



ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

По оценке Ученого совета Института к числу важнейших научных результатов отнесены следующие результаты 2007 г.

1. Исследованы управляемые системы с зависящими от времени субдифференциальными операторами и возмущениями монотонного типа при невыпуклых ограничениях на управления. Субдифференциальные операторы, возмущения, ограничения на управление и начальные условия зависят от параметра. Исследована зависимость решений таких систем от параметра. В качестве приложения рассмотрена управляемая система параболического типа, правая часть которой содержит p -лапласиан и субдифференциалы индикаторных функций выпуклых, замкнутых множеств, являющихся значениями зависящей от времени многозначной функции. Показано, что предел последовательности решений этой системы при $p \rightarrow \infty$ является решением управляемой системы, описываемой обыкновенным дифференциальным уравнением, вид которого установлен.

Автор результата: чл.-к. РАН А.А. Толстоногов.

2. Исследованы качественные свойства решений дифференциальных включений с обобщенными функциями и систем управления с разрывными и обобщенными функциями в правых частях, обоснована корректность аппроксимации импульсными системами обычных управляемых систем с ограниченными на малых промежутках времени управлениями.

Решена задача о стабилизации механической системы релейными управлениями для целевого множества, описываемого разрывными по времени функциями. В основу положен принцип декомпозиции управления. Это приводит к движению системы с кусочно-непрерывными скоростями, которые являются решениями некоторой непрерывно дискретной системы с позиционными и импульсными управлениями. Позиционное управление (обычная функция) обеспечивает стабилизацию движения по целевому множеству между моментами приложения импульсов. Предложенный подход позволил впервые решить задачу слежения (дви-



жение по наперед заданной траектории) и задачу управляемости (перевод системы из одного обобщенного состояния в другое) одновременно в скользящем режиме, минуя переходные процессы. Импульсы меняют обобщенные скорости движения по выбранной в пространстве обобщенных состояний траектории скачкообразно, в частности, могут обратить их в нуль, и тогда позиционное управление стабилизирует конечное состояние системы. Полученные результаты применены для анализа динамики звена манипуляционного робота с минимальным расходом энергии.

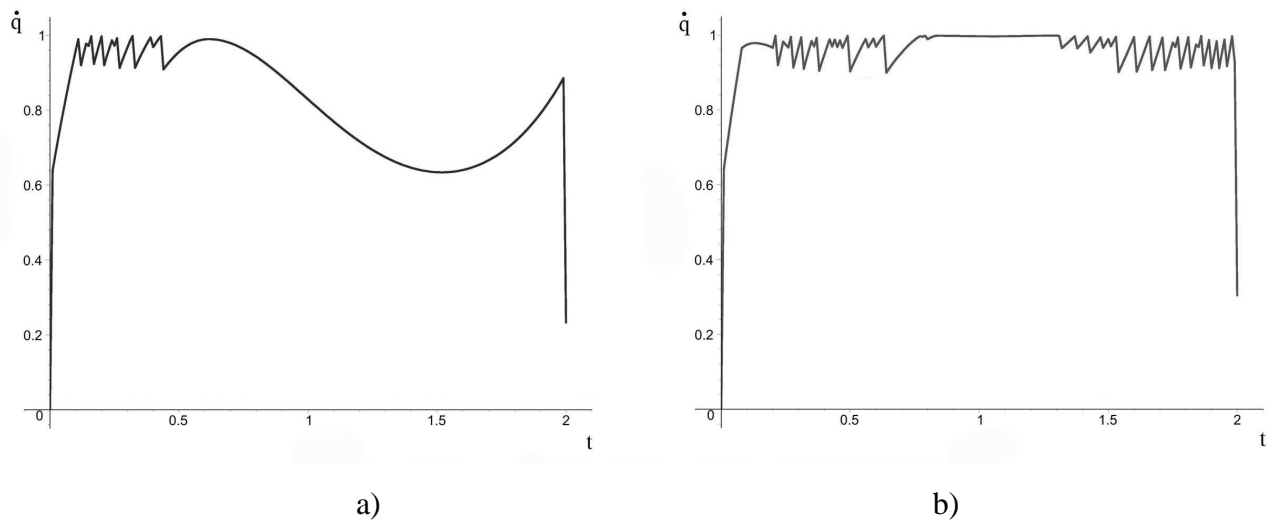


Рис. 1. Импульсный скользящий режим движения звена манипулятора с ограничением (а) и без ограничения (б) на ресурсы управления

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

3. Обоснованы новые процедуры построения гетерогенных моделей сравнения для исследования методом редукции с функциями Ляпунова в виде “векторных норм” динамических свойств типа устойчивости, ограниченности, диссипативности и инвариантности нелинейных непрерывно-дискретных управляемых динамических систем с монотонно ограниченными нелинейностями (в том числе по управлению и измерениям) и неопределенностями. Предложен основанный на декомпозиции и методе редукции с сублинейными вектор-функциями Ляпунова подход к строгому анализу робастной устойчивости и диссипативности составных гетерогенных систем стабилизации нелинейных непрерывных объектов с распре-



деленным (децентрализованным) дискретным управлением при многократном асинхронном квантовании сигналов управлений и измерений.

Показана возможность использования этого подхода в новых задачах устойчивости конфигураций и построения оценок динамического качества движущихся формаций в условиях различных внутренних и внешних неопределенностей и неполноты измерений параметров собственного и взаимного движения агентов.

Автор результата: к.ф.-м.н. Р.И. Козлов

4. Получены условия асимптотической устойчивости и неустойчивости положения равновесия механической системы при нестационарном доминировании диссипативных сил (неограниченно растущий со временем коэффициент при диссипативных силах в уравнениях движения). Условия формулируются в виде обычных требований к потенциальной энергии и ограничений на скорость роста коэффициента при диссипативных силах.

Для неавтономных механических систем с полным набором сил получены условия экспоненциальной устойчивости положения равновесия, формулируемые в терминах границ собственных и сингулярных чисел матричных коэффициентов уравнений возмущенного движения. Предложены способы стабилизации до экспоненциальной устойчивости за счет сил иной структуры при заданных нестационарных потенциальных или неконсервативных позиционных силах.

Полученные результаты открывают новые возможности управления движением объектов в нестационарных силовых полях и с нестационарными законами сопротивления среды.

Автор результата: к.ф.-м.н. А.А. Косов

5. Для задач оптимизации логико-динамических систем, представляющих класс смешанных дискретно-непрерывных по времени динамических управляемых систем, где дискретная компонента – целочисленная функция с конечным числом скачков, на основе достаточных условий оптимальности Кротова разрабо-



таны методы последовательных улучшений первого и второго порядков. Такие задачи часто встречаются при описании технологических, социально-экономических и других процессов. Доказана теорема о монотонном убывании функционала на последовательностях, генерируемых алгоритмами. Показано на примерах, что предложенные вычислительные схемы позволяют находить скользящие режимы.

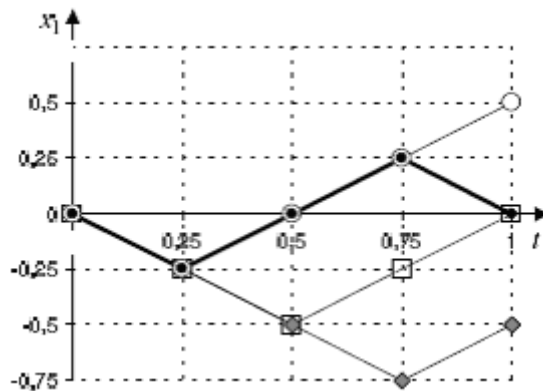


Рис. 2. Процесс получения скользящего режима

Авторы результата: д.ф.-м.н. В.А. Батулин, к.ф.-м.н. Е.В. Гончарова, Н.С. Малтугеева

6. Разработана имитационная дискретно-непрерывная информационно-логико-математическая модель динамики состояний сложных технических систем, находящихся под воздействием механо-физико-химических факторов. Проведена идентификация модели для фазовых пространств состояний физической и технической подсистем структурного компонента – уникальной механической системы. Разработана технология автоматизации исследований на модели с использованием компонентной сборки (Component-Based Development) требуемой системы из функциональных компонентов. Для реализации прецедентного компонента предложена гибридная модель опыта (знаний), включающая модель прецедента, продукционную модель и математические модели.

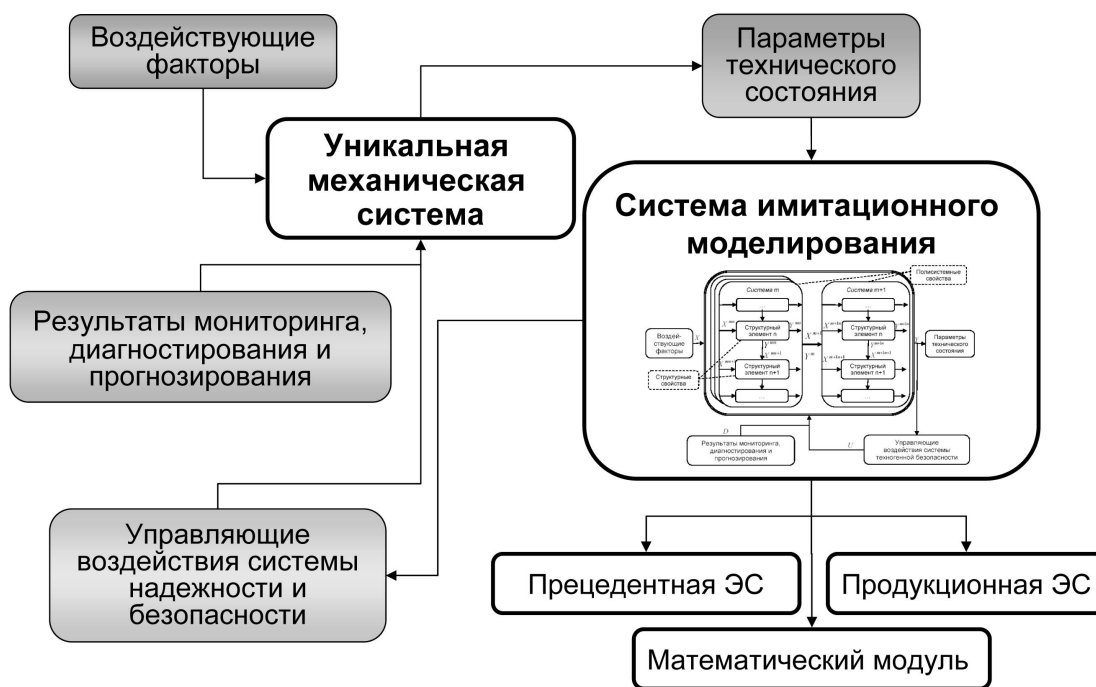


Рис. 3. Структура модели и системы управления

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

7. Разработан метод глобального поиска и создан программный комплекс для решения невыпуклых задач оптимального управления линейной системой с целевым терминальным функционалом, представленным в виде разности двух выпуклых функций. Для тестирования программ разработан специальный метод генерации тестовых задач, позволяющий строить примеры большой размерности с известными глобальными и локальными решениями. Результаты тестирования показали высокую эффективность программного комплекса при поиске глобально оптимальных процессов.

Авторы результата: д.ф.-м.н. А.С. Стрекаловский, М.В. Янулевич

8. Разработаны методы решения задачи о p -медиане (необходимо на ориентированном взвешенном графе найти p вершин (медиан), минимизируя сумму ве-



сов дуг до остальных вершин графа). Для случая полного графа разработан алгоритм ветвей, отсечений и оценок, основу которого составляют метод генерации столбцов и метод отсекающих плоскостей. Для задач, сформулированных на несвязных графах, разработан метод декомпозиции. Предложенные методы реализованы в программном комплексе, позволяющем находить точные и приближенные решения примеров большой размерности (до 15 миллионов переменных). Произведена параллелизация метода декомпозиции, позволившая добиться линейного параллельного ускорения времени счета на 8 процессорах. Программный комплекс использован для решения задач производственного планирования в автомобильной промышленности и в задаче автоматического распознавания и классификации дефектов, возникающей при разработке систем машинного зрения.

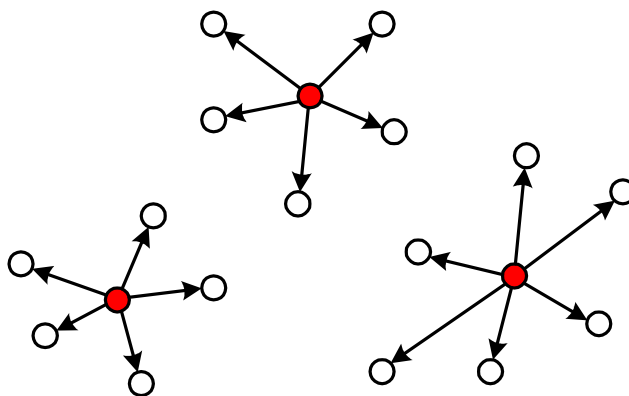


Рис. 4. Допустимая точка на графе с 19 вершинами и $p=3$

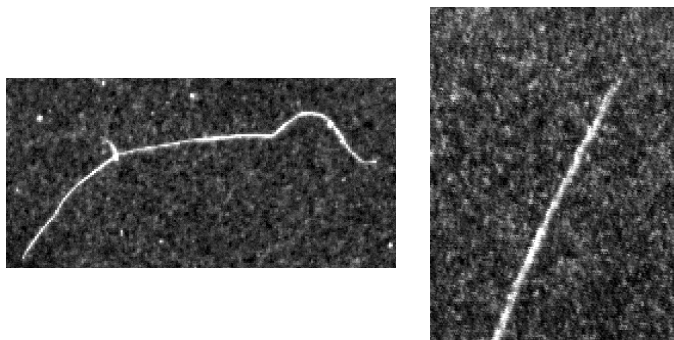
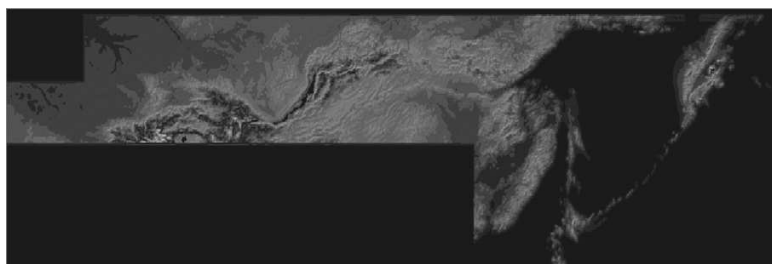


Рис. 5. Примеры распознавания и классификации дефектов на микросхемах: слева волокно, справа царапина

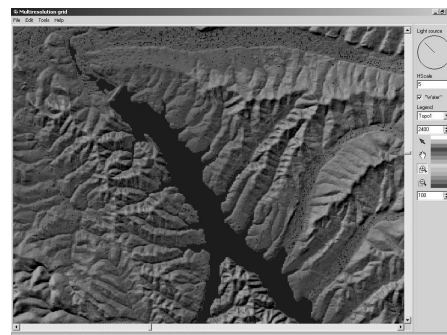
Автор результата: к.ф.-м.н. И.Л. Васильев



9. Разработаны новые эффективные форматы хранения больших объемов векторных (формат SMD) и растровых (формат MRG) пространственных данных для создания единых информационных ресурсов поддержки междисциплинарных научных исследований. Принцип хранения неизменяемых данных и, в частности, электронных карт позволяет сократить объем памяти и на порядок уменьшить время загрузки информации из файла. Реализован модуль расширения Web-сервера IIS для публикации в Internet/Intranet электронных карт в формате SMD. Реализованы конвертеры в формат SMD из форматов известных ГИС, поддерживающие импорт не только семантической и метрической информации, но и информации о способе отображения объектов, что позволяет получить внешний вид карт, близкий к оригиналу при их отображении из формата SMD. Использование формата MRG позволило преобразовать без потери точности для хранения на 1 компакт-диск объемом 700 Mb данные SRTM (Shuttle radar topographic mission – NASA) с шагом 30" (90 м в направлении меридиана) по Сибири и Дальнему Востоку.



a)



b)

Рис. 6. Возможности формата MRG: объем данных, помещающихся на 1 CD в формате MRG (a), разрешение в любой точке (b)

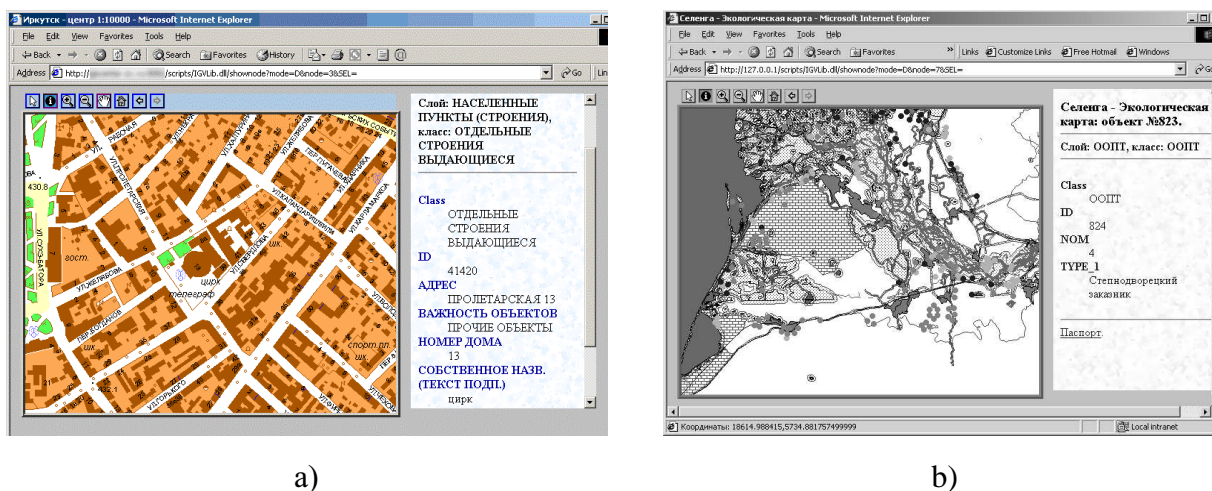


Рис. 7. Публикация в Интернет электронных карт, импортированных из ГИС Панорама (a) и ГИС ArcView (b)

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

10. Разработана новая теоретико-множественная модель распределенной гетерогенной вычислительной среды и сформулированы условия ее целостности и непротиворечивости. В структуре модели выделяются пять концептуально взаимосвязанных слоев, каждый из которых оперирует своим набором понятий. Структура модели позволяет на разных ее уровнях определять и совместно использовать различные модели распределенных вычислений: модели программирования приложений, модели планирования вычислительных процессов, модели планирования загрузки ресурсов.

Реализован графический инструментальный комплекс, обеспечивающий описание основных объектов распределенной вычислительной среды (пользователей, аппаратных, программных и информационных ресурсов, вычислительных процессов и др.) и отношения между ними, возникающие в процессе решения задач в этой среде, а также задание критериев корректности и безопасности процессов взаимодействия объектов.

Модель и инструментальный комплекс дают возможность описания интегрируемых в рамках научных центров СО РАН информационно-вычислительных и коммуникационных ресурсов.

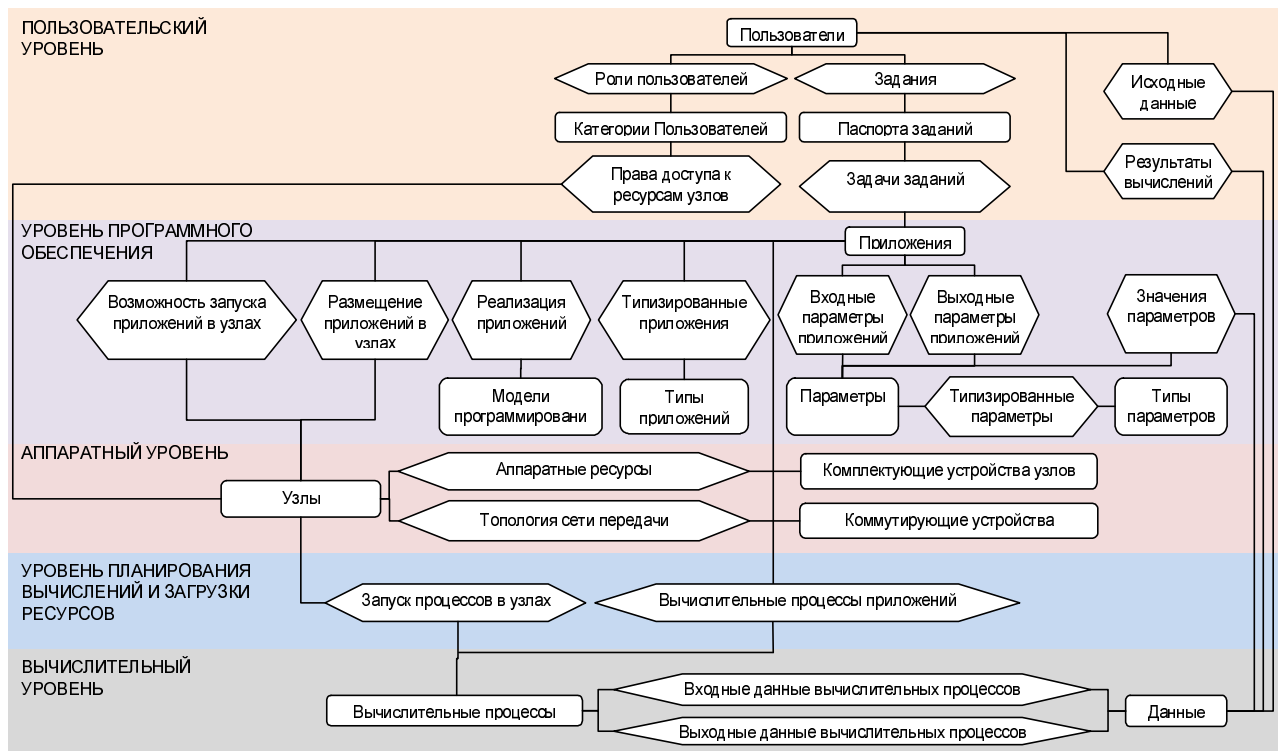


Рис. 8. Концептуальная модель распределенной гетерогенной вычислительной среды

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