоклеточного живого организма на примере нематоды *C. elegans*. В соответствии с планом исследований произведены исследования в области моделирования биомеханики тела *C. elegans*, моделирования отдельных элементов нервной системы и взаимодействия между ними.

## **7. Исследования по математической лингвистике и обработке текстов на естественном языке**

Разработан обобщенный алгоритм определения тем текстов, позволяющий учитывать семантико-синтаксические отношения между словами предложений и порядок слов. Предложен вариант алгоритма, использующий размытую логику Заде. Реализован программный инструментарий для анализа текстов на естественном языке, включающий различные алгоритмы: определения степени близости предложений, построения графов по предложениям, вычисления весов слов, центральностей и других характеристик. Для определения степени близости предложений на казахском, турецком, русском и английском языках используются диаграммы коннекторов, выдаваемые анализатором LGP. Диаграммы представляют из себя графы, сравнение графов осуществляется не только на лексическом уровне, но и на уровне отношений между словами, которые в определенной мере являются семантическими. При сравнении отношений используется механизм приоритетов. При анализе предложений на близость осуществляется проверка ряда логических свойств, например, инвариантность коннектора, замена коннектора на дизъюнкцию других, расщепление коннектора на два коннектора и др.

## **8. Исследования по геометрии и моделям пространства-времени**

### **8.1 Анализ волновых функций элементарных частиц на основе некомпактной группы $U(1,1)$**

Развиваются известные исследования, которые, в основном, были проведены математиками школы Сигала (I.E.Segal, 1918-1998, Boston, MIT, USA). Ими были проанализированы элементарные частицы на основе компактной параллелизующей группы  $U(2)$ . М. Кон, А. Levichev ввели в рассмотрение коммутативную  $U(2)$ - $U(1,1)$  диаграмму. В итоге удалось преодолеть трудности, связанные с тем, что конформная группа  $GF = SU(2,2)$  действует на  $U(1,1)$  с сингулярностями. В то время, как  $G = SU(2,2)$  действует на  $U(2)$  без сингулярностей. Полученные результаты открывают новое направление исследований по применению метода параллелизующей группы для классификации элементарных частиц и описания их свойств.

### **8.2. Многоуровневая модель кварк-глюонной среды.**

Предложена модель кварк-глюонной среды, основанная на цепочке канонических (т.е., по главным минорам) вложений групп:  $U(2)$  в  $U(3)$ ,  $U(2)$  в  $U(4)$ , и т.д. Эти группы удобно называть уровнями материи:  $U(2)$  – нулевой (т.е., наш обычный),  $U(3)$  – первый,  $U(4)$  – второй и т.д. Уровни соответствуют поколениям (кварков), а «аромат» и «цвет» также вводятся строго математически. В модели получается, что кварки – это «притопленные» (на соответствующий уровень) протоны. Глюоны вводятся исходя из протонов и антипротонов, они (на каждом уровне) могут быть интерпретированы как «цветные» фотоны. Модель совместима с обнаружением точечных компонент внутри протонов в глубоко неупругих электрон-протонных рассеяниях (и с упругим рассеянием электронов на кварках). Не все из математических следствий модели совпадают со стандартными предположениями о кварках. В частности, число «цветов» и массы кварков зависят от уровня. Модель предсказывает наличие трёх (новых) кварков четвертого поколения.

### **Участие в грантах**

**Проект РАН 15/10** – «Математические и методологические аспекты интеллектуальных информационных систем»

*Научный руководитель проекта: д.ф.-м.н. А.Г. Марчук*

**MIMOmics** – Methods for Integrated analysis of Multiple Omics datasets (методы интегрированного анализа множества -омов) // Седьмая европейская рамочная программа, период контракта 2012-2017 гг., № контракта (гранта) 305280, раздел HEALTH.2012.2.1.1-3.

*Совместно с компанией geneXplain, ответственный исполнитель от ИСИ СО РАН – к.ф.-м.н. Т.Ф. Валеев*

**Грант Министерства образования и науки РК (аналог ФЦП)** – Разработка информационно-поискового тезауруса (с учетом морфологии казахского языка) в полнотекстовых базах данных по ИТ-технологиям, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, 2015-2017.

*Научные руководители: д.ф.-м.н. Тусупов Д.А. (Казахстан), член-корр. Федотов А.М. (НГУ), ответственный исполнитель от ИСИ СО РАН – к.ф.-м.н. Т.В. Батура*

**Грант Президента РФ МК-5714.2015.9** – Разработка методологии и алгоритмической базы для создания первого виртуального организма под управлением биологически обоснованной компьютерной модели его нейронной сети. 2015-2016.

*Научный руководитель проекта: к.ф.-м.н. А.Ю. Пальянов*

### **Участие в международных программах сотрудничества**

**Совместная научная и коммерческая деятельность** ведется с партнерами из США, Германии, Китая, Казахстана и других стран. Тематика сотрудничества: анализ генетических последовательностей и микрочиповых данных; математическая лингвистика и обработка текстов на естественном языке; анализ данных из социальных сетей.

### **Защита диссертаций**

В диссертационном совете Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан). защищена диссертация: Еримбетова А.С. «Исследование грамматики связей, релевантность и определение тем текстов», представленная на присуждение степени доктора PhD по специальности 6D070300 – Информационные системы. Работа посвящена компьютерной лингвистике, рассматриваются тексты на русском, английском, казахском и турецком языках. Научный руководитель Сагнаева С.К. (ЕНУ), зарубежный научный консультант Мурзин Ф.А. (ИСИ СО РАН).

### **Список публикаций лаборатории**

#### **Монографии**

1. Трофимов В.К., Храмова Т.В. Теоремы кодирования неравнозначными символами для дискретных каналов без шума // Моногр. / Изд. СибГУТИ, 5 печ.л.

#### **Российские издания**

1. Батура Т.В. Методы и системы семантического анализа текстов // Программные продукты, системы и алгоритмы. Электронный научный журнал. 2016. № 4. 29 с. URL: <http://swsys-web.ru/methods-and-systems-of-semantic-text-analysis.html>
2. Левичев А.В., Пальянов А.Ю., Анализ в космических расслоениях на основе группы  $U(1,1)$ : основные таблицы инфинитезимального  $SU(2,2)$ -действия, *Mathematical Structures and Modeling* (2016), 4(40). – С. 26-40. ISSN 2222-8799. (ВАК)

#### **Зарубежные издания**

1. Yerimbetova A.S., Murzin F.A., Batura T.V., Sagnayeva S.K., Semich D.F., Bakiyeva A.M. Estimation of the degree of similarity of sentences in a natural language based on using the Link Grammar Parser program system // *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 2016. V. 86. N. 1. P. 68–77. [Scopus]

2. Batura T.V., Murzin F.A., Semich D.F., Sagnayeva S.K., Tazhibayeva S.Zh., Bakiyev M.N., Yerimbetova A.S., Bakiyeva A.M. Using the Link grammar parser in the study of Turkic languages // Eurasian journal of mathematical and computer applications, 2016. V. 4. Is. 2. P. 14–22.
3. Мурзин Ф.А., Батура Т.В., Семич Д.Ф., Сагнаева С.К., Еримбетова А.С., Бакиева А.М., Митьковская М.В., Семенова Н.А. Исследование грамматики связей на примере казахского и турецкого языков // Вестник КазНУ, 2016. № 4 (116). С. 684–691.
4. Volkova O.A., Kondrakhin Y.V., Yevshin I.S., Valeev T.F. and Sharipov R.N. Assessment of translational importance of mammalian mRNA sequence features based on Ribo-Seq and mRNA-Seq data. // Journal of Bioinformatics and Computational Biology. – 2016. – Vol. 14. – No. 2. – 15p.
5. Kondrakhin Yu., Valeev T., Sharipov R., Yevshin I., Kolpakov F., Kel A. Prediction of protein-DNA interactions of transcription factors linking proteomics and transcriptomics data. // EuPA Open Proteomics. – 2016. – Vol. 13. – P. 14–23. – doi:10.1016/j.euprot.2016.09.001
6. Kel, A. E., Stegmaier P., Valeev T., Koschmann J., Poroikov V., Kel-Margoulis O. V., Wingender E. Multi-omics “upstream analysis” of regulatory genomic regions helps identifying targets against methotrexate resistance of colon cancer. // EuPA Open Proteomics. – 2016. – Vol. 13. – P. 1-13. – doi:10.1016/j.euprot.2016.09.002
7. Yevshin, I., Sharipov, R., Valeev T., Kel A., Kolpakov F. GTRD: a database of transcription factor binding sites identified by ChIP-seq experiments. // Nucleic Acids Research. – 2016. – Database Issue. – 7p. — doi:10.1093/nar/gkw951
8. Laurent G. St., Vyatkin Y., Antonets D., Ri M., Qi Y., Saik O., Shtokalo D., M. Hoon J.L., Kawaji H., Itoh M., Lassmann T., Arner E., Forrest A.R.R., The FANTOM consortium, Nicolas E., McCaffrey T.A., Carninci P., Hayashizaki Y., Wahlestedt C., and Kapranov P. Functional annotation of the vlinc class of non-coding RNAs using systems biology approach // Nucl. Acids Res. (2016) doi: 10.1093/nar/gkw162. (SCOPUS и WEB OF SCIENCE)
9. Palyanov A., Khayrulin S., Larson, S. Application of smoothed particle hydrodynamics to modeling mechanisms of biological tissue // Advances in Engineering Software (2016), 98: 1-11. (Web of Science IF = 1.67). <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965997816300618>
10. Palyanov A.Yu., Chekmarev S.F. Hydrodynamic description of protein folding: the decrease of the probability fluxes as an indicator of transition states in two-state folders // Journal of Biomolecular Structure and Dynamics, 2016. – P.1-9. (Web of Science IF = 2.3). <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07391102.2016.1248490>
11. Levichev A. V., A contribution to the DLF-theory: on singularities of the SU(2,2)-action in U(1,1), Journal of Modern Physics, Volume 7, Number 15, November 2016, – P.1-8

#### **Материалы международных конференций**

1. Batura T.V., Murzin F.A., Sagnayeva S.K., Tazhibayeva S.Zh., Yerimbetova A.S., Bakiyeva A.M. Link Grammar Parser for Turkic Languages and algorithms for estimation the relevance of documents // 2016 IEEE 10th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT-2016). 12–14 October 2016, Baku, Azerbaijan. 2016. pp. 104–107. [Scopus]
2. Antonets D., Vyatkin Y., Luppov D., Kapranov P., Ri M., Saik O., Shtokalo D. VlincRNA Database: Tool for very long intergenic non-coding RNA functional annotation // BGRS/SB-2016 abstracts, – P. 33, Novosibirsk, Russia.
3. Russkikh N.E., Antonets D.V. New image analysis and base calling algorithm for SeqLL sequencing machine achieved better sensitivity on synthetic oligonucleotides set. Mathematical modeling and high performance computing in bioinformatics, biomedicine and biotechnology (MM-HPC-BBB-2016), Abstracts MM-HPC-BBB-2016, Novosibirsk, Russia, 29 August – 2 September, 2016, – P.89.

4. Levichev A.V., Palyanov A.Yu. On Stapp's approach to the mind-matter problem: an attempt to incorporate it into the DLF-model. // Intern. Conf. MM-HPC-BBB-2016, Abstracts, p.71. Novosibirsk, 2016. – P. 29.
5. Bykova I.V., Golosova O.I., Bakulina A.Y., Afonnikov D.A., Kandrov D.Y., Palyanov A.Y., Grekhov G.A., Danilova Y.E.. UGENE: a toolkit for teaching students // International Conference MM-HPC-BBB-2016, Abstracts, Novosibirsk, 2016.
6. Khayrulin S.S., Serdtseva N.A., Palyanov A.Yu. A software tool for visualization and control of biological neural networks activity based on the neuron simulation environment. // International Conference MM-HPC-BBB-2016, Abstracts, Novosibirsk, 2016. – P. 56.
7. Palyanov A.Yu., Khayrulin S.S. Realistic 3D simulation of *C. elegans* swimming and crawling with Sibernetic environment. // International Conference MM-HPC-BBB-2016, Abstracts, Novosibirsk, 2016. – P. 79.
8. Palyanov A.Yu., Samoilova Kh.V., Palyanova N.V. Towards a neurobiologically reasonable *C. elegans* nervous system simulation: neuron, muscle and signal propagation modeling // Symposium "Cognitive sciences, genomics and bioinformatics" (CSGB-2016), Abstracts, Novosibirsk, 2016. – 1p.
9. Levichev V. On singularities of linear-fractional  $SU(2,2)$ -action in  $U(1,1)$ . // ДНИ ГЕОМЕТРИИ В НОВОСИБИРСКЕ, Тезисы. Новосибирск, – 2016. с.18.

#### **Учебные пособия**

1. Батура Т.В. Математическая лингвистика и автоматическая обработка текстов: учеб. пособие / Новосибирский государственный университет. Новосибирск: РИЦ НГУ, 2016. ISBN 978-5-4437-0548-4. 166 с.
2. Батура Т.В., Чаринцева М.В. Основы обработки текстовой информации Электронное издание [http://www.iis.nsk.su/files/book/file/Batura\\_UchPosobie\\_N2.pdf](http://www.iis.nsk.su/files/book/file/Batura_UchPosobie_N2.pdf)

#### **Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ**

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Модуль анализа информации: классификатор текстов» №2017611829 от 09.02.2017г.

*Авторы: Павловский Е.Н., Масловский И.А., Батура Т.В. (ИСИ), Дюбанов В.В.*

*Правообладатель: НГУ.*

# **Общая характеристика исследований лаборатории теории параллельных процессов**

*Зав. лабораторией д.ф.-м.н. Вирбицкайте И.Б.*

## **Основные результаты научных исследований за год, их практическое использование и применение в учебном процессе**

**Кадровый состав:** всего сотрудников — 11, из них научных сотрудников — 9 (в том числе 1 доктор и 7 кандидатов наук).

### **Основные направления исследований:**

- теоретико-категорное исследование взаимосвязей параллельных моделей с реальным временем и их эквивалентностей;
- изучение свойств достижимости, безопасности, управления моделей различных классов динамических и гибридных систем;
- разработка дискретно-временных стохастических расширений алгебр параллельных процессов, построение стохастических алгебраических и поведенческих эквивалентностей и исследование их взаимосвязей;
- проектирование алгоритмов верификации различных классов гибридных и параллельных моделей.

## **Краткое описание проведенных научных исследований**

### **1. Исследование оценки арифметической сложности проблем над непрерывными данными.**

Построены и реализованы обобщенные модели Тейлора в IRRAM-пакете для представления действительных чисел, экспоненциальной и тригонометрических функций. Для доказательства корректности обобщенные модели Тейлора были рассмотрены как частный случай вращивающих семейств и теоретически доказано, что представление действительных чисел на основе обобщенных моделей Тейлора топологически и вычислительно эквивалентно стандартному представлению Коши. Разработаны и реализованы процедуры контроля вращивающего эффекта для вычислений экспоненциальной и тригонометрических функций. На основе экспериментальных результатов проведен сравнительный анализ эффективности алгоритмов, использующих различные модели Тейлора для представления действительных чисел.

Для построения решений проблемы Коши с произвольной точностью для обыкновенных дифференциальных уравнений с полиномиальной правой частью (ПОДИ) был разработан и реализован новый IRRAM-оператор PIVPSolve, который по представлениям правой части и начальных значений выдает представление решения задачи Коши. Вычисление значения решения в конкретное значение времени для ПОДИ выполняется пошагово с использованием специальных процедур для повышения точности интервальных аппроксимаций на промежуточных вычислениях. Разработка процедур базируется на новых методах, таких как методы комплексных интервальных вычислений, оптимизированное Риманово суммирование ряда Тейлора, интерактивное вычисление коэффициентов ряда Тейлора.

### **2. Сравнительный анализ и синтез моделей и эквивалентностей (временных) параллельных процессов**

Определена «истинно-параллельная» и недетерминированная семантика в терминах ветвящихся процессов дискретно-временных сетей Петри (ДВСП), в которых возможно бесконечное число переходов и мест, неограниченное количеством фишек в местах и

(максимальные) шаги срабатывания параллельных переходов, что позволяет считать данный класс ДВСП самым мощным из известных ранее. Доказано, что развертка (максимальный ветвящийся процесс) ДВСП является наибольшим элементом полной решетки, построенной на ветвящихся процессах ДВСП с шаговой семантикой. Кроме того, показано, что этот результат верен и для случая максимальных шагов срабатывания переходов, но только если наложены дополнительные ограничения на структуру и поведение ДВСП.

Для случая конечных линейных и циклических систем переходов над бинарным алфавитом построена полная конструктивная характеристика минимальных неразрешимых систем переходов; предложен быстрый алгоритм проверки неразрешимости; предложена конструктивная характеристика разрешимости; предложен алгоритм синтеза сетей Петри из разрешимых систем переходов, опережающий известные алгоритмы

### **3. Разработка и изучение поведенческих эквивалентностей флюидных стохастических сетей Петри (ФССП)**

Предложены новые флюидные эквивалентности для сравнения и редукции поведения помеченных флюидных стохастических сетей Петри (ПФССП) с сохранением их дискретных и непрерывных свойств. Определено линейно-временное отношение флюидной следовой эквивалентности и его ветвисто-временной аналог, флюидная бисимуляционная эквивалентность. Оба флюидных отношения учитывают важнейшие особенности поведения ПФССП: функциональную активность, стохастическое время и поток флюида. Показано, что флюидная следовая эквивалентность сохраняет средний потенциальный объем изменения флюида для последовательностей переходов любой заданной длины. Доказано, что флюидная бисимуляционная эквивалентность сохраняет агрегированные (по такой бисимуляции) вероятностные функции: стационарную массу вероятностей базовой непрерывно-временной марковской цепи (НВМЦ), а также стационарные вероятность опустошения буфера, плотность и распределение флюида для ассоциированной стохастической флюидной модели. Флюидная бисимуляционная эквивалентность применена для упрощения качественного и количественного анализа ПФССП, выполняемого категоризацией дискретного графа достижимости и базовой НВМЦ.

### **4. Дискретно-временное стохастическое исчисление боксов Петри с мгновенными мультидействиями dtsiPBC**

Исследовано использование стохастического исчисления боксов Петри (sPBC) с мгновенными мультидействиями в качестве алгебраической модели для описания параллельных систем с экспоненциально распределенными или нулевыми задержками, которая обеспечивает естественную трансляцию спецификаций в обобщенные стохастические сети Петри. Показано применение данного исчисления к явлениям теории информации на примере моделирования и анализа системы видеоконференций. Данный прикладной пример иллюстрирует мощь и гибкость упомянутого исчисления в областях техники автоматического управления и системного проектирования. В рамках дискретно-временного стохастического исчисления боксов Петри с мгновенными мультидействиями (dtsiPBC) определена шаговая стохастическая бисимуляционная эквивалентность процессов, используемая для сокращения их систем переходов и соответствующих полумарковских цепей с сохранением функциональности и производительности. Показано, что данная эквивалентность упрощает анализ производительности алгебраических процессов. В прикладном примере системы с разделяемой памятью описан метод моделирования, оценки производительности и сохраняющей поведение редукции параллельных систем.

## Список публикаций лаборатории

### Центральные издания

1. Вирбицкайте И., Боровлёв В., Попова-Цейгманн Л. Истинно-параллельная и недетерминированная семантика временных сетей Петри. Программирование. № 4, 2016, с. 4-16 (Scopus, ВАК)

### Зарубежные издания

1. I. Virbitskaite, D. Bushin, E. Best. True Concurrent Equivalences in Time Petri Nets. *Fundamenta Informaticae* 149(4), IOS Press. P. 401-418. (Scopus, Web of Science)
2. S.H. Macia, R.V. Valero, G.F. Cuartero, D.M.C. Ruiz, I.V. Tarasyuk. Modelling a video conference system with sPBC. *Applied Mathematics and Information Sciences*, Vol. 10, N 2, 2016, pp. 475-493, Natural Sciences Publishing, New York, NY, USA, doi: 10.18576/amis/100210. (ISSN 1935-0090) (Scopus, Zentralblatt Math)
3. M. Korovina, O. Kudinov. Computable Elements and Functions in Effectively Enumerable Topological Spaces. *Journal of Mathematical Structures in Computer Science*, Cambridge University Press, pp. 1-27, DOI: 10.1017/S0960129516000141, Published online: 23 June 2016. (Scopus, Web of Science)
4. M. Korovina, O. Kudinov. Complexity of partial computable functions over computable Polish Spaces. *Journal of Mathematical Structures in Computer Science*, Cambridge University Press, 2016 (принята в печать). (Scopus, Web of Science)
5. K. Barylska, E. Best, E. Erofeev, L. Mikulski, M. Piatkowski. Conditions for Petri Net Solvable Binary Words. *Transactions on Petri Nets and Other Models of Concurrency*, Volume 11. P. 137-159, 2016. (Scopus, Web of Science)
6. I. Virbitskaite, V. Borovlyov, L. Popova-Zeugmann. Branching Processes of Timed Petri Nets. *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 9609, 2016, pp. 303-313. (Springer, Scopus, Web of Science)
7. F. Brauße, M. Korovina, N. Müller. Using Taylor Models in Exact Real Arithmetic. *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, Vol. 9609, 2016, pp. 61-74. (Springer, Scopus, Web of Science)
8. F. Brauße, M. Korovina, N. Müller. Towards Using Exact Real Arithmetic for Initial Value Problems. *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, Vol. 9582, 2016, pp. 474-488. (Springer, Scopus, Web of Science)
9. E. Best, E. Erofeev, U. Schlachter, H. Wimmel. Characterising Petri Net Solvable Binary Words. *Lecture Notes in Computer Science* Vol. 9698. Springer. P. 39-58. (Springer, Scopus, Web of Science)

## **Материалы международных конференций**

1. E. Erofeev, K. Barylska, L. Mikulski, and M. Piatkowski. Generating All Minimal Petri Net Unsolvable Binary Words. Proceedings of the Prague Stringology Conference 2016. Department of Theoretical Computer Science, Faculty of Information Technology, Czech Technical University in Prague. P. 33-47.
2. M. Korovina, O. Kudinov. On images of Partial Computable Functions over Computable Polish Spaces. В трудах международной конференции “МАЛЬЦЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ”, Новосибирск, 21–25 ноября 2016, стр. 63—64.
3. K. Barylska, L. Mikulski, M. Piatkowski, M. Koutny, E. Erofeev. Reversing Transitions in Bounded Petri Nets. Proceedings of the 25th International Workshop on Concurrency, Specification and Programming. CEUR Workshop Proceedings Vol. 1698. P. 74-85

## **Прочие публикации**

8. I.V. Tarasyuk, S.H. Macia, R.V. Valero. Bisimulation equivalence and performance analysis of concurrent systems with discrete stochastic time in dtsiPBC. Technical Report, Vol. DIAB-16-03-1, 2016, 92 p., Department of Computer Systems, High School of Computer Science Engineering, University of Castilla - La Mancha, Albacete, Spain.

## **Международные проекты**

1. **Сравнительный анализ и верификация для параллельных систем с повышенными требованиями к корректности**

**Проект DFG (CAVER, грант No VE 1267/14-1) и РФФИ (грант No 14-01-91334)**

**Иностранные партнеры:**

- А. Бест (Ольденбургский университет, Германия)
- П. Бухгольц (Дортмундский университет, Германия)
- Н. Мюллер (Триерский Университет, Германия)
- Л. Попова-Цейгманн (Берлинский университет, Германия)

**Координаторы:** И.Б. Вирбицкайте (ИСИ СО РАН), А. Бест (Ольденбургский университет, Германия)

**Сроки:** 06.2014-07.2017 гг.

**Результаты, полученные в 2016 году:**

Для случая конечных линейных и циклических систем переходов над бинарным алфавитом построена полная конструктивная характеристика минимальных неразрешимых систем переходов; предложен алгоритм синтеза сетей Петри из разрешимых систем переходов рассматриваемого класса, опережающий известные алгоритмы. Введены и исследованы следовая и бисимуляционная эквивалентности для сравнения и редукции поведения временных сетей Петри и помеченных флюидных стохастических сетей Петри. Получено теоретическое

обоснование использования моделей Тейлора в вещественной точной арифметике. Развита теория оценки арифметической сложности проблем над непрерывными данными. Доказано, что проблема достижимости для моделей Нероуда не является предельно вычислимой.

## **2. Formal Analysis and Applications of Web Services and Electronic Contracts (DArDOS) / Формальный анализ и приложения веб-сервисов и электронных контрактов**

Университет Кастильи - Ла Манчи, г. Альбасете

Проект Испанского правительства (Министерство науки и инноваций), Европейский фонд регионального развития (FEDER), грант TIN2015-65845-C03-02.

**Руководители проекта с испанской стороны:** Мария Эмилия Камбронеро Пикерас (Maria Emilia Cambronero Piqueras) и Грегорио Диас Дескальсо (Gregorio Diaz Descalzo); Высшая школа инженерии информатики, Университет Кастильи – Ла Манчи, Авенида де Эспанья, б/н, 02071, г. Альбасете, Испания.

**Участник проекта с российской стороны:** Игорь Валерьевич Тарасюк.

**Сроки:** 01.01.2016-31.12.18

### **Результаты, полученные в 2016 году:**

Стохастическое исчисление боксов Петри (sPBC) с мгновенными мультидействиями использовано для спецификации и анализа параллельных систем. Показано применение данного исчисления к явлениям теории информации на примере моделирования и анализа системы видеоконференций, который иллюстрирует мощь и гибкость данной алгебры в областях техники автоматического управления (автоматики) и системного проектирования (системотехники). Для дискретно-временного стохастического исчисления боксов Петри с мгновенными мультидействиями (dtsiPBC) определена шаговая стохастическая бисимуляционная эквивалентность, используемая для сокращения поведения с сохранением функциональности и производительности. В прикладном примере системы с разделяемой памятью описан метод моделирования, оценки производительности и сохраняющей поведение редукции параллельных систем.

## **Международные научные связи**

### **Календарь зарубежных командировок по странам**

1. *Вирбицкайте И.Б.* (25.12.2015-18.01.2016) — научная работа в рамках международного проекта CAVER DFG/РФФИ, Берлинский университет им. Гумбольдта, г. Берлин, Германия.
2. *Вирбицкайте И.Б.* (26.06.2016-16.07.2016) — научная работа в рамках международного проекта CAVER DFG/РФФИ, Ольденбургский университет, г. Ольденбург, Германия.
3. *Вирбицкайте И.Б.* (30.12.2016-22.01.2017) — научная работа в рамках международного проекта CAVER DFG/РФФИ, Ольденбургский университет, г. Ольденбург, Германия.
4. *Коровина М.В.* (11.01.2016-29.01.2016) — научная работа в рамках международного проекта EU (N PIRSES-GA-2011-294962-COMPUTAL), Университет г. Свонзи, Манчестер, Англия.
5. *Коровина М.В.* (24.08.2016-26.09.2016) — научная работа в рамках международного проекта CAVER DFG/РФФИ, Университет г. Триера, Германия.
6. *Тарасюк И.В.* (02.10.2016-01.11.2016) — научная работа в рамках международного проекта CAVER DFG/РФФИ, Дортмундский Университет, г. Дортмунд, Германия

### **Список принятых в институте иностранцев**

1. Norbert Mueller Норберт Мюллер,  
Профессор, зам. директора по науке, Университет г. Трир, Германия  
FB IV – Факультет Информатики, Университет Трира, D-54286 Трир, Германия

Дата визита: с 27/02/ 2016 по 23/03/2016

Цель визита: проведение совместных исследований в рамках договора о совместном сотрудничестве между Университетом г.Трир и ИСИ СОРАН.

2. Norbert Mueller Норберт Мюллер,

Дата рождения: 25.01.1960

Должность: Профессор, зам. директора по науке, Университет г. Трир, Германия

Адрес: FB IV – Факультет Информатики, Университет Трир, D-54286 Трир, Германия

Дата визита: 26.09.2016 – 12.10.2016

3. Mizuhito Ogawa Мицухито Огава ,

Дата рождения: 08.02.1960

Должность: Профессор Японского современного института науки и технологии JAIST,

Адрес: 1-1 Асахидай Номи, Ишикава, 923-1292 Япония (1-1 Asahidai, Nomi, Ishikawa 923-1292 Japan)

Дата визита: 11.03.2016—18.03.2016

4. Satoshi Tojo Сатоши Тойо ,

Дата рождения: 31.10.1957

Должность: Профессор Японского современного института науки и технологии JAIST,

Адрес: 1-1 Асахидай Номи, Ишикава, 923-1292 Япония ( 1-1 Asahidai, Nomi, Ishikawa 923-1292 Japan)

Дата визита: 14.03.2016—18.03.2016

#### **Членство в редколлегиях научных изданий**

Вирбицкайте И.Б. – член редколлегии журнала «Программирование».

## Сводные данные по институту

### Деятельность Ученого совета

За отчетный период проведено 7 заседаний Ученого совета, на которых обсуждались различные вопросы деятельности Института. Важнейшие из них: о финансовом положении Института; о планах редакционной подготовки на 2016 год; о планах проведения конференций; об итогах годового Общего собрания СО РАН и РАН; о реформе РАН; о подготовке основных заданий к плану НИР на 2017 год; о важнейших результатах Института по итогам научной деятельности в 2016 году; о работе аспирантуры Института. Кроме того, рассматривались различные кадровые вопросы.

### Издательская деятельность

В 2016 году продолжалась публикация статей в электронном журнале «Системная информатика», <http://www.system-informatics.ru/>. Институтом подготовлен выпуск BULLETIN of the Novosibirsk Computing Center. Series: Computer Sciences. В Мемориальной библиотеке А.П.Ершова ежемесячно проводились выставки новой литературы.

### Международные научные связи

В 2016 г. Институт систем информатики имени А.П.Ершова СО РАН осуществлял сотрудничество с зарубежными организациями по следующим грантам:

**Международный проект « Сравнительный анализ и верификация для параллельных систем с повышенными требованиями к корректности — Проект DFG (CAVER, грант No BE 1267/14-1) и РФФИ (грант No 14-01-91334)**

*Руководители: А. Бест (Ольденбургский университет, Германия), П. Бухгольц (Дортмундский университет, Германия), Л. Попова-Цейгманн (Берлинский университет, Германия)*

*Участник: И.Б. Вирбицкайте*

*Сроки: 2014 – 2017 гг.*

**Международный проект «Computable analysis – theoretical and applied aspects», EU—грант № PIRSES-GA-2011-294962**

*Руководители: Дитер Шприн (Зиген, Германия), Виктор Селиванов (ИСИ СОРАН)*

*Участник: Коровина М.В.*

*Сроки: 2014 – 2017 гг.*

**Международный проект Испанского правительства "Formal Analysis and Applications of Web Services and Electronic Contracts (DArDOS)", грант TIN2015-65845-C03-02.**

*Руководитель: Maria Emilia Cambronero Piqueras, Gregorio Diaz Descalzo*

*Участник: Тарасюк И.В.*

*Сроки: 2016 – 2018 гг.*

## **Проект Немецкого исследовательского сообщества “Технологии экспертной поддержки пользователей в рамках когнитивных технических систем”**

*Иностранные партнеры: Институт искусственного интеллекта при факультете информатики университета г. Ульм, Германия*

*Координаторы проекта: Сюзанна Биундо-Штефан (Ульм, Германия), Андреас Вендемут (Магдебург, Германия)*

*Участник: Пономарев Д.К.*

*Сроки: 2013 – 2017 гг.*

## **Седьмая европейская рамочная программа, № контракта (гранта) 305280, раздел HEALTH.2012.2.1.1-3. MIMOmics – Methods for Integrated analysis of Multiple Omics datasets (методы интегрированного анализа множества омов**

*Совместно с компанией geneXplain, ответственный исполнитель от ИСИ СО РАН – к.ф.-м.н.*

*Т.Ф. Валеев*

*Сроки: 2012 – 2017*

## **Грант Министерства образования и науки РК (аналог ФЦП) – Разработка информационно-поискового тезауруса (с учетом морфологии казахского языка) в полнотекстовых базах данных по ИТ-технологиям, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, 2015-2017.**

*Научные руководители: д.ф.-м.н. Тусупов Д.А. (Казахстан), член-корр. Федотов А.М. (НГУ), ответственный исполнитель от ИСИ СО РАН – к.ф.-м.н. Т.В. Батура*

*Сроки: 2015 – 2017*

### **Календарь зарубежных командировок по странам**

- *Селиванов В.Л. (7.01.16-31.01.16) – Университет Мюнхена. Проведение совместных исследований по проекту Евросоюза «Вычислимый анализ» по программе «Мария Кюри».*
- *Касьянов В.Н. (28.08.2016 - 07.09.2016) – участие с докладом в Международной конференции «Математические и информационные технологии (MIT-2016) », г. Врнячка Баня, Сербия; г. Будва, Черногория.*
- *Касьянова Е.В. (28.08.2016 - 07.09.2016) – участие с докладом в Международной конференции «Математические и информационные технологии (MIT-2016) », г. Врнячка Баня, Сербия; г. Будва, Черногория.*
- *Загорулько Ю.А. (18.02.16 – 20.02.16) – участие с докладом в 6-й Международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2016), г. Минск, Белоруссия.*
- *Ахмадеева И. Р. (21.09.16 – 23.09.16) – участие с докладом в 7-й международной конференции: Knowledge Engineering and Semantic Web, KESW 2016. Prague, Czech Republic.*
- *Шелехов В.И. (04.10.16 -06.10.16) участие в международной конференции, посвященной 80-летию академика У.М. Султангазина «Математические методы и современные космические технологии» — Алматы. Казахстан.*
- *Вирбицкайте И.Б. (25.12.2015-18.01.2016) — научная работа в рамках международного проекта CAVER DFG/РФФИ, Берлинский университет им. Гумбольдта, г. Берлин, Германия.*
- *Вирбицкайте И.Б. (26.06.2016-16.07.2016) — научная работа в рамках международного проекта CAVER DFG/РФФИ, Ольденбургский университет, г. Ольденбург, Германия.*

- *Virbiцкайте И.Б.* (30.12.2016-22.01.2017) — научная работа в рамках международного проекта CAVER DFG/РФФИ, Ольденбургский университет, г. Ольденбург, Германия.
- *Коровина М.В.* (11.01.2016-29.01.2016) — научная работа в рамках международного проекта EU (N PIRSES-GA-2011-294962-COMPUTAL), Университет г. Свонзи, Манчестер, Англия.
- *Коровина М.В.* (24.08.2016-26.09.2016) — научная работа в рамках международного проекта CAVER DFG/РФФИ, Университет г. Триера, Германия.
- *Тарасюк И.В.* (02.10.2016-01.11.2016) — научная работа в рамках международного проекта CAVER DFG/РФФИ, Дортмундский Университет, г. Дортмунд, Германия
- *Емельянов П.Г.* (15.02.16 – 20.02.16) Прешкола CALDAM'2016 по дискретной математике и алгоритмам и конференция CALDAM'2016, Тируванантапурам, Индия.
- *Емельянов П.Г.* (20.05.16 – 04.06.16) Посещение высших школ объединения ПариТех, 28 мая-4 июня 2016, Париж, Франция.
- *Емельянов П.Г.* (05.07.16 – 08.07.16) участие в конференции HSST'2016, 5-8 июля, Орландо, США.

#### Список принятых в институте иностранцев

**Norbert Mueller**, профессор, зам. директора по науке, Университет г. Трир, Германия

FB IV – Факультет Информатики, Университет г. Трир, D-54286 Трир, Германия

Дата визита: с 26/02/ 2015 по 19/03/2015

Цель визита: проведение совместных исследований в рамках договора о совместном сотрудничестве между Университетом г. Трир и ИСИ СОРАН.

**Guido Gherardi**, доцент, Бундесфер Университет Мюнхена

Факультет Информатики, Бундесфер Университет Мюнхена, 85577 Нюбирберг, Германия

Дата визита: с 17/08/ 2015 по 03/09/2015

Цель визита: проведение совместных научных исследований в рамках совместного проекта Института систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН и Евросоюза «Вычислимый анализ» PIRSES-GA-2011- 294962 COMPUTAL.

**Ivo List**, аспирант, Университет Любляны,

Факультет математики и физики, Университет Любляны, Джадранска 21, 1000 Любляна, Словения

Дата визита: с 18/08/ 2015 по 17/09/2015

Цель визита: проведение совместных научных исследований в рамках совместного проекта Института систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН и Евросоюза «Вычислимый анализ» PIRSES-GA-2011- 294962 COMPUTAL.

#### Членство в национальных и международных научных организациях

- Европейская ассоциация искусственного интеллекта — *к.т.н. Ю.А. Загорулько, к.ф.- м.н. О.И. Боровикова, н.с. Г.Б. Загорулько.*
- Российская ассоциация искусственного интеллекта — *к.т.н. Ю.А. Загорулько, к.ф.- м.н. О.И. Боровикова, н.с. Г.Б. Загорулько.*
- Ассоциация по вычислительной технике (ACM) — *к.ф.-м.н. М.А. Бульонков.*
- Институт инженеров по электронике и электротехнике (IEEE) — *к.ф.-м.н. М.А. Бульонков.*
- Российская академия естественных наук — *член-корр. В.Н. Касьянов.*

- Американское математическое общество (AMS) — *проф. В.Н. Касьянов, проф. В.Л. Селиванов, к.ф.-м.н. Ф.А. Мурзин.*
- Европейская ассоциация по теоретической информатике (EATCS) — *проф. В.Н. Касьянов, к.ф.-м.н. В.А. Непомнящий.*
- Общество по индустриальной и прикладной математике (SIAM) — *проф. В.Н. Касьянов.*
- Европейская ассоциация по компьютерной логике (EACSL) — *к.ф.-м.н. В.А. Непомнящий.*

### **Членство в редколлегиях научных изданий**

- Периодическое издание ИАЭТ «Информационные технологии в гуманитарных исследованиях» — *к.т.н. Ю.А. Загоруйко.*
- Серия сборников статей «Системная информатика», изд - во «Наука» — *д.ф.-м.н. В.Н. Касьянов, к.ф.-м.н. В.А. Непомнящий.*
- Журнал «Проблемы информатики» ИВМ и МГ СО РАН — *проф. А.Г. Марчук (в редакционном совете).*
- Бюллетень ИВМ и МГ, Специальный выпуск ИСИ СО РАН (BULLETIN of the Novosibirsk Computing Center, Series: Computer Sciences) — *д.ф.-м.н. В.Н. Касьянов, д.ф.-м.н. А.Г. Марчук, к.ф.-м.н. В.А. Непомнящий.*
- Журнал «Вестник НГУ, серия: Математика, механика, информатика» — *проф. А.Г. Марчук.*
- Научный электронный журнал «Системная информатика» (сайт журнала <http://www.system-informatics.ru>) -- *проф. А.Г. Марчук — главный редактор.*
- Международный журнал «Проблемы программирования», г. Киев, — *проф. В.Н. Касьянов.*
- Журнал «Программирование» — *проф. И.Б. Вирбицкайте – член редколлегии*
- Международный журнал «Enterprise Information Systems» (Taylor & Francis Group) – *проф. В.Н. Касьянов – член редколлегии*

### **Научно-педагогическая деятельность и популяризация науки**

#### **1. Крупные мероприятия**

**1.1. XIII Открытая Всесибирская олимпиада по программированию им. И.В.Поттосина** организуется и проводится совместно с Новосибирским государственным университетом с 2000 года. Эта олимпиада является одним из наиболее эффективных инструментов выявления и подготовки одаренных молодых людей, вносящих затем существенный вклад в развитие отечественных современных компьютерных технологий. Основные цели олимпиады — повышение качества подготовки специалиста в области информационных технологий, развитие знаний и умений студентов вузов по ключевым направлениям профессиональной деятельности, повышение качества набора в вузы с привлечением к участию в олимпиаде одаренных школьников.

Открытая Всесибирская олимпиада по программированию им. И.В.Поттосина является командной, в ней принимают участие студенты не только российских вузов, но и стран ближнего зарубежья (Белоруссия, Украина, Казахстан, Киргизия, Грузия, Узбекистан, Армения). Олимпиада проходит в два-три тура (<http://olimpic.nsu.ru/>). Первые один-два тура проводятся с помощью Интернет, последний, очный — на базе НГУ.

Интернет-тур проводится по традиционным правилам международного студенческого чемпионата ACM (Association for Computing Machinery). Задачи, решения, тесты, программы, проверяющие правильность решений, также как и система автоматической проверки решений, разрабатываются жюри олимпиады.

Очный тур нацелен на искусство постановки задач и выбора методов решения. Здесь оценивается умение корректно поставить задачу на основании формулировки проблемы и ее контекста; умение проанализировать множество вариантов решений и, исходя из различных

критериев эффективности, выбрать самый оптимальный. В рамках очного тура проводится две номинации.

В жюри и оргкомитете олимпиады принимают участие преподаватели НГУ и ведущих вузов России: Московского, Санкт-Петербургского, Саратовского госуниверситетов, Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики.

Полная информация, в том числе задачи, тесты, решения жюри, рейтинг команд по проведенным олимпиадам выложена на сайте <http://olimpic.nsu.ru/>.

### **1.2. XXXX Летняя школа юных программистов (ЛШЮП) имени А.П. Ершова.**

Летняя школа, созданная в 1976 году академиком Андреем Петровичем Ершовым, выполняла функции обкатки методики преподавания программирования в образовательных учреждениях, дала начало информатике как учебной дисциплине в школах, сформировала круг специалистов, являющихся лидерами в мировом сообществе программистов. Летняя школа и на сегодняшний день имеет важное значение как мероприятие, направленное на развитие творческой личности, которой дается в руки мощный инструмент для применения в любой области деятельности.

Практическая работа ЛШЮП организована в форме учебно-производственных проектов – мастерских – под руководством специалистов из числа студентов НГУ, сотрудников СО РАН и IT-компаний, преподавателей НГУ. Ежегодно спектр тематик мастерских разнообразен и широко охватывает область не только классического программирования, но и прикладные задачи других наук: математику, физику, биоинформатику.

Участники ЛШЮП по традиции – школьники 5-11 классов, студенты, преподаватели из числа научных сотрудников СО РАН, НГУ и других вузов и программистских фирм, в том числе и не только из Новосибирска.

Главными задачами ЛШЮП является отбор талантливых старшеклассников, заинтересованных в овладении профессиональным программированием, обучение учеников среднего звена навыкам коллективной работы с применением современных информационных технологий и содействие развитию способностей к практическому программированию учащихся младших классов, а также поддержка педагогов, успешно преподающих информатику и программирование в общеобразовательной системе.

## **2. Олимпиады, конкурсы юных программистов и др.**

2.1 Заочная Олимпиада по программированию на языке Лого для школьников 3-7 классов. В олимпиаде принимают участие порядка 70 человек из различных регионов России (Новосибирск, Барнаул, Кемерово, Челябинск, Чебоксары, Москва, Санкт-Петербург и др.), а также из Казахстана.

2.2 Региональная командная олимпиада по программированию на языке Лого для 3-7 классов.

2.3 Городской конкурс «Триатлон» для учащихся 5-6 классов, включающий в себя Очную, Дистанционную формы обучения и конкурсной работы в средах Лого, Муравей и Скретч (совместно с Городским центром «Эгида»)

2.4 Конкурс «Триатлоша» для учащихся начальных классов.

## **3. Чтение научно-популярных лекций**

3.1. В процессе работы Летней школы юных программистов сотрудниками ИСИ были прочитаны лекции по различным темам.

3.2. В «День науки» прочитаны научно-популярные лекции для школьников. Пальянов А., Хайрулин С.

3.3. Организация методических семинаров для школьных учителей. Тихонова Т.И.

## Научно-педагогическая деятельность

**Объединенный семинар ИСИ СО РАН и НГУ «Конструирование и оптимизация программ»**

*Руководитель профессор В.Н. Касьянов*

### Научное руководство студентами и аспирантами

Аспирантов — 29

Студентов 3–5 курсов — 60

### Новосибирский государственный университет

#### Основные курсы (ММФ)

- Программирование  
(проф. В.Н. Касьянов, С.Н. Касьянова, Е.В. Касьянова, Р.И. Идрисов)
- Теория алгоритмов  
(проф. В.Н. Касьянов)
- Теория вычислений  
(проф. В.Н. Касьянов)
- Основы работы на ЭВМ  
(С.Н. Касьянова)
- Программирование-2  
(Е.В. Касьянова)
- Практикум на ЭВМ  
(С.Н. Касьянова, Е.В. Касьянова, Р.И. Идрисов)
- Базы данных и экспертные системы  
(доцент Ю.А. Загорулько)
- Программирование-1  
(ст. преподаватель Загорулько Г.Б.)
- Программирование-2  
(ст. преподаватель Загорулько Г.Б.)
- Теория программирования (семинары, полугодовой)  
ассистент Ахмадеева И.Р.
- Программирование  
(доцент Городня Л.В.)
- Формальные методы в программной инженерии  
(Пономарев Д.К.)
- Программирование  
(Тихонова Т.И.)
- Теория программирования  
(доцент М.А.Бульонков)
- Программирование  
(доцент М.А.Бульонков)
- Программирование  
(Емельянов П.Г.)
- Информационные системы  
(Мурзин Ф.А)
- Программирование (семинары)

(Нестеренко Т.В.)

- Программирование – 2(семинары)  
(Нестеренко Т.В.)

### **Спецкурсы (ММФ)**

- Методы верификации программ  
(доцент Непомнящий В.А.)
- Введение в параллельное программирование  
(профессор Вирбицкайте И.Б.)
- Теория параллельного программирования  
(профессор Вирбицкайте И.Б.)
- Методы и системы искусственного интеллекта  
(доцент Загоруйко Ю.А.)
- Объектно-ориентированное программирование  
(ассистент Соловьев В.В.)
- Стандарты XML  
(проф. Марчук А.Г.)
- Клиент - серверные технологии  
(проф. Марчук А.Г.)
- Функциональное программирование  
(доцент Городня Л.В.)
- Парадигмы программирования  
(доцент Городня Л.В.)
- Предикатное программирование  
(Шелехов В.И.)
- Система автоматизации доказательств PVS  
(Шелехов В.И.)
- Основы методов трансляции  
(Михеев В.В.)
- Методы оптимизирующей трансляции  
(Михеев В.В.)
- Документирование программных систем  
(Андреева Т.А.)
- Визуализация графов  
(Апанович З.В.)
- Методы обработки дискретной информации  
(Мурзин Ф.А.)
- Биоинформатика  
(Черемушкин Е.С.)
- Введение в обработку изображений и вычислительную геометрию  
(Мурзин Ф.А. совместно с Куликовым А.И., ИВМ и МГ СО РАН)

### **Спецкурсы (ММФ, ФИТ)**

- Язык Perl  
(П.А. Дортман)
- Графы в программировании  
(профессор В.Н. Касьянов)
- Язык программирования Zonnon  
(Е.В. Касьянова)

### **Спецкурсы (ФИТ)**

- Верификация и анализ программ» (лекции, полугодовой, магистратура 1 курс)  
(ассистент Марьясов И.В.)
- Задачи и методы параллельного программирования  
(профессор Вирбицкайте И.Б.)
- Модели и методы искусственного интеллекта  
(доцент Загорулько Ю.А.)
- Языки и системы искусственного интеллекта  
(доцент Загорулько Ю.А.)
- Визуализация информации при помощи графов  
(З.В.Апанович)
- Парадигмы программирования  
(доцент Городня Л.В.)
- Стандартизация программной документации  
(Андреева Т.А.)
- Проектирование программных систем  
(Никитин А.Г.)
- Теоретические основы обработки информации  
(Батура Т.В.)
- Теория вычислительных процессов  
(Мурзин Ф.А.)
- Геометрические методы в компьютерной графике  
(Мурзин Ф.А. совместно с Куликовым А.И., ИВМ и МГ СО РАН)
- Продвинутое программирование на C# (лекции, полугодовой, 4-й курс)  
(ст. преп. Быстров А.В.)
- Системное программирование в .NET» (лекции, полугодовой, 4-й курс)  
(ст. преп. Быстров А.В.)

### **Основные курсы (ФИТ)**

- Задачи и методы параллельного программирования  
(профессор Вирбицкайте И.Б.)
- Инженерия знаний  
(доцент Загорулько Ю.А.)
- Программирование на языке высокого уровня  
(ст. преподаватель Петров Е.С.)
- Современные информационные технологии.  
(доцент Городня совместно с А.М. Федотовым)
- Информатика  
(доцент Городня совместно с А.М. Федотовым)
- Формальные методы в описании языков и систем программирования  
(Шелехов В.И.)
- Программирование (практика, годовой, 1-й курс)  
(ст. преп. Алексеев Г.И., ст. преподаватель Мыльников С.П.)

### **Спецкурсы (ФФ)**

- Тьюториал по программированию  
(доцент Быстров А.В.)

- Представление знаний и искусственный интеллект (доцент Загорулько Ю.А.)
- Проектирование программных систем (Никитин А.Г.)
- Машинная графика (Валеев Т.Ф.)
- Динамическая 3Д-графика (Валеев Т.Ф.)

#### **Специальные семинары (ММФ, ФИТ)**

- Теоретическое и экспериментальное программирование (Непомнящий В.А. и Шилов Н.В.)
- Интеллектуальные системы (руководитель к.т.н., с.н.с. Загорулько Ю.А.)
- Системное программирование (проф. Марчук А.Г.)
- Системное программирование (к.ф.-м.н. М.А.Бульонков, Филаткина Н.Н.)

#### **Основные курсы (ГумФак)**

- Современные информационные технологии (Тихонова Т.И. - лекции, семинары.)

#### **Лекции (ВКИ НГУ)**

- Основы программирования (Нестеренко Т.В.)
- Теория алгоритмов (Нестеренко Т.В.)

## Список наиболее важных публикаций за 2016 год

### Монографии

1. Трофимов В.К., Храмова Т.В. Теоремы кодирования неравнозначными символами для дискретных каналов без шума // Моногр. / Изд. СибГУТИ, 5 печ.л.

### Центральные издания

1. Визовитин Н.В., Непомнящий В.А., Стененко А.А. Применение раскрашенных сетей Петри для верификации конструкций управления сценариями языка UCM // Моделирование и анализ информационных систем. Т.23, № 6, 2016, 688-702.
2. Vizovitin N.V., Nepomniaschy V.A., Stenenko A.A. Verification of UCM Models with Scenario Control Structures Using Colored Petri Nets // System Informatics, 7, 2016, 11-22.
3. Anureev I.S. Conceptual query systems // System Informatics. 2016. Vol. 7. P. 45-126.
4. Anureev I.S. From conceptual query systems to conceptual transition systems // System Informatics. 2016. Vol. 8. P. 53-92.
5. N. Garanina and E.Sidorova. A Verification Method for a Family of Multi-agent Systems of Ambiguity Resolution // Theory and Applications (PSSV 2016) June 14-15, 2014 in St. Petersburg, Russia. – System Informatics. — 2016. — Vol. 8. — P. 1-10.
6. Shilov N.V., Promsky A.V. On Specification and Verification of Standard Mathematical Functions // Университетский научный журнал. Санкт-Петербург.- 2016. № 19. С. 57-68.
7. Касьянов В.Н., Касьянова Е.В. Теоретико-графовые методы и системы программирования // Проблемы информатики. – 2016. – № 1. – С.26-38.
8. Гордеев Д. Визуализация внутреннего представления программ на языке Cloud Sisal // Научная визуализация. – 2016. –Том. 8, № 2. – С. 98 – 106.
9. Касьянова Е.В. Методы и средства обучения программированию в вузе // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. – № 2. – С. 23-30. – ISSN 2312-5500
10. Загорулько Ю.А., Загорулько Г.Б., Боровикова О.И. Технология создания тематических интеллектуальных научных интернет-ресурсов, базирующаяся на онтологии // Программная инженерия. – 2016. – Т. 7, № 2. – С. 51–60. [ВАК]
11. Пальчунов Д.Е., Загорулько Ю.А., Борисова И.А., Найданов Ч.А. Итоги работы V всероссийской конференции с международным участием "Знания-Онтологии-Теории" (ЗОНТ-15) // Программная инженерия. 2016. Т. 7. № 1. С. 46-48. [ВАК]
12. Загорулько Г.Б. Разработка онтологии для интернет-ресурса поддержки принятия решений в слабоформализованных областях // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, №4 (22). – С. 485–500. – DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-485-500. [ВАК]
13. Гаранина Н.О., Сидорова Е.А., Ануреев И.С. Разрешение конфликтов в мультиагентной системе с типизированными связями для пополнения онтологий // Программирование. – 2016. – № 4. – С. 27–38. [ВАК]
14. Гаранина Н.О., Сидорова Е.А. Подход к верификации семейства мультиагентных систем разрешения конфликтов. Моделирование и анализ информационных систем. 2016;23(6):703-714. DOI:10.18255/1818-1015-2016-6-703-714 [ВАК]
15. Загорулько Ю.А., Загорулько Г.Б. Проблемы комплексной поддержки процесса разработки интеллектуальных СППР в слабоформализованных предметных областях // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2016. – № 3. – С. 115–125. [РИНЦ]
16. Загорулько Г.Б., Сидоров В.А. Метод недоопределенных вычислений как средство поддержки принятия решений в слабоформализованных предметных областях // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2016. – № 4-1. – С. 27–36. [РИНЦ]

17. Рубцова Ю. В., Котельников С. А. Извлечение аспектов товаров или услуг из отзывов потребителей с использованием модели условных случайных полей // Электронные библиотеки. – 2016. – Т. 18, № 3-4. – С. 203–221. [РИНЦ]
18. Рубцова Ю.В. Преодоление деградации результатов классификации текстов по тональности в коллекциях, разнесенных во времени // Системная информатика. — 2016. — № 7. — С. 45–68. [РИНЦ]
19. Кононенко И.С., Сидорова Е.А., Веремьянина А.О. Подход к извлечению информации о событиях в энергетике (на материале новостных сообщений информагентств) // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2016. – № 3. – С. 126–136. [РИНЦ]
20. Загорулько Ю.А., Загорулько Г.Б., Боровикова О.И. Проблемы разработки онтологии для тематического интеллектуального научного интернет-ресурса // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. 2016. Т. I. № 2. С. 207–217. [РИНЦ]
21. Шестаков В.К. Автоматическая генерация структуры Wiki-систем при помощи онтологий // ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА, № 4( 6 ), – Донецк: ДонНТУ, 2016. — С. 116–121.
22. Natalia Garanina and Elena Sidorova. An Approach to Context-dependent Lexical and Syntactic Ambiguity Resolution in Ontology Population // Bulletin NCC. Series: Computer Science. – Novosibirsk, 2016. – IIS Special Iss. [РИНЦ] (Принято в печать.)
23. Чушкин М.С. Система дедуктивной верификации предикатных программ // «Программная инженерия», № 5, 2016. – С. 202-210.
24. Шелехов В.И. Классификация программ, ориентированная на технологию программирования // «Программная инженерия», № 12, 2016. – С3. 531–538.. <http://persons.iis.nsk.su/files/persons/pages/prog.pdf>
25. Тумуров Э.Г., Шелехов В.И. Технология автоматного программирования на примере программы управления лифтом // «Программная инженерия», 2016. – 18с. В печати. <http://persons.iis.nsk.su/files/persons/pages/lift1.pdf>
26. Шелехов В.И. Предикатная программа вставки в AVL-дерево // Системная информатика. — Новосибирск, 2016. — 16с. На рецензии. [http://persons.iis.nsk.su/files/persons/pages/avl\\_insert.pdf](http://persons.iis.nsk.su/files/persons/pages/avl_insert.pdf)
27. Булгаков К.В., Каблуков И.В., Тумуров Э.Г., Шелехов В.И. Оптимизирующие трансформации списков и деревьев в системе предикатного программирования // Системная информатика. — Новосибирск, 2016. — 29с. На рецензии. [http://persons.iis.nsk.su/files/persons/pages/transalgebraic\\_5.pdf](http://persons.iis.nsk.su/files/persons/pages/transalgebraic_5.pdf)
28. Зубарев А.Ю. Анализ типов в трансляторе с языка предикатного программирования // Системная информатика. — Новосибирск, 2016. — 22с. На рецензии. <http://persons.iis.nsk.su/files/persons/pages/zubarev.pdf>
29. Вирбицкайте И., Боровлёв В., Попова-Цейгманн Л. Истинно-параллельная и недетерминированная семантика временных сетей Петри. Программирование. № 4, 2016, с. 4-16 (Scopus, ВАК)
30. Демин А. В. Адаптивное управление модульным хоботовидным манипулятором // Молодой ученый. – 2016. – №3. – С. 47-52.
31. Платонов Ю.Г., Бычков Д.А. ORM-РЕШЕНИЕ НА БАЗЕ POLAR // Фундаментальные исследования. - 2016. - № 7 (2) 2016, стр. 257-261. (ВАК).
32. Аргамонова Е.В., Лештаев С.В. Преобразование естественно-языковых текстов в RDF-граф // Современные наукоемкие технологии. - 2016. - №11 (2). - С. 214-218.
33. Крайнева И.А. ДИСПАК – операционная система Атомного проекта // Операционные системы. СУБД. – 2016. – №1. – С. 42–43. ВАК.

34. Крайнева И.А., Н.Ю. Пивоваров, В.В. Шилов. Становление советской научно-технической политики в области вычислительной техники (конец 1940-х – середина 1950-х гг.) // Идеи и идеалы. – 2016. – Т.1. – №3 (29). – С. 118–135. ВАК.
35. Крайнева И.А., Пивоваров Н.Ю., Шилов В.В. Советская вычислительная техника в контексте экономики, образования и идеологии (конец 1940-х – середина 1950-х гг.). Статья 2. Идеи и идеалы. 2016. Т.1. № 4 (30). с. 135-155. ВАК.
36. Томилин А.Н., Крайнева И.А., Тумбинская М.В., Трегубов В.М., Абзалов А.Р. Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения в России и странах бывшего СССР: страницы истории // История науки и техники. – 2016. – № 10. – С. 15–26. ВАК.
37. Городняя Л.В. "Движущие силы информатики" — М. "Дистанционное и виртуальное обучение" № 2 (март) 2017 г., 16 страниц. (ВАК).
38. Тихонова Т.И. Потенциал развития системы дополнительного образования/ Журнал «Педагогические заметки», Т.9, вып. 2, 2016 г., – с. 74-81.
39. Батура Т.В. Методы и системы семантического анализа текстов // Программные продукты, системы и алгоритмы. Электронный научный журнал. 2016. № 4. 29 с. URL: <http://swsys-web.ru/methods-and-systems-of-semantic-text-analysis.html>
40. Левичев А.В., Пальянов А.Ю., Анализ в космических расслоениях на основе группы  $U(1,1)$ : основные таблицы инфинитезимального  $SU(2,2)$ -действия, *Mathematical Structures and Modeling* (2016), 4(40). – С. 26-40. ISSN 2222-8799. (ВАК)

### **Зарубежные издания**

1. M. de Brecht, M. Schroeder, V.L. Selivanov: Base-complexity classifications of QCB<sub>0</sub>-Spaces. *Computability*, vol. 5, no. 1, pp. 75-102, 2016.
2. C. Glasser, H. Schmitz, V. Selivanov. Efficient algorithms for membership in boolean hierarchies of regular languages. *Theoretical Computer Science*, 646, issue C, 86-108, 2016.
3. V.L. Selivanov. Towards a descriptive theory of cb<sub>0</sub>-spaces. *Mathematical Structures in Computer Science*. Published online: 09 June 2016.
4. Akhmadeeva I. R., Zagorulko Y. A., Mouromtsev D. I. Ontology-Based Information Extraction for Populating the Intelligent Scientific Internet Resources // *Communications in Computer and Information Science*. – Springer International Publishing, 2016. – Vol. 649. – P. 119–128. [Scopus]
5. Garanina N.O., Sidorova E.A., Anureev I.S. Conflict resolution in multi-agent systems with typed relations for ontology population // *Programming and Computer Software*. – 2016. – Vol. 42, Iss. 4. – P. 206–215. [WoS, Scopus]
6. Natalia Garanina, Elena Sidorova, and Stepan Anokhin. Conflict Resolution in Multi-agent Systems with Typed Connections for Ontology Population // *Lecture Notes in Computer Science*. – 2016. –Vol. 9609. – P. 116–129. [WoS, Scopus]
7. Khenzykhenova F.I., Shchetnikov A.A, Sato T., Erbajeva M.A., Semenei E.Y., Lipnina E.A., Yoshida K., Kato H., Filinov I.A., Tumurov E., Alexeeva N. Ecosystem analysis of Baikal Siberia using Palaeolithic faunal assemblages to reconstruct MIS 3 – MIS 2 environments and climate // *Quaternary International*, 2016. P. 1-12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2016.06.026>
8. Emelyanov P. and Ponomaryov D. Algorithmic Issues of AND-Decomposition of Boolean Formulas // *Programming and Computer Software*. 41:3 (2015). pp. 162–169. DOI: 10.1134/S0361768815030032.
9. Virbitskaite, D. Bushin, E. Best. True Concurrent Equivalences in Time Petri Nets. *Fundamenta Informaticae* 149(4), IOS Press. P. 401-418. (Scopus, Web of Science)
10. S.H. Macia, R.V. Valero, G.F. Cuartero, D.M.C. Ruiz, I.V. Tarasyuk. Modelling a video conference system with sPBC. *Applied Mathematics and Information Sciences*, Vol. 10, N 2, 2016, pp. 475-493, Natural Sciences Publishing, New York, NY, USA, doi: 10.18576/amis/100210. (ISSN 1935-0090) (Scopus, Zentralblatt Math)
11. M. Korovina, O. Kudinov. Computable Elements and Functions in Effectively Enumerable Topological Spaces. *Journal of Mathematical Structures in Computer Science*, Cambridge

- University Press, pp. 1-27, DOI: 10.1017/S0960129516000141, Published online: 23 June 2016. (Scopus, Web of Science)
12. M. Korovina, O. Kudinov. Complexity of partial computable functions over computable Polish Spaces. *Journal of Mathematical Structures in Computer Science*, Cambridge University Press, 2016 (принята в печать). (Scopus, Web of Science)
  13. K. Barylska, E. Best, E. Erofeev, L. Mikulski, M. Piatkowski. Conditions for Petri Net Solvable Binary Words. *Transactions on Petri Nets and Other Models of Concurrency*, Volume 11. P. 137-159, 2016. (Scopus, Web of Science)
  14. Virbitskaite, V. Borovlyov, L. Popova-Zeugmann. Branching Processes of Timed Petri Nets. *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 9609, 2016, pp. 303-313. (Springer, Scopus, Web of Science)
  15. F. Brauße, M. Korovina, N. Müller. Using Taylor Models in Exact Real Arithmetic. *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, Vol. 9609, 2016, pp. 61-74. (Springer, Scopus, Web of Science)
  16. F. Brauße, M. Korovina, N. Müller. Towards Using Exact Real Arithmetic for Initial Value Problems. *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, Vol. 9582, 2016, pp. 474-488. (Springer, Scopus, Web of Science)
  17. E. Best, E. Erofeev, U. Schlachter, H. Wimmel. Characterising Petri Net Solvable Binary Words. *Lecture Notes in Computer Science* Vol. 9698. Springer. P. 39-58. (Springer, Scopus, Web of Science)
  18. Yerimbetova A.S., Murzin F.A., Batura T.V., Sagnayeva S.K., Semich D.F., Bakiyeva A.M. Estimation of the degree of similarity of sentences in a natural language based on using the Link Grammar Parser program system // *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 2016. V. 86. N. 1. P. 68–77. [Scopus]
  19. Batura T.V., Murzin F.A., Semich D.F., Sagnayeva S.K., Tazhibayeva S.Zh., Bakiyev M.N., Yerimbetova A.S., Bakiyeva A.M. Using the Link grammar parser in the study of Turkic languages // *Eurasian journal of mathematical and computer applications*, 2016. V. 4. Is. 2. P. 14–22.
  20. Мурзин Ф.А., Батура Т.В., Семич Д.Ф., Сагнаева С.К., Еримбетова А.С., Бакиева А.М., Митьковская М.В., Семенова Н.А. Исследование грамматики связей на примере казахского и турецкого языков // *Вестник КазННТУ*, 2016. № 4 (116). С. 684–691.
  21. Volkova O.A., Kondrakhin Y.V., Yevshin I.S., Valeev T.F. and Sharipov R.N. Assessment of translational importance of mammalian mRNA sequence features based on Ribo-Seq and mRNA-Seq data. // *Journal of Bioinformatics and Computational Biology*. – 2016. – Vol. 14. – No. 2. – 15p.
  22. Kondrakhin Yu., Valeev T., Sharipov R., Yevshin I., Kolpakov F., Kel A. Prediction of protein-DNA interactions of transcription factors linking proteomics and transcriptomics data. // *EuPA Open Proteomics*. – 2016. – Vol. 13. – P. 14–23. – doi:10.1016/j.euprot.2016.09.001
  23. Kel, A. E., Stegmaier P., Valeev T., Koschmann J., Poroikov V., Kel-Margoulis O. V., Wingender E. Multi-omics “upstream analysis” of regulatory genomic regions helps identifying targets against methotrexate resistance of colon cancer. // *EuPA Open Proteomics*. – 2016. – Vol. 13. – P. 1-13. – doi:10.1016/j.euprot.2016.09.002
  24. Yevshin, I., Sharipov, R., Valeev T., Kel A., Kolpakov F. GTRD: a database of transcription factor binding sites identified by ChIP-seq experiments. // *Nucleic Acids Research*. – 2016. – Database Issue. – 7p. — doi:10.1093/nar/gkw951
  25. Laurent G. St., Vyatkin Y., Antonets D., Ri M., Qi Y., Saik O., Shtokalo D., M. Hoon J.L., Kawaji H., Itoh M., Lassmann T., Arner E., Forrest A.R.R., The FANTOM consortium, Nicolas E., McCaffrey T.A., Carninci P., Hayashizaki Y., Wahlestedt C., and Kapranov P. Functional annotation of the vlinc class of non-coding RNAs using systems biology approach // *Nucl. Acids Res.* (2016) doi: 10.1093/nar/gkw162. (SCOPUS и WEB OF SCIENCE)
  26. Palyanov A., Khayrulin S., Larson, S. Application of smoothed particle hydrodynamics to modeling mechanisms of biological tissue // *Advances in Engineering Software* (2016), 98: 1-11. (Web of Science IF = 1.67). <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965997816300618>

27. Palyanov A.Yu., Chekmarev S.F. Hydrodynamic description of protein folding: the decrease of the probability fluxes as an indicator of transition states in two-state folders // Journal of Biomolecular Structure and Dynamics, 2016. – P.1-9. (Web of Science IF = 2.3). <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07391102.2016.1248490>
28. Levichev A. V., A contribution to the DLF-theory: on singularities of the SU(2,2)-action in U(1,1), Journal of Modern Physics, Volume 7, Number 15, November 2016, – P.1-8

### **Материалы международных конференций**

1. А.А.Стененко, В.А. Непомнящий. Верификация коммуникационных протоколов с использованием временных раскрашенных сетей Петри // Труды XVIII Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах», 20-25 сентября 2016, Самара, Россия, 308-313.
2. Г.А.Белошапко, В.А.Непомнящий Анализ и верификация иерархических временных типизированных сетей Петри // Материалы IV Международной молодежной научной конференции «Математическое и программное обеспечение информационных, технических и экономических систем», 20-21 мая 2016 г., Томский государственный университет, 2016, 3-7.
3. A. Konovalov, V. Selivanov. The Boolean algebra of piecewise testable languages // Proc. CiE 2016, LNCS 9709, 292-301, 2016.
4. O.V. Kudinov, V.L. Selivanov. On the lattices of effectively open sets // Proc. Conf. CiE 2016, LNCS 9709, 302-311, 2016.
5. Касьянов В.Н., Идрисов Р.И., Касьянова Е.В., Стасенко А.П. Язык параллельного программирования Cloud Sisal // Материалы XVI Международной конференции "Информатика: проблемы, методология, технология". – Воронеж: ВГУ, 2016. – Том 5. – С. 157-161.
6. Малышев А.А. Пакет программных расширений MediaWiki для интеграции с издательской системой TeX // Материалы XVI Международной конференции "Информатика: проблемы, методология, технология". – Воронеж: ВГУ, 2016. – Том 5. – С. 350-353.
7. Kasyanov V. Hierarchical graph models and tools for visual processing and parallel programming // 7th European Congress of Mathematics. Conference Scientific Program and Abstracts. – Berlin: Technische Universität Berlin, 2016. – P. 241.
8. Kasyanov V.N., Kasyanova E.V. Methods and Tools of Parallel Programming // Mathematical and Information Technologies (MIT-2016). Conference Information. - Beograd: Uiverziteteta u Pristini, 2016. – P. 134-135.
9. Касьянова Е.В. Методы и средства дистанционного обучения программированию // Информационные системы и коммуникативные технологии в современном образовательном процессе: Материалы III Международной научно-практической конференции.– Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2016. – С. 45-49.
10. Kasyanov V.N., Kasyanova E.V. Methods and Tools of Parallel Programming // Proceedings of the International Conference Mathematical and Information Technologies (MIT-2016). - CEUR-WS, 2016. - 15 p. (in print)
11. Лукашевич Н. В., Рубцова Ю. В. SentiRueval-2016: преодоление временных различий и разреженности данных для задачи анализа репутации по сообщениям твиттера // Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Proceedings of the International Conference “Dialogue 2016”. – 2016. – №15 (22). – С. 375–385. [Scopus]
12. Natalia Garanina, Elena Sidorova. Context-dependent Lexical and Syntactic Disambiguation in Ontology Population // Proceedings of the 25th International Workshop on Concurrency, Specification and Programming, Rostock, Germany, September 28-30, 2016. – Humboldt-Universität zu Berlin, 2016. – Vol. 1698. – P. 101–112. – URL: [http://ceur-ws.org/Vol-1698/CS&P2016\\_10\\_Garanina&Sidorova\\_Context-dependent-Lexical-and-Syntactic-Disambiguation-in-Ontology-Population.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-1698/CS&P2016_10_Garanina&Sidorova_Context-dependent-Lexical-and-Syntactic-Disambiguation-in-Ontology-Population.pdf) (дата обращения: 14.12.2016)

13. N. Garanina and E. Sidorova. A Verification Method for a Family of Multi-agent Systems of Ambiguity Resolution // Proc. of Seven Workshop on Program Semantics, Specification and Verification: Theory and Applications (PSSV 2016), June 14-15, 2014 in St. Petersburg, Russia. – System Informatics. – 2016. – № 8. – P. 1–10.
14. Загорулько Г.Б., Загорулько Ю.А. Подход к организации комплексной поддержки процесса разработки интеллектуальных СППР в слабоформализованных предметных областях // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем = Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2016) : материалы VI междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 18-20 февраля 2016 года) / редкол. : В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУИР, 2016. – С. 61–64. [РИНЦ]
15. Загорулько Ю.А., Ахмадеева И.Р. Сбор информации о научной деятельности из сети интернет на основе онтологии области знаний // 26-я Международная Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2016). Севастополь, 4–10 сентября 2016 г. : материалы конф. в 13 т. – Москва ; Минск ; Севастополь, 2016. – Т. 4. – С. 804–810. [РИНЦ]
16. Загорулько Ю.А., Загорулько Г.Б., Боровикова О.И. Особенности разработки онтологии для тематических интеллектуальных научных интернет-ресурсов // 26-я Международная Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2016). Севастополь, 4–10 сентября 2016 г. : материалы конф. в 13 т. – Москва ; Минск ; Севастополь, 2016. – Т. 4. – С. 845–851. [РИНЦ]
17. Загорулько Г.Б. Разработка методов экспертного оценивания для интеллектуального научного интернет-ресурса по поддержке принятия решений // 26-я Международная Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2016). Севастополь, 4–10 сентября 2016 г. : материалы конф. в 13 т. – Москва ; Минск ; Севастополь, 2016. – Т. 4. – С. 852–858. [РИНЦ]
18. Серый А.С. Проблемы измерения доверия к данным в информационных системах, построенных на основе онтологий // 26-я Международная Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2016). Севастополь, 4–10 сентября 2016 г. : материалы конф. в 13 т. – Москва ; Минск ; Севастополь, 2016. – Т. 3. – С. 430–436. [РИНЦ]
19. Брагинская Л.П., Григорюк А.П., Загорулько Г.Б. Организация портала знаний «Активная сейсмология» // XII Международный научный конгресс Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. Международная научная конференция «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология». Труды конференции. – Новосибирск: СГУГиТ, 2016. – Т 2. –С. 19–24. [РИНЦ]
20. Брагинская Л.П., Григорюк А.П., Загорулько Г.Б., Ковалевский В.В. Разработка научной среды для комплексных исследований в активной сейсмологии // Информационные технологии в науке, образовании и управлении. Международная конференция IT+S&E'16 (Гурзуф, 22 мая-01 июня 2016 г. Весенняя сессия). Сборник научных трудов под редакцией проф. Е.Л. Глориозова, М.:ИНИТ, 2016. –С. 10-19. [РИНЦ]
21. Ludmila Braginskaya, Andrey Grigoryuk, Galina Zagorulko, Valery Kovalevsky. Ontological Approach to the Systematization of Scientific Information on Active Seismology // Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных. XVIII Международная конференция DAMDID / RCDL'2016. Ершово, Московская обл., Россия, 11–14 октября 2016 г.: Труды конференции. – Москва: ТОРУС ПРЕСС. – С. 315-320.
22. Брагинская Л.П., Григорюк А.П., Ковалевский В.В., Загорулько Г.Б. Систематизация научных знаний по активной сейсмологии на основе онтологий // Материалы IV Международной конференции "Современные информационные технологии для научных исследований в области наук о Земле. ITES-2016" (Южно-Сахалинск, 7-11 августа 2016). Труды конференции. – С. 70-71.
23. Шестаков В.К. Способ построения информационных Wiki-систем на базе онтологий // Программная инженерия: методы и технологии разработки информационно-

вычислительных систем (ПИИВС-2016), 16–17 ноября 2016 г. : Сборник научных трудов I научно-практической конф. — Донецк: Изд-во ГОУ ВПО ДонНТУ, 2016. — С. 6–11.

24. Чушкин М.С., Шелехов В.И. Методы синтеза фрагментов предикатных программ // Конф. «Компьютерная безопасность и криптография» SIBECRYPT'16 / Прикладная дискретная математика. Приложение. — 2016, №.9, С.126-128.
25. Тюгашев А.А., Шелехов В.И. Модель программы управления спутником qXz // Тезисы докладов Межд. конф. «Математические методы и современные космические технологии», Алматы. Казахстан. — 2016. — С.176-179.  
<http://persons.iis.nsk.su/files/persons/pages/ctrlspacecraft.pdf>
26. Зубарев А.Ю. Анализ типов в трансляторе с языка предикатного программирования // Материалы 54-й международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс»: секция Математика / Новосиб. гос. ун-т. — Новосибирск, 2016. — С. 201.
27. Alexey Yu. Akhlyostin, Z.V. Apanovich et al., The current status of W@DIS information system //Proc. SPIE 10035, 22nd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, 100350D (November 29, 2016); doi:10.1117/12.2249235.  
<http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=2589506> SCOPUS
28. Mozheikina L. and Emelyanov P. Personal Issues of Social Networks: Towards Safe Surfing // Proceedings of the Symposium on Health Sciences, Systems and Technologies (HSST 2016) as a part of the 20th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics (WMSCI 2016), 5-8 July 2016, Orlando, FL, USA. Pages 164-168.
29. Emelyanov P. AND-Decomposition of Boolean Polynomials with Prescribed Shared Variables // Proceedings of the Second International Conference on Algorithms and Discrete Applied Mathematics (CALDAM 2016), 18-20 February 2016, Thiruvanthapuram, India / Lecture Note in Computer Science. – Vol. 9602, - Springer, 2016. – P. 164-175. DOI: 10.1007/978-3-319-29221-2\_14.
30. E. Erofeev, K. Barylska, L. Mikulski, and M. Piatkowski. Generating All Minimal Petri Net Unsolvable Binary Words. Proceedings of the Prague Stringology Conference 2016. Department of Theoretical Computer Science, Faculty of Information Technology, Czech Technical University in Prague. P. 33-47.
31. М. Korovina, О. Kudinov. On images of Partial Computable Functions over Computable Polish Spaces. В трудах международной конференции “МАЛЬЦЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ”, Новосибирск, 21–25 ноября 2016, стр. 63—64.
32. K. Barylska, L. Mikulski, M. Piatkowski, M. Koutny, E. Erofeev. Reversing Transitions in Bounded Petri Nets. Proceedings of the 25th International Workshop on Concurrency, Specification and Programming. CEUR Workshop Proceedings Vol. 1698. P. 74-85
33. D. Ponomaryov, S. Yakovenko. Interpolant Computation in Consequence-based Calculus for Description Logic EL // Тезисы международной конференции «Мальцевские чтения», 21-24 ноября 2016 г., Новосибирск.
34. Артамонова Е. В. Перспективы применения Linked Data для обработки текстов на естественном языке // Международная научно-практическая конференция "Перспективы развития науки и образования" // Вестник научных конференций. - 2016. - № 4-5 (8) - URL: <http://ucom.ru/doc/cn.2016.04.05.pdf> (дата обращения 07.06.2016). г.Тамбов, 2016.
35. Крайнева И.А. Академик Андрей Петрович Ершов и национальная программа информатизации образования // «От информатики в школе к техносфере образования». Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. Российская академия образования, Московский городской педагогический университет, Московский педагогический государственный университет. Воронеж, 2016. – С. 195–202.

36. Андреева Т. А. Генерирование тестовых наборов для автоматического тестирования. // Материалы XXVII международной конференции «Современные информационные технологии в образовании», Троицк – Москва, 2016. – с. 296-297. ISBN 978-5-9907219-2-0.
37. Andreyeva T. A. Automated generation of test sets // Science in the modern information society IX // Материалы IX международной научно-практической конференции «Наука в современном информационном обществе», 1-2 августа 2016, North Charleston, USA. – с. 110-112. ISBN 978-1536920598.
38. Городняя Л.В. Язык ознакомления с миром параллелизма. - Международная конференция «Суперкомпьютерные дни в России». 9 страниц. <http://russianscdays.org/files/pdf16/1077.pdf>
39. Городняя Л.В. О классификациях парадигм программирования и параллельном программировании. - М. «Образовательные ресурсы и технологии » 2016 № 2, с. 138-144, Международная конференция «IX сибирский конгресс женщин-математиков». <http://www.muiv.ru/vestnik/pp/chitatelnyam/poisk-po-statyam/8712/48456/> (БАК).
40. Городняя Л.В. Этология как платформа образовательной информатики - Материалы XXVII международной конференции «Современные информационные технологии в образовании», Троицк – Москва, 2016.
41. L. Gorodniaia, T. Andreyeva. Study of Programming Paradigms. // 10th International Technology, Education and Development Conference. 7-9 March, 2016, Valencia, Spain. //INTED2016 Proceedings. – 2016. – pp. 7482-7491.-ISBN: 978-84-608-5617-7.-ISSN: 2340-1079.-doi: 10.21125/inted.2016.0768
42. А.Г.Марчук, С.В.Лештаев. Электронный архив газет: Web-публикация, ассоциация информации с базой данных, создание полнотекстового поиска // Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных, XVIII Международная конференция DAMDID/RCDL'2016, Ершово, Московская обл., Россия, 11-14 октября 2016 года, Труды конференции. Торус пресс, Москва, 2016. С. 155-160.
43. Крайнева И.А. Поле науки и поле власти: характер взаимодействия и влияния на формирование исторической идентичности ученых//Азиатская Россия: проблемы социально-экономического, демографического и культурного развития (XVII-XXI вв.). Материалы международной научной конференции. Новосибирск, 28–29 ноября 2016 г. Новосибирск: Параллель, 2016. С. 454–458.
44. Batura T.V., Murzin F.A., Sagnayeva S.K., Tazhibayeva S.Zh., Yerimbetova A.S., Bakiyeva A.M. Link Grammar Parser for Turkic Languages and algorithms for estimation the relevance of documents // 2016 IEEE 10th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT-2016). 12–14 October 2016, Baku, Azerbaijan. 2016. pp. 104–107. [Scopus]
45. Antonets D., Vyatkin Y., Luppov D., Kapranov P., Ri M., Saik O., Shtokalo D.. VlincRNA Database: Tool for very long intergenic non-coding RNA functional annotation // BGRS/SB-2016 abstracts, – P. 33, Novosibirsk, Russia.
46. Russkikh N.E., Antonets D.V. New image analysis and base calling algorithm for SeqLL sequencing machine achieved better sensitivity on synthetic oligonucleotides set. Mathematical modeling and high performance computing in bioinformatics, biomedicine and biotechnology (MM-HPC-BBB-2016), Abstracts MM-HPC-BBB-2016, Novosibirsk, Russia, 29 August – 2 September, 2016, – P.89.
47. Levichev A.V., Palyanov A.Yu. On Stapp's approach to the mind-matter problem: an attempt to incorporate it into the DLF-model. // Intern. Conf. MM-HPC-BBB-2016, Abstracts, p.71. Novosibirsk, 2016. – P. 29.
48. Bykova I.V., Golosova O.I., Bakulina A.Y., Afonnikov D.A., Kandrov D.Y., Palyanov A.Y., Grekhov G.A., Danilova Y.E.. UGENE: a toolkit for teaching students // International Conference MM-HPC-BBB-2016, Abstracts, Novosibirsk, 2016.

49. Khayrulin S.S., Serdtseva N.A., Palyanov A.Yu. A software tool for visualization and control of biological neural networks activity based on the neuron simulation environment. // International Conference MM-HPC-BBB-2016, Abstracts, Novosibirsk, 2016. – P. 56.
50. Palyanov A.Yu., Khayrulin S.S. Realistic 3D simulation of *C. elegans* swimming and crawling with Sibernetic environment. // International Conference MM-HPC-BBB-2016, Abstracts, Novosibirsk, 2016. – P. 79.
51. Palyanov A.Yu. , Samoilova Kh.V. , Palyanova N.V. Towards a neurobiologically reasonable *C. elegans* nervous system simulation: neuron, muscle and signal propagation modeling // Symposium "Cognitive sciences, genomics and bioinformatics" (CSGB-2016), Abstracts, Novosibirsk, 2016. – 1p.
52. Levichev V. On singularities of linear-fractional SU(2,2)-action in U(1,1) . // ДНИ ГЕОМЕТРИИ В НОВОСИБИРСКЕ, Тезисы. Новосибирск, – 2016. с.18.

### **Материалы российских конференций**

1. Сидорова Е.А., Гаранина Н.О. Подход к разрешению неоднозначности текста при пополнении онтологии // Труды 15 национальной конференции по искусственному интеллекту (КИИ-2016), Т 2. – Смоленск: Универсум. – С. 130–138, 2016.
2. Кондратьев Д.А. Расширение системы C-light символическим методом верификации финитных итераций // Материалы XVII Всероссийской конференции молодых учёных по математическому моделированию. Новосибирск, ИВТ СО РАН, с.91-92, 2016.
3. Загорюлько Ю.А., Ахмадеева И.Р., Серый А.С., Шестаков В.К. Построение тематических интеллектуальных научных интернет-ресурсов средствами Semantic Web // Пятнадцатая национальная конф. по искусственному интеллекту с междунар. участием КИИ-2016 (3–7 октября 2016 г., г. Смоленск, Россия). Труды конф. В 3 томах. – Смоленск: Универсум, 2016. – Т 2. – С. 47–55. [РИНЦ]
4. Апанович З.В. Кросс-языковая идентификация сущностей для сопоставления данных разноязычных ресурсов.//Труды пятнадцатой национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием, Смоленск, Универсум, 2016, С. 5-13.
5. Апанович З.В. Сопоставление данных разноязычных ресурсов и кросс-языковая идентификация авторов //Научный сервис в сети Интернет: труды XVIII Всероссийской научной конференции (19-24 сентября 2016 г., г. Новороссийск). — М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2016. — С. 36-45.
6. Городняя Л.В. Парадигмальная декомпозиция определения языка программирования - XVIII Всероссийская конференция «Научный сервис в сети Интернет», 6 страниц (выходных данных ещё нет).

### **Учебные пособия**

1. Загорюлько Ю.А., Загорюлько Г.Б. Инженерия знаний : учеб. пособие. / Новосибирский гос. ун-т. – Новосибирск : РИЦ НГУ, 2016. – 93 с.
2. Батура Т.В. Математическая лингвистика и автоматическая обработка текстов: учеб. пособие / Новосибирский государственный университет. Новосибирск: РИЦ НГУ, 2016. ISBN 978-5-4437-0548-4. 166 с.
3. Батура Т.В., Чаринцева М.В. Основы обработки текстовой информации Электронное издание [http://www.iis.nsk.su/files/book/file/Batura\\_UchPosobie\\_N2.pdf](http://www.iis.nsk.su/files/book/file/Batura_UchPosobie_N2.pdf)

### **Патенты и свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ**

**Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013620463 от 01.04.2016. «Программный комплекс Wiki2Тех.»**  
*Касьянов В.Н., Касьянова Е.В., Малышев А.А.*