



## ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Получены критерии управляемости в пределах достижимого множества ( $R$ -управляемости) и  $R$ -наблюдаемости линейных нестационарных алгебро-дифференциальных систем (АДС), доказана теорема дуальности, связывающая эти понятия.  $R$ -управляемость означает возможность перехода рассматриваемой системы из любого согласованного начального состояния в любое состояние из достижимого множества за счет выбора вектор-функции управления. Под достижимым множеством понимается множество состояний, в которые АДС может быть переведена за конечное время при соответствующем достаточно гладком управлении.

*Автор результата: д.ф.-м.н. А.А. Щеглова*

2. Получено обобщение канонической теории оптимальности Гамильтона-Якоби на класс задач оптимального управления импульсными динамическими системами. Даны приближенные и точные описания интегральных воронок для нелинейных импульсных динамических систем с управляющей конусозначной векторной мерой и верхних и нижних решений систем проксимальных неравенств Гамильтона-Якоби. Доказаны необходимые и достаточные условия глобальной оптимальности для невыпуклых задач импульсного управления, основанные на нижних и верхних оценках множеств соединимых точек импульсной управляемой системы.

*Авторы результата: д.ф.-м.н. В.А. Дыхта, к.ф.-м.н. О.Н. Самсонок.*

3. Разработаны новые алгоритмы качественного анализа консервативных систем с использованием средств компьютерной алгебры. На их основе получен пример глобальной бифуркации семейств особых инвариантных многообразий волчка Лагранжа в центральном поле сил. Выделены три особые семейства регулярных



прецессий волчка, семейства 1 и 2 параметризованы  $\omega_{30}$  - проекцией угловой скорости на ось собственного вращения волчка, семейство 3 – углом  $\theta$  наклона оси симметрии тела к вертикали. Результат демонстрирует существенное обобщение известной схемы бифуркаций по Пуанкаре.

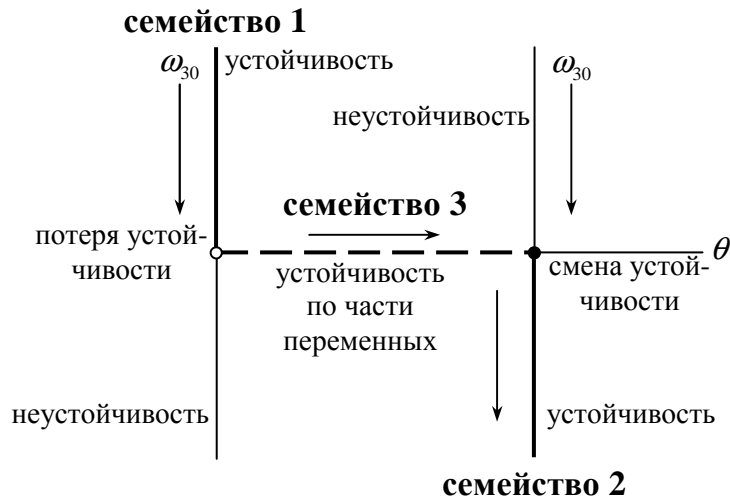


Рис. 1. От прецессии семейства 1, лежащей на границе устойчивости, ответвляется семейство 3, элементы которого устойчивы по части переменных; семейство 3 при соответствующем значении параметра семейства  $\theta$  примыкает к семейству 2 прецессии, лежащей на границе устойчивости.

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



4. Разработан итерационный метод малоракурсной дифракционной томографии на основе приближения Борна-Рытова. Метод основан на дифракционной теореме и на методе интерполяции. Предложена адаптация метода для томографических исследований по терагерцевой диагностике на лазерной установке на свободных электронах ИЯФ СО РАН.

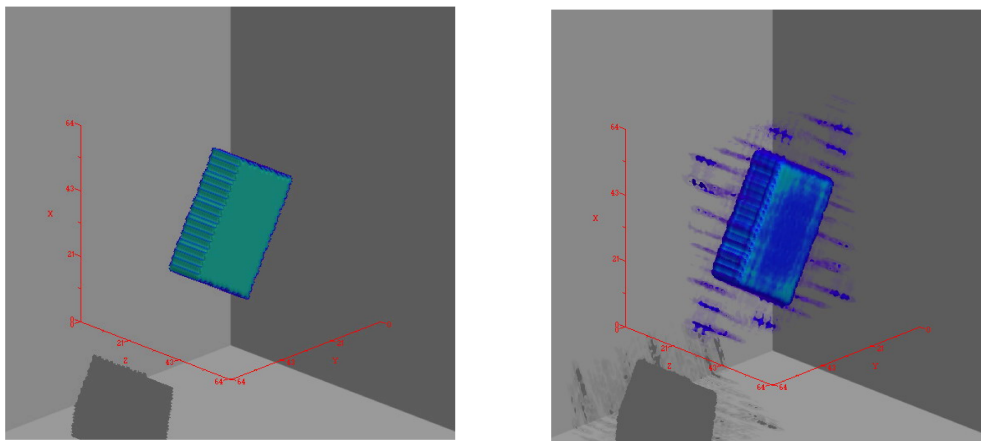


Рис. 2. Модельный объект (слева) и его реконструкция (справа). Для реконструкции использовались 20 дифракционных проекций. Ошибка реконструкции модельных объектов не превысила 8%.

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

5. Разработан новый численный метод приближенного построения оптимального позиционного управления в трубке разрешимости нелинейной управляемой системы, основанный на применении метода динамического программирования и алгоритмах решения задач оптимального программного управления с фазовыми ограничениями. Реализованы алгоритмы численного построения трубки разрешимости как объединения множеств достижимости управляемой системы, соответствующих различным интервалам времени и получаемых путем решения серии за-



дач оптимального управления. С применением предложенных алгоритмов произведены расчеты оптимальных вертикальных маневров самолета при возможных атаках ракетой «воздух-воздух» с задней полусферы на математических моделях, предложенных ФГУП ГосНИИАС (г. Москва).

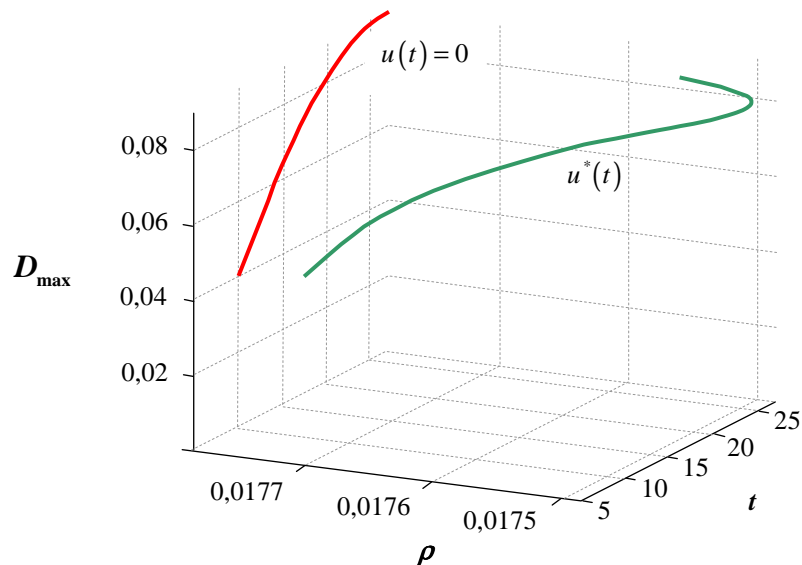


Рис. 3. Максимально возможная дальность пуска ракеты ( $D_{\max}$ ) самолетом-преследователем уменьшилась на 10% в результате противоракетного маневра преследуемого самолета с приближенно-оптимальным управлением  $u^*(t)$ . Здесь  $\rho$  характеризует плотность атмосферы (высоту полета),  $t$  – время.

*Автор результата: д.т.н. А.И. Тятюшкин.*

6. Разработан новый метод декомпозиции объекта исследования в задачах прогнозирования чрезвычайных ситуаций, основанный на моделях структуры и процессе изменения состояния объекта, синтезирующий набор моделей, представленных информационными уровнями взаимосвязанных и взаимообусловленных параметров состояний.



Рис. 4. Обобщенная содержательная модель декомпозиции объекта исследования.

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

7. Разработана оригинальная агрегированная концептуальная модель вычислительной GRID, которая, в отличие от известных, обеспечивает взаимосвязанное представление различных слоев знаний о гетерогенной распределенной вычислительной среде, а также исследование ключевых свойств (эффективность, надежность и др.), проектируемых для этой среды прикладных программных комплексов различного назначения.

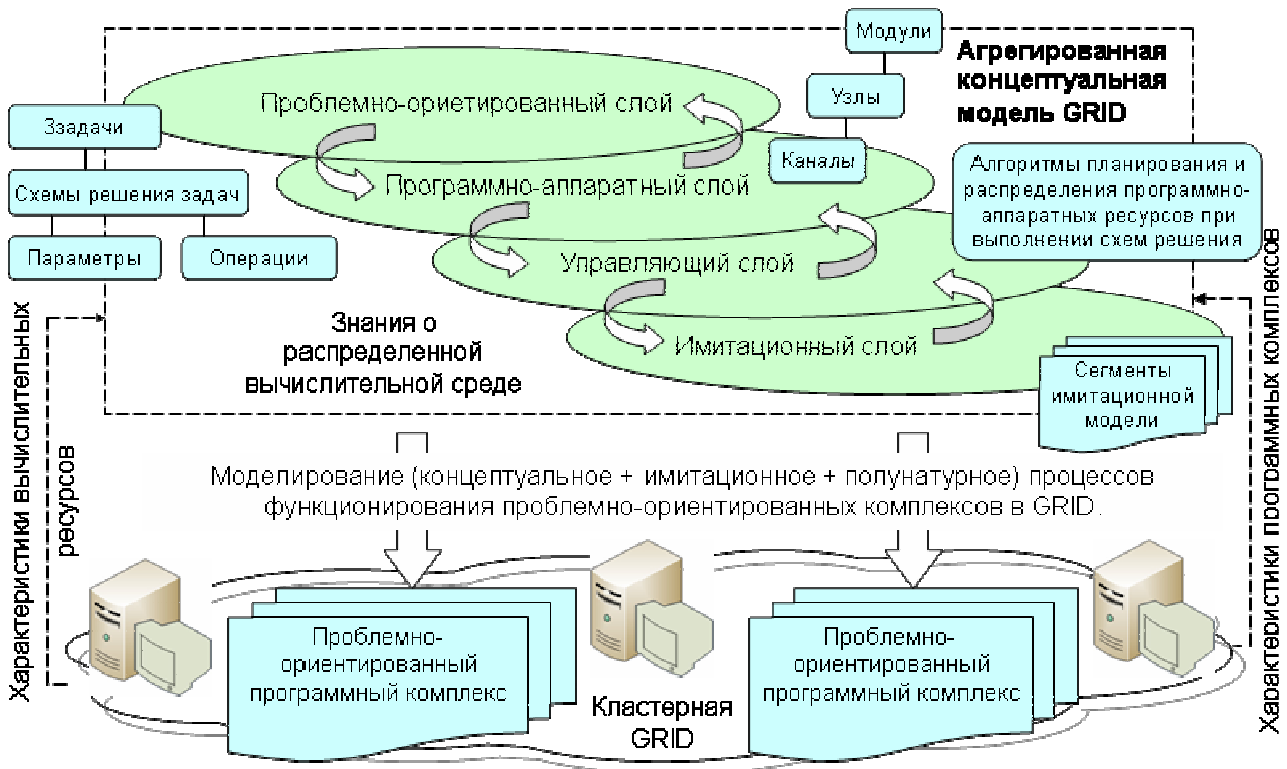


Рис. 5. Агрегированная концептуальная модель GRID.

Авторы результата: д.т.н. Г.А. Опарин, к.т.н. А.Г. Феоктистов.

8. Для решения задачи автоматизации создания программных систем нового поколения разработан язык представления баз данных (ЯПБД), позволяющий в декларативном виде описать структуру и способы работы с БД и способы интеграции, как с другими БД, так и с проблемно-ориентированными системами. Выразительные средства ЯПБД обеспечивают возможность настройки любого типа параметров приложения, при этом реализован механизм построения запросов, использующий интерактивное редактирование условий на значения полей. Технология формирования запросов обеспечивает использование информации из связанных с данной таблицей справочников, подчинённых таблиц и позволяет комбинировать отдельные операции сравнения при помощи логических связей, в результате чего разработанный механизм обладает большой



выразительной силой и позволяет строить запросы, решающие практические задачи выборки данных из БД.

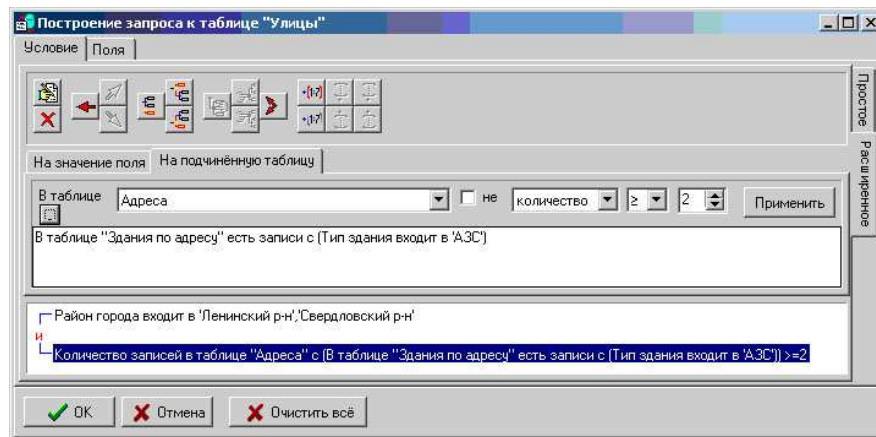


Рис. 6. Логическое условие на количество записей подчинённой таблицы, удовлетворяющих требованиям.

Авторы результата: к.т.н. А.Е. Хмельнов, к.т.н. Г.М. Ружников, Е.С. Фереферов.



9. Впервые на основе генетического алгоритма разработан и программно реализован anytime алгоритм планирования обходов целей группой автономных подводных роботов, позволяющий учитывать ограничения реальной физической, частично известной среды, и неопределенности в состоянии бортовых систем аппарата.

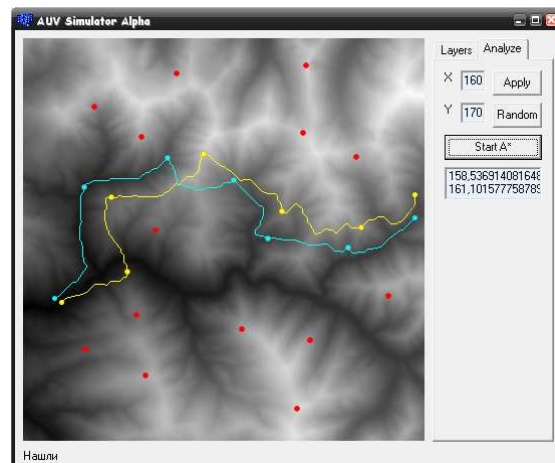


Рис. 7. Пример расчета миссий двух аппаратов в трехмерной среде с ограничениями на длину маршрута, на обеспечение связи и с учетом зон, запрещенных для посещения.

*Авторы результата: чл.-к. РАН И.В. Бычков, к.т.н. Н.Н. Максимкин,  
к.т.н. А.Е. Хмельнов, Н.Ю. Исизин.*

10. Проведены расчеты децентрализованного автономного управления по принципу «лидер-ведомые» для группы автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) с использованием программного комплекса «ВФЛ-РЕДУКТОР». Лидер группировки задает движение и может совершать линейные и угловые маневры. Ведомые управляют своим вектором скорости так, чтобы удерживать заданную дистанцию до лидера и угол пеленга. Управление строится с использованием измерителей дистанций и углов пеленга, а также наблюдателей первого порядка для получения оценок скоростей (учтена неполнота измерений). Рассмотрены различные варианты формирования стабилизирующих управлений, в том числе дискретных, учитывались неопределенности масс аппаратов и сил сопротивления, погрешности элементов системы и другие факторы, присущие реальной ситуации.



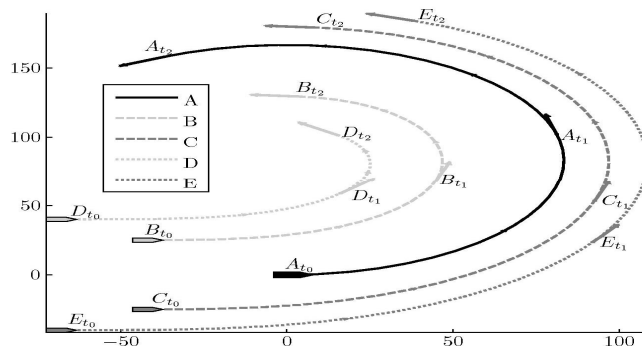


Рис. 8. Пример маршрутов группы АНПА при стабилизации дистанций и углов пеленга между парами АНПА.

Авторы результата: к.ф.-м.н. Р.И. Козлов, к.т.н. С.А. Ульянов.