



## ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Приоритетное направление III.24. Теория систем, общая теория управления сложными техническими и другими динамическими системами, в том числе единая теория управления, вычислений и сетевых связей, а также теория сложных информационно-управляющих систем, групповое управление и распределенное управление

**Программа III.24.1.** Теория управления динамическими системами и методы их исследования

### **1. Развитие принципа инвариантности в задачах асимптотического поведения решений дифференциальных включений**

На основе прямого метода Ляпунова получены обобщения принципа инвариантности Ла-Салля для дифференциальных и функционально-дифференциальных включений. Для неавтономных дифференциальных включений введено новое понятие предельных дифференциальных включений, изучены их свойства и доказан аналог принципа инвариантности. Установлены свойства типа инвариантности для правых предельных множеств решений. Для функционально-дифференциальных включений модификация принципа инвариантности состоит в использовании набора вспомогательных функционалов Ляпунова, позволяющих более точно находить оценки для правых предельных множеств решений в фазовом пространстве непрерывных функций. Для указанных классов дифференциальных включений получены теоремы о притяжении.

*Автор результата: д.ф.-м.н. И.А. Финогенко.*

### **2. Необходимые и достаточные условия глобальной оптимальности и нестандартной двойственности**

Для невыпуклых задач оптимального управления непрерывными и дискретными динамическими системами разработаны методы внутренних и внешних аппроксимаций множеств достижимости, получены необходимые и достаточные условия глобальной оптимальности и нестандартной двойственности. Результаты основа-



ны на введении новых классов позиционных и бипозиционных функций типа Ляпунова (решений неравенств Гамильтона-Якоби) и усиливают принцип максимума Понтрягина в части необходимости и условия К. Каратеодори, В.Ф. Кротова в части достаточности.

*Авторы результата: д.ф.-м.н. В.А. Дыхта, С.П. Сорокин.*

### 3. Метод векторной томографии в задачах диагностики плазмы

Для исследования структуры плазмы с применением томографической диагностики векторных полей разработан новый метод реконструкции векторного поля по результатам интегральных (спектральных) измерений в плазменном эксперименте. Метод основан на использовании в качестве базисных векторов для разложения векторного поля векторных сферических гармоник. В результате задача реконструкции сведена к решению уравнений Вольтерра первого рода. Эффективность развитого метода проверена на модели векторного поля, полученного из аналитического решения А.А. Соловьева для уравнения Грэда-Шафранова.

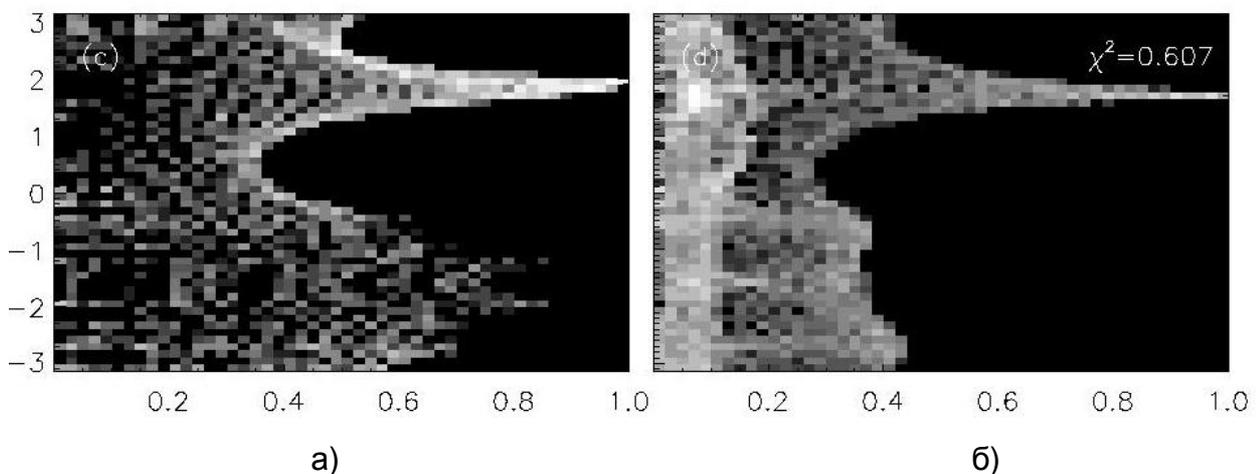


Рис. 1. 2D гистограммы ориентации векторов (вертикальная координата) и их величины (горизонтальная координата): а) для точной модели, б) реконструированная

*Автор результата: д.ф.-м.н. А.Л. Баландин.*

### 4. Метод поиска решений задачи о р-медиане

Разработан эвристический метод поиска решений известной задачи о р-медиане. Метод включает в себя релаксации Лагранжа для оценок целевой функции снизу и также ядровую эвристику и процедуру агрегирования данных для поиска верхних



оценок. Метод показал высокую эффективность на задачах большой размерности (порядка  $10^{10}$  переменных) и обобщен для задачи о р-медиане с нелинейной целевой функцией.

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

**Приоритетное направление IV.29.** Системы автоматизации, CALS-технологии, математические модели и методы исследования сложных управляющих систем и процессов

**Программа IV.29.1.** Теоретические основы и методы информационных и вычислительных технологий проектирования и принятия решений

**5. Технология агентного моделирования динамики состояний сложных технических систем**

Для исследования катастрофических состояний сложных технических систем разработана новая эффективная технология агентного моделирования динамики технического состояния объектов, основанная на применении дискретно-непрерывной информационно-логической имитационной модели определения параметров текущего состояния агента с использованием внешнего хранилища знаний о структуре и поведении агентов в процессе создания имитационной модели. Эффективность технологии обусловлена способом хранения знаний в виде единой междисциплинарной модели предметной области, включающей концептуальную, структурную, причинно-следственную и агентную модели, и стратегией моделирования, обеспечивающей использование математического, продукционного и прецедентного компонентов-решателей.

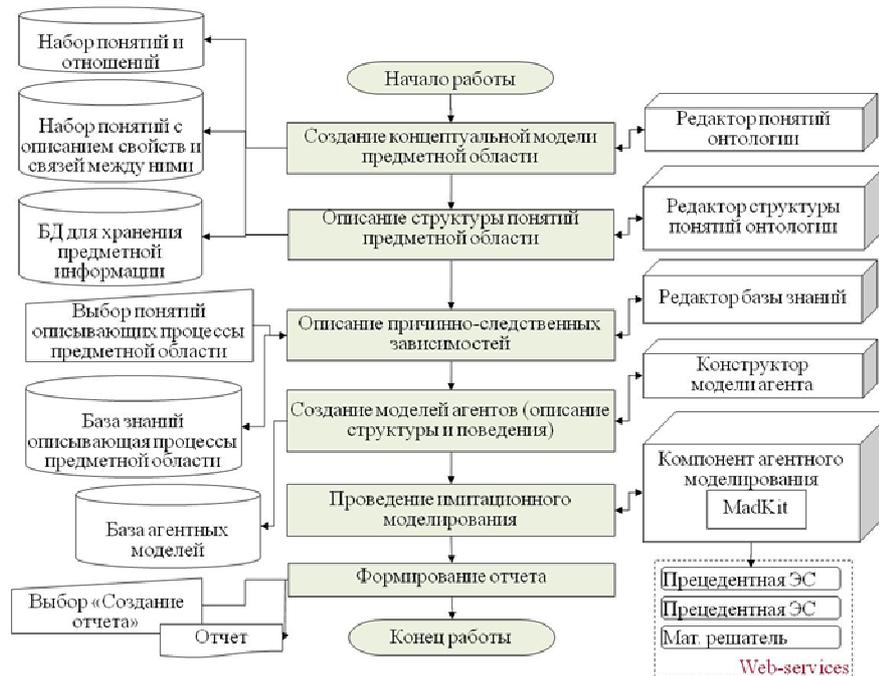


Рис. 2. Информационный процесс, имитационного моделирования

Авторы результата: д.т.н. А.Ф. Берман, д.т.н. О.Н. Николайчук, к.т.н. А.П. Павлов, к.т.н. А.Ю. Юрин.

**Приоритетное направление IV.31.** Проблемы создания глобальных и интегрированных информационно-телекоммуникационных систем и сетей. Развитие технологий GRID

**Программа IV.31.1.** Фундаментальные основы и прикладные аспекты вычислительных и информационных технологий, в том числе технологий на базе GRID, в интегрированных информационно-телекоммуникационных системах и сетях

### 6. Алгоритмы поиска декомпозиционных множеств для решения SAT-задач

Разработаны и программно реализованы новые алгоритмы поиска декомпозиционных множеств для решения SAT-задач в распределенных вычислительных средах, использующие метод Монте-Карло для вычисления прогнозных функций, значения которых оценивают реакцию моделируемой вычислительной среды на вид декомпозиции. Наилучшее по прогнозу декомпозиционное множество опре-



деляется на основе глобального минимума прогнозной функции на конечном множестве. Для оптимизации прогнозных функций предложены новые алгоритмы, использующие комбинацию локального поиска и метаэвристик. Разработанное программно-алгоритмическое обеспечение позволяет эффективно решать сложные комбинаторные задачи (обращение криптографических функций, поиск комбинаторных структур).

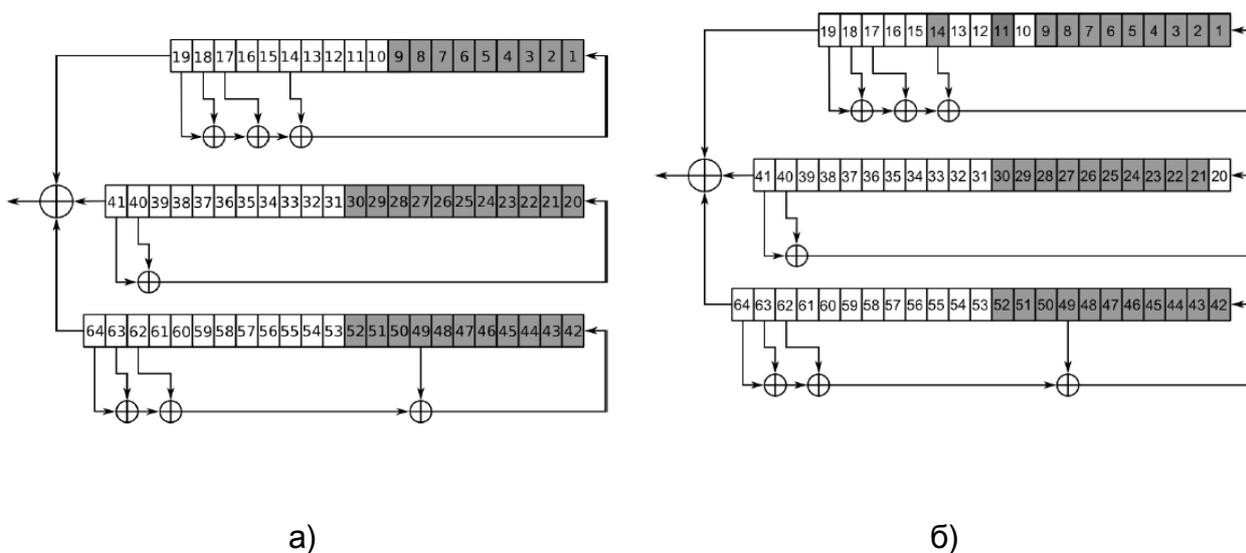


Рис. 3. Результат работы алгоритма поиска декомпозиционного множества для задачи криптоанализа генератора A5/1:

а) эталонное известное множество,

б) множество, найденное автоматически

Авторы результата: к.т.н. А.А. Семенов, к.т.н. О.С. Заикин.



**Программа IV.31.2.** Новые ГИС и веб-технологии, включая методы искусственного интеллекта, для поддержки междисциплинарных научных исследований сложных природных, технических и социальных систем с учетом их взаимодействия

### 7. Многоканальная версия формата MRG для представления растровых данных

Разработаны многоканальная версия формата MRG (Multi-Resolution Grid) для представления без потери информации растровых данных большого объема (10 Gb и более) и алгоритм выделения главных компонентов цветового пространства изображения для разностей между результатами интерполяции по данным менее детальных блоков и истинными цветовыми значениями. Применение алгоритма показало высокую эффективность использования декорреляции цветовых каналов в сочетании с используемыми в формате MRG методами сжатия данных (размер файла уменьшается на 25–30%).

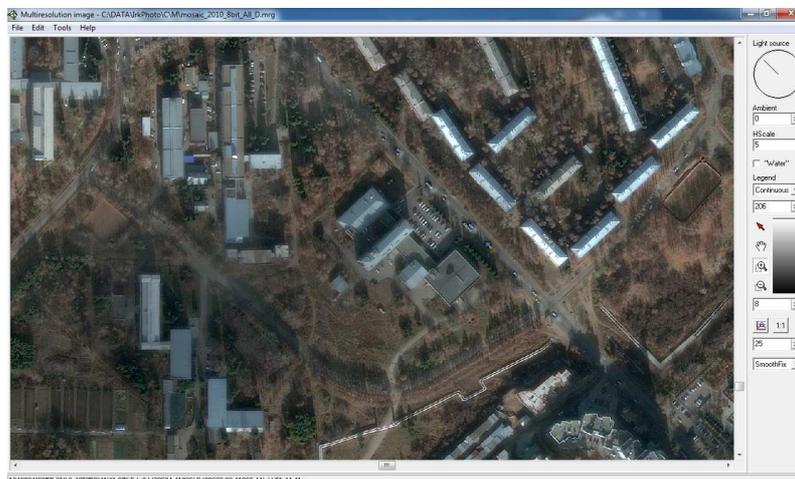


Рис. 4. Фрагмент цветного изображения, представленного в формате MRG

*Автор результата: к.т.н. А.Е. Хмельнов.*



**Приоритетное направление IV.32.** Архитектура, системные решения, программное обеспечение и информационная безопасность информационно-вычислительных комплексов и сетей новых поколений

**Программа IV.32.1.** Архитектура, информационная безопасность, системные решения и программное обеспечение информационно-вычислительных систем новых поколений

### **8. Технологии генерации модельных ГБО-изображений**

С целью тестирования алгоритмов анализа изображений бортовыми ГИС автономных обитаемых подводных аппаратов, оснащенных гидролокаторами бокового обзора (ГБО), на основе методов трехмерной компьютерной графики впервые разработаны технологии генерации модельных ГБО-изображений с использованием шейдеров – программ, исполняемых графическими ускорителями. В отличие от широко распространенного метода трассировки лучей предложенный метод обладает существенно большим быстродействием.

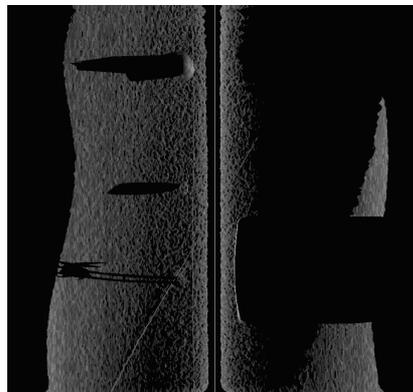


Рис. 5. Пример сгенерированного ГБО-изображения

*Автор результата: к.т.н. А.Е. Хмельнов.*