

**НЕКОТОРЫЕ ВАЖНЕЙШИЕ
РЕЗУЛЬТАТЫ ИНСТИТУТА В ОБЛАСТИ
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

Управление движением сплошных сред

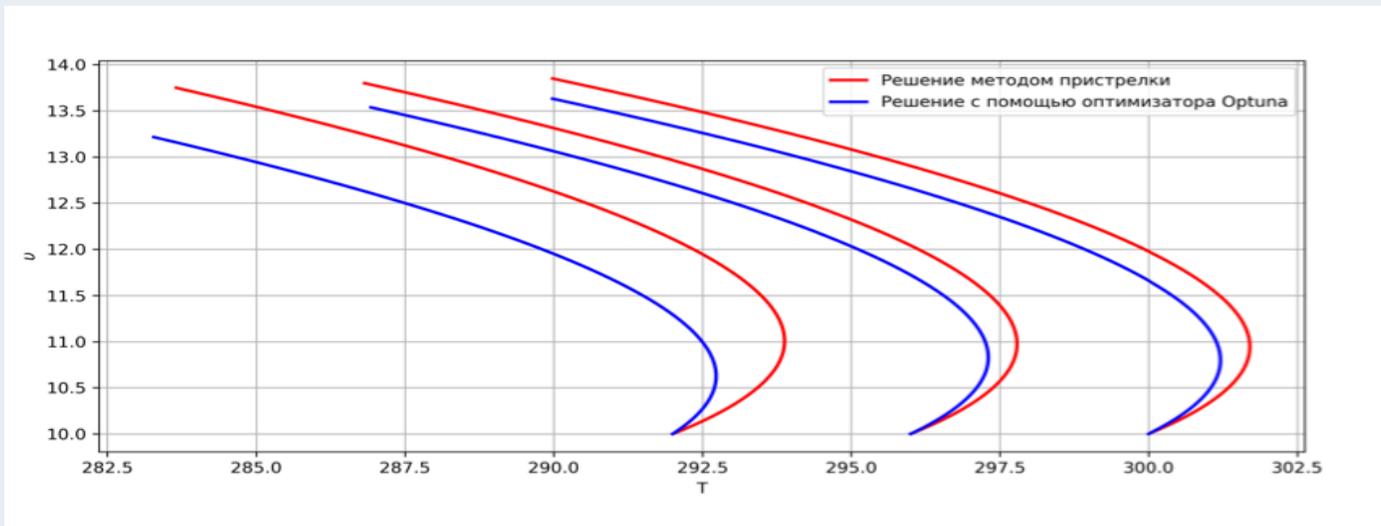
Разработан геометрический подход к термодинамике многокомпонентных сред. На основе теории особенностей лагранжевых и лежандровых многообразий представлено описание фазовых переходов в таких системах.

Разработан метод построения конечномерных динамик, а также точных и приближённых решений для систем эволюционных дифференциальных уравнений с произвольным числом пространственных переменных.

Получены условия существования оптимальных управлений для решения эволюционных систем второго порядка на замкнутых многообразиях.

Построена геометрическая теория измерения случайных операторов, возникающих в классической информационной геометрии.

Оптимальные траектории в термодинамическом пространстве, максимизирующие работу, выполняемую газом



Лаб. № 6

Зав. лаб.
д.ф.-м.н.
Кушнер А.Г.

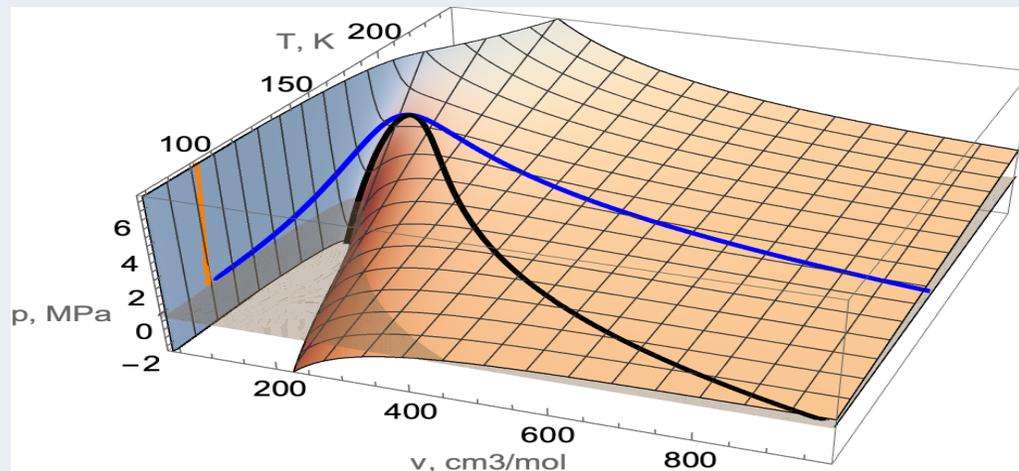
СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

Управление движением сплошных сред

Методами симплектической и контактной геометрий построены серии точных многозначных решений уравнения Баренблата, описывающего вытеснение нефти растворами активных химических реагентов.

Построена и исследована математическая модель воздействия высокочастотных волновых воздействий на нефтяной пласт для повышения его нефтеотдачи. Проведены численные эксперименты с использованием цилиндрических волн в призабойной зоне, доказывающие эффективность волновых воздействий (совм. с лаб. 82).

Проведено исследование уравнений состояния Битти-Бриджмена и фазового перехода первого рода. Построены классы точных многозначных решений для уравнения Хантера-Сакстона-Калоджеро, описывающего распространение возмущений в жидких кристаллах.



Кривые фазового перехода в газе Битти-Бриджмена на лагранжевой поверхности

Лаб. № 6

Зав. лаб.
д.ф.-м.н.
Кушнер А.Г.

СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

Синтез гарантирующего фильтра

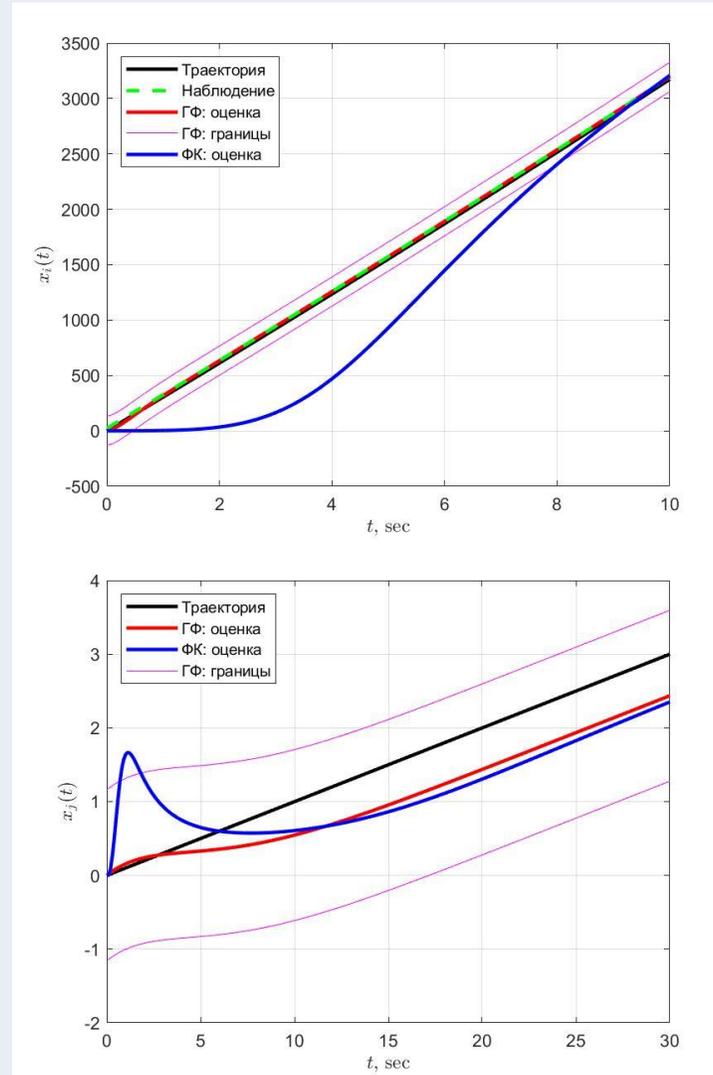
Предложен новый подход к решению задачи гарантирующей фильтрации при произвольных ограниченных внешних возмущениях, основанный на ее сведении к задаче матричной оптимизации.

Найдена оценка состояния такая, что ее ошибка гарантированно заключена в единый эллипсоид для всех моментов времени; при этом фильтр ищется в классе линейных стационарных фильтров.

Построен градиентный метод для отыскания оптимальной матрицы фильтра. Он обладает невысокой вычислительной сложностью, предполагая на каждом итерационном шаге лишь решение уравнений Ляпунова.

В отличие от фильтра Калмана, гарантирующий подход позволяет строить оптимальные матрицы фильтра по каждой из координат вектора состояния системы по отдельности.

На рисунках показаны траектории тестовой системы, ее наблюдаемый выход, а также оценки, предоставляемые гарантирующим и калмановским фильтром.



Лаб. № 7

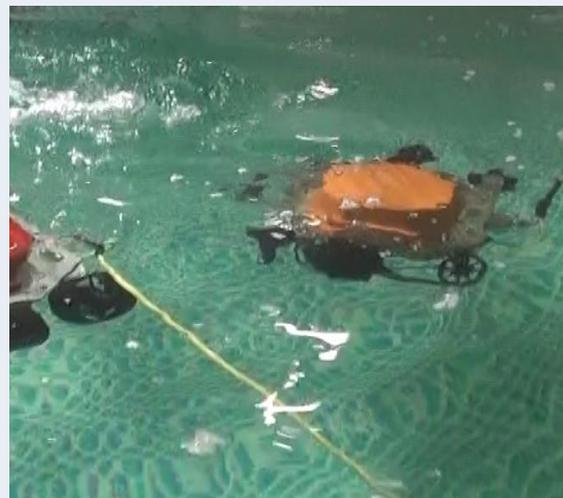
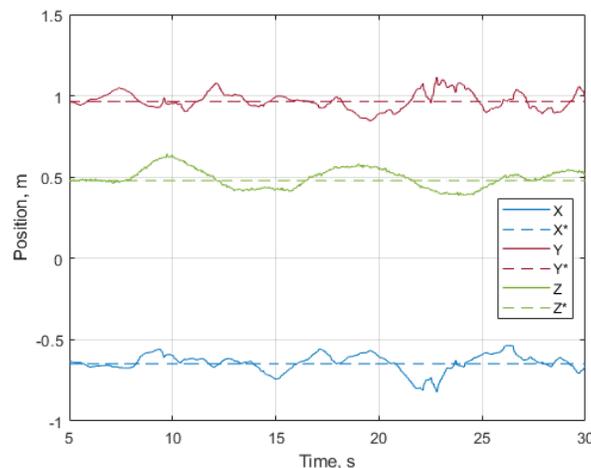
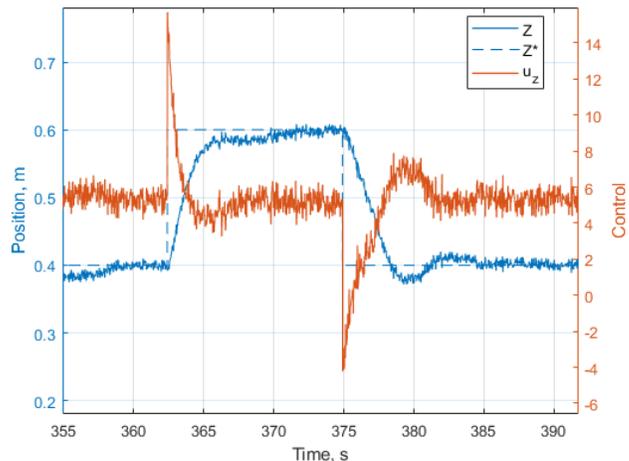
Зав. лаб.
д.ф.-м.н.
Хлебников М.В.

СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

Управление высокоманевренным необитаемым подводным аппаратом

Для системы управления подводным аппаратом «Водяной» с шестью степенями свободы, разработанным лабораторией № 17, предложены, реализованы и успешно испытаны два алгоритма:

1. Для шести контуров управления (три на позицию и три на ориентацию) проведен синтез ПИД-регуляторов с взвешиванием задающего сигнала методом оптимизации размещения полюсов по линеаризованной модели, полученной по экспериментальным данным методом конечно-частотной идентификации;
2. Разработана робастная система управления ориентацией и положением необитаемого подводного аппарата, компенсирующая согласованную неопределенность, вызванную, например, неизвестными массой, моментами инерции и смещенным центром тяжести. Доказана экспоненциальная сходимость расширенной ошибки слежения к компактному множеству с регулируемой границей.



Лаб. № 7

Зав. лаб.
д.ф.-м.н.
Хлебников М.В.

СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

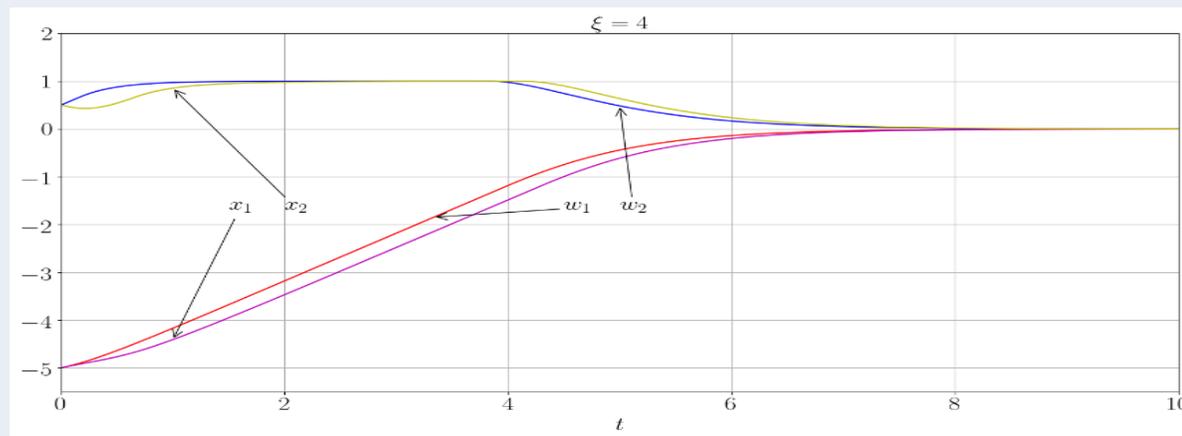
Управление нелинейными голономными и неголономными механическими системами с ограничениями на ресурс управления и наличием переключений между режимами работы

Предложен закон управления в системе с эталонной моделью в виде суммы вложенных сатураторов и импульсной функции, глобально стабилизирующий интегратор 4-го порядка.

Для связных систем с переключениями между тремя линейными системами получен новый частотный критерий существования квадратичной функции Ляпунова.

Получены новые достаточные условия экспоненциальной устойчивости решений нелинейных неавтономных систем дифференциальных уравнений с запаздыванием. В частности, получено расширение классической теоремы об асимптотической устойчивости в терминах функции Ляпунова–Разумихина.

Развивается адаптивный метод стабилизации колебания автономной управляемой за счет выбора управления в зависимости от параметра семейства колебаний.



Графики отклонений и скоростей исследуемой (x_1, x_2) и эталонной системы (w_1, w_2)

Лаб. № 16

Зав. лаб.
Д. Т. Н.
Уткин В.А.

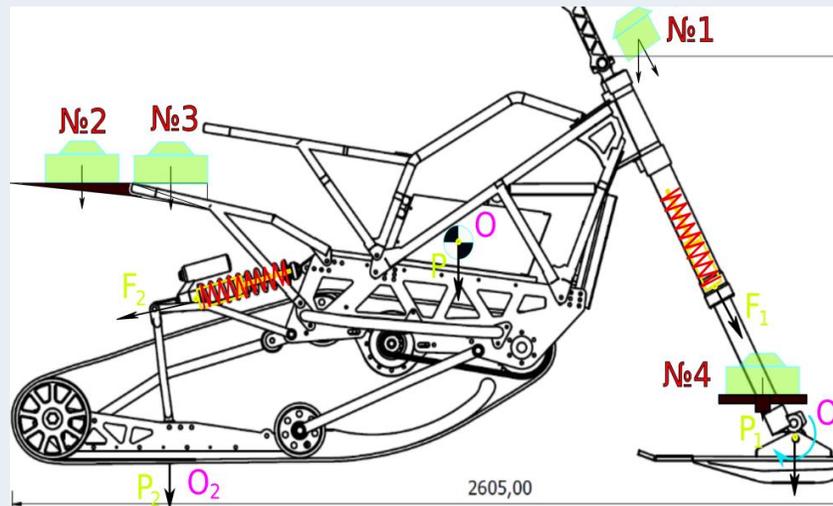
СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

Управление нелинейными голономными и неголономными механическими системами с ограничениями на ресурс управления и наличием переключений между режимами работы

В качестве приложений решены задачи оптимизации на основании различных критериев выбора коэффициентов обратной связи для механической системы робот-колесо.

Предложены методы синтеза законов управления колесными роботами в условиях ограниченности управления в задаче путевой стабилизации балансирующих роботов при наличии ограничений на фазовые переменные и на управления.

Получены оценки областей притяжения целевых многообразий в задачах управления балансирующими колесными роботами.



Проект «Снегоцикл»

Лаб. № 16

Зав. лаб.
Д.т.н.
Уткин В.А.

СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

Прямое управление конечной точкой манипулятора в условиях неопределенности и негладких задающих воздействий

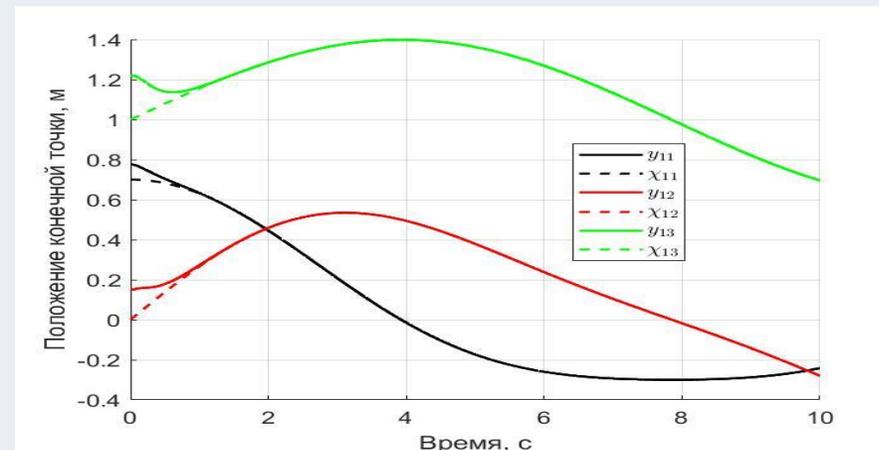
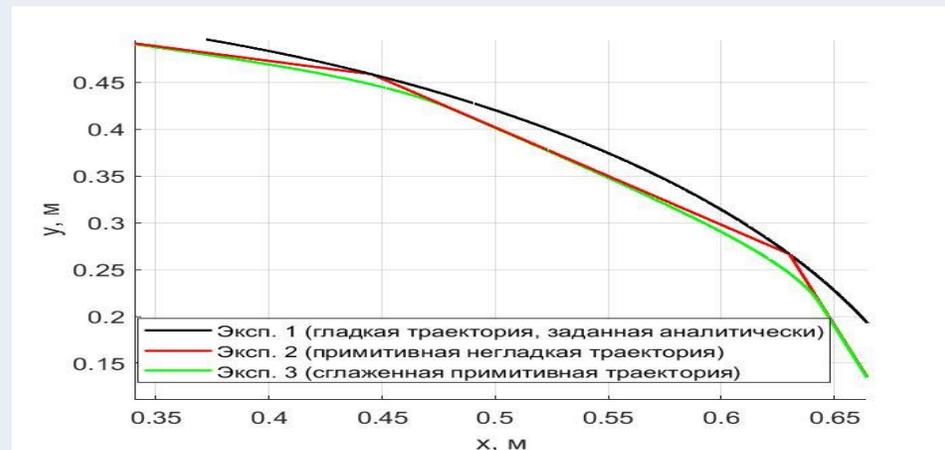
Для манипуляторов с избыточным числом степеней свободы, функционирующих в условиях неопределенности, разработан прямой метод синтеза динамической обратной связи, обеспечивающий отслеживание конечной точкой манипулятора заданной траектории. Данный подход исключает решение обратной задачи о положении и снижает вычислительную нагрузку.

Для оценивания смешанных переменных и возмущений разработан редуцированный наблюдатель с сигмовидными корректирующими воздействиями, формализована каскадная процедура настройки их параметров, обеспечивающая за заданное время заданную точность оценивания.

Для динамического сглаживания эталонной траектории разработана декомпозиционная процедура синтеза следящего дифференциатора произвольного порядка с сигмовидными локальными связями с учетом ограничений на скорость и старшие производные выходных переменных объекта управления.

Лаб. № 37

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Уткин А.В.



СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

Разработка и апробация алгоритмов управления для необитаемого подводного аппарата «Водяной»

Для отслеживания эталонных линейных и угловых положений необитаемого подводного аппарата предложены робастные методы управления с линейной и нелинейной сигмовидной обратной связью, которые позволяют компенсировать комплекс неопределенностей. Для информационной поддержки законов управления разработаны наблюдатель скоростей и возмущений, а также следящий дифференциатор.

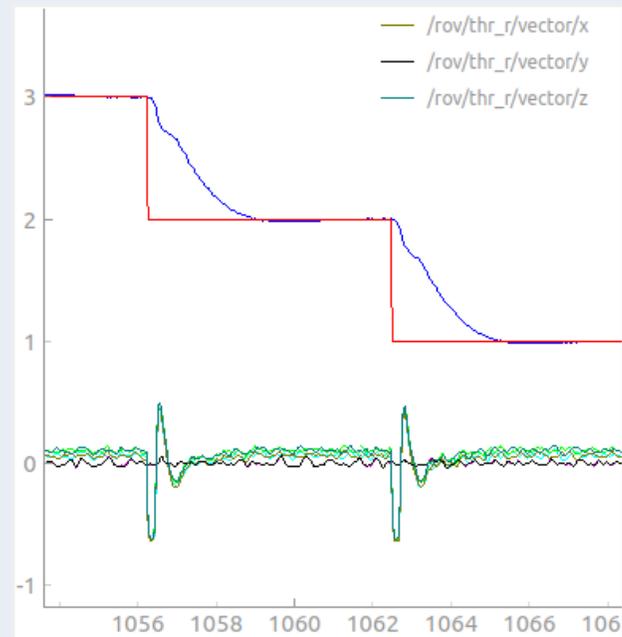
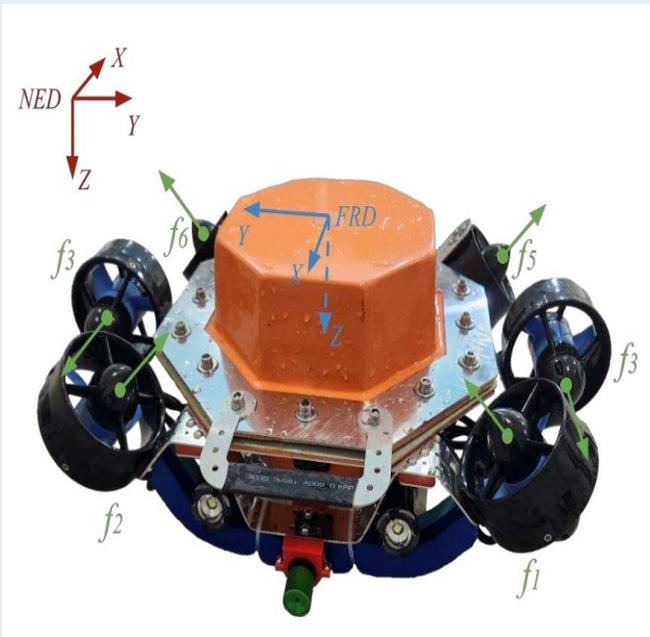


Схема 1
(линейная обратная связь)

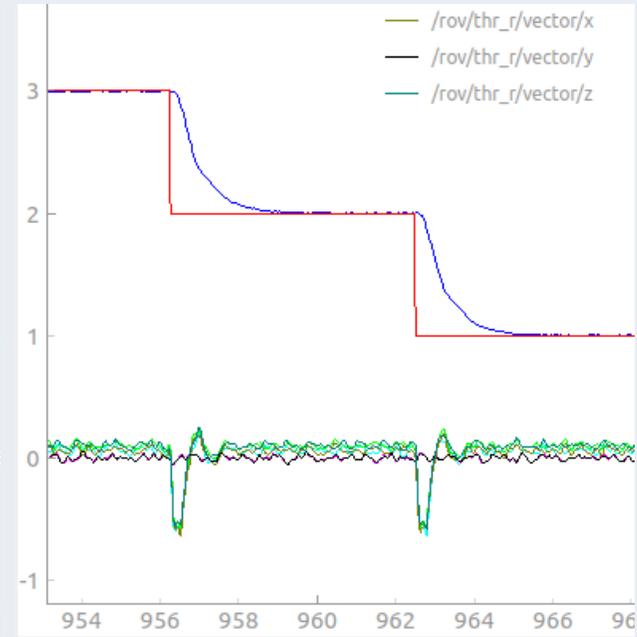


Схема 2
(нелинейная обратная связь)

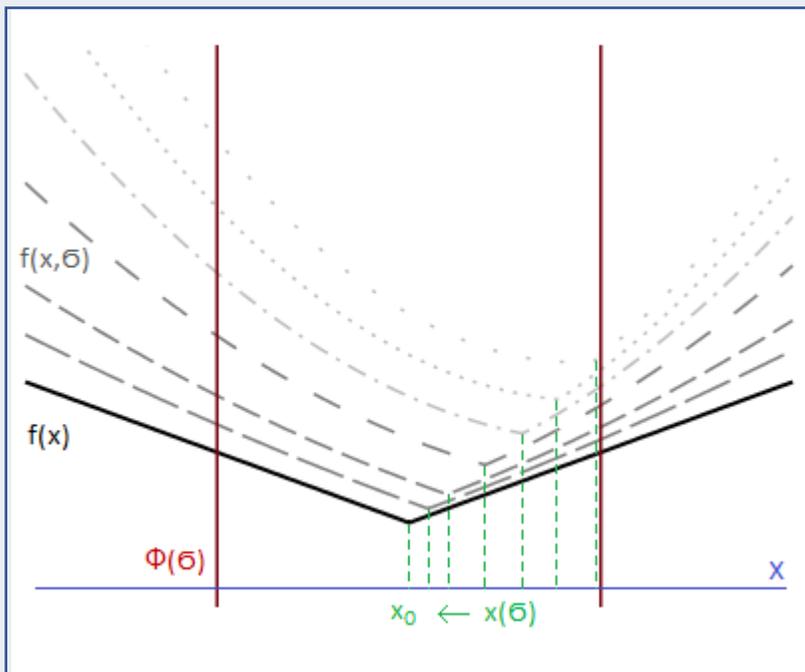
Лаб. № 37

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Уткин А.В.

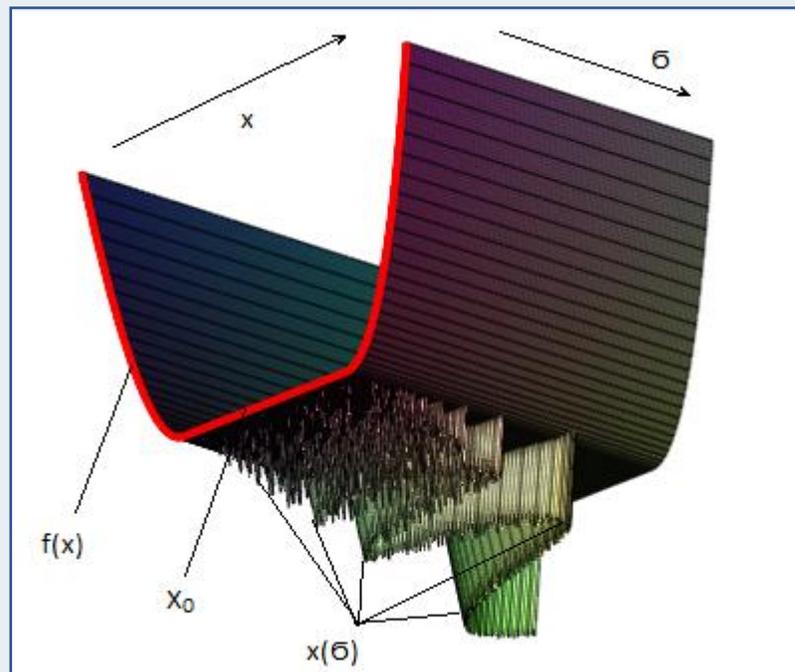
СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

Устойчивость минимума в экстремальных задачах с ограничениями

Рассмотрены различные задачи оптимизации при наличии ограничений общего вида. Получены достаточные условия устойчивости строгого минимума оптимизируемой функции, а также условия устойчивости множества минимумов, состоящего более чем из одной точки, относительно малых возмущений параметров задачи. Получены условия робастности решений экстремальных задач с ограничениями типа равенств на основе конструкции λ -укорочений отображений.



Устойчивость строгого минимума



*Устойчивость множества минимумов**

*через x_0 и $x(\sigma)$ обозначены соответственно решения исходной и возмущенных задач

Лаб. № 45

Зав. лаб.
д.ф.-м.н.
Арутюнов А.В.

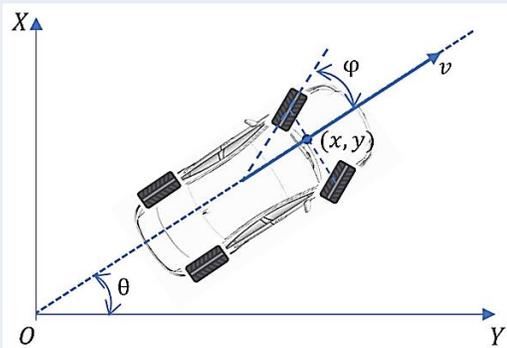
СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

Управление беспилотным автомобилем: задача парковки

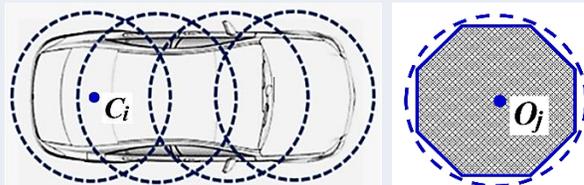
Решена задача автоматического управления парковкой беспилотного автомобиля (БПА) с учётом механических и пространственных ограничений, обеспечивающих безопасность парковочного маневра. Рассмотрены как классический (основанный на моделях движения Дубинса и Ридса-Шеппа), так и современный (основанный на машинном обучении с подкреплением) методы управления автоматической парковкой БПА.

Модель динамики БПА

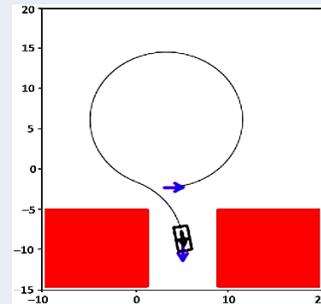
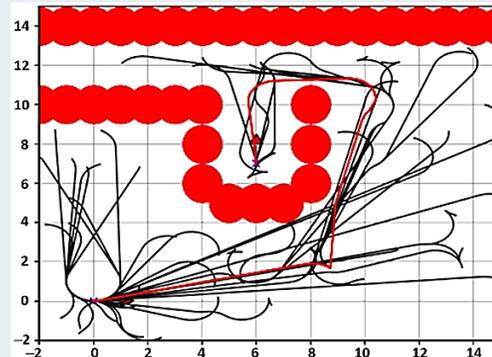
$$\mathbf{s} = (x, y, \theta)^T, \quad \mathbf{u} = (v, \varphi)^T,$$



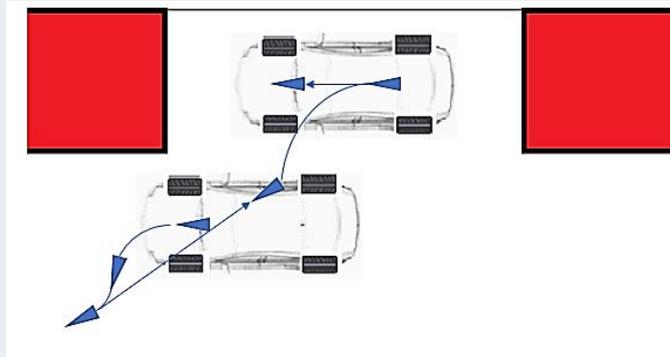
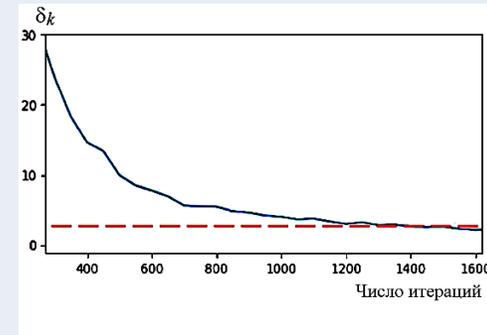
Окружности безопасности БПА и препятствий



Оптимальная по быстрдействию парковка БПА на основе моделей Дубинса и Ридса-Шеппа



Автоматическая парковка БПА методом машинного обучения



Лаб. № 45

Зав. лаб.
д.ф.-м.н.
Арутюнов А.В.

СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

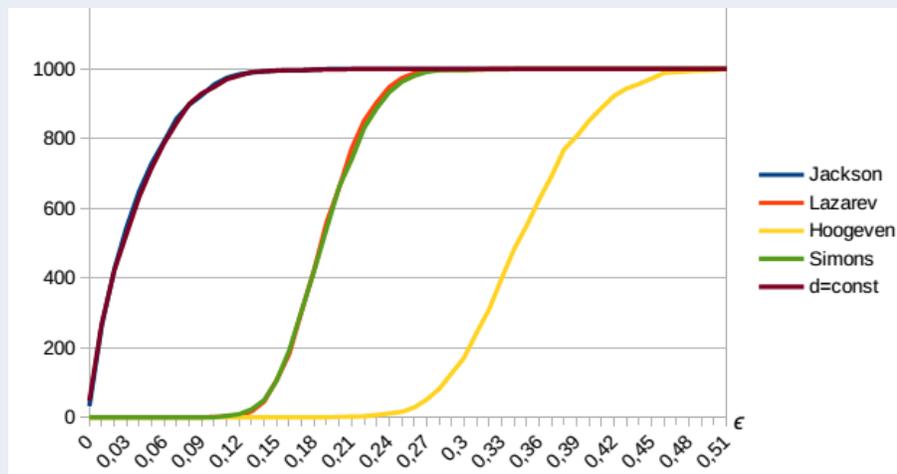
Методы управления ресурсами в задачах теории расписаний и дискретной оптимизации. Теоретические результаты

Проведено исследование метрик для решения NP-трудной задачи минимизации максимального временного смещения для одного прибора.

Доказана NP-трудность задачи минимизации суммарной взвешенной длительности работ (длительности использования внешних ресурсов) для одного прибора с ограничениями предшествования. Разработан эффективный алгоритм ее решения при фиксированном количестве курсов (внешних ресурсов).

Разработана концепция устойчивости промежуточных вершин в траекторных задачах. Получены выражения для радиуса устойчивости промежуточных вершин.

Исследован оптимальный порог переключения в алгоритме моделирования случайной последовательной адсорбции методом вспомогательных списков.



Количество примеров, решённых с погрешностью, не превышающей заданного значения

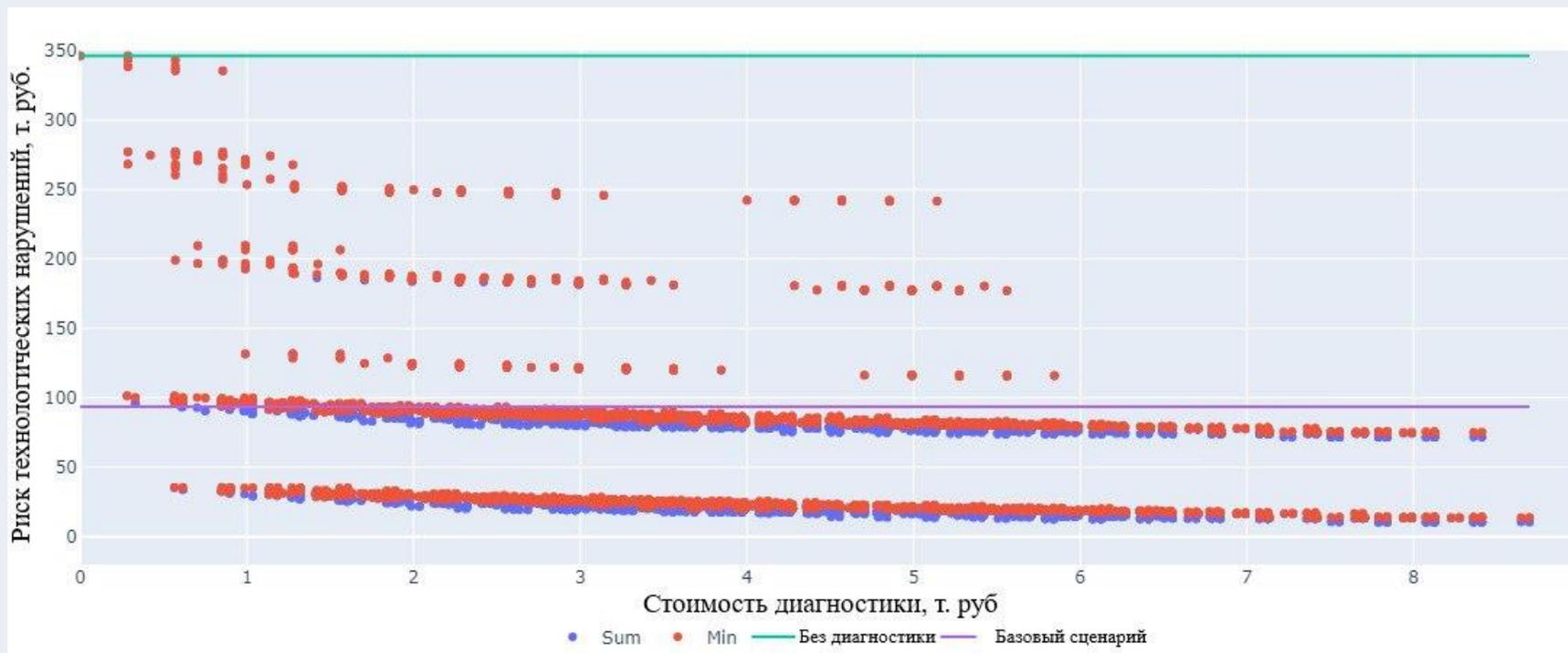
Лаб. № 68

Зав. лаб.
д.ф.-м.н.
Лазарев А.А.

СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

Методы управления ресурсами в задачах теории расписаний и дискретной оптимизации. Практические результаты

Предложен метод риск ориентированной диагностики воздушных линий, позволяющий выбрать оптимальный сценарий диагностики линий электропередачи с учетом стоимости применения методов и оценочной стоимости устранения возможных технологических нарушений.



Лаб. № 68

Зав. лаб.
д.ф.-м.н.
Лазарев А.А.

СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

Методы анализа и моделирования

дискретных нелинейных систем и процессов в условиях неполноты данных

Исследованы характеристики элементарных сверточных нейросетей в задаче классификации составных шумовых сигналов, содержащих последовательные участки с разными классами вероятностных распределений. Установлено, что элементарные сверточные нейросети являются мощными статистическими решателями в данной задаче.

Исследована устойчивость функционирования нейронных сетей с тремя типами скрытых слоев (полносвязный, локально связанный, свёрточный) при решении задачи распознавания параметров сигналов заданной формы (ЛЧМ, гармонический, импульсный). Особый акцент сделан на изучении зависимости качества распознавания параметров сигнала от значения отношения сигнал/шум при величинах вне домена обучения.

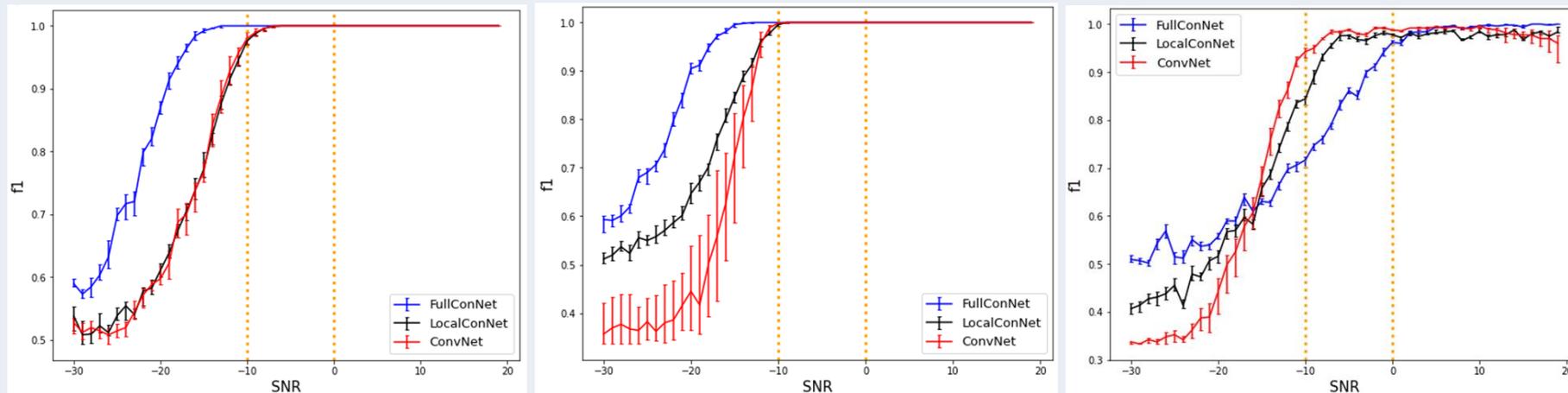
Разработан метод специфичного анализа наборов данных сложно оцениваемых объектов в условиях реальных ситуаций, а также предложены и обоснованы способы по улучшению согласованности оценок отдельных экспертов-разметчиков.

Лаб. № 77

Зав. лаб.

К.Т.Н.

Макаренко А.В.



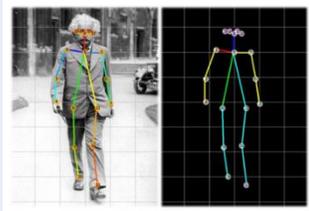
СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

Машинное зрение и робототехника

Проведен анализ и систематизация научно-технических работ, опубликованных с 1969 г. по п.п. 2023 г., посвященных методам оценивания «позы объектов» по фотоизображению. Установлено актуальное направление дальнейших исследований «шарнирных моделей»: устранение критических недостатков трансформерных визуальных архитектур.

Разработана методика проведения анализа структурных, временных и конфигурационных характеристик набора данных для обучения и тестирования нейронных сетей, распознающих основные функциональные состояния биологических объектов (КРС). В терминах взвешенного и размеченного направленного графа разработана количественная модель смены функциональных состояний объектов.

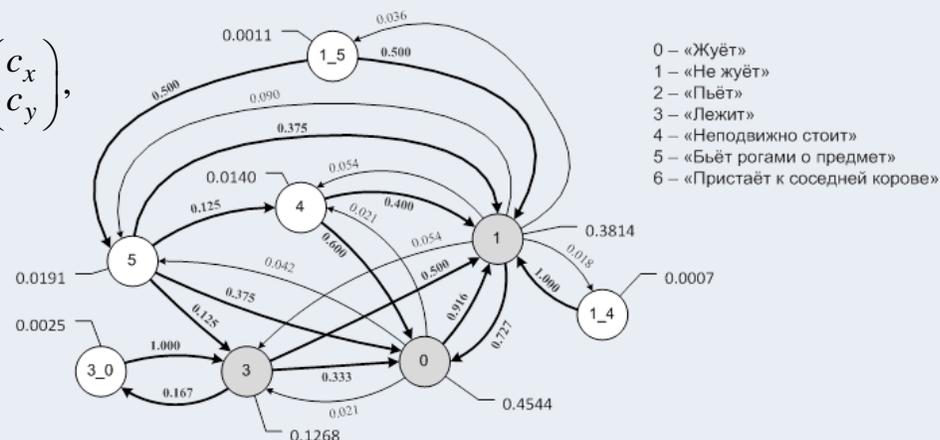
Изучены различные модели, предназначенные для описания распространения лучей света в объективах широкоугольных камер. Предложены новые математические модели с использованием поверхностей второго порядка. Проведен численный анализ и сравнение моделей, предложены условия их адекватной применимости.



$$\pi(\mathbf{X}, \mathbf{p}) = \begin{pmatrix} f_x \frac{x}{\alpha d_2 + (1-\alpha)(\xi d_1 + z)} \\ f_y \frac{y}{\alpha d_2 + (1-\alpha)(\xi d_1 + z)} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_x \\ c_y \end{pmatrix},$$

$$d_1 = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad d_2 = \sqrt{\beta(x^2 + y^2)^2 + (\xi d_1 + z)^2}$$

$$\tilde{J} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left[\mathbf{m}_{ij} - \hat{\mathbf{m}}_{ij}(\mathbf{p}, \mathbf{R}_i, \mathbf{t}_i, \mathbf{M}_j) \right]^2 + \lambda \sum_{k=1}^4 \left(\sqrt{u_k^2 + v_k^2} - \Delta \right)^2$$



Лаб. № 77

Зав. лаб.

К.Т.Н.

Макаренко А.В.

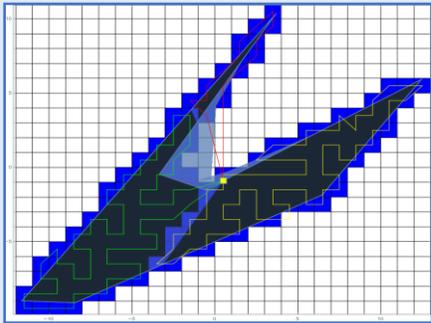
СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

Планирование маршрутов БПЛА и наземных роботов

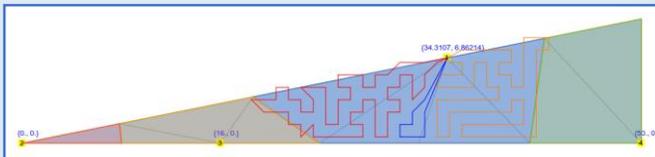
Решена задача планирования маршрута БПЛА для мониторинга площадного объекта с ограничениями на длину пути и время.

Разработана имитационная модель совместного движения БПЛА и зарядной станции в задаче мониторинга протяженного объекта линейного типа.

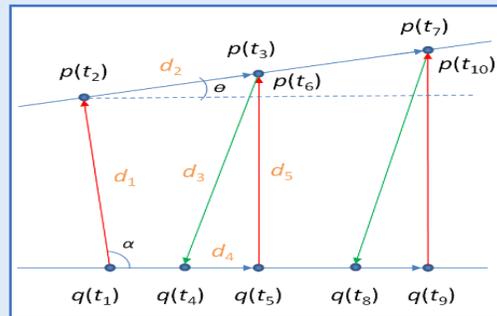
Разработана имитационная модель движения группы автономных мобильных роботов в задаче сбора урожая.



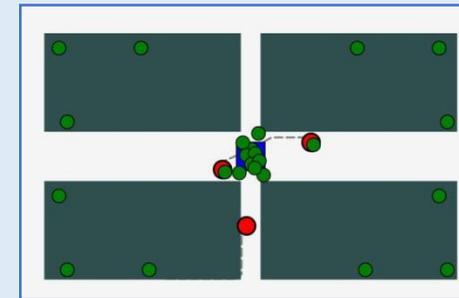
а) Разбиение участка исследуемой местности на домены и решение задачи планирования маршрута для каждого домена



б) Фрагмент моделирования перемещения агента в рамках исследования одного из нескольких доменов



Геометрическая схема определения требуемой скорости сопровождающей зарядной станции



Фрагмент моделирования перемещения агентов в задаче сбора урожая

Лаб. № 90

Зав. лаб.
Д.ф.-м.н.
Кузнецов А.В.

СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

Обработка информации в задачах экологического мониторинга

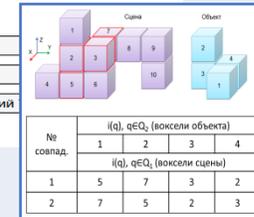
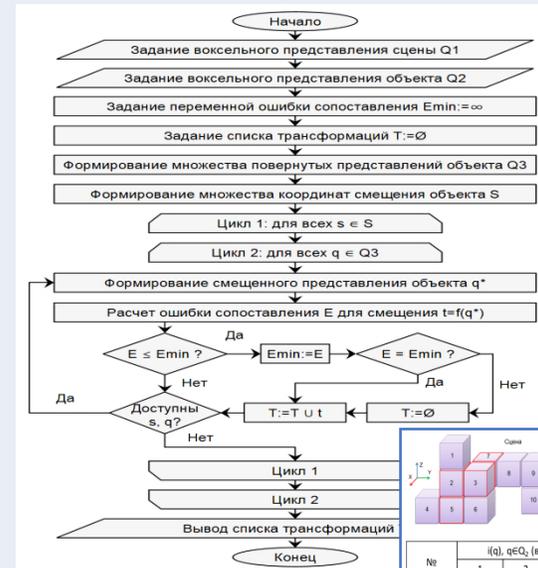
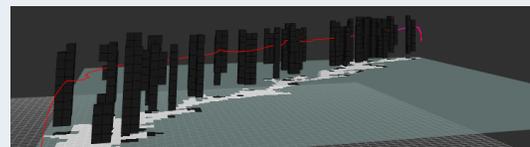
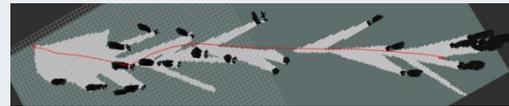
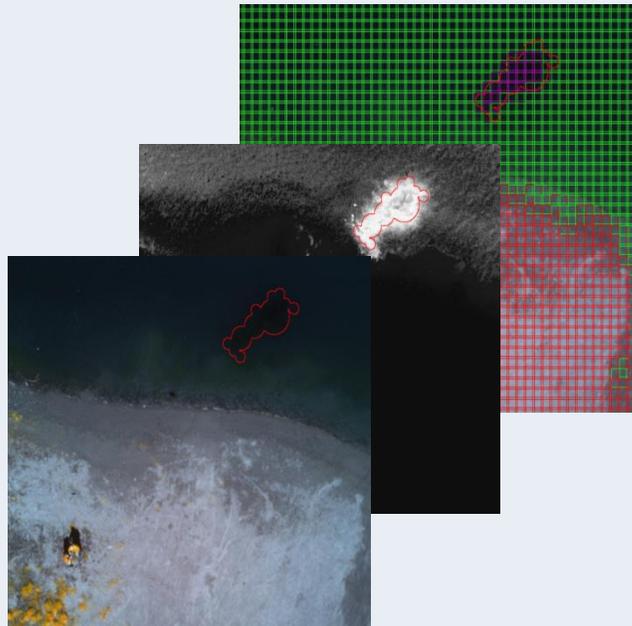
Разработан аналитический и нейросетевой алгоритмы обнаружения загрязнений на водной поверхности.

Разработана имитационная модель обработки информации и управления квадрокоптером в задаче построения воксельной модели лесной местности.

Разработан алгоритм локализации воксельного объекта в трехмерной сцене.

Лаб. № 90

Зав. лаб.
Д.ф.-м.н.
Кузнецов А.В.



Динамические сетевые модели

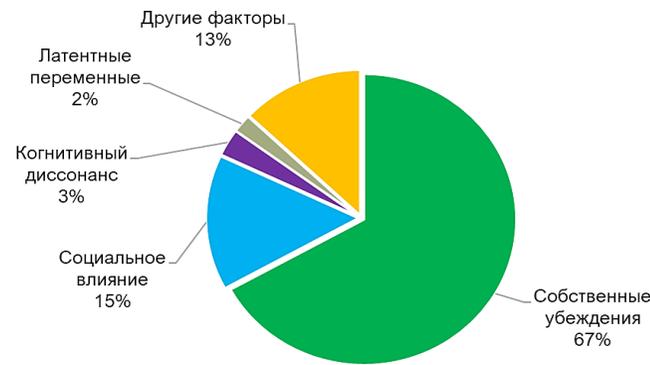
Идентифицированы и исследованы модели совместной динамики мнений в социальных сетях на основе данных сети ВКонтакте с применением методов глубокого машинного обучения. Проведена оценка влияния различных факторов на мнения и действия агентов: обобщенного социального влияния (общественного мнения), собственных мнений и действий агента, мнений и действий социального окружения, а также механизмов доверия агента к источникам информации и содержанию информации.

Исследовано распространение сигналов в асинхронных сетях линейной и циклической структуры. Найдены условия затухания сигнала. Показано, что при определенных соотношениях параметров элементов под действием внешнего сигнала в циклической сети могут возникать осцилляторы.

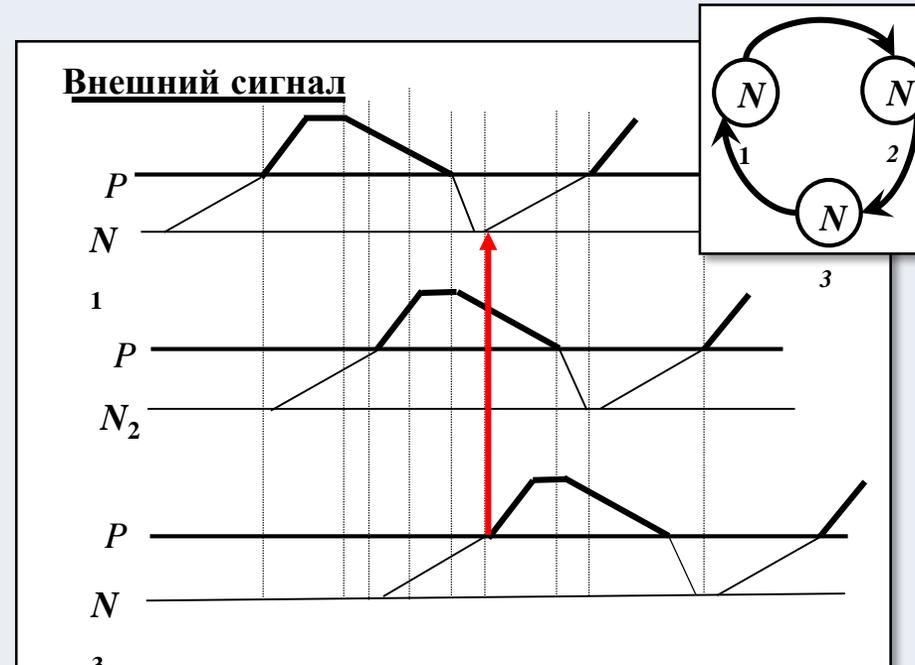
Модель совместной динамики мнений и действий в сети:

$$y_i^t = (1 - \gamma_i^t) y_i^{t-1} + \gamma_i^t y_i^*(y_{-i}^{t-1}, r_i^t), t = 1, 2, \dots \quad (1)$$

$$r_i^t = [1 - b_i B_i(r_i^{t-1}, u_i^t) - c_i C_i(r_i^{t-1}, y_i^{t-1}) - d_i D_i(r_i^{t-1}, z^{t-1}) - e_i] r_i^{t-1} + b_i B_i(r_i^{t-1}, u_i^t) u_i^t + c_i C_i(r_i^{t-1}, y_i^{t-1}) y_i^{t-1} + d_i D_i(r_i^{t-1}, z^{t-1}) \times z^{t-1} + e_i E_i(r_i^{t-1}, y_{-i}^{t-1}), t = 1, 2, \dots, i \in N, \quad (2)$$



Факторы, влияющие на динамику мнений



Лаб. № 11

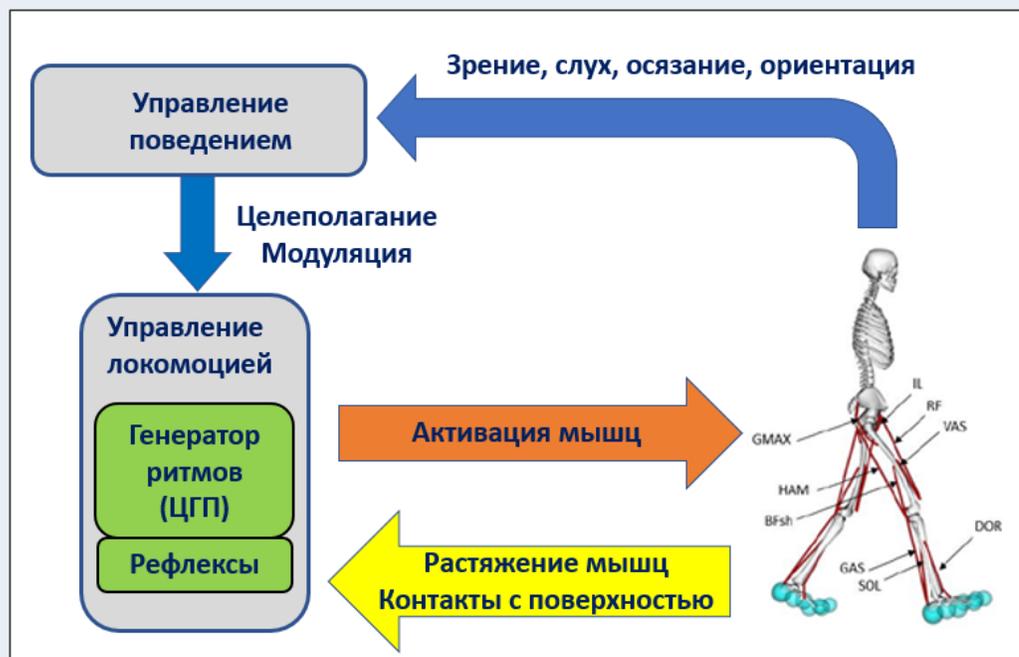
Зав. лаб.
д.ф.-м.н.
Жиликова Л.Ю.

СЕКЦИЯ 2: Управление социально-экономическими и медико-биологическими системами

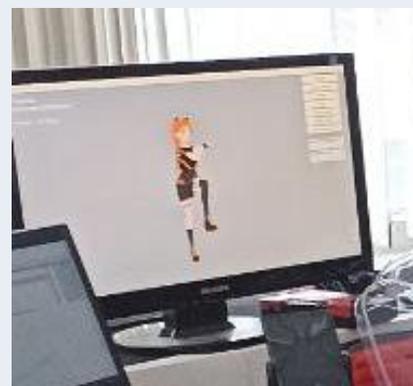
Моделирование локомоции человека

Разработана концептуальная схема системы управления локомоцией. Система состоит из центрального генератора паттернов, активирующего моторные нейроны. Планируется интеграция этой системы с имитационной скелетно-мышечной моделью человека.

Создана система сбора данных о движении на основе инерциальных датчиков. Собран экспериментальный набор данных при выполнении двух упражнений из цигун: отшаг в сторону и подъем гантели из-за спины.



Система управления локомоцией



Сбор данных



Лаб. № 11

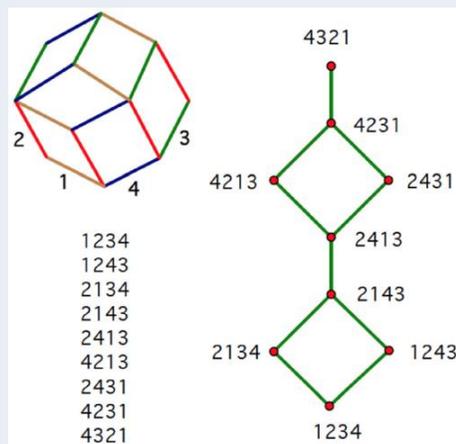
Зав. лаб.
д.ф.-м.н.
Жилякова Л.Ю.

СЕКЦИЯ 2: Управление социально-экономическими и медико-биологическими системами

Проблема оценки максимального размера домена Кондорсе, проблема неманипулируемости

Домен Кондорсе – множество предпочтений, на которых гарантируется согласованное коллективное решение методом простого большинства. Проблема нахождения домена Кондорсе максимального размера входит в список главных нерешенных задач математических общественных наук. Получена новая нижняя граница для максимального размера домена Кондорсе, а также для некоторых важных классов доменов Кондорсе. Впервые получен результат о верхней границе размера для одного из классов доменов Кондорсе.

Для шести правил коллективного выбора найдены необходимые и достаточные условия существования небезопасного манипулирования, т.е. манипулирования, при котором результат может стать хуже, если манипулируют не все участники коалиции. Показано, какие скоринговые правила являются небезопасно манипулируемыми, а для каких такая ситуация невозможна. Доказано, что, если для скорингового правила манипулирование возможно, то возможно и безопасное манипулирование.



Медианный граф для домена Фишберна F_4

Лаб. № 25

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Алескеров Ф.Т.

СЕКЦИЯ 2: Управление социально-экономическими и медико-биологическими системами

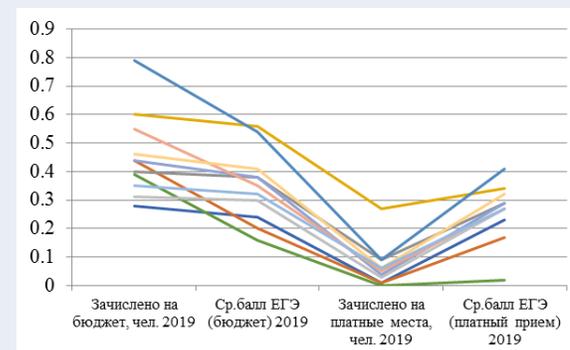
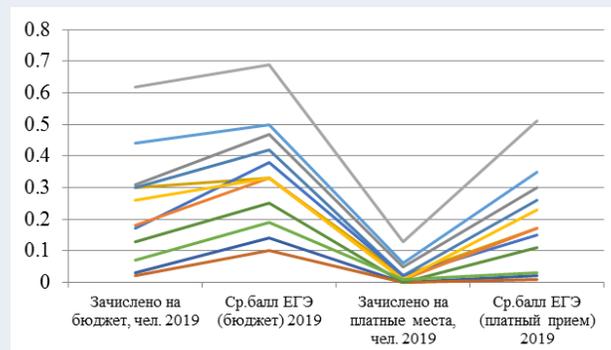
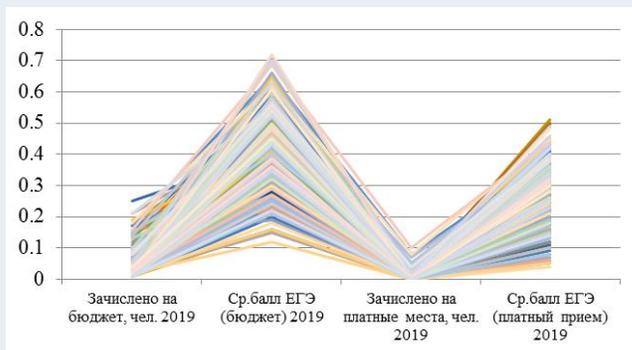
Модели выбора и принятия решений

Разработанный метод анализа паттернов, основанный на парном сравнении показателей (метод порядковой паттерн-кластеризации), применен для анализа стратегий ценообразования российских государственных вузов по техническим специализациям подготовки в контексте влияния конкурентов на рынке платного обучения по данным Мониторинга качества приема в вузы за период 2011-2019 гг. Результаты показали, что в каждой из однородных групп вузов наблюдаются вузы-лидеры, и остальные вузы из данной группы ориентируются на них при установлении стоимости обучения.

Для моделей управления запасами показано, что новый класс моделей управления запасами с возвратами эквивалентен моделям управления процессом переключения каналов в системе массового обслуживания. Для «близоруких» (т.е. оптимальных по критерию минимума одношаговых затрат) стратегий управления запасами в условиях неопределенности (т.е. при заранее неизвестной функции распределения спроса) построены адаптивные алгоритмы оптимального управления.

Лаб. № 25

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Алескеров Ф.Т.



Примеры паттернов ВУЗов

СЕКЦИЯ 2: Управление социально-экономическими и медико-биологическими системами

Выбор оптимальных вариантов развития транспортных коридоров в условиях переориентации экспортных потоков российских компаний

Предложен подход к решению задачи выбора оптимальных вариантов развития транспортных коридоров, направленных на увеличение их пропускной способности, оптимальных объемов производства продукции и поставок на рынки с учетом динамики изменения их емкости для российских компаний.

Проблема сводится к решению задачи MILP - поиска значений непрерывных и целочисленных переменных, доставляющих максимум целевой функции (1) при выполнении ограничений (2)-(6).

$$(1) \sum_t \sum_i \sum_j P_j(t) \sum_{n_i \in N_i} x_{i,j,n_i}(t) \rightarrow \max$$

$$(2) \sum_j \sum_{n_i \in N_i} x_{i,j,n_i}(t) \leq E_i(t)$$

$$(3) \sum_t x_{i,j,n_i}(t) \leq Q_{n_i}^0(t) + \sum_{k=1}^{K_{n_i}} q_{n_i,k}(t) z_{n_i,k}$$

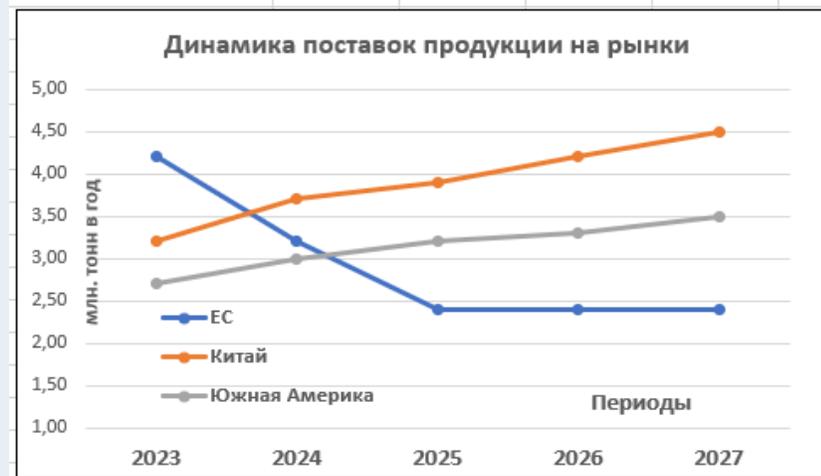
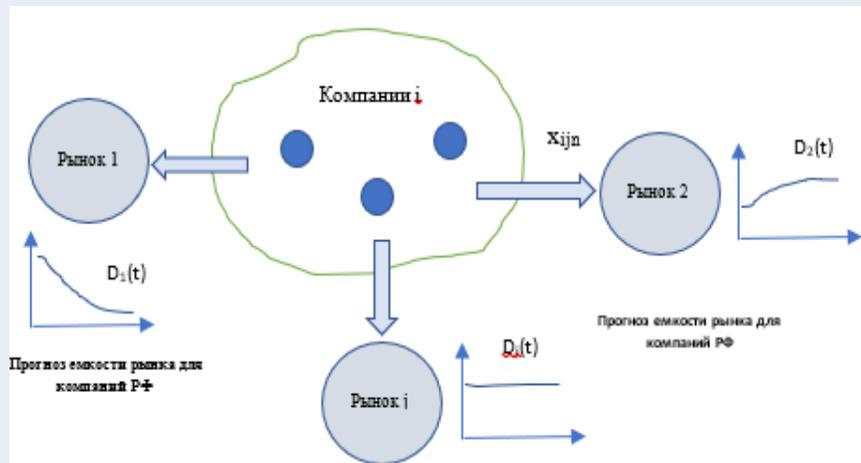
$$(4) \sum_j \sum_{n_i \in N_i} \sum_{k=1}^{K_{n_i}} r_{n_i,k}(t) z_{n_i,k} \leq R(t)$$

$$(5) \sum_j \sum_{n_i \in N_i} x_{i,j,n_i}(t) / E_{i,t} \geq g_i \quad \forall i, t$$

$$(6) \left(\sum_j ((P_j(t) - C_i(t)) \sum_{n_i \in N_i} x_{i,j,n_i}(t) - \sum_j \sum_{n_i \in N_i} C_{n_i}(t) x_{i,j,n_i}(t)) / \sum_j P_j(t) \sum_{n_i \in N_i} x_{i,j,n_i}(t) \geq n_i \right)$$

Лаб. № 33

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Дранко О.И.



СЕКЦИЯ 2: Управление социально-экономическими и медико-биологическими системами

Анализ быстрорастущих организаций России

Задача: выделение совокупности предприятий технологического ядра, являющихся перспективными точками роста и обеспечивающих ускоренное развитие РФ.

Рассмотрена линейная динамическая модель развития организации.

Установлена асимптотическая неустойчивость системы, так как есть собственные значения характеристического уравнения $\lambda_i \geq 1$.

$$E_{A_{p,c}} = \begin{pmatrix} 1+k_S \\ 1 \\ \frac{1}{2}(1+\sqrt{1+4k_D k_{NE}}) \\ \frac{1}{2}(1-\sqrt{1+4k_D k_{NE}}) \end{pmatrix}$$

В обработке 46 тыс. организаций с выручкой $S \geq 1$ млрд. руб. Из них выявлено ~1 тыс. быстрорастущих (CAGR2017-2022 $\geq 50\%$) организаций.

Проведена оценка роста быстрорастущих организаций по модели логистической кривой.

Идентификация параметров проведена по МНК ($D \rightarrow \min$).

$$F(t) = \frac{L}{1+e^{-k(t-t_0)}}$$

$$D = \sqrt{\frac{\sum_{t_N}^{t_0} \left(F_t - \frac{L}{1+e^{-k(t-t_0)}} \right)^2}{(N+1)}} \rightarrow \min_{L, k, t_0}$$

$$X(t+1) = A X(t) + B U(t),$$

$$Z(t) = C X(t) \rightarrow \max,$$

	$1+k_S$								
	1								
	$(1-k_v)(1+k_S)$	-1		$-k_D$					
	$k_I k_S$		$-k_{NE}$	1					
A=	k_I				$1-k_{Am}$				
	$-k_I - k_{St} - k_{AR} + k_{AP}$		k_{NE}		k_{Am}	1			
	$(k_{St} + k_{AR}) k_S$					1	1		
	k_{AP}								
			k_{NE}						1

C=	$1+k_S$								
	$(1-k_v)(1+k_S)$	-1		$-k_D$					

X – вектор состояния предприятия, U – управление

Лаб. № 33

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Дранко О.И.



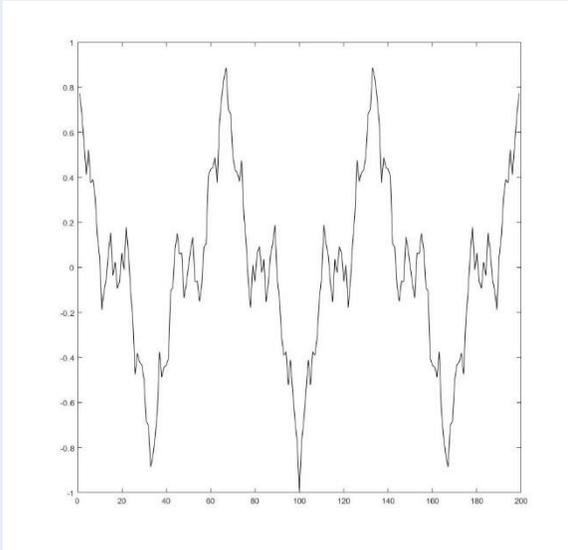
СЕКЦИЯ 2: Управление социально-экономическими и медико-биологическими системами

Эффективный алгоритм интерполяции непрерывных функций

Разработана формула интерполяции для произвольных непрерывных функций. Структура этой формулы принципиально отличается от известных формул и, в частности, интерполяционной формулы Лагранжа и ее модификаций, которые могут приводить к расходящимся интерполяционным процессам. В основе предложенной формулы лежат локальные полиномы Бернштейна и функциональные конструкции, связанные с дзета-функцией Римана.

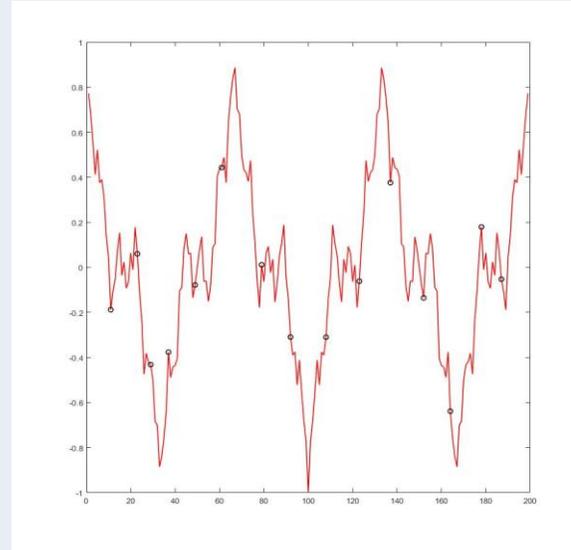
Показано, что разработанная формула решает задачу интерполяции фрактальных (всюду недифференцируемых) функций с приемлемой точностью.

Пример численной интерполяции косинус-функции Вейерштрасса

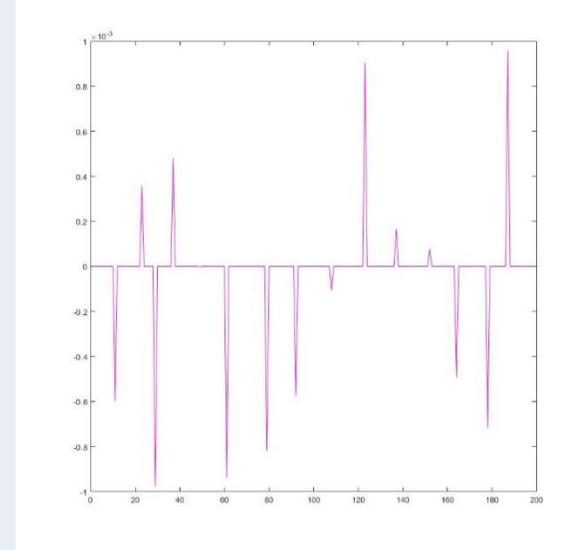


Эталонная косинус-функция
Вейерштрасса

$$C_{1/2,3}(x) = \sum_{k=1}^{\infty} \left(\frac{1}{2}\right)^k \cos(2\pi \cdot 3^k x)$$



Кривая, проходящая через 15
узлов интерполяции



Величины погрешностей в точках
интерполяции. Максимальная
относительная ошибка
интерполяции составляет 0.59 %

Лаб. № 40

Зав. лаб.
К.Т.Н.
Пащенко А.Ф.

СЕКЦИЯ 2: Управление социально-экономическими и медико-биологическими системами

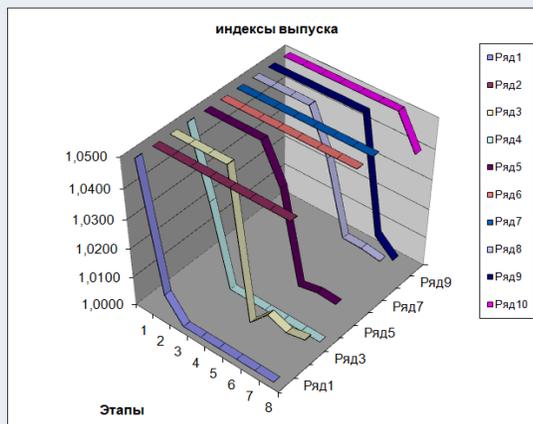
Структурное управление технологическим комплексом системы воспроизводства

Разработана оптимизационная модель реструктуризации технологической структуры производственной системы с управлением в пространстве индексов выпуска и индексов цен и критерием максимума продуктивности. Для модели реструктуризации разработаны процедуры решения задач билинейного программирования большой размерности и поэтапного синтеза управления выпуском и ценами на продукцию отраслей. Исследован эффект кластеризации отраслей на три множества в процессе реструктуризации технологического комплекса: реципиентов (с ростом выпуска), инвесторов (с ростом цен) и нейтральных (остальных).

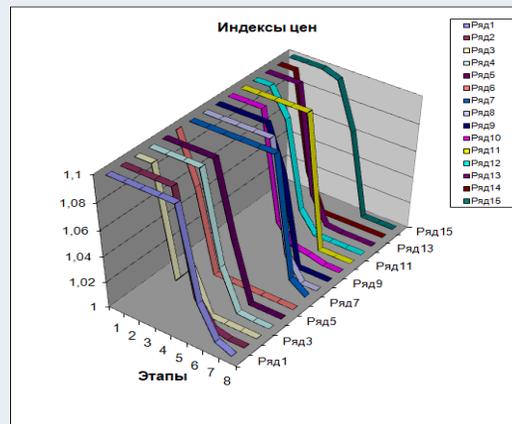
Предложена модель финансирования реструктуризации путем согласования роста выпуска для отраслей-реципиентов, инвестирования в их фондообразование, налогообложения отраслей-инвесторов. На основе данных Росстата с применением разработанных процедур получен индикативный план реструктуризации технологического комплекса национальной экономики, дающий продуктивность от 98 до 115 %.

Лаб. № 40

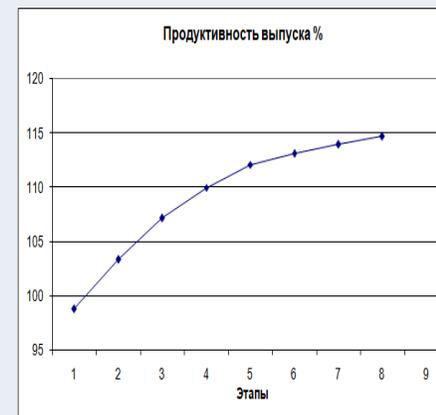
Зав. лаб.
К.Т.Н.
Пащенко А.Ф.



Индикативный план выпуска 10 отраслей-реципиентов



Индикативный план акцизов для 15 отраслей-инвесторов



Рост продуктивности по этапам индикативного плана

СЕКЦИЯ 2: Управление социально-экономическими и медико-биологическими системами

Системы принятия решения на основе нечеткой логики

1. Разработан прототип системы-подсказчика, определяющей уровень опасности в гражданской авиации, состоящий из двух модулей. Первый модуль оценивает потенциальный уровень опасности воздушного судна в зависимости от его типа, года выпуска, количества авиапроисшествий за год. Второй модуль оценивает факторы опасности: технические неполадки, ошибки пилотов, сторонние причины
2. Разработан программный комплекс для идентификации передаточной функции объекта управления по переходной характеристике методом площадей Симою.
3. Разработан программный комплекс, предназначенный для получения температурных уставок процесса инкубации на основе нечеткой логики.

Разработанные программные комплексы прошли государственную регистрацию в качестве программ для ЭВМ.

Predict temperature of incubation

Уставки Функции принадлежности Экспертная оценка

Просчитать температуру

День инкубации

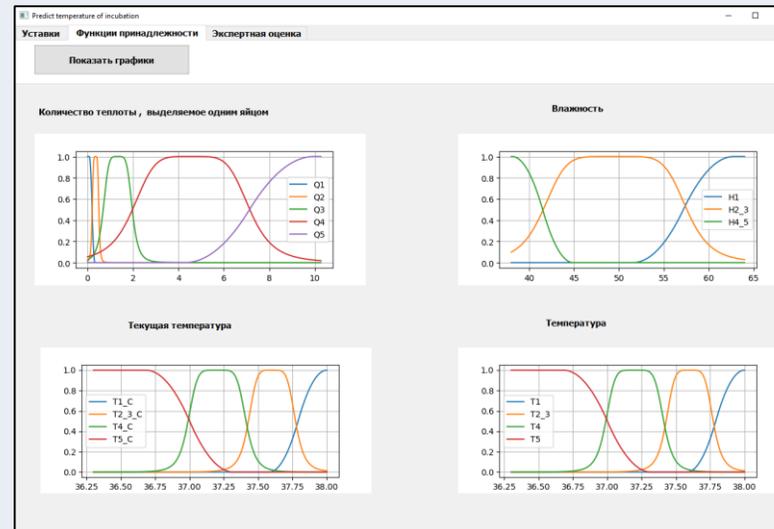
Время инкубации

Влажность

Результат

Рассчитать

Температура в объекте **37.8**



Достигнуто соглашение об опытном внедрении программного комплекса «Предиктивное управление тепловым процессом инкубации на основе нечеткой логики при неполной информации технологических уставок» в технологический процесс инкубатора «Донской» мощностью 240 млн яиц в год в Липецкой области

Лаб. № 40

Зав. лаб.

К.Т.Н.

Пащенко А.Ф.

СЕКЦИЯ 2: Управление социально-экономическими и медико-биологическими системами

Метод построения теорем существования равновесий в безопасных стратегиях

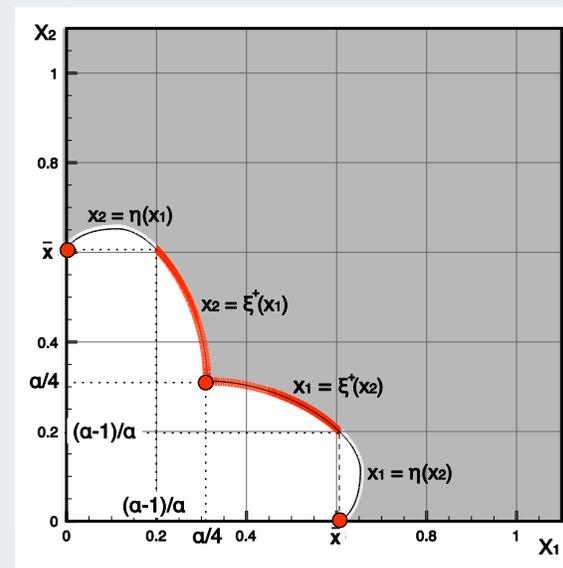
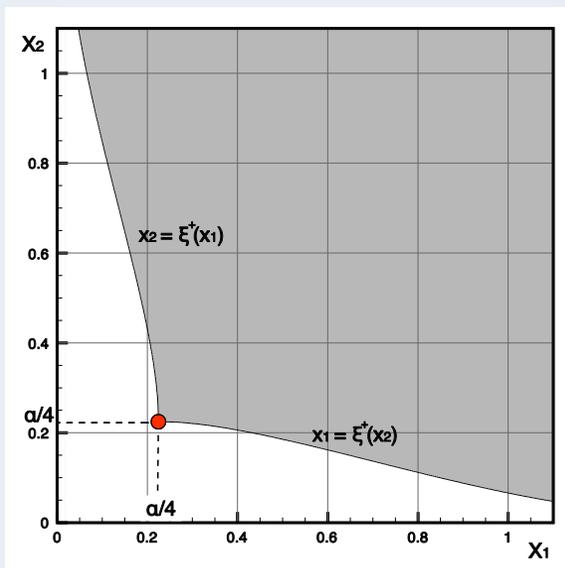
Получен вывод определения равновесия в безопасных стратегиях (РБС) как развитие концепции теоретико-игрового равновесия по Нэшу (РН).

Разработан метод конструирования теорем существования РБС из существующих теорем существования РН. Данный метод опробован на трех исходных теоремах: Дебре (1952), Рени (1999), Бика (2009).

Полученные теоремы существования РБС опробованы на хрестоматийных задачах Хотеллинга, Таллока-Скапердаса, Бертрана-Эджворта.

Лаб. № 57

Зав. лаб.
д.ф.-м.н.
Чхартишвили А.Г.



Решения задачи Таллока-Скапердаса для различных значений параметров

СЕКЦИЯ 2: Управление социально-экономическими и медико-биологическими системами

Комплекс моделей управления транспортной инфраструктурой

Разработан и внедрен комплекс моделей:

- стратегического управления инфраструктурой транспортной отрасли;
- отбора и экспертизы проектов развития транспортной инфраструктуры;
- управления развитием транспортной инфраструктуры Сибири, Дальнего Востока и российской Арктики

Лаб. № 57

Зав. лаб.
д.ф.-м.н.
Чхартишвили А.Г.



Развитие транспортной инфраструктуры Сибири, Дальнего Востока и российской Арктики

СЕКЦИЯ 2: Управление социально-экономическими и медико-биологическими системами

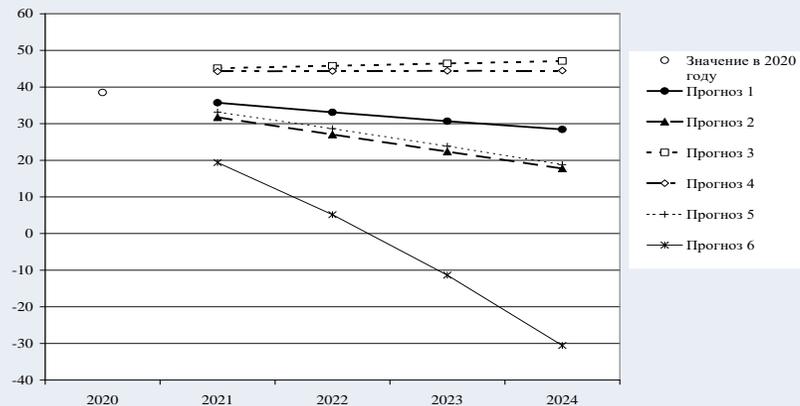
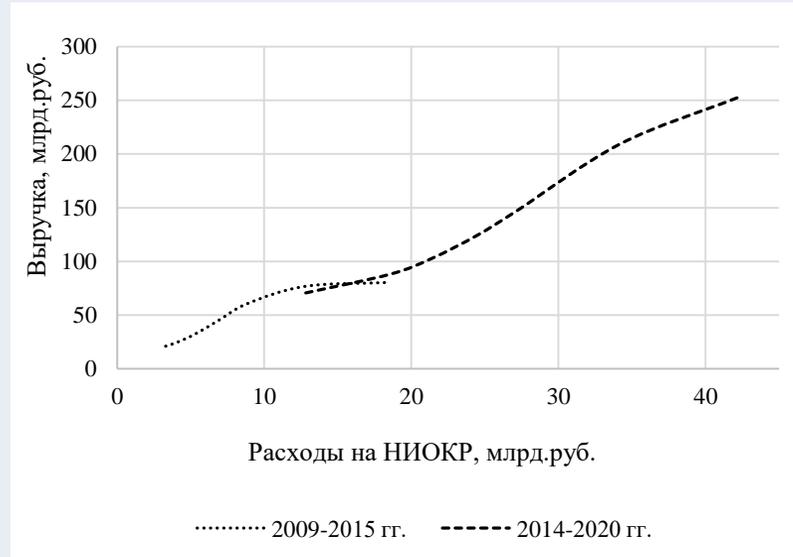
Трендовый аппроксимационный метод оценки текущей и интегральной эффективности затрат на НИОКР

Разработан и обоснован аппроксимационный метод оценки текущей (дифференциальной) и среднесрочной (интегральной) эффективности затрат высокотехнологичных компаний на НИОКР и инновации, основанный на регрессионной оценке логистических трендов, выражающих зависимость валовой выручки компании от затрат на НИОКР.

Метод апробирован на данных компании Яндекс путем калибровки двух среднесрочных логистических трендов. Максимальная текущая эффективность инвестиций в НИОКР составила 7,5 и 8,2 по данным 2009-2015 и 2014-2020 годов, максимальная среднесрочная эффективность – соответственно 6,9 и 6,2.

Методы прогнозирования численности занятых и потребности в кадрах для сельского хозяйства

На основе построения лаговых и безлаговых факторных регрессионных моделей разработана методика прогнозирования потребностей в кадрах для сельского хозяйства и рассчитаны прогнозы численности занятых на примере регионов Приволжского Федерального округа. Факторами, на основе которых строится прогноз, выступают удельный вес сельского населения, объемы посевных площадей, поголовье крупного рогатого скота, ВРП на душу населения, среднемесячная зарплата в расчете на одного занятого.



Прогнозы численности занятых по виду экономической деятельности: сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство в Ульяновской области в 2021-2024 гг., тыс. человек

Лаб. № 67

Зав. лаб.
Д.Э.Н.
Нижегородцев Р.М.

СЕКЦИЯ 2: Управление социально-экономическими и медико-биологическими системами

Разработка алгоритмов управления здоровьем человека с учетом медицинских и экологических факторов

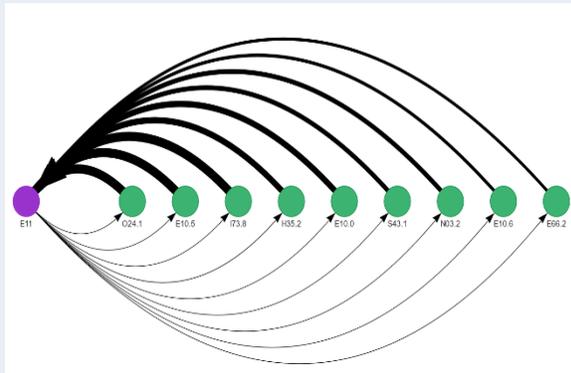
Разработана модель «мультиморбидности (наличие нескольких заболеваний у одного человека), ориентированной на заболевание» и созданы практические инструменты для определения направленной неслучайной вероятностной связи (Conviction) между заболеваниями, формирующими паттерн мультиморбидности (т.е. группу заболеваний, связанных причинно-следственной связью и, возможно, патогенетическими механизмами).

«Ориентированность на заболевание» позволяет формировать паттерн заболеваний вокруг одного из них, что в принципиально отличает представленную модель от других попыток описать мультиморбидность и использовать имеющие практические решения (маршрутизация пациентов, инфраструктура, подготовленные специалисты и т.п.) для решения проблемы мультиморбидности как одной из наиболее актуальных проблем современного здравоохранения.

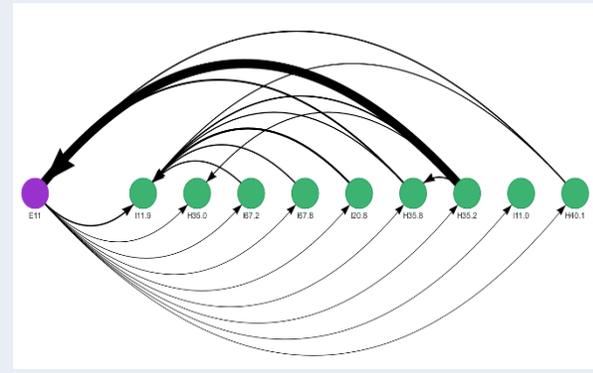
Модель «мультиморбидности, ориентированной на заболевание» открывает новые перспективы для рационального использования ресурсов здравоохранения, например обоснования и наиболее эффективного использования высокотратной генно-инженерной терапии, что повышает эффективность здравоохранения в целом.

Лаб. № 81

Зав. лаб.
Д.М.Н.
Мешков Д.О.



Вероятности выявления диабета 2 типа при наличии наиболее значимых предшествующих заболеваний



Вероятности выявления наиболее актуальных сопутствующих заболеваний при наличии диабета 2 типа

СЕКЦИЯ 3: Технические и программные средства управления, контроля и измерения

Методы и технические средства систем измерения и управления

С целью совершенствования средств информационного обмена между пневматическими и электронными устройствами разработана методика исследования амплитудно-частотных характеристик мембранных и пьезоэлектрических чувствительных элементов при помощи микроструйных генераторов (рис. 1).

Для повышения безопасности полетов вертолетов проведены исследования возможности изменения траектории и теплового следа выхлопных газов (рис. 2); в результате исследований предложены технические решения по улучшению скрытности и управляемости вертолета.

В рамках работ по развитию теории магнитной стрейнтроники получены расчетные зависимости относительного магнитосопротивления от напряженности магнитного поля анизотропного магниторезистивного чувствительного элемента с гибридной наноструктурой (рис. 3).

С целью развития принципов построения радиоволновых датчиков объема жидкостей и углового положения резервуаров получены аналитические соотношения, описывающие выходные характеристики датчиков по объему (V) и углам крена (α) и дифферента (β) (рис. 4).

Лаб. № 2

зав. лаб.
Д.Т.Н.

Балабанов А. В.

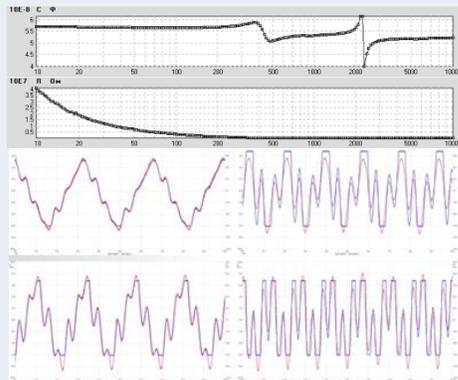


Рис. 1. Графики для анализа характеристик мембран и пьезоэлементов

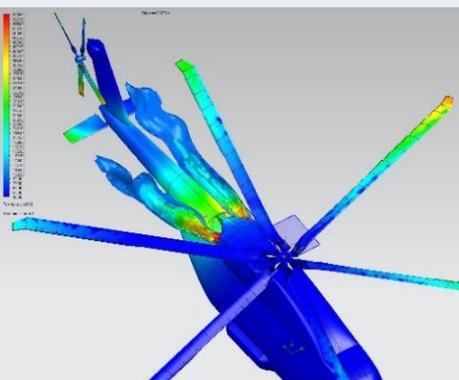


Рис. 2. Исходная эпюра температур теплового следа двигателя

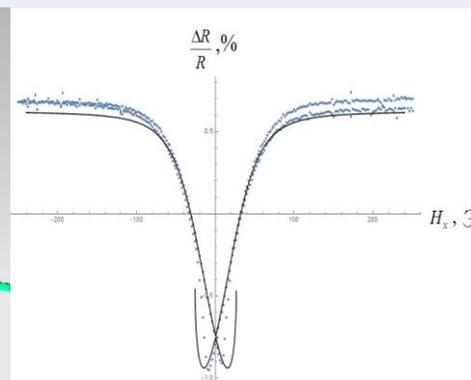


Рис. 3. Графики зависимости относительного магнитосопротивления от напряженности магнитного поля

$$V = LR^2 \arccos((R - h_0)/R) - (R - h_0) \sqrt{2Rh_0 - h_0^2}$$
$$\alpha = \arccos\left(\frac{2x}{\sqrt{(z_2 - z_3)^2 + 4x^2}}\right)$$
$$\beta = \arccos\left(\frac{4y}{\sqrt{(z_2 + z_3)^2 + 16y^2 + 4z_1(z_1 - z_2 - z_3)}}\right)$$

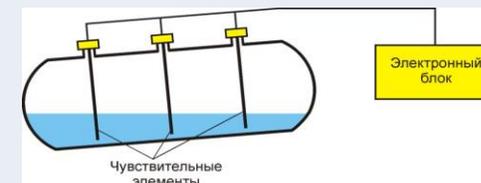


Рис. 4. Схема установки датчиков с соответствующими расчетными формулами

СЕКЦИЯ 3: Технические и программные средства управления, контроля и измерения

Методы и технические средства систем измерения и управления

В области струйной техники разработаны микроструйный датчик импульсного расхода газа (рис. 1) и трехкаскадный мультивибратор с частотными характеристиками линейно пропорциональными скорости потока (рис. 2).

В области магниторезистивных наноструктур проведено исследование работоспособности анизотропного магниторезистивного чувствительного элемента в виде прямоугольной пластины, состоящей из напыленных на окисленную Si-подложку магниторезистивного (FeNiCo) и магнитострикционного (CoFe) нанослоев гибридной наноструктуры Ta (5 нм) / FeNiCo (20 нм) / CoFe (10 нм) / Ta (5 нм) (рис. 3).

В области радиоволновых датчиков разработан и программно реализован алгоритм автономного управления мобильного робота с дифференциальным приводом с измерением перемещений при помощи микроволновых доплеровских датчиков (рис. 4).

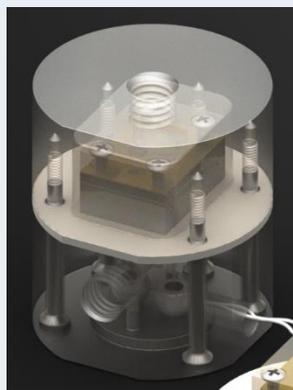


Рис. 1. Микроструйный датчик импульсного расхода

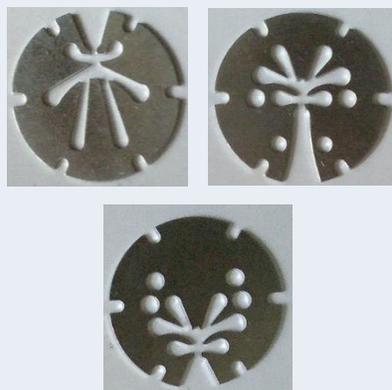


Рис. 2. Элементы струйного мультивибратора

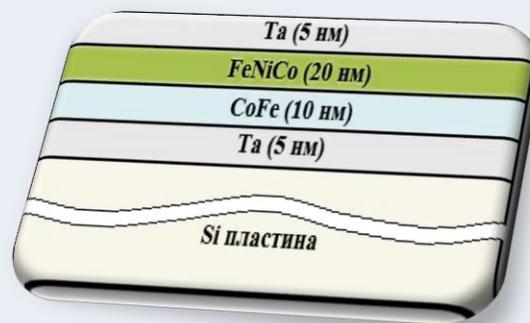


Рис. 3. Наноструктура исследуемого магниторезистивного элемента

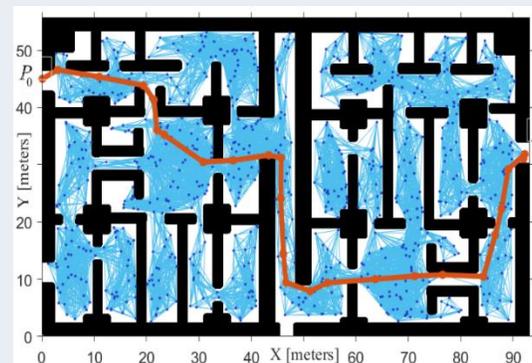


Рис. 4. Моделирование алгоритма управления электрокаром

Лаб. № 2

зав. лаб.

Д.Т.Н.

Балабанов А. В.

СЕКЦИЯ 3: Технические и программные средства управления, контроля и измерения

Исследование гетерогенных систем массового обслуживания и управления

Построены новые математические модели гетерогенных систем массового обслуживания сложных многокомпонентных входящих потоков с пакетным обслуживанием. Разработаны модификации методов динамического просеивания и асимптотического анализа в условии увеличения интенсивности входящего рекуррентного потока для исследования общего числа занятых приборов системы. Доказано, что исследуемый двумерный случайный процесс имеет гауссовское распределение вероятностей.

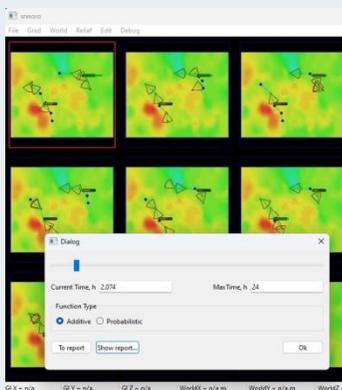
Исследован и применён на практике метод моделирования случайной величины с помощью интенсивности. Получен алгоритм автоматического выбора шага моделирования.

Разработка среды для быстрого проектирования временных сетей связи с учетом рельефа местности и траекторий движения

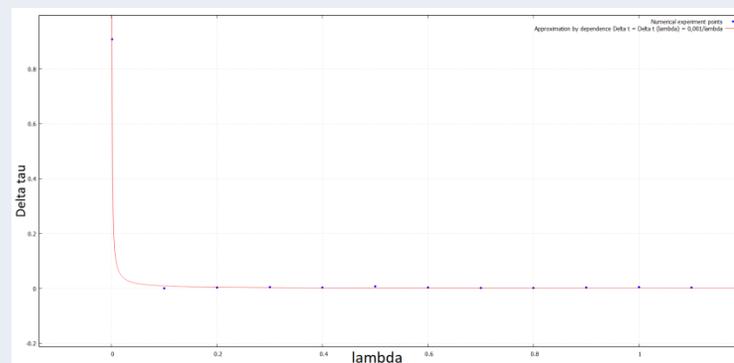
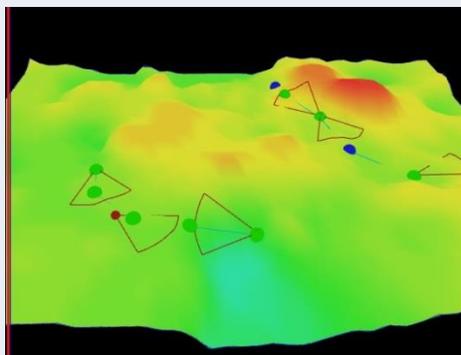
В среде для быстрого проектирования временных сетей связи с учетом рельефа местности и траекторий движения модифицированы алгоритмы расчета уровня сигнала для направленных антенн для двух вариантов целевой функции. Реализована возможность сохранения всех настроек среды проектирования, маршрутов, оборудования для дальнейшей организации базы данных.

Лаб. № 17

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Фархадов М.П.



Размещение направленных антенн в перспективном представлении и анализ уровня сигнала абонентов с учетом скорости движения

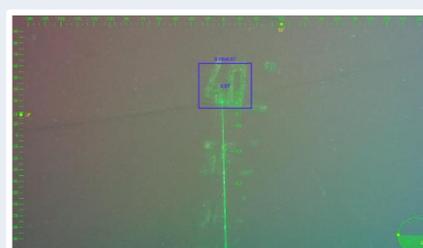
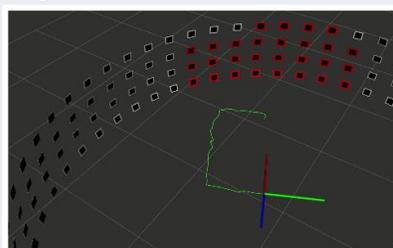


Зависимость оптимального шага моделирования от значения интенсивности

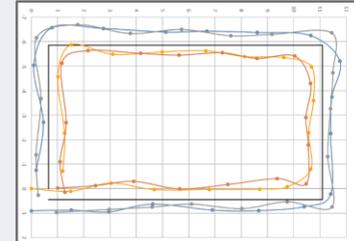
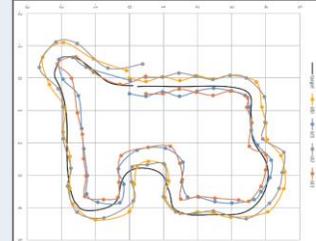
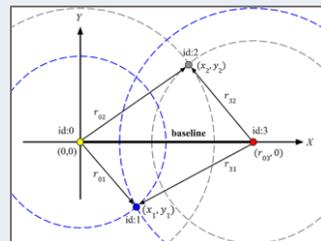
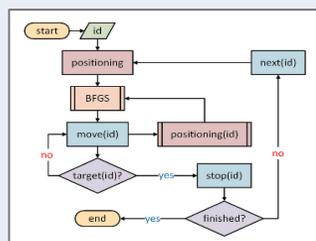
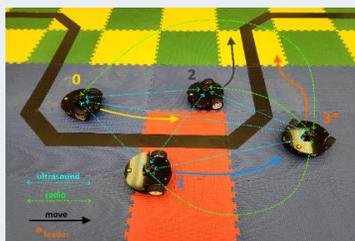
СЕКЦИЯ 3: Технические и программные средства управления, контроля и измерения

Модели, алгоритмы и технические средства управления РТК и сетями

Реализован режим автоматического удержания ориентации и позиции ТНПА на основе слежения за объектом по видеокамере с возможностью применения лазерной подсветки.

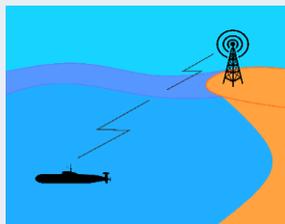


Предложен метод локального позиционирования группы мобильных роботов, оснащенных ультразвуковыми маяками, на основе мультилатерации и численной оптимизации.

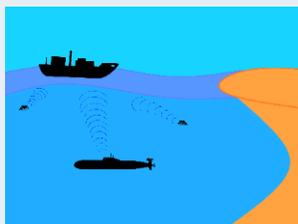


Разработка гидроакустической системы связи с подводными подвижными объектами

Исследованы базовый метод передачи информации в водной среде посредством радиоканала в КНЧ, СНЧ и ИНЧ частотных диапазонах; способ оптической передачи в синем диапазоне световой волны (400-500нм) и гидроакустический метод передачи. Целью исследования был сравнительный анализ существующих методов подводной передачи для выявления наиболее подходящего для задач проекта.



Радиоканал связи



Оптический канал связи



Гидроакустический канал связи

Преимущество гидроакустической связи – малое затухание сигнала, позволяющее передавать информацию под водой на значительные дистанции. В ходе исследования были установлены взаимосвязи между параметрами водной среды и характеристиками гидроакустического канала.

Лаб. № 17

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Фархадов М.П.

СЕКЦИЯ 3: Технические и программные средства управления, контроля и измерения

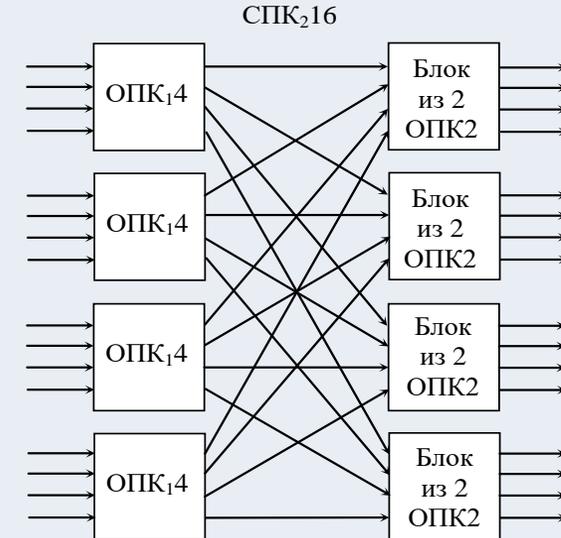
Неблокируемый самомаршрутизируемый распределенный коммутатор с прямыми каналами как системная сеть для кластеров и суперкомпьютеров

Получены новые решения классической коммутационной задачи построения неблокируемой самомаршрутизируемой сети с прямыми каналами.

Построена неблокируемая сеть максимального быстродействия и большой сложности. Показано, что неблокируемость любой сети в широком смысле достигается посредством введения встречных зеркальных цепей обратной связи.

Построены неблокируемые в широком смысле сети, имеющие меньшую сложность.

Показано преимущество сетей промежуточной и малой сложности только в сетях с большим числом абонентов.



Двухкаскадный составной 16-канальный пакетный коммутатор (ПК)

Лаб. № 27

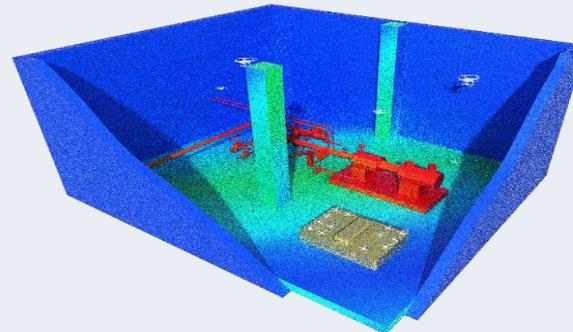
Зав. лаб.

Д.Т.Н.

Каравай М.Ф.

Подход к решению проблемы обследования объектов атомной энергетики с применением беспилотных летательных аппаратов

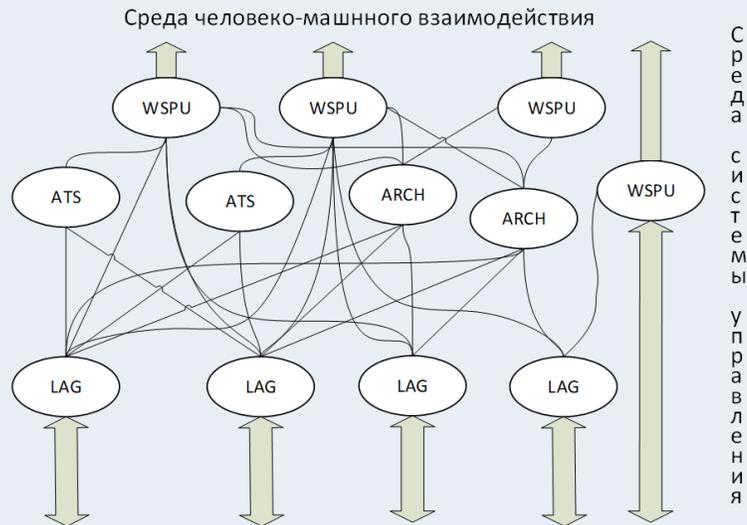
Разработаны модели и методы, позволяющие осуществлять комплексное обследование предприятий и объектов атомной энергетики, остановленных для вывода из эксплуатации. Группа малоразмерных летательных аппаратов применяется с целью автоматического сбора пространственных и радиационных данных в агрессивной среде.



Геометрия и характеристики помещения и его элементов

СЕКЦИЯ 3: Технические и программные средства управления, контроля и измерения

Теоретическое обоснование и экспериментальное подтверждение нового типа узловых компонентов программно-технических комплексов



Внешняя среда (низовая автоматика)

WSPU - workstation-server processing unit
ARCH - autonomous archive processing unit
ATS - applied task server processing unit
LAG - low-level automation gateway processing unit

Введено, теоретически обосновано и экспериментально проанализировано новое понятие «Вейрон».

Вейроны – однотипные конструкционные узловые компоненты для программно-технических комплексов.

Ключевое преимущество вейронов для АСУ: вейроны позволяют создавать сложные программно-технические комплексы из одинаковых вычислительных элементов: шлюзы, рабочие станции, серверы архиваторы, сетевые экраны и др.

Экспериментально подтверждено: специализацию вейронов в рамках АСУ можно реализовать, в частности, за счет установки соответствующих программных компонент программной платформы ОПЕРАТОР (ИПУ РАН).

Системы на основе вейронов обладают сходством с конструкцией нервной системы живых организмов.

Лаб. № 31

зав. лаб.
Д.Т.Н.
Полетыкин А.Г.

СЕКЦИЯ 3: Технические и программные средства управления, контроля и измерения

Новые методы и алгоритмы исследования моделей теории очередей для оценки производительности телекоммуникационных систем

Разработан комплекс моделей систем адаптивного стохастического поллинга для исследования характеристик и выбора оптимальной архитектуры широкополосных беспроводных сетей с централизованным механизмом управления.

Разработаны методы и алгоритмы проектирования компьютерных сетей на базе привязной высотной беспилотной платформы, обеспечивающих повышение области телекоммуникационного покрытия и надежности беспроводной связи.

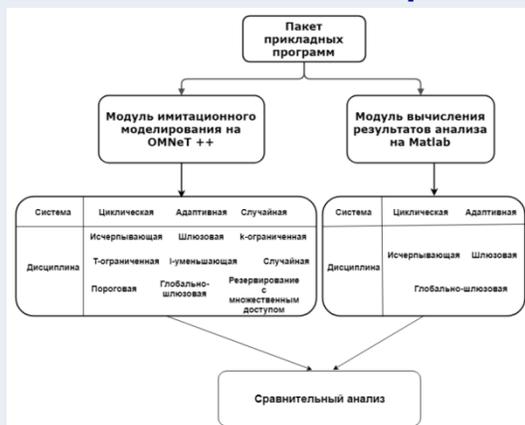
Проведено исследование нестационарного режима многофазных систем массового обслуживания (СМО) для оценки производительности полностью оптических сетей и стационарного режима систем с параллельным обслуживанием задач (fork-join систем) различной архитектуры.

Разработана методология оценки надежности привязных высотных беспилотных платформ с использованием аппарата полумарковских процессов и методов машинного обучения.

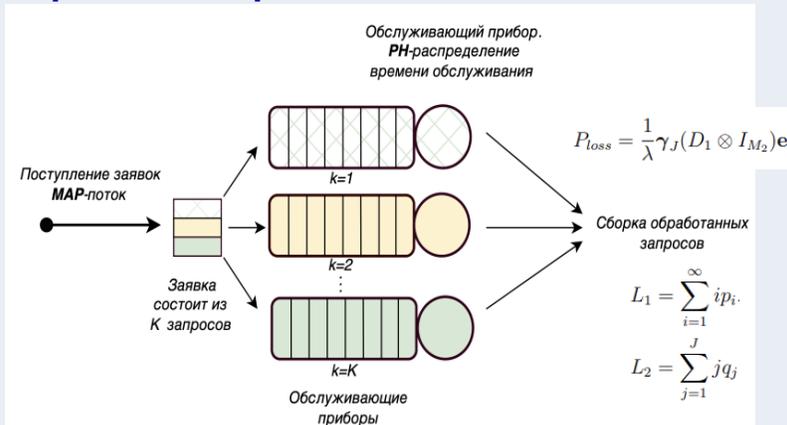
Лаб. № 69

Зав. лаб.
Д.Т.Н.

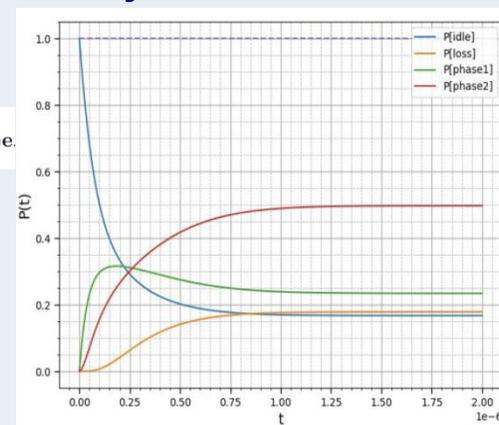
Вишневский В.М.



Программный комплекс для оценки производительности сетей IEEE 802.11 с централизованным управлением



Модель fork-join системы общего вида



Вероятности состояний двухфазной СМО

СЕКЦИЯ 3: Технические и программные средства управления, контроля и измерения

Технические средства повышения надежности привязной высотной беспилотной платформы

Система управления натяжением кабель-троса привязной высотной беспилотной платформы (*патент на изобретение №2792311 от 21.03.2023г*).

Архитектура посадочной платформы для взлета, посадки и крепления беспилотного высотного модуля (*патент на изобретение №2801371 от 08.08.2023*).

Резервная система посадки БПЛА при прекращении подачи электроэнергии от наземного источника (*патент на изобретение №2793830 от 06.04.2023*).

Система локальной навигации для повышения надежности функционирования привязной беспилотной платформы при ослаблении или глушении сигналов спутниковой навигации (*патент на изобретение №2791943 от 14.03.2023*).



Лебедка привязной беспилотной платформы с системой управления при взлете, посадке и функционировании



Патенты на разработанные технические средства

Лаб. № 69

Зав. лаб.

Д.Т.Н.

Вишневский В.М.

СЕКЦИЯ 4: Управление производственными процессами в промышленности и энергетике

Методы компьютерной геометрии в задачах автоматизации проектирования, управления и моделирования многоагентных систем

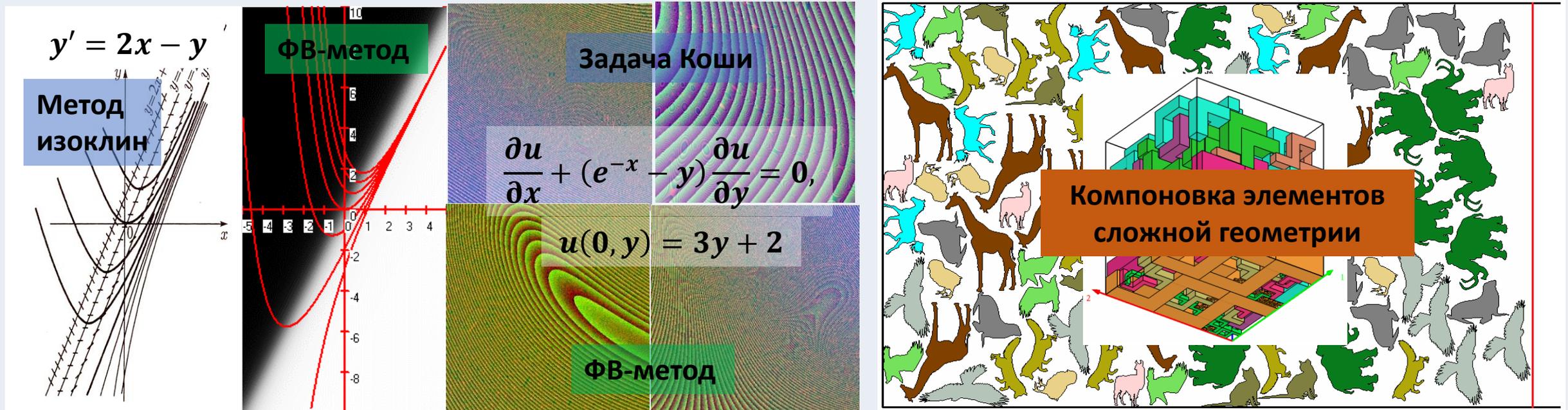
Разработан алгоритм решения простых дифференциальных уравнений на основе развития графического метода построения изоклин на компьютерной основе средствами функционально-воксельного моделирования

Разработан алгоритм решения задачи Коши для простого дифференциального уравнения, задаваемого на двумерной области с применением принципов интегрирования функционально-воксельным методом.

Разработан алгоритм жадной эвристики, обеспечивающий быстрое формирование компоновок высокого качества при решении задач оптимизированной расстановки плоских и объёмных объектов сложной геометрии.

Лаб. № 18

Зав. лаб.
д.т.н.
Толок А.В.



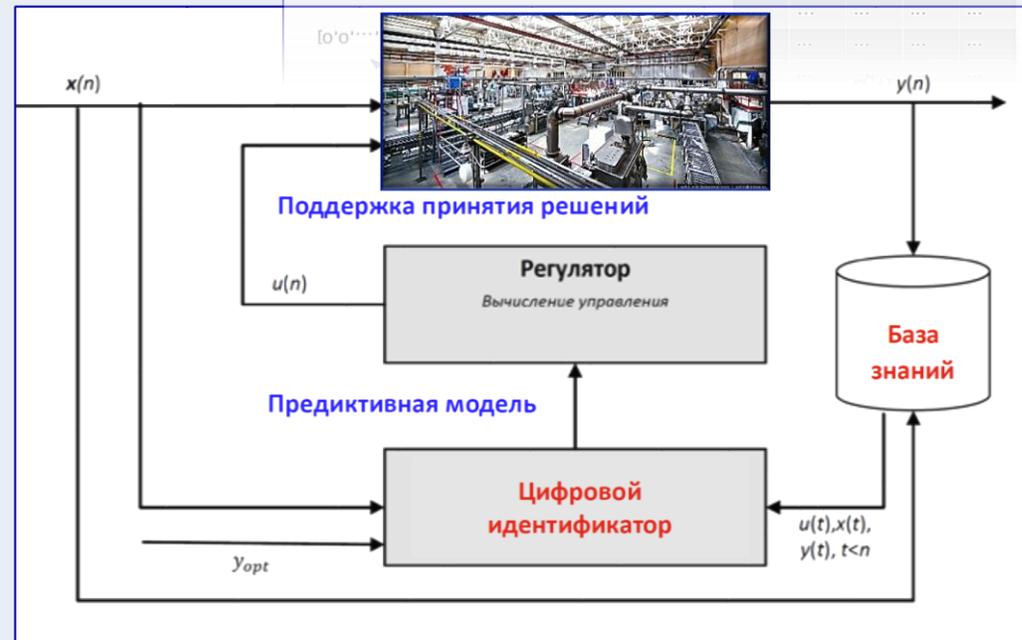
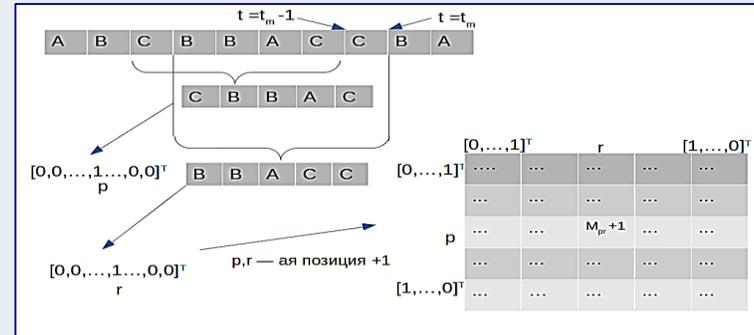
Синтез оптимальной стратегии управления технологическими процессами на основе цифровых предиктивных моделей

Разработаны:

1. Методы сценарного прогнозирования динамики технологических процессов непрерывного и полунепрерывного производства на основе цифровых моделей реального времени.

2. Методология управления технологическими процессами на основе цифровых предиктивных моделей – альтернатива традиционному подходу управления с прогнозирующими моделями в промышленности.

3. Алгоритмы формирования в реальном времени сценариев оптимального и квази-оптимального управления для систем поддержки принятия решений при управлении технологическими процессами с учетом производственных ситуаций.



Лаб. № 41

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Бахтадзе Н.Н.

СЕКЦИЯ 4: Управление производственными процессами в промышленности и энергетике

Комплекс цифрового моделирования для управления процессом технологической подготовки гибких производств

Разработан комплекс цифрового моделирования для управления процессом технологической подготовки гибких производств, который осуществляет:

- анализ эффективности автоматизации технологических операций при производстве изделия,
- подготовку к выпуску нового изделия на базе автоматов данного дискретного производства,
- подготовку к выбору новых автоматов в случае расширения парка оборудования предприятия или создания новой производственной линии,
- формирование технического задания на модернизацию оборудования.

Оценивание минимальной средней стоимости изготовления узла: << Фрезеровать торцы, центровать >>

Технологические операции	ФС-300	ФС-400	Человек	Минимальная средняя стоимость	Вероятность	Оптимальная матрица автоматов
Выбор программы фрезерного станка	0	0	2,00200197620122	2,00200197620122	0,9990000128	Человек
Выгрузить узел из фрезерного станка	0	0	5,00500494050305	5,00500494050305	0,9990000128	Человек
Загрузка фрезерного станка	0	0	15,0150148215091	15,0150148215091	0,9990000128	Человек
Фрезеровать торцы, центровать	1,8339476026	1,737848937	0	1,73784893767467	0,9990000128	ФС-400

Итоговые показатели

Минимальная средняя стоимость изготовления узла: 23,75987067! минут

Вероятность качественного изготовления узла 0,996006071!

Сохранить в EXCEL Выход

Лаб. № 41

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Бахтадзе Н.Н.

СЕКЦИЯ 4: Управление производственными процессами в промышленности и энергетике

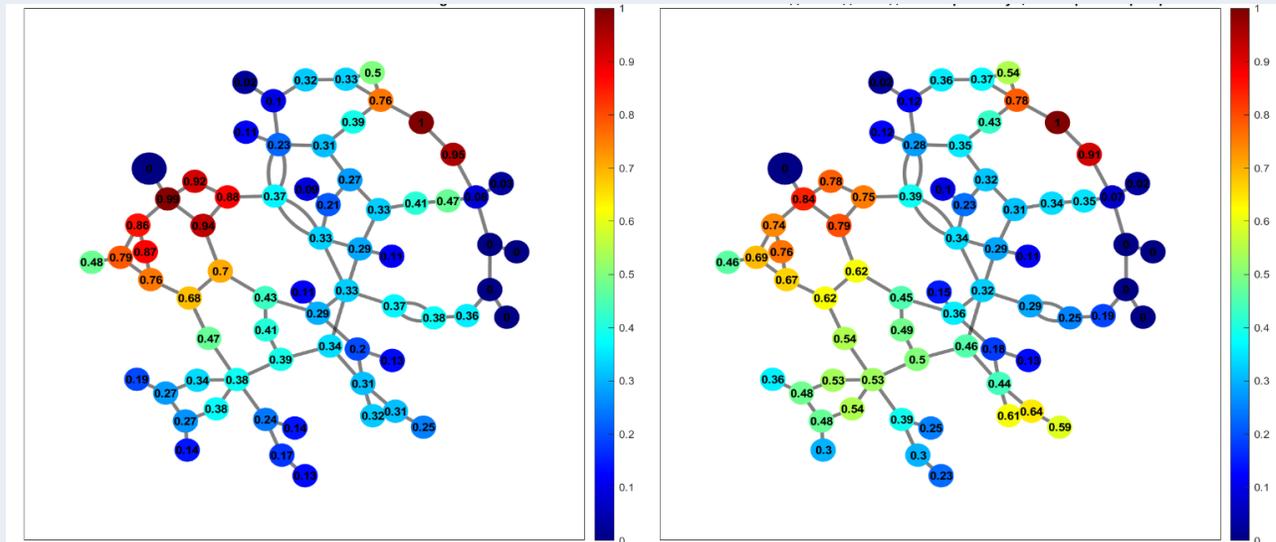
Спектральные методы анализа динамических систем и их применение для электроэнергетических систем (ЭЭС)

Для непрерывных устойчивых динамических систем, заданных в канонических формах, получены спектральные разложения грамианов управляемости и наблюдаемости в форме псевдоганкелевых матриц Сяо. Для данного класса систем получены спектральные и сингулярные разложения обратных грамианов.

Для широкого класса неустойчивых линейных и билинейных систем получены спектральные разложения грамианов управляемости и наблюдаемости, а также энергетических метрик управляемости и достижимости.

Сформулирован метод оценки профиля возмущений напряжения в сети ЭЭС, вызванных вынужденными колебаниями на резонансных частотах на основе модального анализа по Ляпунову.

Профиль возмущений напряжения в сети, полученный при моделировании (справа) и на основе предложенных функций Ляпунова (слева)



Лаб. № 82

Зав. лаб.
к.ф.-м.н.
Искаков А.Б.

СЕКЦИЯ 4: Управление производственными процессами в промышленности и энергетике

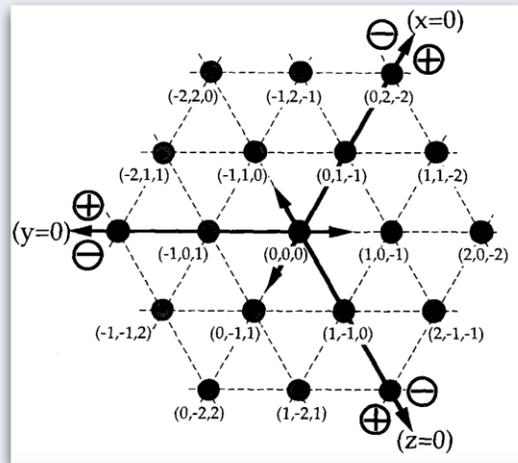
Схема размещения скважин на газовых месторождениях с использованием треугольной сетки

Предложена модель декомпозиции задачи оптимального размещения скважин на газовых месторождениях, которая позволяет сочетать разные методы размещения на грубой сетке и на более мелкой сетке. Эта модель позволяет объединить эвристические правила рациональной разработки газовых месторождений, опыт специалистов и возможности математических инструментов для поддержки принятия проектных решений.

Метод использует треугольную сетку, которая позволяет повысить вычислительную эффективность алгоритмов, лучше аппроксимировать призабойную зону скважин и сделать первый шаг к построению адаптивных сеток. Методика формирования рациональной схемы размещения скважин применена для Вынгапуровского месторождения с 55 скважинами.

Лаб. № 82

Зав. лаб.
к.ф.-м.н.
Искаков А.Б.



Треугольная система координат



Схема размещения скважин

СЕКЦИЯ 5: Управление подвижными объектами и навигация

Задачи оценивания

Решена задача анизотропного оценивания на сетях отказывающих датчиков в рамках модели с проведением коррекции измерений.

Параметрически описано множество оптимальных анизотропных регуляторов по состоянию для стационарных систем.

Проведено исследование асимптотического поведения анизотропного оценивателя в окрестности нулевой средней анизотропии и представлена формула ошибки приближения анизотропного фильтра фильтром Калмана.

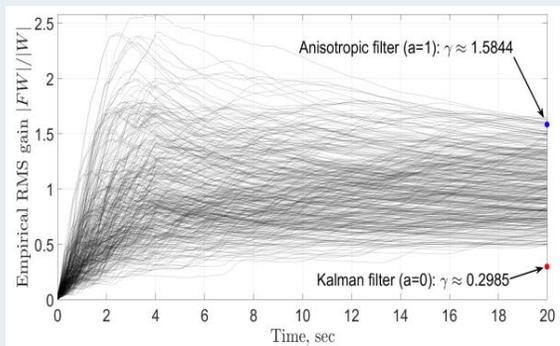
Решена обратная задача электроразведки в условиях присутствия эффекта вызванной поляризации. Подбираются параметры модели поляризуемости в среде, которые позволяют получить адекватные значения удельных электрических сопротивлений.

Лаб. № 1

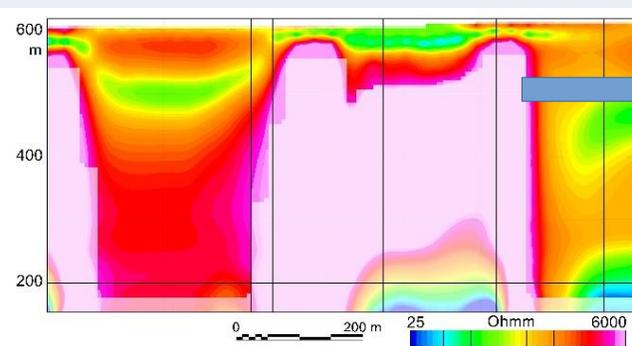
Зав. лаб.

Д.Т.Н.

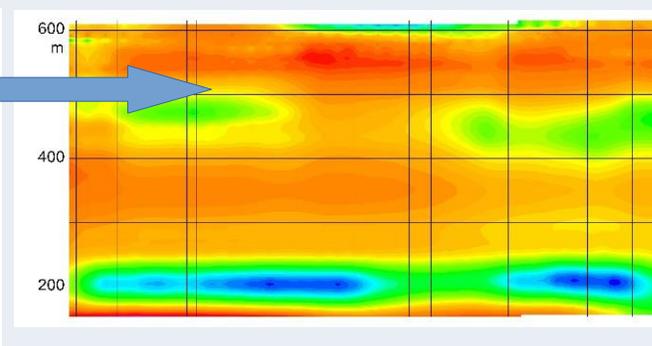
Каршаков Е.В.



Среднеквадратичный коэффициент усиления в задаче оценивания положения БПЛА



Модель среды без учета поляризуемости. Присутствуют ложные аномалии



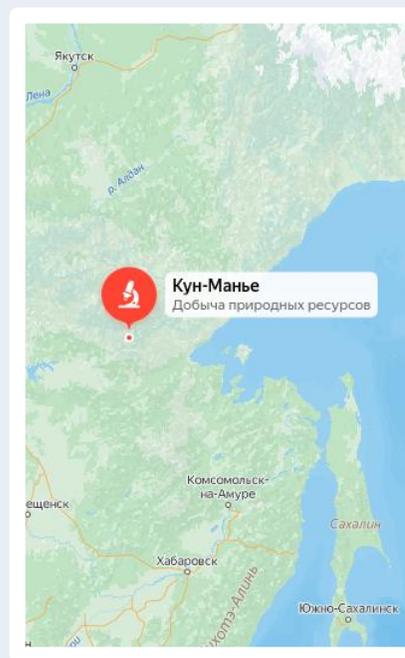
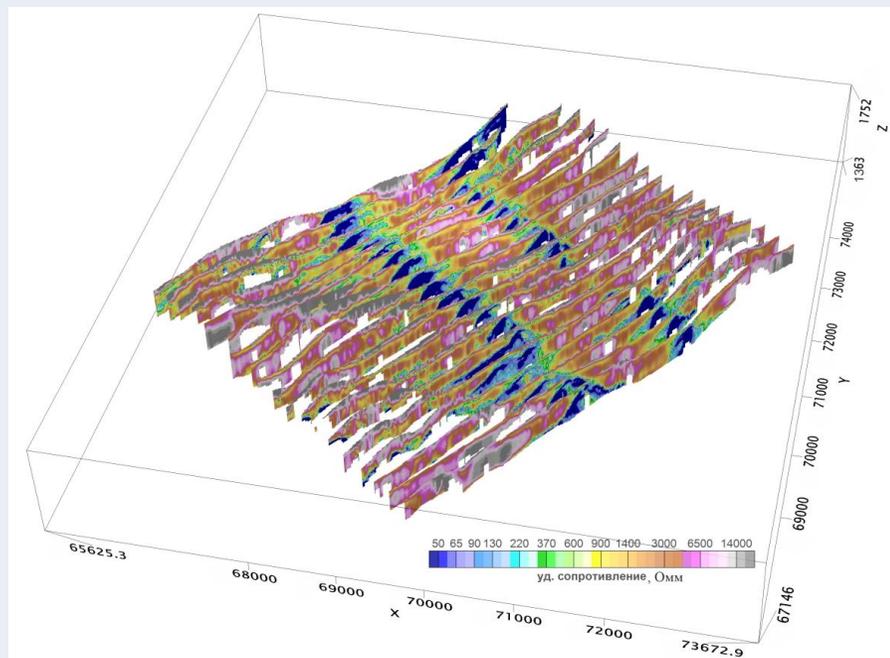
Модель среды после учета поляризуемости. Соответствует известной геологии

СЕКЦИЯ 5: Управление подвижными объектами и навигация

Задачи оценивания

На реализованном лабораторией вычислительном кластере, объединяющем несколько сотен процессоров, реализовано программное обеспечение для решения обратных задач. На примере обратной задачи электроразведки показано повышение производительности вычислений в сотни раз.

Выполнена обработка данных комплексной аэрогеофизической съемки в районе известного месторождения Кун-Манье. Общий объем данных – около 10 000 погонных километров.



Лаб. № 1

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Каршаков Е.В.

СЕКЦИЯ 5: Управление подвижными объектами и навигация

Принципы и методы поэтапного синтеза в технологии проектирования бортовых систем управления для повышения экономичности и надежности функционирования объектов космической техники

Развиты принципы и методы поэтапного синтеза в технологии проектирования бортовых систем управления.

Процедура синтеза основывается на формировании и анализе класса допустимых, ограниченных управлений на интервале времени движения объекта к заданной цели. В качестве допустимых управлений рассматривается множество ограниченных кусочно-непрерывных функций времени, образующих избыточное семейство стратегий управления, решающих терминальную задачу.

В качестве минимального класса допустимых управлений рассматривается класс кусочно-постоянных управлений. В результате решения задачи синтеза в этом классе исходная терминальная задача распределяется на последовательность локальных задач синтеза с краевыми условиями, заданными для моментов разрыва управления. Для распределенной по времени последовательности краевых условий сформулирована постановка задачи синтеза терминального управления в классе кусочно-непрерывных функций, позволяющая учитывать при синтезе дополнительные условия экономичности и надежности управления.

Развитая методика синтеза проверена на примерах терминального управления коэффициентом расходования компонентов топлива через двигатель для двух случаев управления, минимизирующего потери удельной тяги и оптимального по быстрдействию.

Лаб. № 8

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Иванов В.П.

СЕКЦИЯ 5: Управление подвижными объектами и навигация

Принципы и методы поэтапного синтеза в технологии проектирования бортовых систем управления для повышения экономичности и надежности функционирования объектов космической техники

В рамках Федеральных космических программ России «Двина-КВТК» и «Амур» разработаны принципы построения и алгоритмы систем управления внутрибаковыми процессами РН «Ангара» и разгонного блока РБ КВТК.

В технологии проектирования систем использованы результаты фундаментальных исследований методов синтеза терминального управления, повышающих экономичность и надежность функционирования объектов.



Лаб. № 8

Зав. лаб.

Д.Т.Н.

Иванов В.П.

СЕКЦИЯ 5: Управление подвижными объектами и навигация

Методы и алгоритмы планирования движения подвижных объектов в конфликтной среде

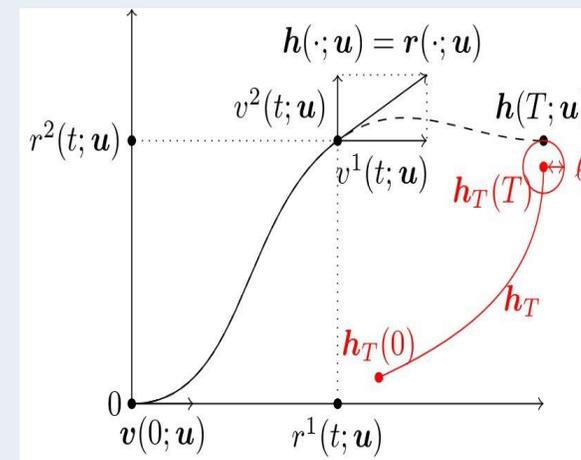
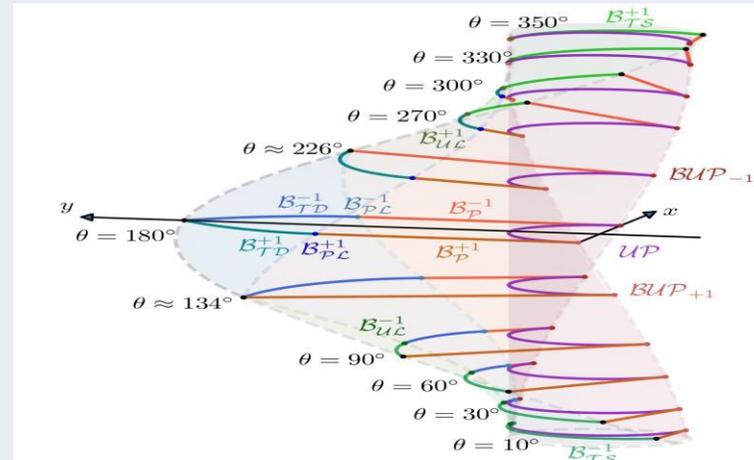
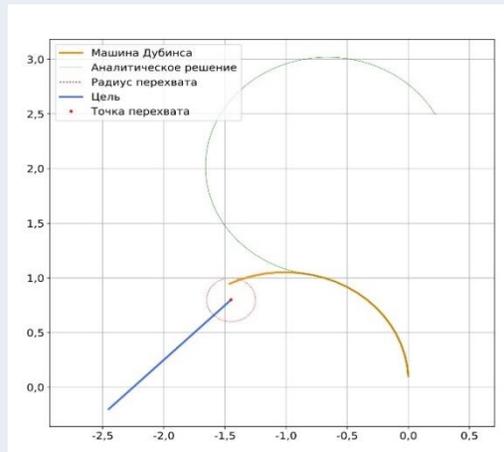
Разработаны методы, аналитические и нейросетевые алгоритмы построения оптимальных и субоптимальных траекторий перехвата предписанно движущихся целей на основе функции универсального оценивания снизу наименьшего времени перехвата в классе липшицевых траекторий.

Разработан устойчивый к ошибкам округления алгоритм гарантированного избежания столкновений в игре двух идентичных автомобилей на основе полной классификации качественно различных случаев построения барьера для всех значений параметров игры.

Предложены новые информационно-геометрические макрохарактеристики задачи перехвата множества целей и разработан алгоритм поиска оптимального плана, основанный на интеллектуальном полном переборе и идеях динамического программирования.

Лаб. № 38

Зав. лаб.
чл.-корр. РАН
Галяев А.А.



Траектории перехвата
(аналитический и
нейросетевой алгоритмы)

Барьер игры двух идентичных автомобилей и его
сечения при фиксированных значениях угла между
скоростями автомобилей

Графическая постановка задачи
перехвата движущейся известным
образом цели (красная линия)
изотропной ракетой (черная линия)

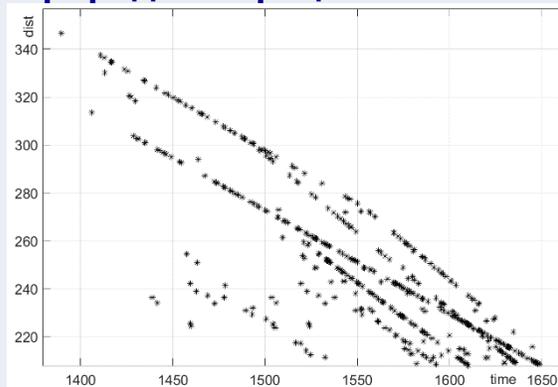
СЕКЦИЯ 5: Управление подвижными объектами и навигация

Методы и алгоритмы планирования движения подвижных объектов в конфликтной среде

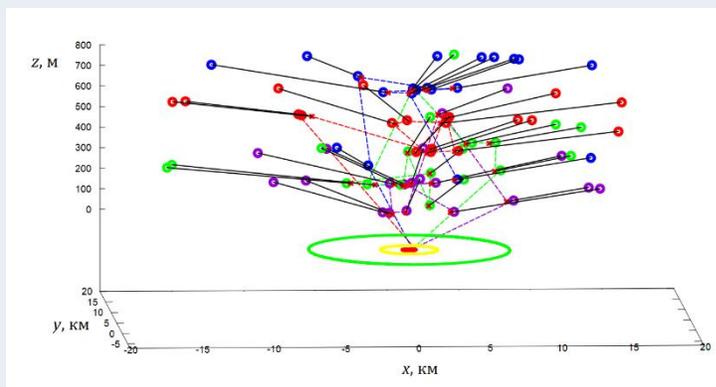
Предложен метод индикации появления полезного сигнала при малом отношении сигнал/помеха на основе статистической сложности. Разработан алгоритм и его программная реализация, показавшие эффективность предложенного подхода по сравнению с другими информационными метриками для различных моделей добавленного шума.

Разработаны алгоритмы для поиска субоптимального решения задачи перехвата на плоскости или на различных эшелонах в заданном районе одной или нескольких прямолинейно движущихся целей группой БПЛА при наличии аэродинамических и временных ограничений. Разработан симулятор системы визуализации для стенда полунатурного моделирования, проведено моделирование и статистическая обработка различных сценариев атаки защищаемого района.

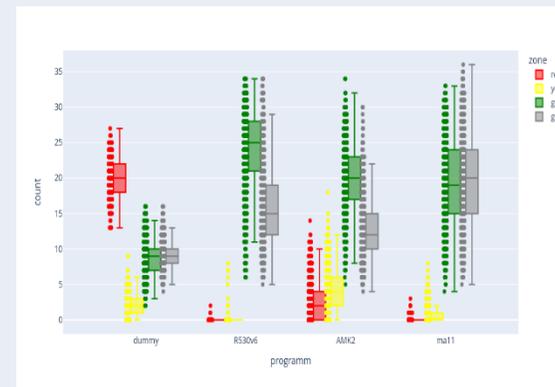
Предложен способ неразрушающей диагностики роторного оборудования. Показано, что вибрационные составляющие в роторном оборудовании представляют собой модулированные гармонические процессы, что не согласуется с общепринятой гипотезой о полигармонической природе вибрации.



*Множество планов перехвата на плоскости
«время x дистанция перехвата»*



Перехват 40 целей 4 перехватчиками



*Статистика перехвата
в различных зонах*

Лаб. № 38

Зав. лаб.
чл.-корр. РАН
Галяев А.А.

СЕКЦИЯ 6: Информационные системы управления и обработки данных

Модели и методы обеспечения сохранности и эффективной обработки данных в распределенных системах

Разработаны формальные модели использования в распределенных системах информационной избыточности в виде оперативного, восстановительного резерва и реплик массивов данных.

Выполнены постановки и предложены алгоритмы решения задач оптимального размещения резервных данных в узлах распределенных систем.

Сформулированы задачи определения оптимальных схем восстановления данных в отказавших узлах системы.

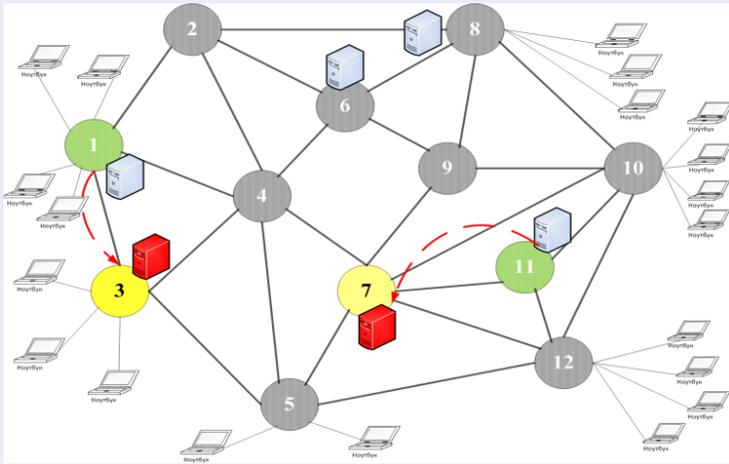
Выполнены постановки и предложены алгоритмы решения аналогичных задач для распределенных систем с динамичными параметрами их работы.

Лаб. № 20

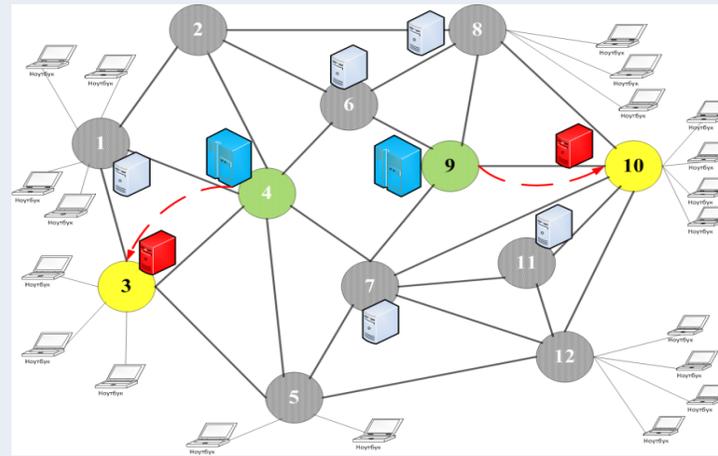
Зав. лаб.

К.Т.Н.

Чернов И.В..



Восстановление данных в отказавших узлах с использованием оперативного резерва данных ближайших работоспособных узлов



Восстановление данных в отказавших узлах с использованием специальных архивов магнитных носителей данных

СЕКЦИЯ 6: «Информационные системы управления и обработки данных»

Разработка теории, методов и алгоритмов поддержки принятия решений при проектировании и управлении летательными аппаратами

Для повышения функционала геоинформационных систем (ГИС) выполнена декомпозиция общей задачи моделирования навигационной системы летательного аппарата в целях обеспечения параллельных вычислений с использованием готовых компьютерных компонентов.

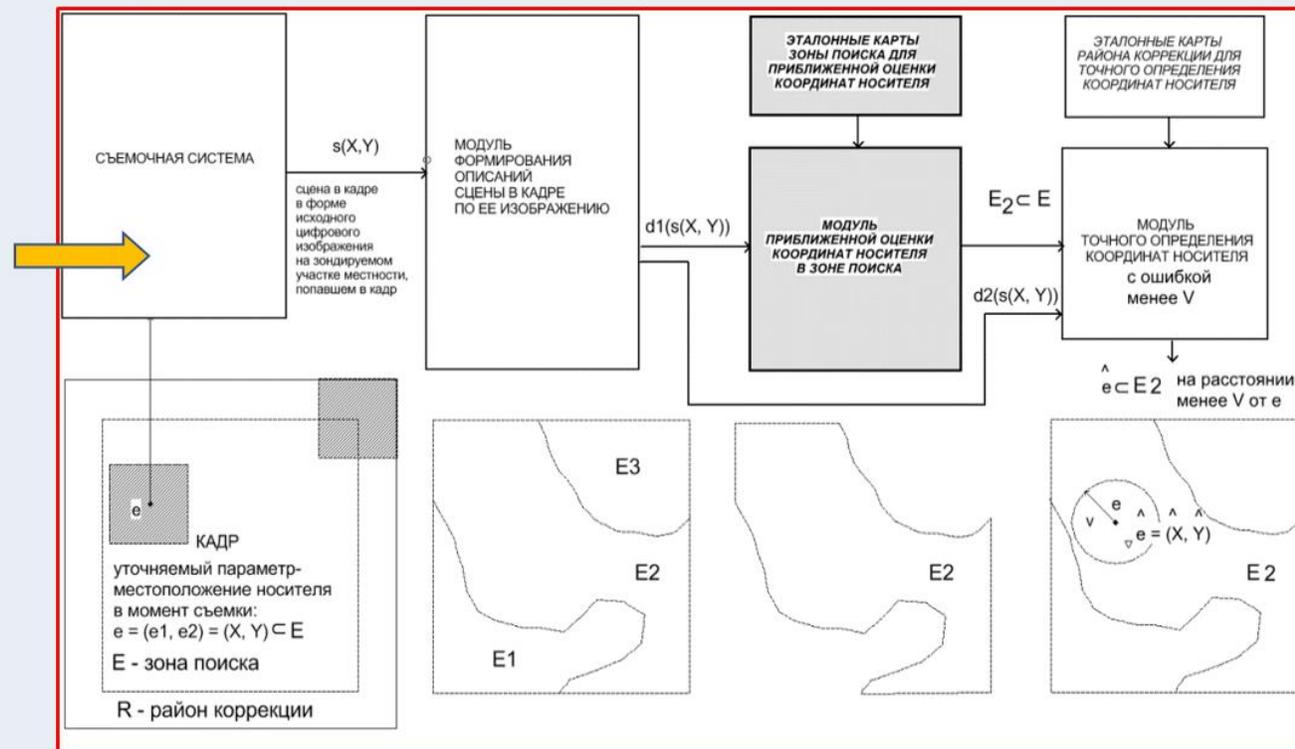
Подтверждена возможность организации параллельных вычислений для имитационного моделирования навигационных систем через интерфейсы ГИС общего назначения в облачных средах.

Обоснована роль методов стрессового воздействия для дальнейшего развития навигационных систем.

Лаб. № 46

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Вересников Г.С.

Двухуровневый бортовой алгоритм для имитационного моделирования навигационной системы



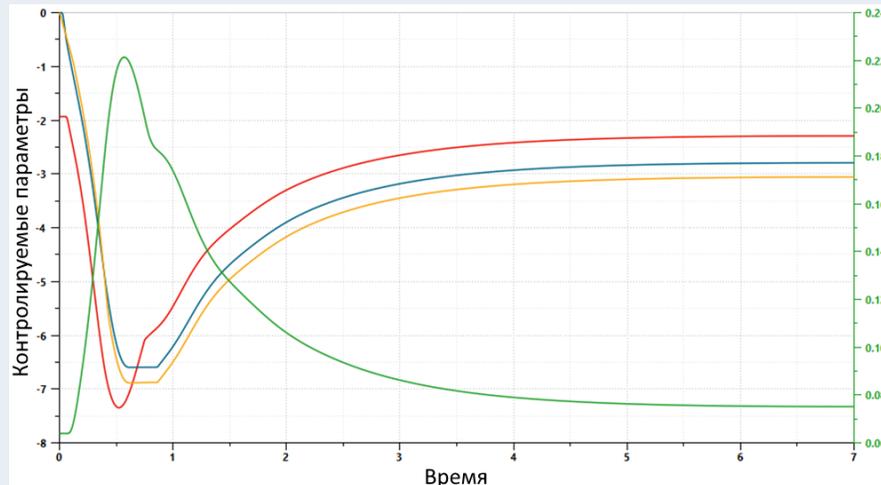
СЕКЦИЯ 6: «Информационные системы управления и обработки данных»

Теория и методы создания интеллектуальной системы ранней диагностики электромеханических систем летательных аппаратов

Разработаны и исследованы принципы интеграции методов выделения информативных признаков и машинного обучения для решения задач оценки и прогнозирования электромеханических систем летательных аппаратов (ЛА).

Разработан оптимизационный алгоритм выделения информативных признаков для построения классификационных моделей, позволяющих выполнить оценку технического состояния электромеханического привода (ЭМП) ЛА на основе стационарных временных рядов, образованных значениями контролируемых параметров.

Завершены подготовительные работы к проведению ресурсных стендовых испытаний ЭМП, применяемого при отклонении рулевых поверхностей ЛА.



Мониторинг работы ЭМП в секции хвостового оперения ЛА при отработке маневра «вираж»



ЭМП отечественного производителя АВАКС для проведения ресурсных испытаний

Лаб. № 46

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Вересников Г.С.

СЕКЦИЯ 6: Информационные системы управления и обработки данных

Модели и методы управления сетевыми инфраструктурными системами на основе интегрированных моделей объекта и бизнес-процесса

Предложен подход к комплексному анализу организационной и технической компонент сложных инженерных систем на основе разработанной интегрированной модели, позволяющий определять уязвимости и оценивать последствия от их проявления. Этот подход включает разработанные методы проектирования, анализа и верификации параллельных бизнес-процессов. Опубликовано монография по исследованию моделей бизнес-процессов и методов их анализа.

Разработаны теоретико-категорные методы формального анализа многоуровневых технологических систем (разрешение промежуточных структурных уровней, выделение целевой подсистемы в составе системы, конструирование самоподобных систем).

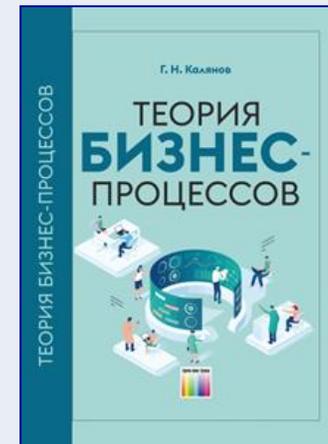
Предложена совокупность методов ограничения полного перебора в комбинаторных алгоритмах выделения подмножеств, использующих функцию отбора и весовую функцию специального вида. Методы позволяют найти решения для ряда *NP*-полных задач на графах.

Лаб. № 49

Зав. лаб.
К.Т.Н.
Роцин А.А.

Задача поиска на графе	Функция отбора $F(S)$ вычисляет	Весовая функция $g(S)$ вычисляет
Минимального сечения	Является ли S сечением	Количество заблокированных путей
Доминирующего множества	Является ли S доминирующим множеством	Количество смежных вершин
Наименьшего вершинного покрытия	Является ли S вершинным покрытием	Количество ребер, инцидентных S
Максимального разреза	Является ли S разрезом	Количество ребер в разрезе

Примеры задач на графах, для которых применимы разработанные методы ограничения перебора

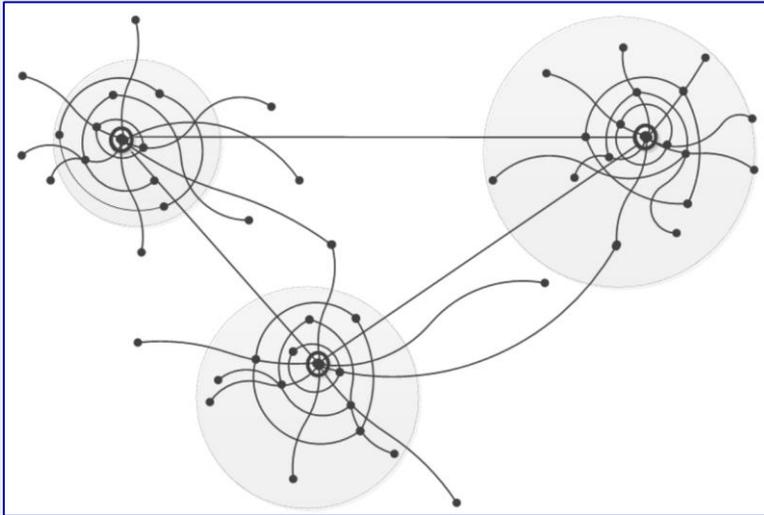


СЕКЦИЯ 6: Информационные системы управления и обработки данных

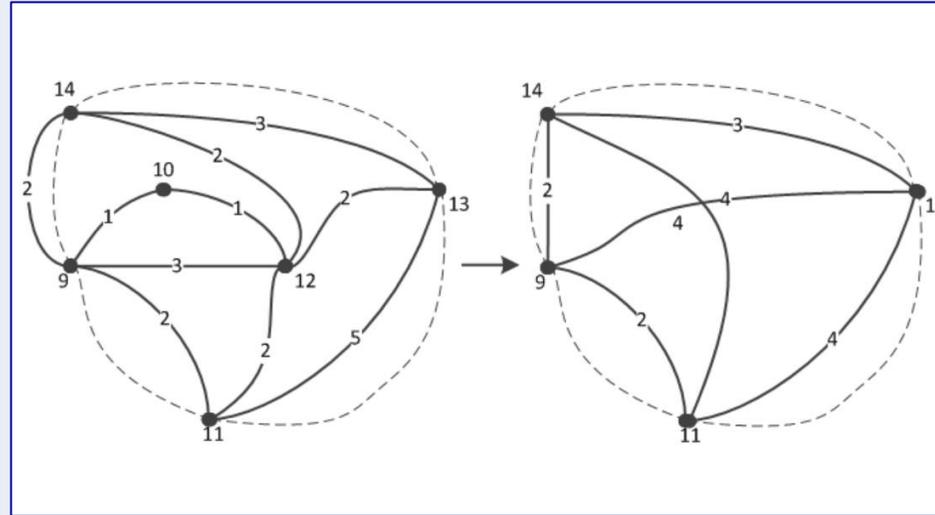
Модели и методы управления сетевыми инфраструктурными системами на основе интегрированных моделей объекта и бизнес-процесса

Разработан метод поиска узлов транспортной сети, основанный на выделении замкнутого множества вершин, декомпозиции и сокращении вычислений при переборе вариантов. Метод позволяет снизить вычислительную сложность задачи без потери точности решения.

Для решения задач управления транспортными потоками построена математическая модель сети, учитывающая стоимости поездок и потребности в движении между ее узлами. Предложена методика определения параметров модели. Сформулирована задача оптимизации, которая сведена к задаче линейного программирования.



Граф транспортной сети с выделенными замкнутыми множествами



Эквивалентное преобразование замкнутых множеств

Лаб. № 49

Зав. лаб.
К.Т.Н.
Рощин А.А.

СЕКЦИЯ 6: Информационные системы управления и обработки данных

Управление безопасностью сложных сетей

Разработана методика определения наиболее критичных узлов сетевых информационных инфраструктур для обеспечения информационной безопасности, основанная на совместном использовании методов нечеткой логики, регрессионного анализа и ранжирования.

Разработан метод оценки зависимости рисков в интеллектуальных транспортных системах от субъективных факторов на основе использования методов нечеткой логики.

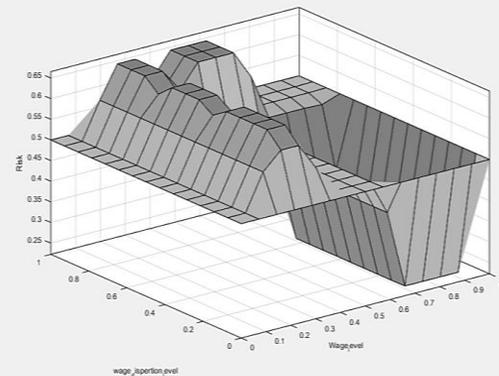
Разработана методика оценки интегрального риска информационных систем на основе механизма комплексного оценивания.

Разработана модель информационной безопасности сложной системы на основе анализа отношений между субъектами информационной безопасности и объектом защиты с использованием адаптированного логико-вероятностного подхода.

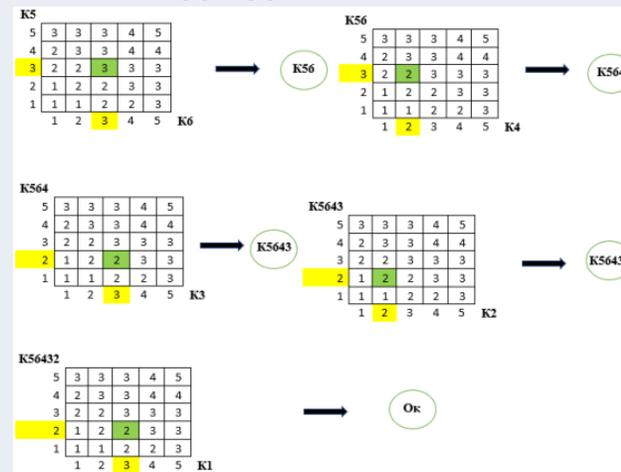
№ узла	Количество абонентов	Уровень трафика T	Уровень загрузки L	Уровень угрозы от внутреннего нарушителя IP	Уровень доступа к внешним сетям I
Региональные					
1	20	0,20	0,15	0,17	0,25
2	15	0,15	0,42	0,75	0,73
3	10	0,1	0,83	0,81	0,65
4	14	0,14	0,32	0,45	0,52
5	25	0,25	0,17	0,19	0,26
6	16	0,16	0,35	0,42	0,49
Межрегиональные					
7	35	0,35	0,46	0,47	0,41
8	24	0,24	0,34	0,43	0,38
9	41	0,41	0,19	0,15	0,25
Центральный					
10	100	0,99	0,45	0,18	0,21

Узел	$c_1(T)$	$c_2(L)$	$c_3(IP)$	$c_4(I)$	c
1	4	0	0	0	4
2	2	6	9	9	26
3	0	9	8	8	25
4	1	3	6	7	17
5	6	0	1	2	9
6	3	4	6	6	19
7	7	6	5	5	23
8	5	4	4	3	16
9	8	2	1	1	12
10	9	8	2	3	22

Состояние узлов иерархической информационной инфраструктуры



Зависимость риска от уровня разброса зарплаты $D(z)$ и уровня зарплаты $U(z)$



Свёрточные матрицы оценки конфиденциальности



Монография «Организационно-правовая защита сетей»

Лаб. № 79

Зав. лаб.

Д.Т.Н.

Калашников А.О.

СЕКЦИЯ 6: Информационные системы управления и обработки данных

Управление безопасностью сложных сетей

Разработан алгоритм проектирования топологии компьютерной сети, минимизирующей риск реализации сложных атак.

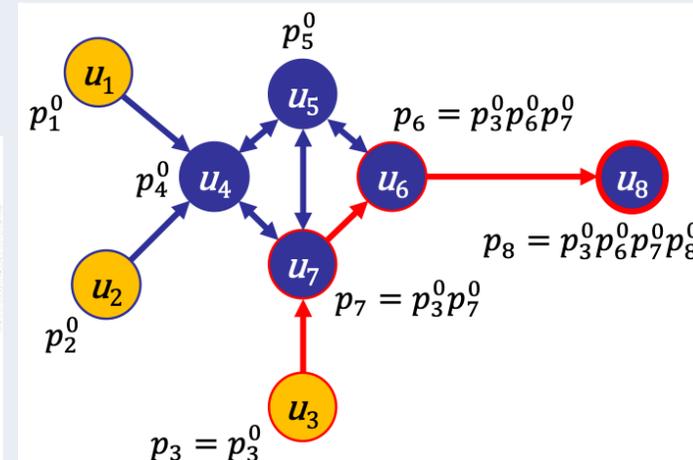
Модифицирован алгоритм оценки рискового потенциала процесса в части проверки временного ряда на персистентность, а также дополнительной оценки метрики соответствия нормальному распределению аппроксимирующих и детализирующих вейвлет-коэффициентов параметров модели.



Модифицированный алгоритм прогноза рискового потенциала



Гистограмма для детализирующих коэффициентов параметра



Величины локальных рисков элементов сети с учётом её структуры

Лаб. № 79

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Калашников А.О.

СЕКЦИЯ 6: Информационные системы управления и обработки данных

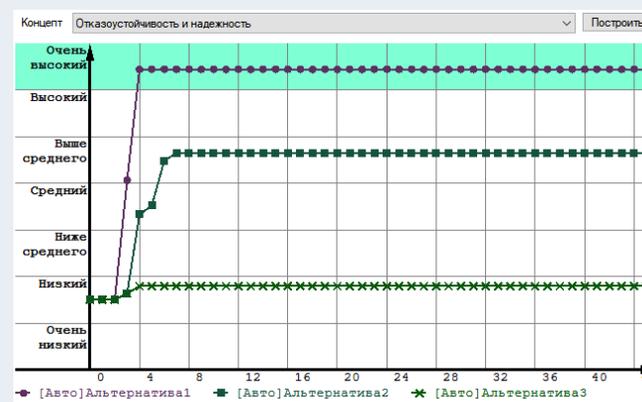
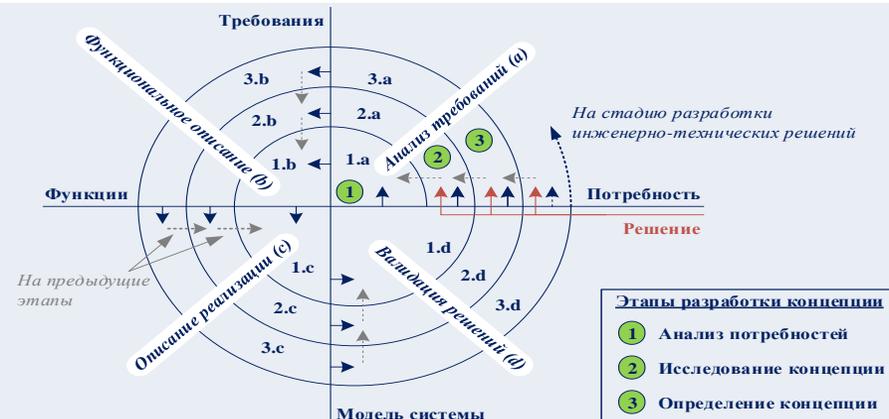
Теория и методы управления безопасным функционированием гетерогенных интеллектуальных робототехнических систем

1. Методика формирования требований к системе управления функционированием БАТС на основе интеллектуального подхода в интересах обеспечения безопасности полетов
2. Модели оценки влияния характеристик информационного обеспечения на показатели функционирования СУ БАТС на основе многокритериального структурно-целевого анализа



Лаб. № 80

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Мещеряков Р. В.



СЕКЦИЯ 6: Информационные системы управления и обработки данных

Разработка методического и нормативного обеспечения управления безопасным функционированием гетерогенных интеллектуальных робототехнических систем

1. Предложения по составу требований к системе управления (СУ) БАТС на основе интеллектуальной автоматизации управления функционированием в интересах обеспечения безопасности полетов
2. Предложения по составу нормативных документов, определяющих правила оценки соответствия требованиям характеристик и показателей функционирования СУ БАТС при решении задач обеспечения безопасности полетов



- Управление жизненным циклом авиационной техники
- Управление контролем качества и обеспечения надежности
- Управление метрологическим обеспечением единства измерений в области БАС



Лаб. № 80

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Мещеряков Р. В.

КИБЕРТРЕНИНГОВАЯ ПЛОЩАДКА ДЛЯ ОПЕРАТОРОВ БПЛА



СИМУЛЯЦИЯ ОКРУЖЕНИЯ ИЗ РЕАЛЬНЫХ ПРОСТРАНСТВ



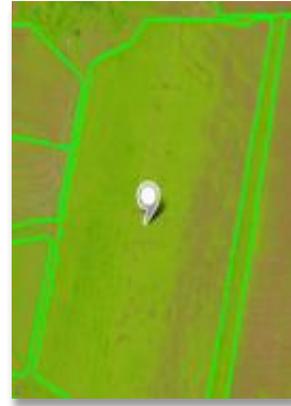
- Система для тренировок по управлению БПЛА, как в ручном, так и в автоматическом режиме.
- Автоматический режим подразумевает два варианта: высокоуровневый – отправка команд полетного контроллера и низкоуровневый – отправка моментов на четыре точки приложения силы.
- Доработан алгоритм локализации БПЛА с использованием фотосхемы или изображения GPS.
- Создана визуальная симуляция поля боя на примере «4 против 40» по сценарию, предоставляемому из внешних систем анализа и расчета.
- Доработана и улучшена система генерации пространства. Если ранее применялась процедурная генерация рельефа из открытых источников, то теперь используется смешанная система, дополненная загрузкой свежих фотоснимков и моделей в локации интереса.

ЦЕНТРЫ КОМПЕТЕНЦИЙ

**ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
ЦИФРОВОЙ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ
(А.Ф. Пащенко)**



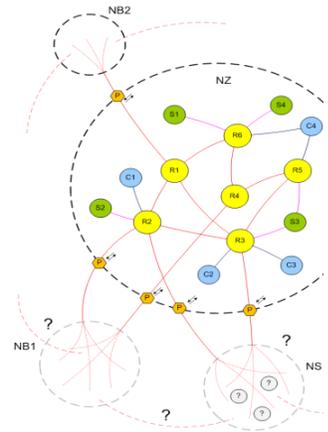
**ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО
ЦИФРОВОГО
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
(С.И. Антипин)**



**ЦЕНТР
ТЕХНОЛОГИЙ
ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА
(А.В. Макаренко)**



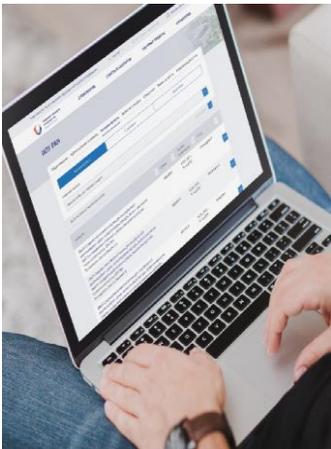
**ЦЕНТР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ
РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ
(Р.В. Мещеряков)**



**ЦЕНТР УПРАВЛЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТЬЮ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ
(А.О. Калашников)**



**ЦЕНТР НОВЫХ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
(Б.О. Дерябин)**



**ЦЕНТР МОЛОДЕЖНОГО
ИННОВАЦИОННОГО ТВОРЧЕСТВА
(А.А. Широкий)**



ЦЕНТР УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Реализуется соглашение с НКЦКИ (ФСБ) о научно-техническом сотрудничестве в области обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак.

Реализуется соглашение с НИУ «Высшая школа экономики» в области улучшения условий для трансфера технологий, развития инновационных проектов и научно-исследовательских разработок по теме управления безопасностью сложных систем различной природы, технологий искусственного интеллекта и других сквозных цифровых технологий.

Проведены дополнительные работы по аттестации на соответствие требованиям ИБ Единой цифровой платформы научного и научно-технического взаимодействия исследователей (3-я очередь).

Проведены дополнительные работы по аттестации на соответствие требованиям ИБ Единой цифровой платформы научного и научно-технического взаимодействия исследователей в целях формирования домена «Наука и инновации» (13 приоритетных сервисов).

Подготовлена монография из серии «Теория сетевых войн» (Вып. 8): «Организационно-правовая защита сетей».





ЦЕНТР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Продолжаются работы Центра в области мониторинга энергопотребления зданий Института, микроклимата помещений, внешних погодных условий.

Совместно с Отделом главного энергетика модернизированы распределительные узлы энергосети Института. Системой непрерывного сбора данных охвачено 100% основных потребителей. Проведены работы по обследованию и уточнению топологии сетей ЛПК и хозяйственных построек. Смонтировано 160 узлов учёта, в т.ч. в 2023 г. - 34 шт.

Для комплекса зданий Института развивается универсальная система наблюдения, визуализации и прогнозирования состояния в реальном времени.

Структурированы и выложены в открытый доступ датасеты по энергопотреблению и микроклимату за 2020-22 годы в объеме 840 Гб. Разрабатывается система публикации и анализа датасетов.

Проведено разведочное исследование по использованию собранных данных для предсказания энергопотребления Институтном.

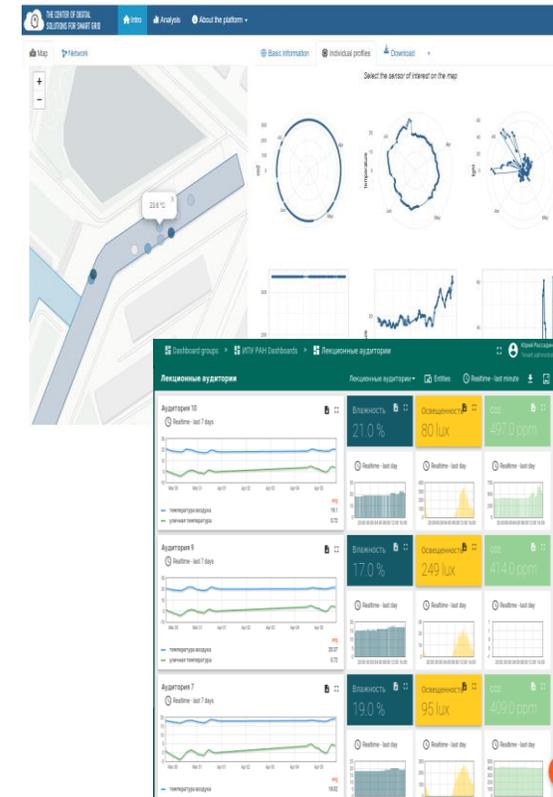
Обеспечивается актуализация и функционирование автоматизированного рабочего места дежурного электрика.

Обеспечено проведение секции “Smart Control Systems in Power Production and Power Distribution” на международной конференции IC-MSQUARE-2023 в Белграде, Сербия.

Организован регулярный общемосковский семинар “Интеллектуальные системы управления в энергетике” в сотрудничестве с НИУ МЭИ.

В Центре проходят практику студенты СПбГУ, МАИ.

Проведен хакатон для молодых ученых на школе-конференции УБС-2023.



ЦЕНТР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Развитие локаций наземного, водного и воздушного кластеров робототехнического Полигона Института, а также платформ робототехнических средств (подводной, электротранспортной со сложной структурой, на российской элементной базе для БПЛА, интерфейсы с РТК) и навигационной системы РТК.

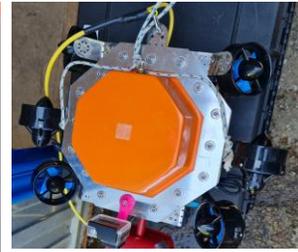
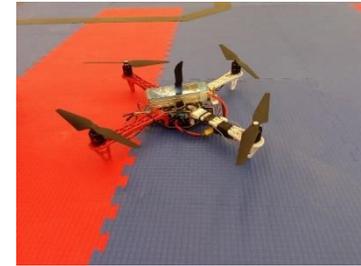
Проведен конкурс по управлению подводным аппаратом (Водяной), готовится конкурс по управлению БПЛА на российской элементной базе.

Выполнены и выполняются работы по хоздоговорам «ИАТ БАТС - 2023 » (заказчик НИЦ Институт им Н.Е. Жуковского), сотрудничество с МФТИ по проекту международной арктической станции «Снежинка» на Полярном Урале. Создан «Стенд для исследования блоков управления модульными многомоторными электрическими платформами» (заказчик - МФТИ). Сотрудники ИПУ РАН приняли участие в учениях МЧС «Безопасная Арктика» и «Десантирование в горной местности и над водной поверхностью».

Введена в эксплуатацию станция коррекции навигационных систем.

Представлены доклады о Центре и работах на: НС РАН по робототехнике и мехатронике, НС РАН по проблемам машиностроения, НС РАН по теории управляемых процессов и автоматизации, МРГ ВПК, НТС ОПК, форуме АРМИЯ и других мероприятиях.

Проводится Общественный семинар по управлению автономными робототехническими комплексами.

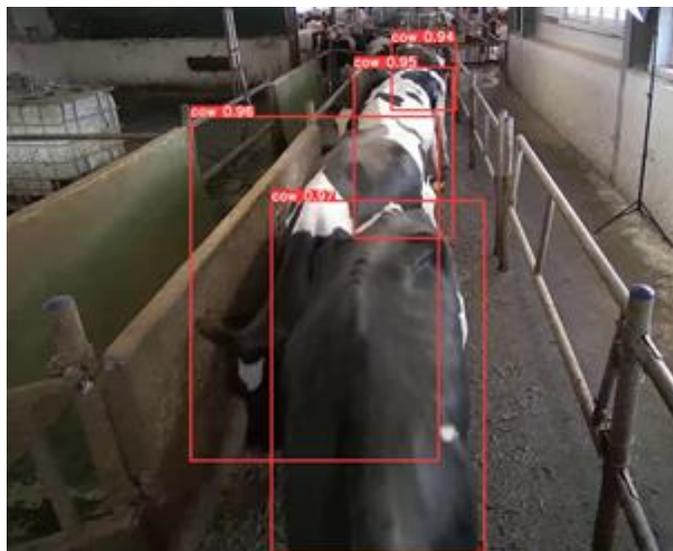


ЦЕНТР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЦИФРОВОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

В 2023 году ЦИЦСХ в тесном сотрудничестве с лабораториями 77 и 90 провел научно-исследовательские работы для развития и повышения точности работы автоматизированных систем поддержки принятия решений для животноводства.

С помощью систем компьютерного зрения были решались следующие задачи определения параметров животных:

- подсчет поголовья,
- двигательная активность,
- вес и динамика веса,
- заболевания опорно-двигательного аппарата.

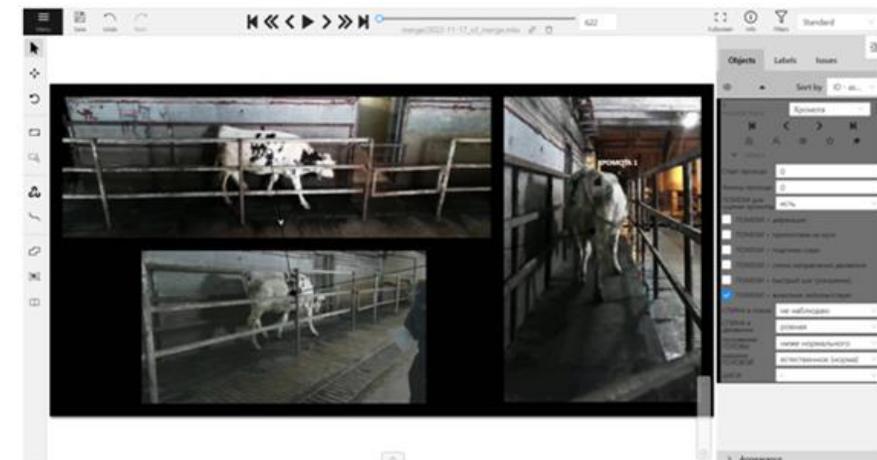
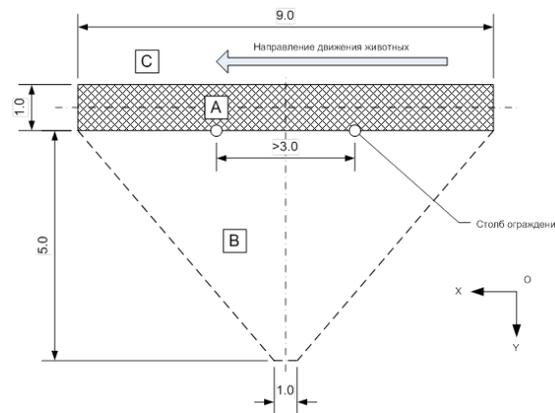
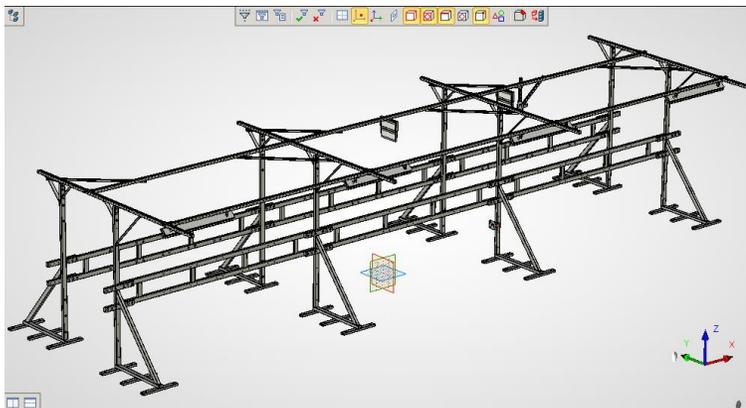
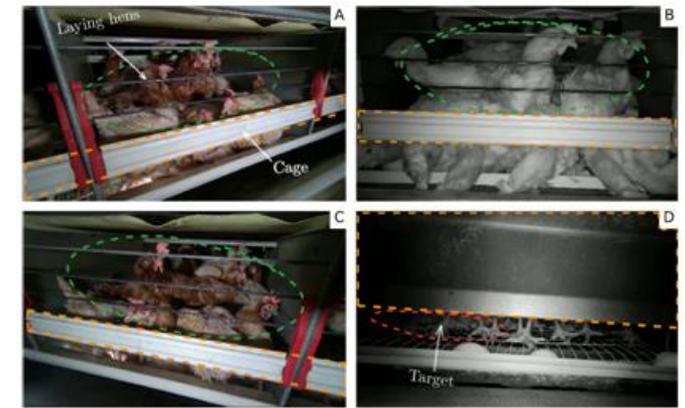
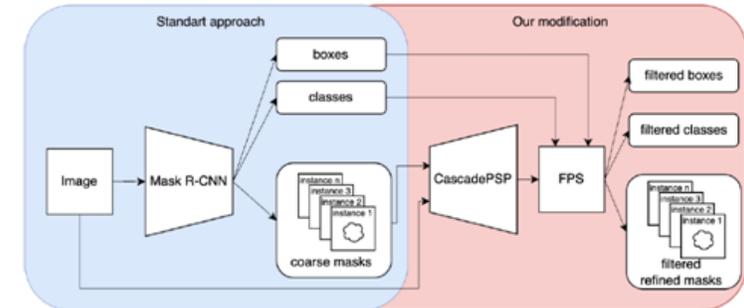


ЦЕНТР ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Разработан демонстратор технологии автоматического детектирования хромоты коров на основе нейросетевой обработки видеоданных в видимом спектральном диапазоне.

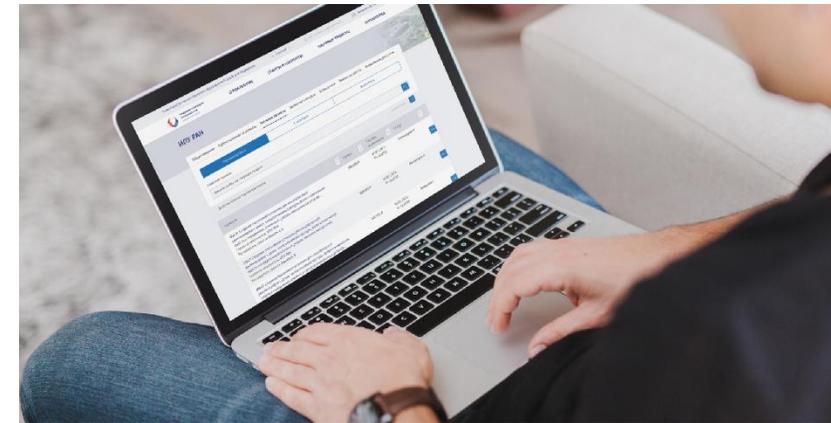
Разработан и протестирован алгоритм (нейросети и решающее правило) для автоматического обнаружения факта падежа кур несушек в клетках содержания в условиях реальной промышленной птицефермы по видеоданным в видимом и ближнем ИК диапазонах.

Разработан демонстратор аппаратно-программного конвейера обработки видеоданных, решающего задачи автоматической сегментации листьев томатов и определения прироста биомассы в условиях промышленных теплиц.



ЦЕНТР НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

- Реализовано соглашение с Минобрнауки на разработку Цифровой платформы исследователя (ЦПИ) в части функционала 9 сервисов домена «Наука и инновации» единой цифровой платформы Российской Федерации «ГосТех». **Статус: Приказом Министра науки и высшего образования введена в опытную эксплуатацию.**
- Реализовано соглашение с Минобрнауки на разработку Цифровой платформы исследователя (ЦПИ) в части функционала третьей очереди разработки. **Статус: Приказом Министра науки и высшего образования введена в опытную эксплуатацию.**
- Реализовано соглашение с Минобрнауки на разработку Цифровой платформы исследователя (ЦПИ) в части функционала 9-и сервисов домена «Наука и инновации» единой цифровой платформы Российской Федерации «ГосТех». **Статус: проведены приемочные испытания, получены акты о готовности к вводу в эксплуатацию.**
- Реализовано соглашение с Минобрнауки на разработку Цифровой платформы исследователя (ЦПИ) в части функционала третьей очереди разработки. **Статус: проведены приемочные испытания, получены акты о готовности к вводу в эксплуатацию.**



Цифровая платформа
исследователя

ГОСТЕХ

