



ИТОГИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИПУ РАН в 2025 году

Д.А. НОВИКОВ

29 декабря 2025 г.

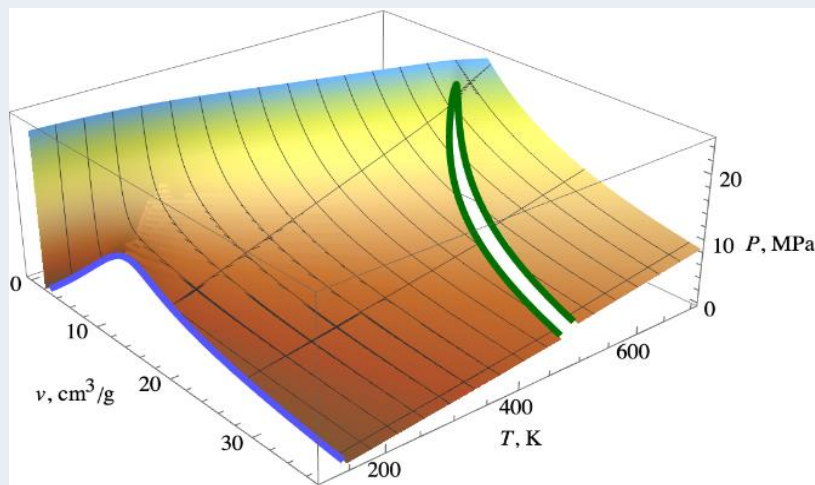
**НЕКОТОРЫЕ ВАЖНЕЙШИЕ
РЕЗУЛЬТАТЫ ИНСТИТУТА
В ОБЛАСТИ
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

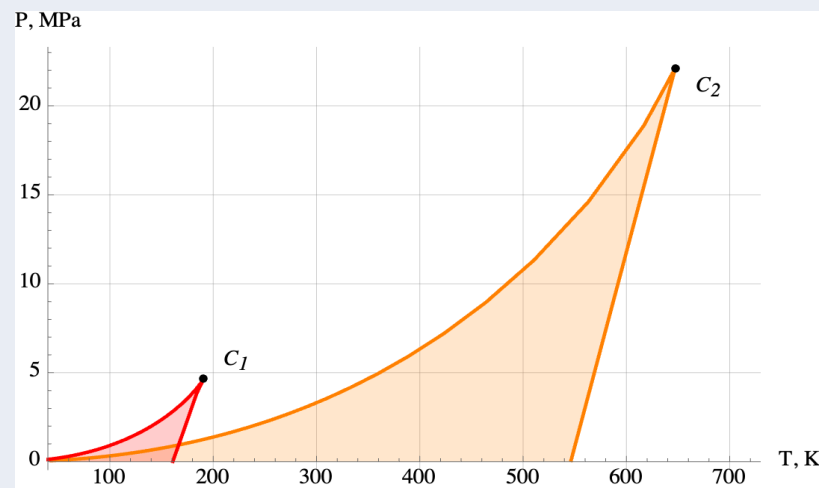
Модели и методы управления в сплошных средах

Разработан метод геометризации случайных векторов применительно к турбулентным сплошным средам. Введена метрика Махаланобиса на касательном расслоении. Метод применен к течениям реальных газов. Исследована термодинамическая устойчивость смеси метана и воды, построено лежандрово многообразие, описывающее уравнение состояния.

Для построения точных решений гиперболических систем двух уравнений в частных производных на двумерных многообразиях разработан метод контактизации симплектических многообразий. Метод применен к описанию критических режимов течения баротропного газа.



*Лежандрово многообразие
смеси метана и воды*



*Области неустойчивости
для смеси метана и воды*

Лаб. № 6

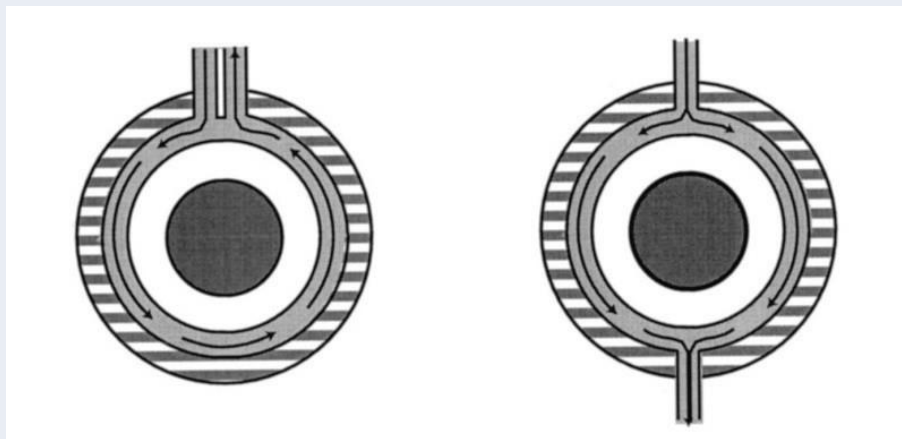
Зав. лаб.
д.ф.-м.н.
Кушнер А.Г.

СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

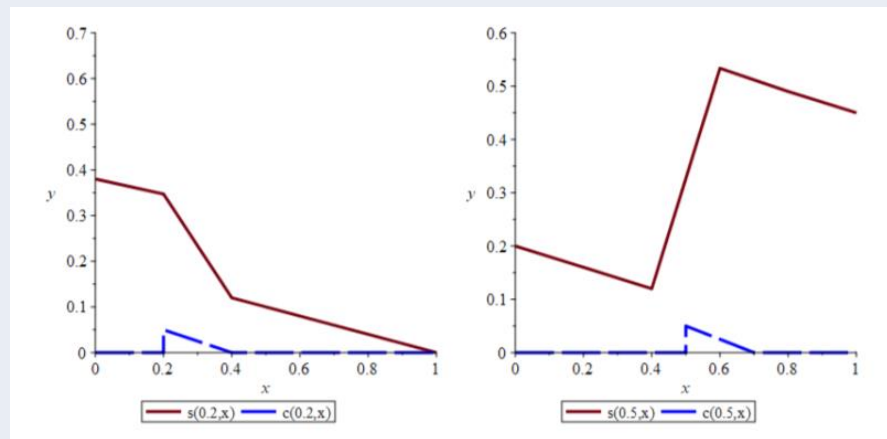
Модели и методы управления в сплошных средах

Построена полная система функций, описывающая возмущения магнитного поля внутри стенки с разрывным тангенциальным течением жидкого проводника. Предложен метод аналитического исследования устойчивости плазмы, окруженной стенкой с жидким проводником с разрывным течением, нарушающим аксиальную симметрию.

Разработан метод построения точных решений уравнений Баренблатта процесса вытеснения нефти из природных месторождений растворами активных реагентов.



*Схема течения жидкого металла
вокруг цилиндра с плазмой
для аксиально симметричного случая
и для случая нарушения симметрии*



*Эволюция распределения
водонасыщенности и концентрации
активного реагента в воде*

Лаб. № 6

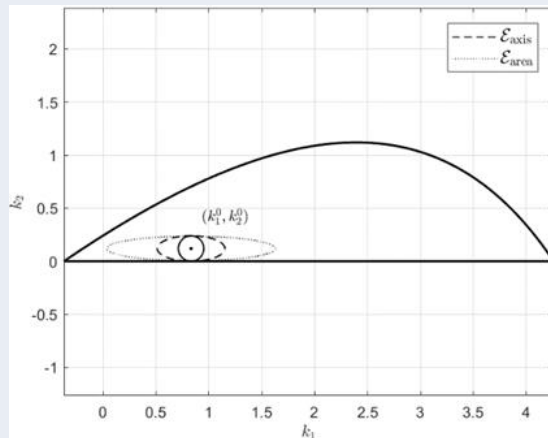
Зав. лаб.
д.ф.-м.н.
Кушнер А.Г.

СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

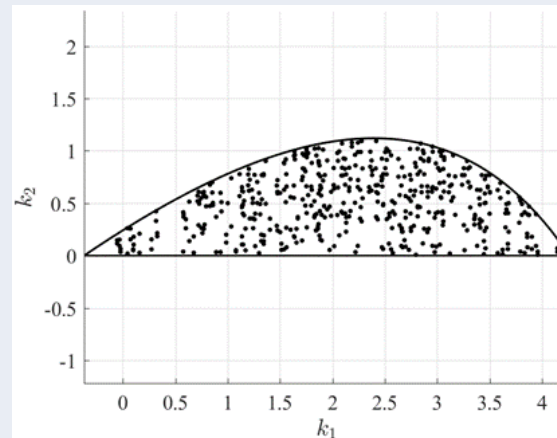
Нехрупкие ПИ-регуляторы

Для оценки хрупкости предзаданного ПИ-регулятора предложены два различных подхода. Оба подхода просты в реализации и используют стандартные функции большинства программных средств, предназначенных для инженеров.

Первый подход основан на идеях эллипсоидального оценивания и технике линейных матричных неравенств, что дает простые гарантированные оценки допустимых неопределенностей параметров ПИ-регулятора, при которых замкнутая система остается квадратично устойчивой. Также предложен метод построения нехрупкого ограничивающего эллипсоида, содержащего выход замкнутой системы.



Второй подход опирается на т.н. размыкание по параметру. Исследуемый параметр «выносится» из системы объект-регулятор (формируя фиктивный контур управления) и анализируется классическими частотными методами (критерий Найквиста, D-разбиение). Также предоставляется граничный оракул для приближенного описания области стабилизирующих ПИ-регуляторов с помощью модификации метода Hit-and-Run.



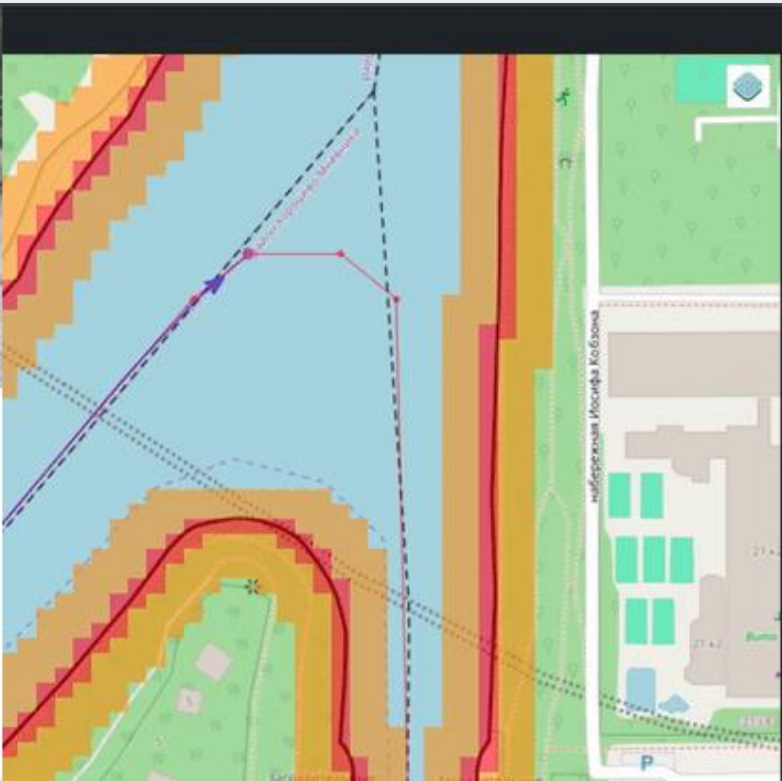
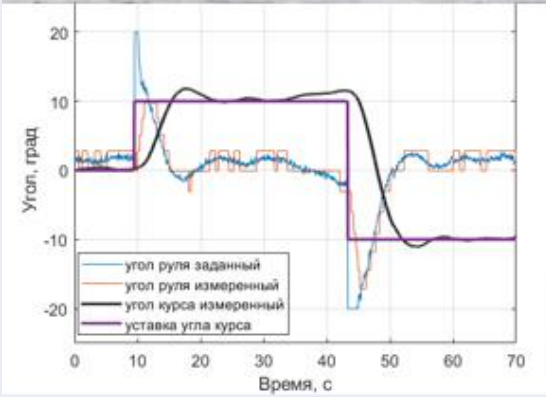
Лаб. № 7

Зав. лаб.
д.ф.-м.н.,
Хлебников М.В.

СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

Система управления маневрированием маломерного судна

Разработана и реализована система управления движением по маршруту, скоростью и курсом маломерного судна для режимов крейсерского, малого и заднего хода, реализован режим динамического позиционирования маломерного судна с использованием подруливающего устройства. На судне внедрены два алгоритма управления: первый - на основе оценки и компенсации параметрической и функциональной неопределенности, а второй - на классических ПИД-регуляторах, синтезированных по идентифицированным моделям динамики.



Данные		
	Измерение	Цель
engine speed	2199	52
rudder angle	5.15	3.02
rudder	2	2
transmission	1	1
thruster	0	0
lat	55.7915782	55.7917262
lon	37.4441294	37.4444309
speed	3.95	3.96
heading	52.81	60.66
thruster_angle		0
goal_angle		171.55
course	50.9	
sat	24	
v lat	2.494	
v lon	3.069	
p rms	7.732	
v rms	0.214	

Лаб. № 7

Зав. лаб.
д.ф.-м.н.,
Хлебников М.В.

«Учёными РАН совместно с коллегами достигнуты научные результаты в области создания интеллектуальных систем управления транспортом, включая технологии машинного обучения и обработки больших данных, создания систем безэкипажного судовождения для внутреннего водного транспорта (Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН и Российский университет транспорта).»

Президент РАН
академик Г.Я.Красников
на Коллегии Минтранса

СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

Модели и методы управления многосвязными системами механической природы в условиях неопределенности

Получены обобщенные математические модели, описывающие динамику управляемого ленточного конвейера с переменным углом между горизонтальной плоскостью и плоскостью ленты, проведен синтез нейросетевых регуляторов для стабилизации углового положения конвейера.

Разработан аналог критерия Попова для систем Лурье с несколькими стационарными нелинейностями с использованием теоремы о свертывании.

Исследованы скрытые колебания в системах третьего порядка, замкнутых управлением в виде вложенных функций насыщения.

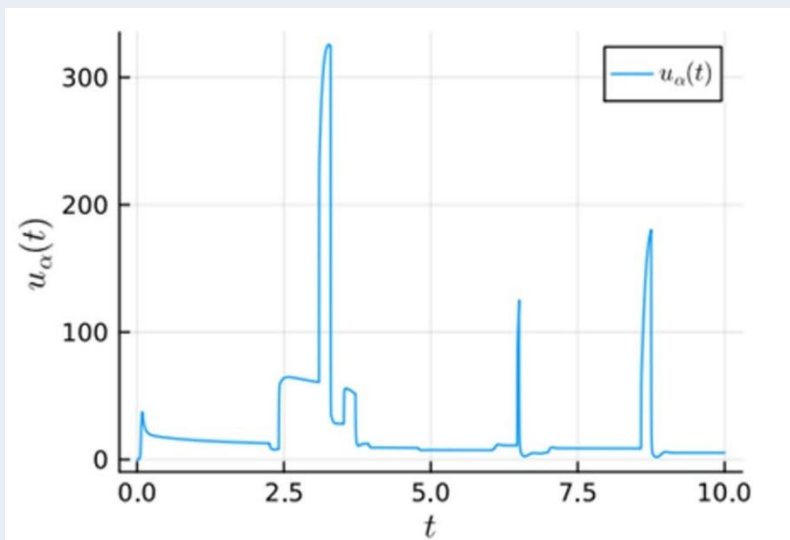
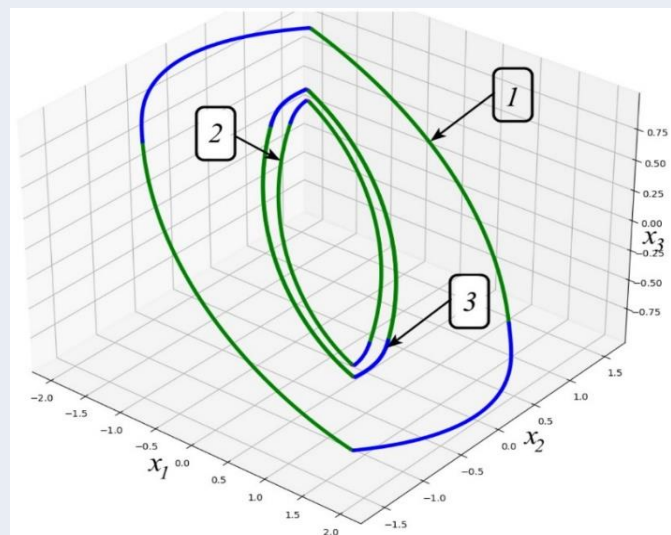


График управления для нейросетевого регулятора



Устойчивый (кривая 1) и неустойчивый (кривая 2) циклы системы; кривая 3 — минимальный цикл системы

Лаб. № 16

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Кочетков С.А.

СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

Колесно-гусеничная платформа

Разработана колесно-гусеничная платформа для решения следующих комплексных задач:

- сглаживание «сырых» данных с различных ГНСС приемников;
- сравнение возможностей различных «бюджетных» приемников;
- исследование транспортных систем с изменяемыми в процессе движения характеристиками.



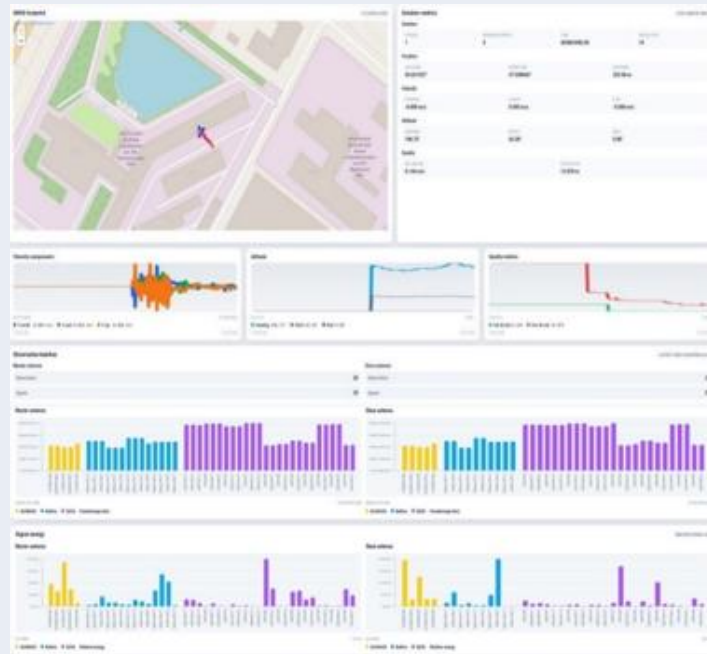
GSM модем

ГНСС антенна Мастер

ГНСС приемник unicore

Коммуникационная плата, с arm-процессором

Колесно-гусеничное ТС (rover) – движущаяся платформа для сбора и передачи данных в реальном времени (20 Гц)



Окно браузера, в котором отображаются, записываются и анализируются сырые данные с rover в реальном времени (20 Гц)

Лаб. № 16

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Кочетков С.А.

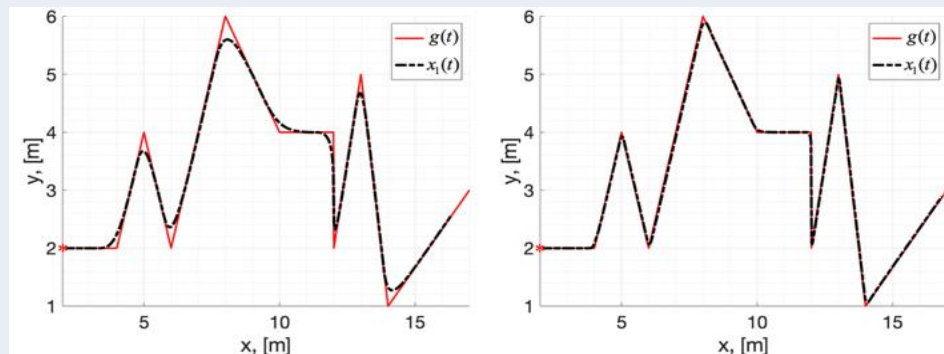
СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

Синтез генераторов плавных эталонных траекторий для мобильных роботов и мехатронных установок с учетом динамических ограничений

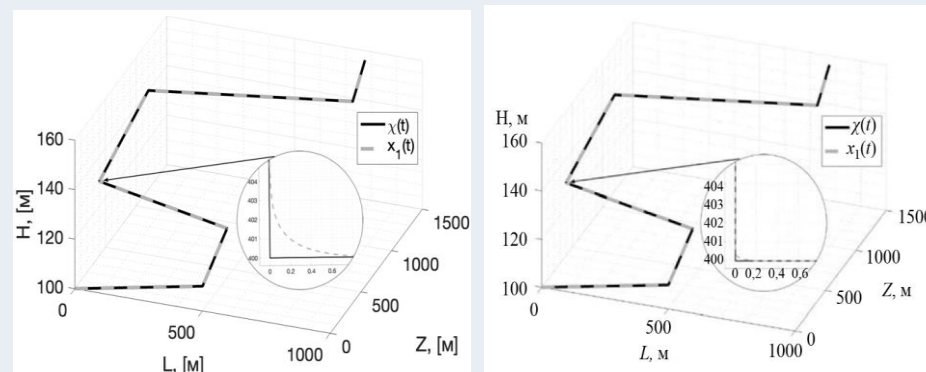
Разработанный метод динамического сглаживания и дифференцирования кусочно-непрерывных траекторий на плоскости и в пространстве дополнен механизмами варьирования коэффициентов усиления по вектору состояния, позволяющими повысить точность аппроксимации опорной траектории без потери гладкости и нарушения заданных ограничений на динамические характеристики.

В отличие от аналитических методов построения реализуемых траекторий (клотоид, кривых Безье, В-сплайнов) разработанный динамический генератор прост и эффективен в online реализации, не требователен к вычислительным ресурсам и позволяет без перенастройки и усложнения расчетов сглаживать различные опорные траектории сложной конфигурации с выполнением ограничений на скорость, ускорение и рывок.

Динамическое сглаживание плоских траекторий



$x_1(t)$ – выходы генераторов с постоянными (слева) и переменными (справа) коэффициентами усиления



Динамическое сглаживание пространственных траекторий

Лаб. № 37

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Уткин А.В.

СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

Алгоритм оценивания средней радиационной температуры и неизвестных параметров модели микроклимата помещения

На основе совместной процедуры наблюдения и идентификации на скользящих режимах предложен новый способ измерения средней радиационной температуры в помещении (Рис. 1), позволяющий в задачах управления микроклиматом использовать терморезисторы вместо традиционных датчиков (экранированных термометров и тепловизоров, Рис. 2).

При реализации алгоритма модифицирована прошивка датчика температуры воздуха (Рис. 3), что позволило также идентифицировать соответствующий коэффициент теплопередачи. Алгоритм может применяться в централизованных системах эксплуатации для мониторинга состояния зданий, детектирования дефектов ограждающих конструкций и других нештатных режимов.

Численные и натурные эксперименты

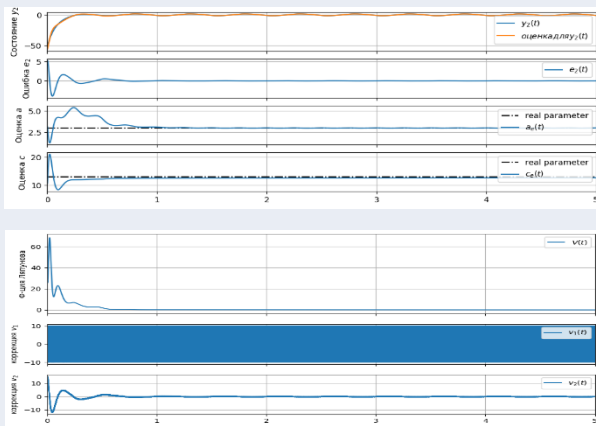


Рис. 1. Работа процедур наблюдения и идентификации на скользящих режимах

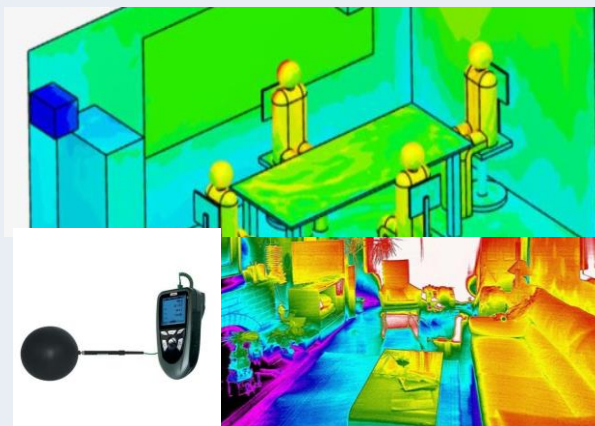


Рис. 2. Традиционные методы измерения средней радиационной температуры

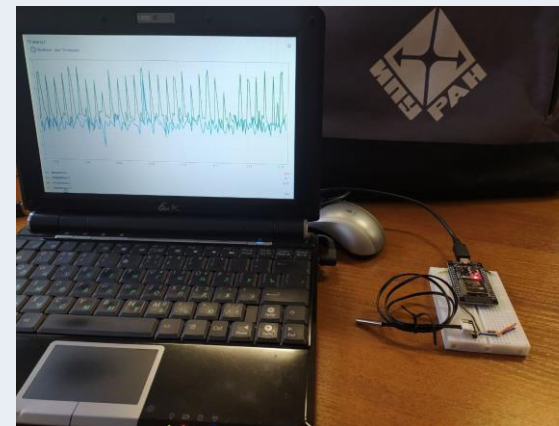


Рис. 3. Прототип на основе микроконтроллера ESP32 и температурного сенсора Pt1000

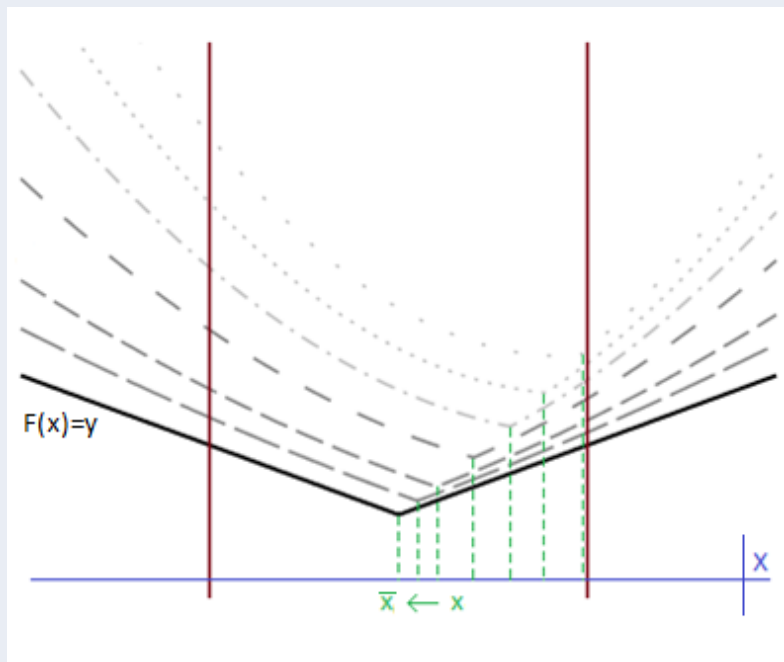
Лаб. № 37

Зав. лаб.
д.т.н.
Уткин А.В.

СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

Разрешимость нелинейных уравнений и оценки обратных функций

Исследован вопрос разрешимости нелинейного уравнения при значениях правой части, близких к заданному. Для него изучено понятие λ -укорочения и получена теорема единственности. Показано, что условие регулярности λ -укорочения достаточно для разрешимости рассматриваемого уравнения. Получены априорные оценки решения. Эти результаты использованы при определении существования решения в задачах теории управления, в частности, в задаче преследования летательного аппарата.



$$\begin{aligned} F(x) &= y, \quad y \in \mathbb{R}^n \\ \|x - \bar{x}\| &< \text{const} \|F(\bar{x}) - y\|^{\lambda/\alpha} \\ \alpha &= \max\{\alpha_1, \dots, \alpha_n\} \end{aligned}$$

Оценка решения нелинейного уравнения с помощью невязки в рациональной степени

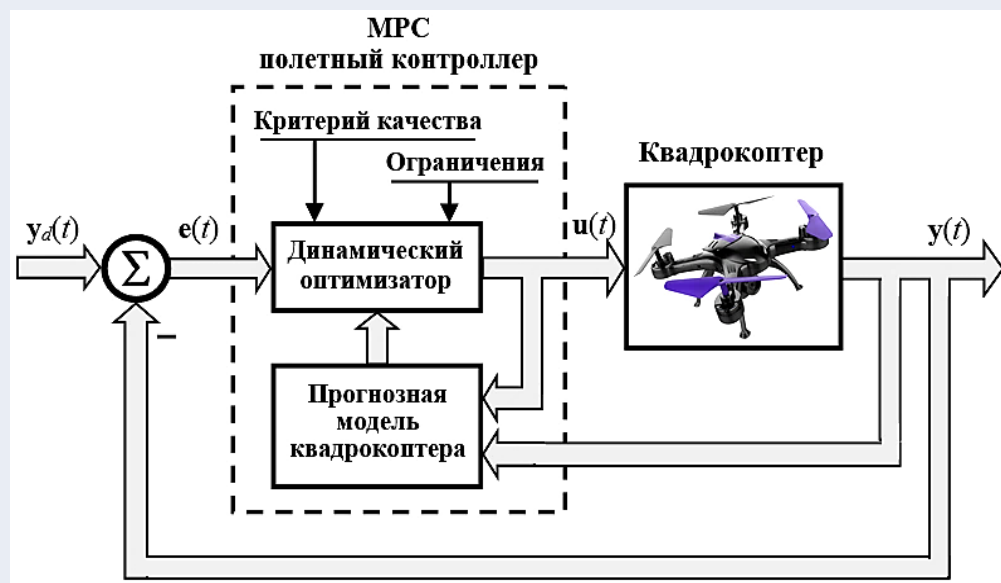
Лаб. № 45

Зав. лаб.
д.ф.-м.н.
Арутюнов А.В.

СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

Алгоритмы робастного управления полетом квадрокоптера в условиях изменения полезной нагрузки

Разработан MPC-алгоритм управления полетом квадрокоптера. Проведено сравнение с существующими алгоритмами. Показано, что предложенный алгоритм обеспечивает робастность в условиях изменения полезной нагрузки.



САУ с упреждающим управлением

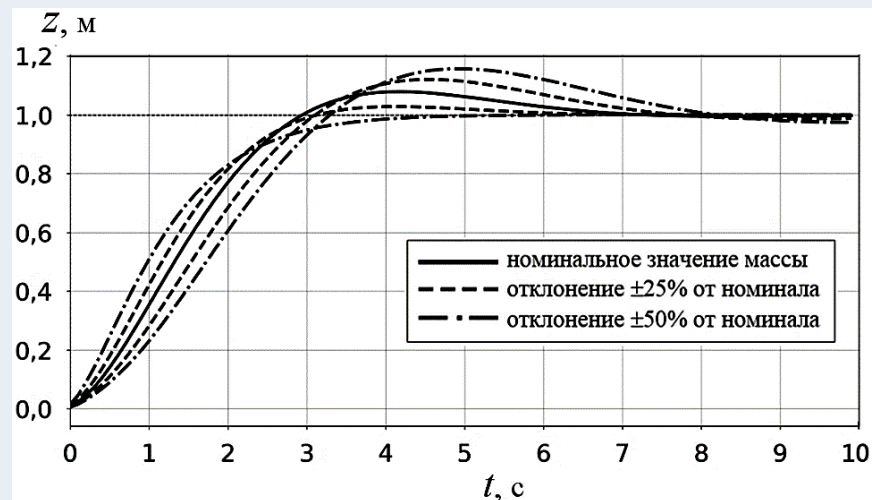
$$\mathbf{x}_{i+1} = \mathbf{F}(\mathbf{x}_i, \mathbf{u}_i), \quad \mathbf{y}_i = \mathbf{C}\mathbf{x}_i, \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \mathbf{y}_i - \mathbf{y}_{di} = 0, \quad i = 0, 1, \dots,$$

$$X = \{\mathbf{x}_i \in R^n : \mathbf{x}_{i \min} \leq \mathbf{x}_i \leq \mathbf{x}_{i \max}, \forall i\},$$

$$U = \{\mathbf{u}_i \in R^r : \mathbf{u}_{i \min} \leq \mathbf{u}_i \leq \mathbf{u}_{i \max}, \forall i\},$$

$$\sum_{i=0}^{T_y} (\mathbf{y}_i - \mathbf{y}_{di})^T \mathbf{Q}_y (\mathbf{y}_i - \mathbf{y}_{di}) + \sum_{i=0}^{T_u} (\mathbf{u}_i - \mathbf{u}_0)^T \mathbf{Q}_u (\mathbf{u}_i - \mathbf{u}_0) \rightarrow \min_{\mathbf{u}_0, \dots, \mathbf{u}_{T_u}}.$$

Математическая формализация задачи оптимального упреждающего управления



Анализ робастности алгоритма управления при изменении полезной нагрузки

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

Метод ветвей и границ применен для решения одноприборной задачи минимизации платы за внешние ресурсы при наличии ограничений предшествования.

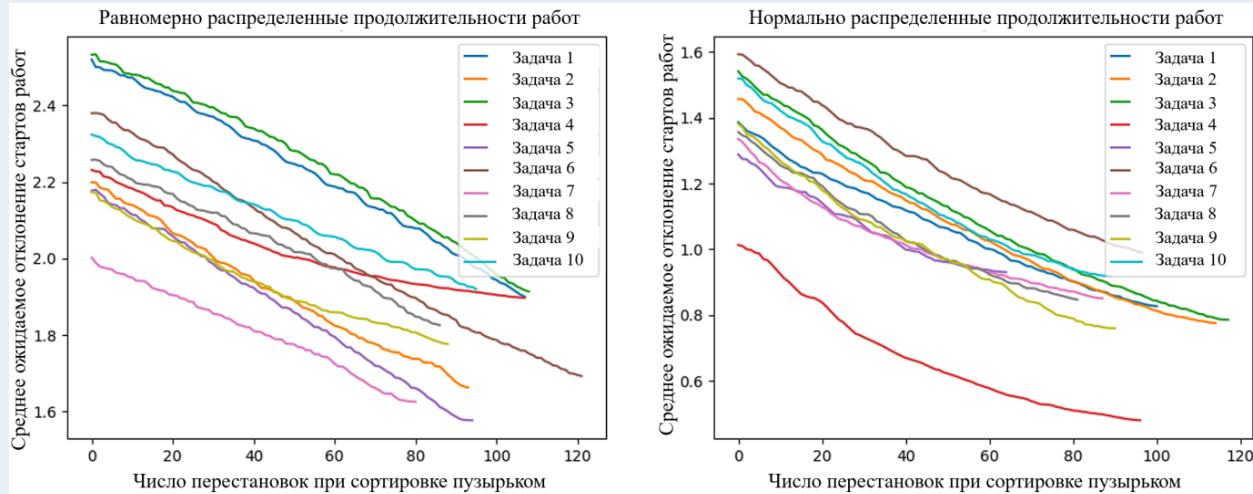
Описаны новые свойства полиномиально и псевдополиномиально разрешимых случаев задачи $1|r_j|L_{\max}$.

Разработаны алгоритмы поиска устойчивых решений стохастической однопроцессорной задачи теории расписаний в случае, когда изменение расписания возможно только сдвигом вправо.

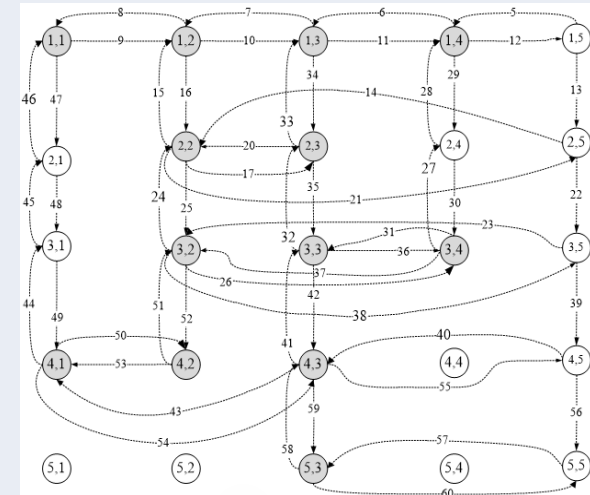
Для решения задач Flow Shop и Job Shop совместно с лаб. 49 разработан аппарат рекурсивных функций.

Лаб. № 68

Зав. лаб.
д.ф.-м.н.
Лазарев А.А.



Сортировка работ по надежности



СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

Методы управления ресурсами в задачах теории расписаний и дискретной оптимизации

Построены математические модели и алгоритмы решения задачи оптимизации работы сортировочного центра (СЦ). Тестирование алгоритмов показало возможность применения разработанного подхода для задачи формирования поездов на сортировочной станции. Размерность решаемых разработанным подходом задач превосходит размеры максимально загруженных железнодорожных станций России.

Разработана модель оценки загрузки железнодорожных путей и согласования заявок на перевозку грузов. Проведена апробация на псевдореальных данных для Западно-Сибирской железной дороги.

Лаб. № 68

Зав. лаб.
д.ф.-м.н.
Лазарев А.А.

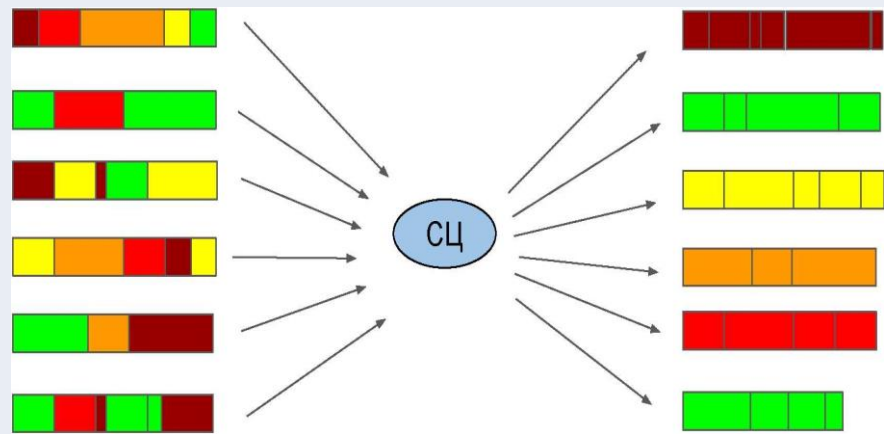


Схема работы
сортировочного центра



Схема Западно-Сибирской
железнодорожной

СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

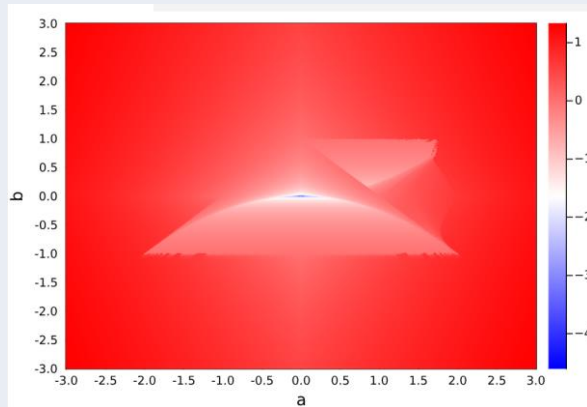
Методы анализа и моделирования дискретных нелинейных систем и процессов в условиях неполноты данных

Разработан и исследован нейросетевой метод анализа фазовых пространств существенно нелинейных дискретных отображений с памятью. Метод является безытерационным и позволяет выявлять области хаотической динамики.

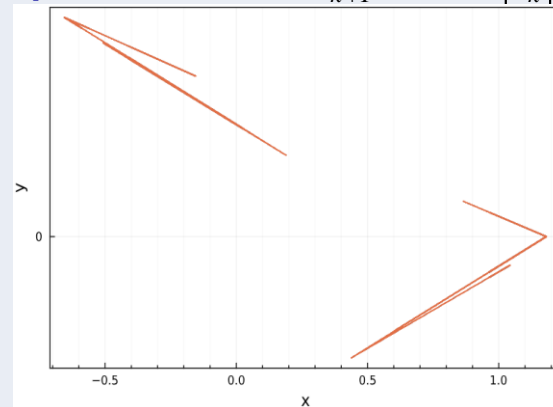
Получены первые результаты по символному управлению (в режиме подавления хаоса) существенно нелинейными дискретными отображениями с памятью и квазигиперболическими аттракторами.

Экспериментально выявлен факт ограниченности меры Громова-Вассерштайна в задаче прямого сравнения изображений (эта мера адекватно оценивает близость изображений только в существенно низкоэнтропийных случаях).

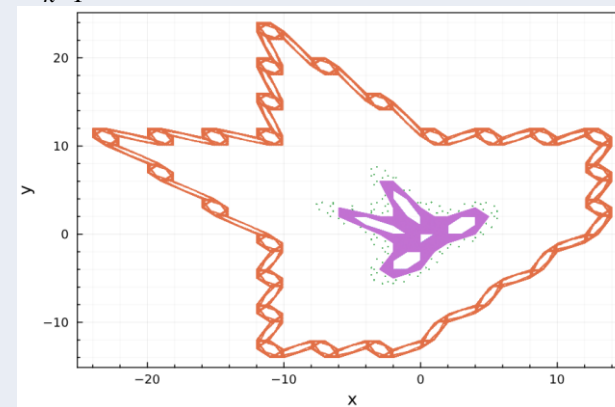
Отображение Лози: $s_{k+1} = 1 - a|s_k| + bs_{k-1}$



**Карта режимов
для отображения Лози**



**Квазигиперболический
хаотический аттрактор
отображения Лози**



**Нехаотические режимы
динамики отображения Лози**

Лаб. № 77

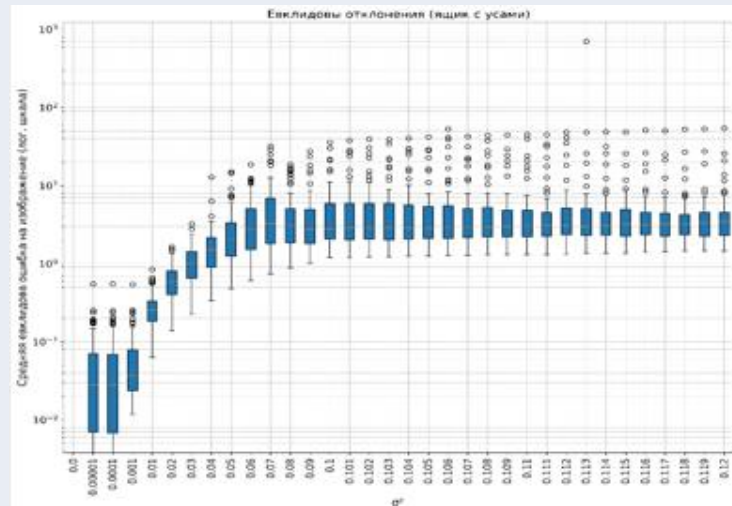
Зав. лаб.
К.Т.Н.
Макаренко А.В.

СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

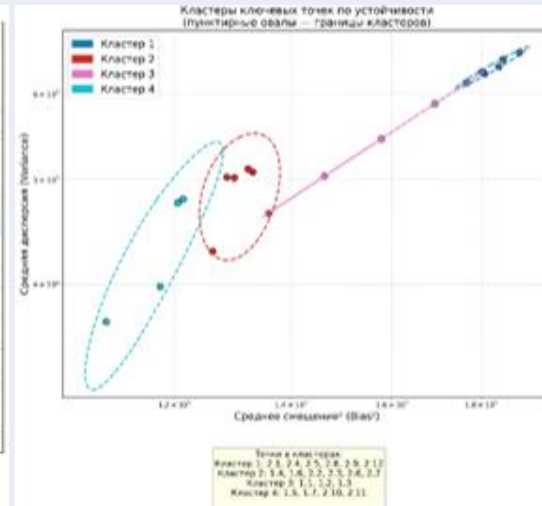
Машинное зрение, анализ сигналов и робототехника

Экспериментально исследован вопрос устойчивости нейросетевых алгоритмов выделения ключевых точек на изображении к аддитивному гауссову шуму.

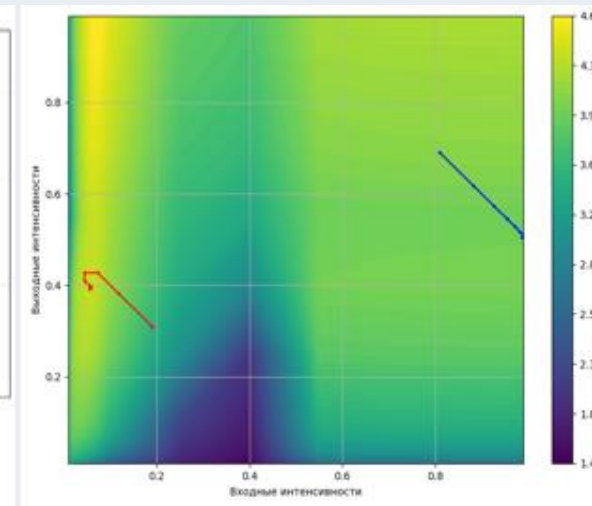
Разработан алгоритм и программное обеспечение для адаптивного и управляемого выравнивания яркости и контрастности как отдельных видеок кадров (изображений), так и видеороликов (последовательностей изображений) в целом (в том числе последовательной группы видеороликов). Алгоритм позволяет нивелировать тренды и модуляцию освещенности, а также импульсные выбросы экспозиции. Программное обеспечение позволяет повысить информативность видеок кадров и качество и устойчивость функционирования аналитических алгоритмов машинного зрения.



Зависимость квантилей ошибки определения нейросетью координат ключевых точек от интенсивности гауссового шума



Кластеризация ошибок определения координат ключевых точек



Сходимость алгоритма выравнивания яркости и контрастности

Лаб. № 77

Зав. лаб.
К.Т.Н.
Макаренко А.В.

СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

Планирование маршрутов движения автономных роботов и агентное моделирование

Разработан алгоритм квазиоптимальной маршрутизации мобильного робота в условиях ситуационной неопределенности на основе аппарата вероятностных конечных автоматов и метода эволюционного программирования.

Разработаны математические модели итеративного научения простому моторному навыку при вариации числа перерывов в обучении.

Разработано описание графом знаний среды с неопределенностью, в которой агент анализирует данные со степенью детализации, зависимой от неопределенности среды.

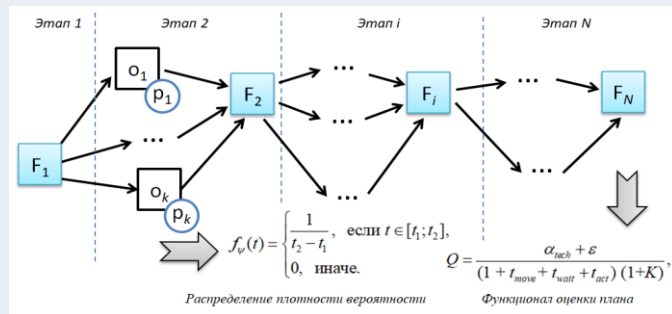
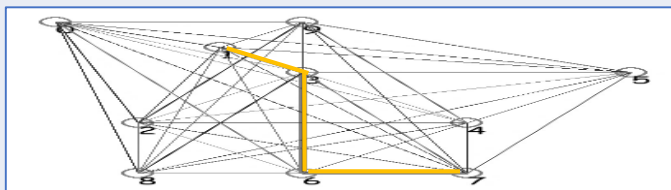


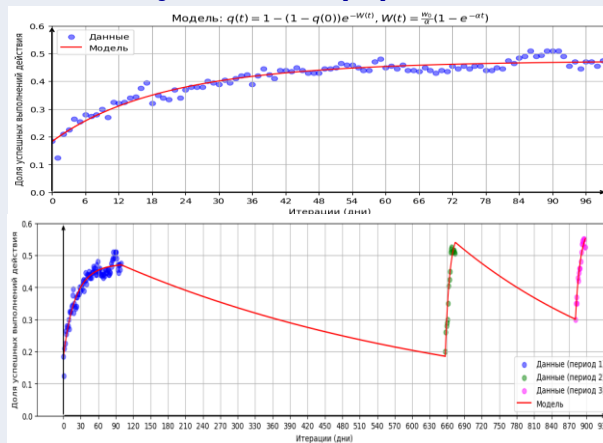
Схема оценки эффективности решения сценарной задачи с неопределенностью в доступности целей



Имитационная модель среды и выбранный маршрут движения робота

$$q(t) = \begin{cases} 1 - [1 - q(0)]e^{-W(t)}, t \in [0; \tau]; \\ 1 - [1 - q(0)]e^{-W(\tau)}, t \in [\tau; \tau + \Delta]; \\ 1 - [(1 - q(0))e^{-W(\tau)}]e^{-W(t - \tau - \Delta)}, t \geq \tau + \Delta. \end{cases}$$

Уровень научения в модели обучения с перерывами



Эксперимент с вариацией числа перерывов в обучении

$\Gamma_{ag} = (V_{ag}, E_{ag}, \Lambda_{V_{ag}}, \Lambda_{E_{ag}}, I, \varphi_{V_{ag}}, \varphi_{E_{ag}}) \in \mathcal{G}$,
где V_{ag} – множество вершин Γ_{ag} , E_{ag} – множество ребер Γ_{ag} ,
 I_{ag} – функция инцидентности Γ_{ag} , функция атрибутов вершин
 $\varphi_{V_{ag}} : V_{ag} \rightarrow \Lambda_{V_{ag}} \subseteq \mathbb{R}^p$, функция атрибутов ребер $\varphi_{E_{ag}} : E_{ag} \rightarrow \Lambda_{E_{ag}} \subseteq \mathbb{R}^q$.

Описание внешней среды автономного агента графом

- 0) Пусть $t = 0$, начальные значения – θ, p, o , начальное отражение – $\Gamma_{ag}, \mathcal{U}(t) = \mathcal{U}_{\theta, p}(\Gamma_{ag})$.
- 1) Проанализировать окрестность $\mathcal{U}(t)$ для графа $\Gamma_{ag}(t)$, который наиболее соответствует реальности,

$$\Gamma_{ag}(t) \in \text{Arg } \max_{\Gamma' \in \mathcal{U}(t)} \text{correct}(\Gamma').$$

- 2) Если $\text{correct}(\Gamma_{ag}(t)) \geq o$, перейти к шагу 6, иначе перейти к шагу 3.
- 3) Пусть $t := t + 1$.
- 4) Построить окрестность $\mathcal{U}(t) = \mathcal{U}_{\theta, p}(\Gamma_{ag}(t))$.
- 5) Перейти к шагу 1.
- 6) Конец.

Алгоритм уточнения графа внешней среды

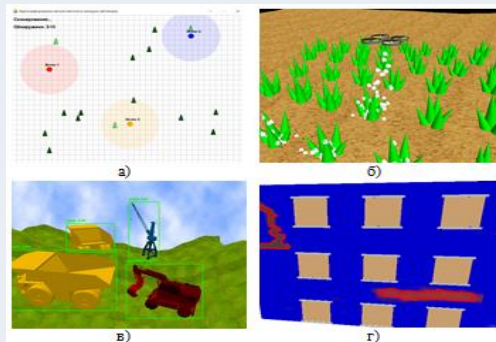
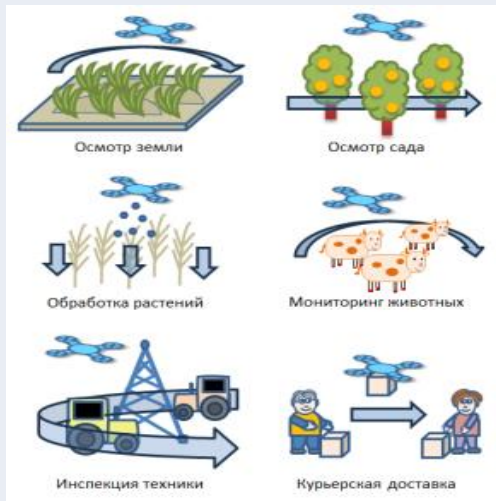
Лаб. № 90

Зав. лаб.
д.ф.-м.н.
Кузнецов А.В.

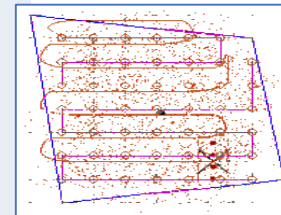
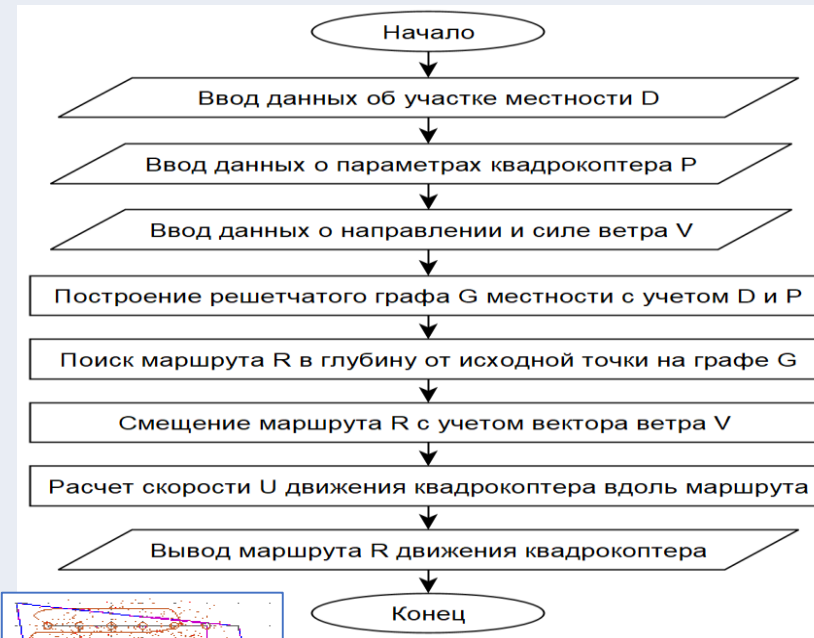
СЕКЦИЯ 1: Теория систем управления

Средства автоматизации деятельности сельскохозяйственных предприятий, использующих БПЛА

Разработан алгоритм и имитационная модель управления автономным квадрокоптером в задачах мониторинга и обработки местности химическими средствами защиты растений с применением поиска на графе в глубину с учетом ветра, температуры и других погодных условий.



Задачи АПК, решаемые при помощи БПЛА



$$Q_U = 1 - \frac{\iint_D |\rho_{spray}(x, y) - \bar{\rho}_{spray}| \cdot dx dy}{\iint_D \bar{\rho}_{spray} dx dy}.$$

Алгоритм аэрозольной обработки
местности автономным
квадрокоптером

Лаб. № 90

Зав. лаб.
д.ф.-м.н.
Кузнецов А.В.

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

Алгоритмы и оптимизационные задачи на графах

Разработан новый распределенный алгоритм нумерации вершин корневого неориентированного графа, который в процессе нумерации строит остовное дерево, являющееся при этом деревом обхода в ширину (рис. 1). Приведены оценки сложности алгоритма. Алгоритм может быть использован в групповой робототехнике при восстановлении нарушенных связей между роботами.

В задаче поиска числа доминирования расширено множество специальных случаев, для которых найдена функция попарного сходства. Эвристические решения для полного графа и регулярного графа, а также полиномиальный алгоритм для дерева обобщены на более широкий класс топологий (рис. 2).

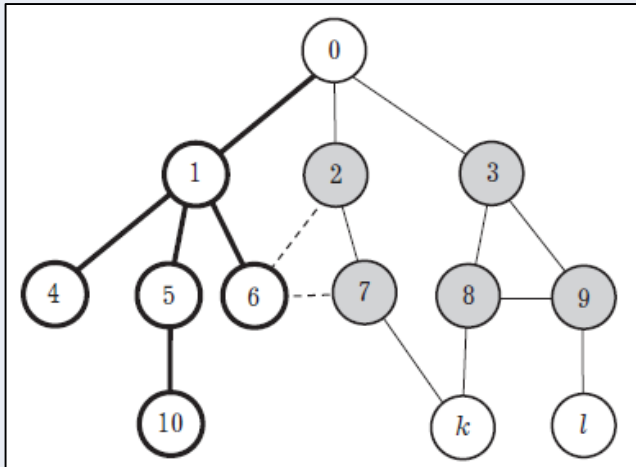


Рис. 1. Промежуточный шаг работы алгоритма нумерации вершин и построения остовного дерева

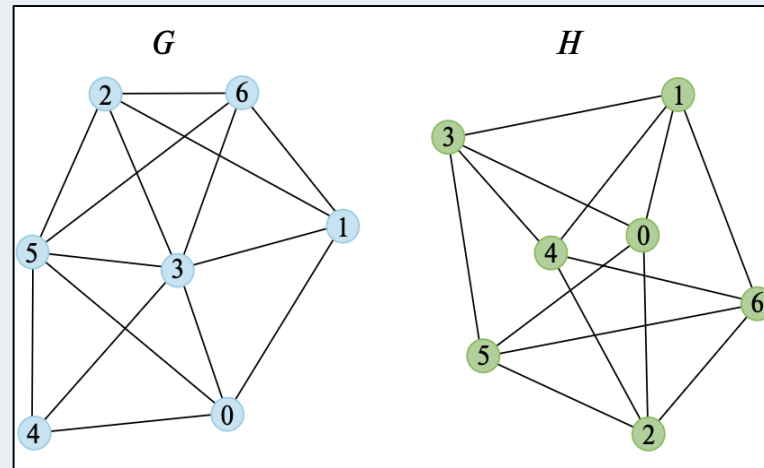


Рис. 2. Исходный граф G и ближайший специальный случай: 4-регулярный граф H

Лаб. № 11

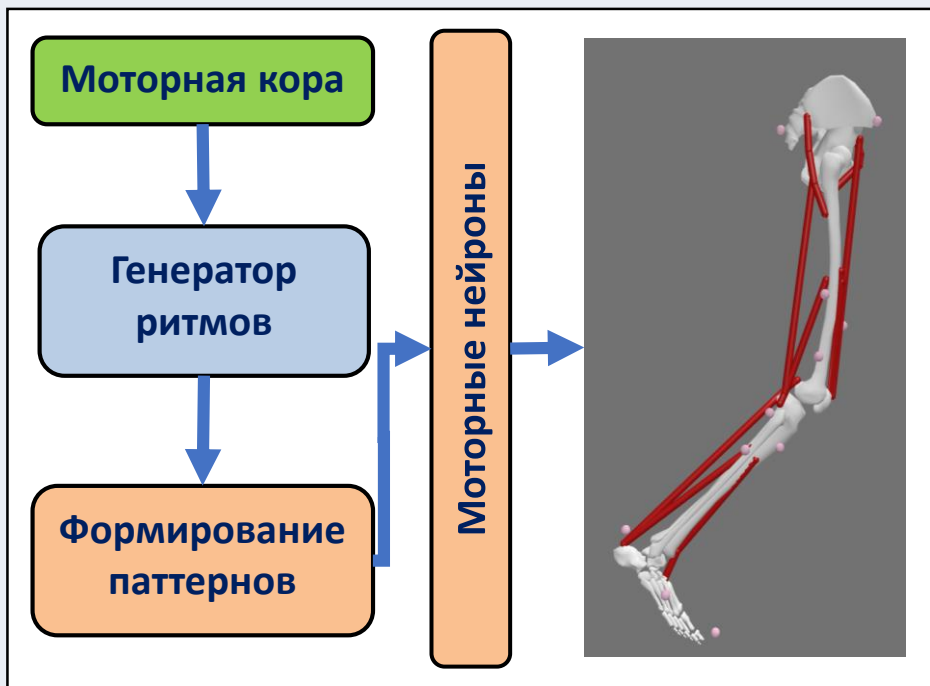
Зав. лаб.
д.ф.-м.н.
Жилякова Л.Ю

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

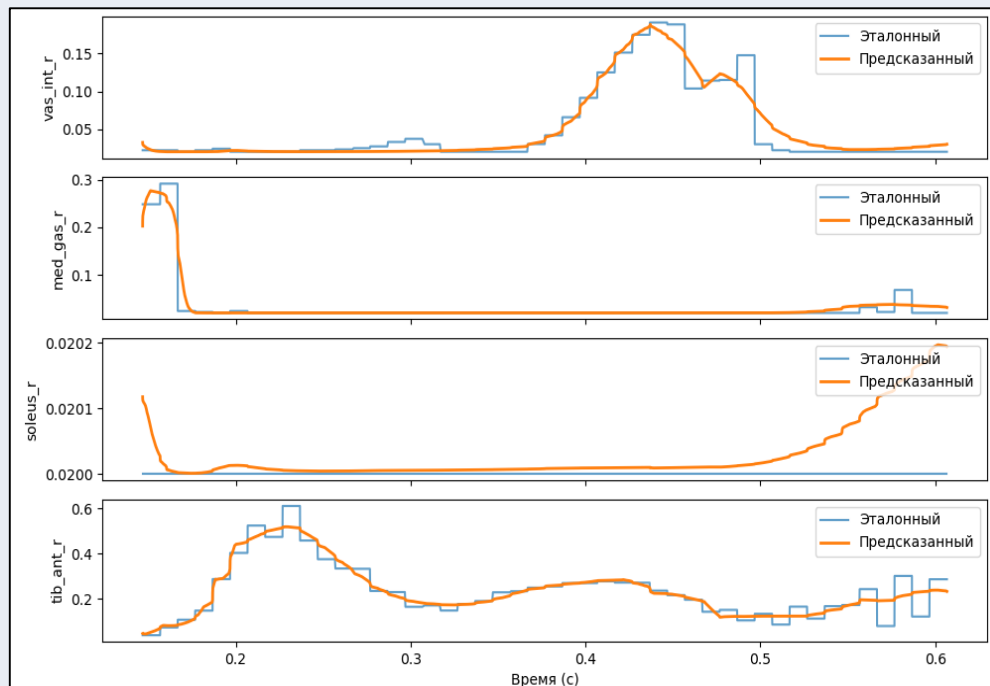
Модели биологически правдоподобного управления движениями

Разработан метод обучения искусственного генератора ритмов с настраиваемыми задержками.

Сеть из 10-20 биологических нейронов показала эффективность на 40-70% выше (в задаче копирования разных движений ноги - 6 степеней свободы, 9 мышц) по сравнению с классической многослойной сетью с 256 скрытыми нейронами.



Архитектура сети



Эталонные и предсказанные активации мышц

Лаб. № 11

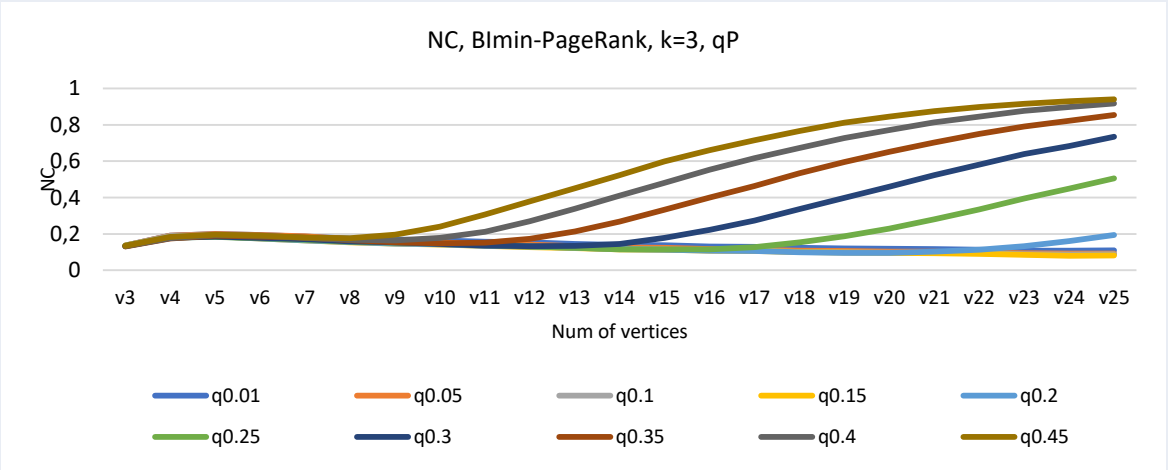
Зав. лаб.
д.ф.-м.н.
Жилякова Л.Ю

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

Новые сетевые индексы центральности с учетом минимальных критических групп

Предложены новые индексы центральности - Bundle minimal index (Blmin) и Pivotal minimal index (Plmin) - в сетях с учетом групповых связей вершин сети на основе минимальных критических множеств, определяемых параметрами вершин (квотами). Произведен расчет индекса попарного рассогласования (NC) между новыми индексами центральности и известными: In-degree, PageRank и Eigenvector. Индекс рассогласования NC определен как среднее нормированное отклонение рангов вершин, входящих в Top-г по одному индексу центральности, по сравнению с другим индексом центральности.

Показано, что с ростом квоты рассогласование для Top-г вершин между новыми и известными индексами центральности растет с увеличением размера сети. Показано также, что значения рассогласования становятся меньше с ослаблением ограничения на размер критического множества.



Индекс рассогласования NC между центральностями Blmin и PageRank в зависимости от размера сети для различных значений квоты

Лаб. № 25

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Губанов Д.А.

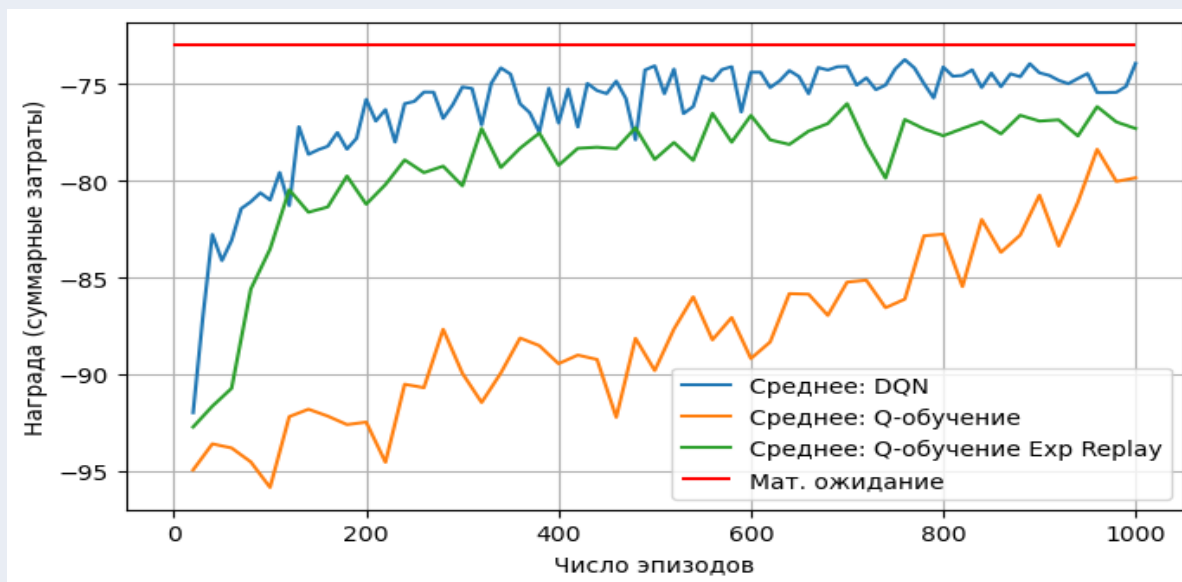
СЕКЦИЯ 2: Управление социально-экономическими и медико-биологическими системами

Алгоритмы машинного обучения для оценки параметров стратегий переключения каналов в системах массового обслуживания

Исследованы безмодельные алгоритмы обучения с подкреплением как инструмент формирования оптимального управления каналами обслуживания в марковском процессе принятия решений.

В случае известной матрицы вероятностей переходов наилучшие результаты показал алгоритм итерации значений.

Эффективная многоуровневая нейронная сеть реализована в пакете Stable-Baselines3.



Сравнение алгоритмов машинного обучения

Лаб. № 25

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Губанов Д.А.

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

Аналитическая модель стоимости развитых компаний

Задачи:

- разработка модели стоимости по дисконтированным денежным потокам (ДДП);
- постановка задачи максимизации стоимости;
- сбор данных об объектах;
- идентификация параметров модели;
- оценка точности модели.

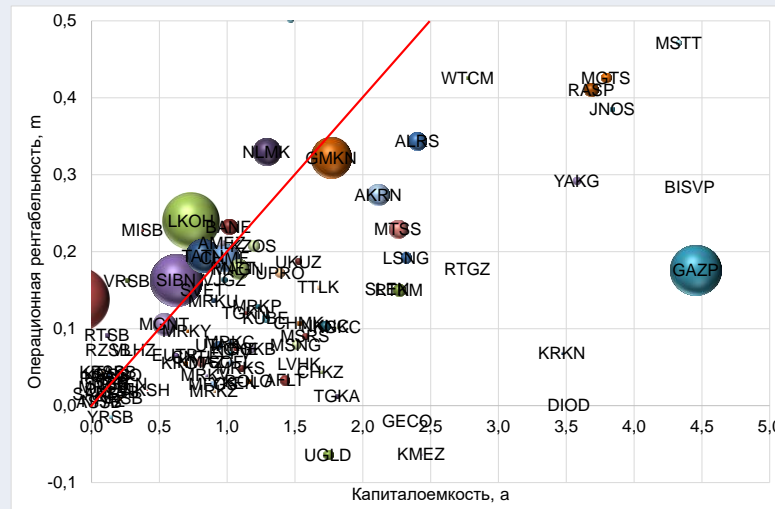
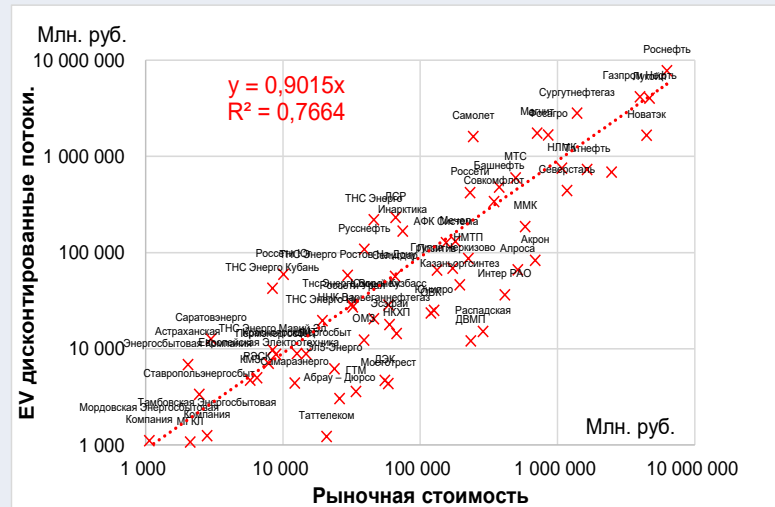
Для организаций России:

- аналитическая ДДП-модель демонстрирует высокую объяснительную силу, на 90% описывая значения из совокупности рыночных стоимостей;
- большинство компаний инвестиционно не привлекательны (81 из 131 рассматриваемых).

$$MC = S_0 \frac{1+s}{s-r} \left(\left(\frac{1+s}{1+r} \right)^T \frac{(s-g)}{(r-g)} (m - a r) - (m - a s) \right) - D$$

MC – капитализация компании, S_0 – выручка компании начального периода, m – операционная прибыльность, a – капиталоемкость, s – прирост выручки, T – прогнозный период, g – постпрогнозный рост, r – ставка дисконтирования, D – долг

Анализ 131 компании фондового рынка РФ



Лаб. № 33

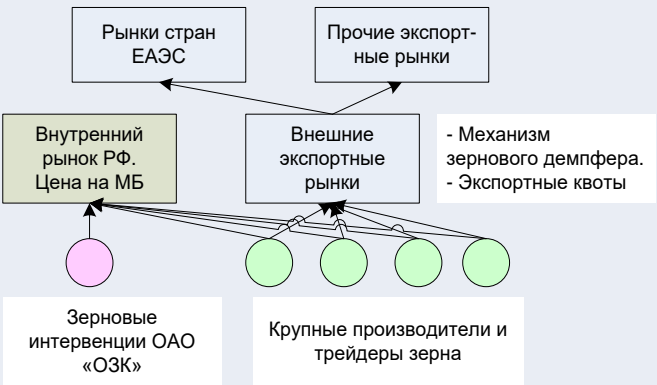
Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Дранко О.И.

Модели влияния экспортных ограничений на цены внутреннего рынка

Рассмотрена задача регулирования деятельности компаний-экспортеров со стороны государства с целью сдерживания инфляции на важнейшие виды продукции сельского хозяйства.

Предложен подход к моделированию, который учитывает взаимодействия между участниками рынка и позволяет согласовать интересы независимых производителей и государства.

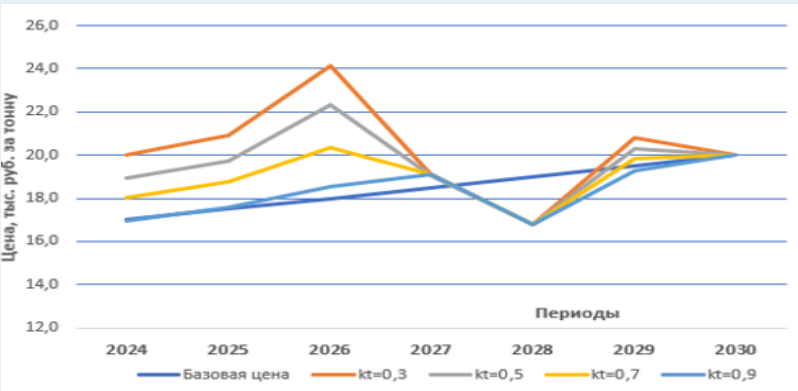
Даны математическая формулировка исследуемой задачи и методы ее решения. Приведены результаты сценарного анализа влияния параметров экспортных ограничений на внутренние цены на примере рынка пшеницы.



Структура участников рынка зерна РФ

$$\begin{aligned} &\max_{s_{im}, k_t, Q_m} \sum_{t=1}^T \left[\left(a_t - b_t \sum_{i=1}^I s_{i,1,t} \right) s_{i,1,t} + \sum_{m=2}^M \left(P_{m,t} - c_{m,t} - (P_{m,t}^f - P_t^*) k_t \right) s_{i,m,t} \right] \\ &x_{i,t} - \sum_{m=1}^M s_{i,m,t} \geq 0 \quad \forall i, t \\ &Q_{m,t} - \sum_{i=1}^I s_{i,m,t} \geq 0 \quad \forall m, t \\ &P_t^* - \left(a_t - b_t \sum_{i=1}^I s_{i,1,t} \right) \geq 0 \\ &s_{i,m,t} \geq 0, \quad Q_{m,t} \geq 0, \quad 0 \leq k_t \leq 1 \quad \forall i, m, t \end{aligned}$$

Математическая формулировка задачи



Зависимость внутренней цены на зерно от ставки экспортной пошлины

Лаб. № 33

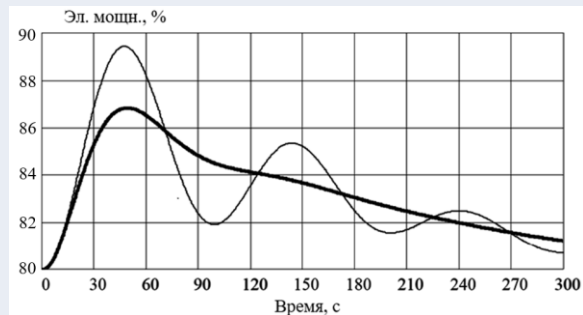
Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Дранко О.И.

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

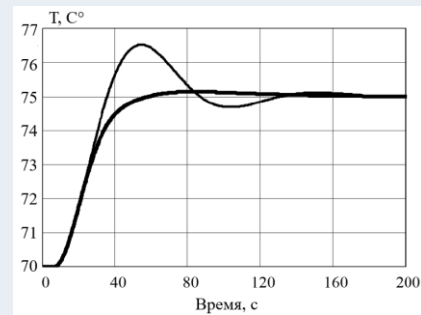
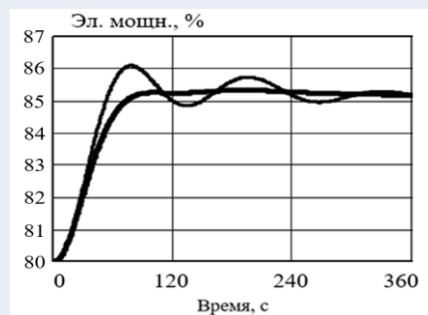
Прогностические системы автоматического регулирования для объектов электро/тепло-генерации (совместно с НИУ «МЭИ»)

Предложены алгоритмы повышения качества регулирования за счет применения принципа управления по прогнозированию регулируемой величины. Прогностический регулятор состоит из двух частей: собственно регулятора с типовым законом регулирования и предвключенного элемента прогнозирования с передаточной функцией. Элемент прогнозирования преобразует разность заданного и текущего значения регулируемой величины в сигнал ожидаемой через время ошибки регулирования, по которой формируется регулирующее воздействие.

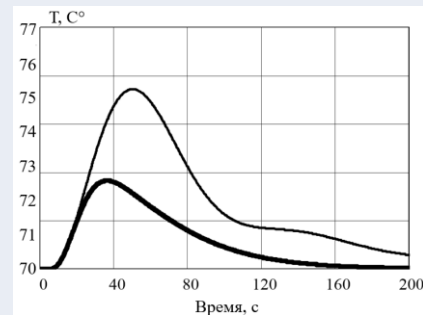
1. Применение предложенного принципа показывает значительное улучшение качества регулирования: в одноконтурных системах автоматического регулирования - обеспечивает повышение качества регулирования (снижения квадратической ошибки) до 1.5 раз при одновременном повышении запаса устойчивости (переход от колебательных процессов к апериодическим);
2. Применение разработанного принципа управления возможно как для линейных, так и для нелинейных алгоритмов, делает возможным синтез систем регулирования автономно, не требуя точной идентификации модели объекта.



Переходные процессы системы регулирования мощности энергоблока



Расчетный эксперимент в сравнении с предиктором Смита



Лаб. № 40

Зав. лаб.
К.Т.Н.
Пащенко А.Ф.

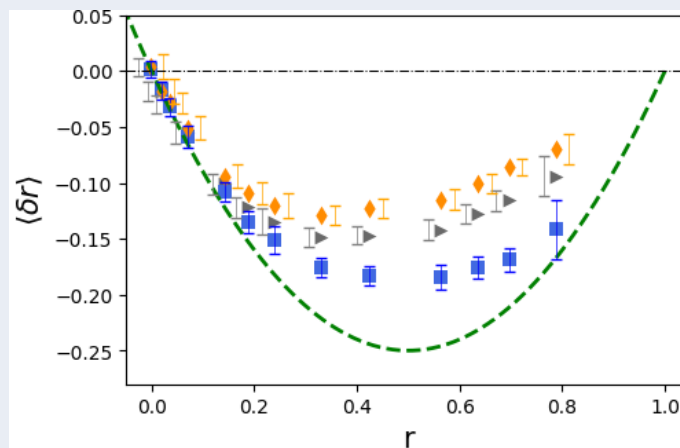
СЕКЦИЯ 2: Управление социально-экономическими и медико-биологическими системами

Модели и методы управления структурой сложных сетей

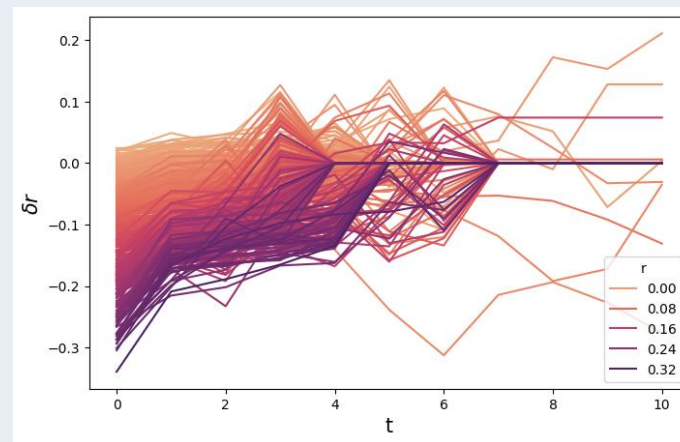
Разработана математическая модель управления сетевой структурой с заданным уровнем ассортативности относительно дискретной характеристики вершин. Цель управления – минимизация уровня ассортативности сетевой структуры. Множество допустимых управлений состоит из атомарных изменений структуры сети путем создания случайного ребра между вершинами, имеющими не менее заданного числа общих смежных вершин.

Получены аналитические оценки изменения уровня ассортативности для единичного порога. Обнаружено, что для ассортативной сетевой структуры создание нового ребра между вершинами, имеющими хотя бы одну общую смежную вершину, ведет к снижению уровня ассортативности. В случае $h = 2$ (бинарная переменная) зависимость имеет вид выпуклой вниз параболы.

Аналитические оценки валидированы на синтетических сетевых структурах. При помощи вычислительных экспериментов изучено влияние значения порога на изменение уровня ассортативности, обнаружены условия, при которых будет наблюдаться рост ассортативности.



Изменение уровня ассортативности при создании транзитивного ребра как функция текущего уровня ассортативности



Изменение уровня ассортативности при создании транзитивного ребра как функция порога

Лаб. № 57

Зав. лаб.
д.ф.-м.н.
Чхартшвили А.Г.

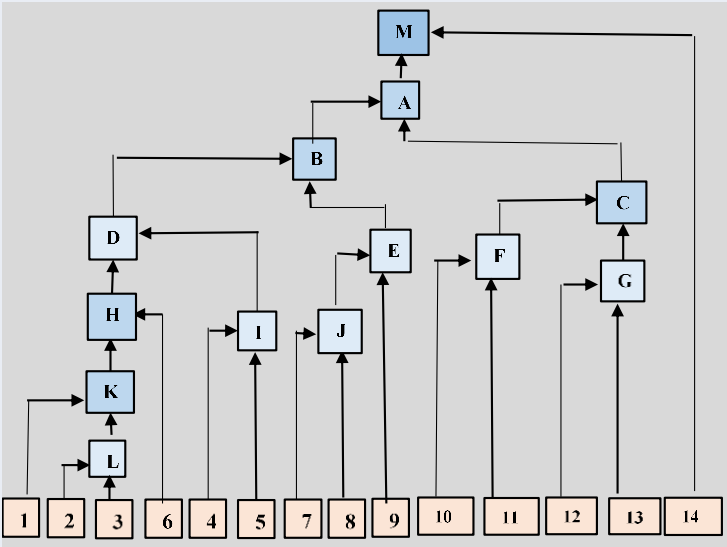
СЕКЦИЯ 2: Управление социально-экономическими и медико-биологическими системами

Система требований в области охраны окружающей среды к железнодорожному подвижному составу ОАО «РЖД»

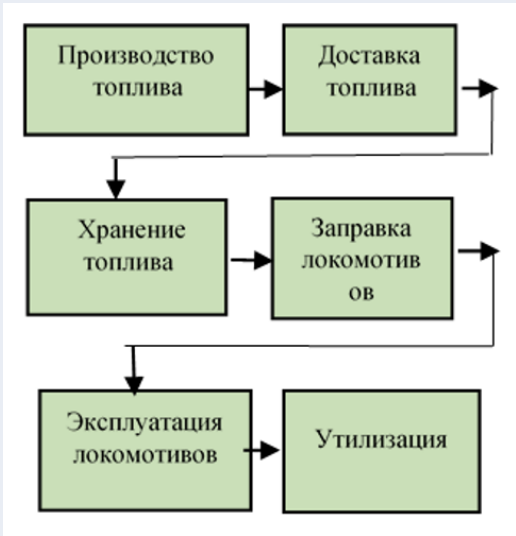
Разработаны комплексная оценка и механизм стимулирования внедрения экологических требований к локомотивам.

Разработаны организационные механизмы экологичной модернизации, капитального ремонта и эксплуатации локомотивов за счет снижения выбросов вредных веществ в отработанных газах.

Полученные результаты были использованы при разработке концепции требований к локомотивам ОАО «РЖД» в области охраны окружающей среды.



Структура комплексного оценивания
экологических требований



Согласованное стимулирование
в цепочке операций

Лаб. № 57

Зав. лаб.
д.ф.-м.н.
Чхартшвили А.Г.

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

Модели условий реализации инновационного сценария развития российской экономики

Разработан комплекс неодновременных нелинейных регрессионных моделей, позволивших выявить взаимно противоположные ограничения числовых значений важнейших макроэкономических индикаторов в современной экономике России.

Обоснованы ключевые условия реализации инновационного сценария развития российской экономики, обеспечивающего достижение технологического суверенитета, а именно:

- 1) повышение коэффициента монетизации российской экономики более чем на 30-40 п.п. за счет фидуциарной эмиссии денежной массы в целях долгосрочного финансирования ресурсоемких проектов;
- 2) повышение нормы накопления, в частности, существенное увеличение объема инвестиций в отрасли обрабатывающей промышленности;
- 3) удорожание труда и вместе с тем повышение стоимостного объема выпуска, приходящегося на единицу затрат на живой труд;
- 4) повышение коэффициента обновления основных фондов и коэффициента сменности уже имеющегося оборудования при незначительном увеличении численности предприятий обрабатывающей промышленности.



Принцип допустимых интервалов: экономика



Принцип допустимых интервалов: социальная сфера

Лаб. № 67

Зав. лаб.

Д.Э.Н.

Нижегородцев Р.М.

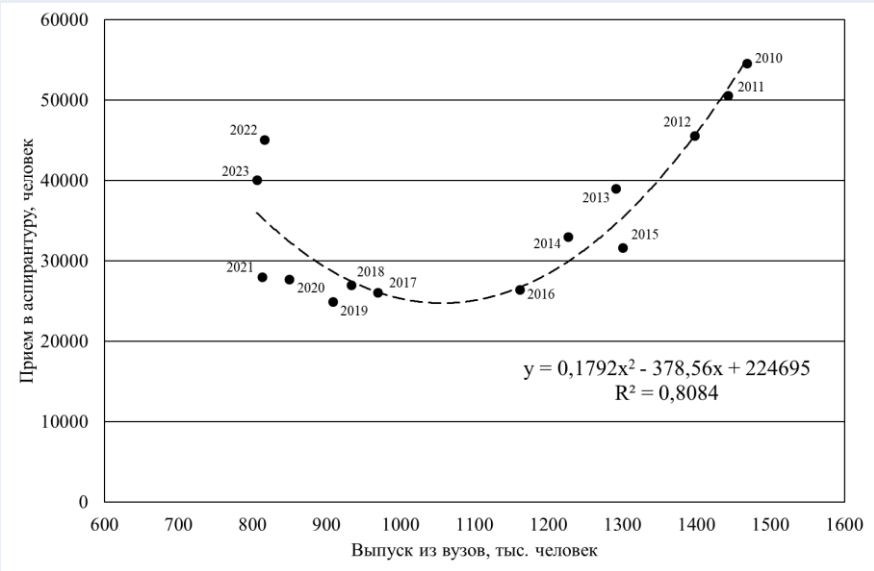
СЕКЦИЯ 2: Управление социально-экономическими и медико-биологическими системами

Прогнозирование численности работников, занятых исследованиями и разработками

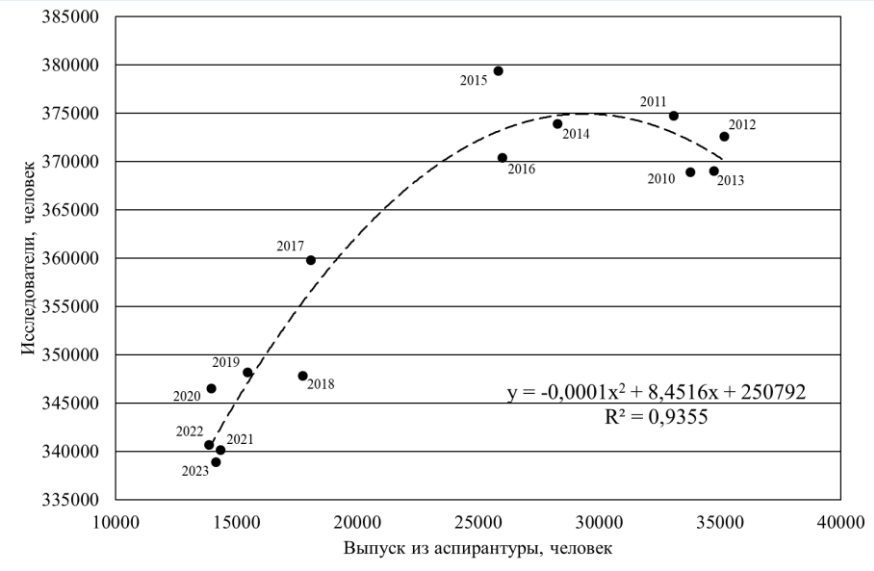
Разработана методика среднесрочного прогнозирования кадрового потенциала научно-исследовательских организаций в современной экономике России на основе комплекса нелинейных регрессионных моделей. Применение данного комплекса моделей позволило спрогнозировать, в частности, дальнейшее среднесрочное (в течение 3-4 лет) снижение абсолютной численности персонала научно-исследовательских организаций, занятого исследованиями и разработками, в том числе исследователей, имеющих ученую степень кандидата наук.

Лаб. № 67

Зав. лаб.
Д.Э.Н.
Нижегородцев Р.М.



Отношение между выпуском бакалавров, специалистов и магистров из вузов и приемом в аспирантуры в РФ в 2010-2023 гг.



Отношение между выпуском из аспирантуры и численностью исследователей, занятых научными исследованиями и разработками, в РФ в 2010-2023 гг.

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

Управление индивидуальным и общественным здоровьем

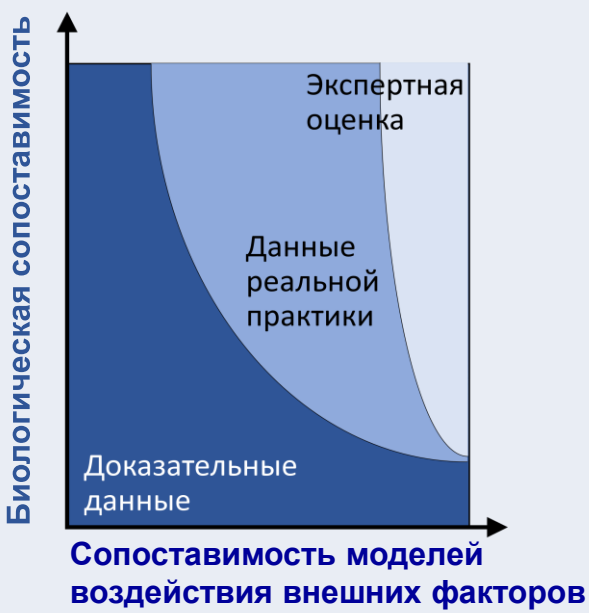
Представлена онтологическая модель формирования экспертной поддержки управленческих решений в здравоохранении, учитывающая последовательную трансформацию количественных и качественных данных в крупномасштабной системе.

Идентифицированы факторы, влияющие на «хрупкость» или устойчивость систем управления индивидуальным и общественным здоровьем.

Идентифицированы факторы, влияющие на возможность внедрения новых технологий и развития здравоохранения.



Этап внедрения медицинской технологии: соотношение доказательной (вероятностной) и экспертной (нечисловой) информации по безопасности и результативности



Этап использования медицинской технологии: соотношение доказательной (вероятностной) и экспертной (нечисловой) информации по безопасности и результативности

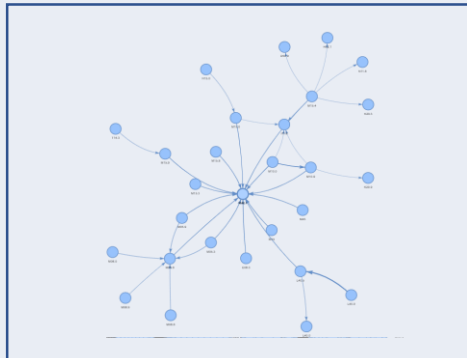
Лаб. № 81
Зав. лаб.
Д.М.Н.
Мешков Д.О.

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

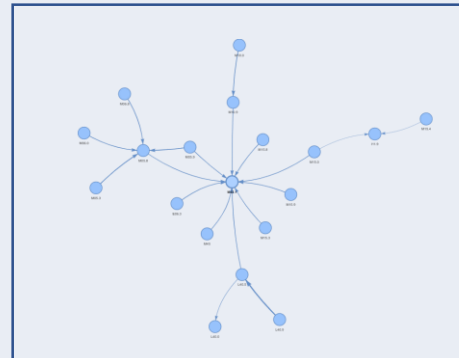
Управление индивидуальным и общественным здоровьем

Разработаны методы определения и прогнозирования потребности в медицинской помощи при ревматических заболеваниях с помощью «модели мультиморбидности, ориентированной на заболевание» на основе доступной медицинской статистики и демографических данных у мужчин и женщин, что дает возможность использовать более точный интегративный подход к оценке клинико-экономических результатов различных методов терапии и обосновать критерии эффективности применения инновационных медицинских технологий.

Показана возможность дальнейшего совершенствования и расширения «модели мультиморбидности, ориентированной на заболевание» с использованием в качестве маркерного заболевания группы нозологий, имеющих условно-вероятностную связь между собой и общие механизмы патогенеза, а также путем включения в модель социально-экономических детерминант здоровья.



*Связи между ревматическими заболеваниями
(коды МКБ-10) у мужчин*



*Связи между ревматическими заболеваниями
(коды МКБ-10) у женщин*

Лаб. № 81

Зав. лаб.
Д.М.Н.
Мешков Д.О.

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

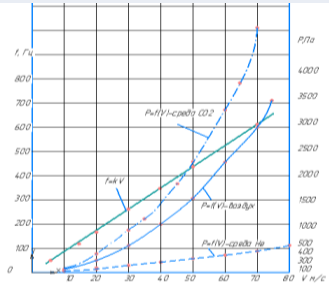
Технические средства преобразования физических величин в перспективных системах измерения и управления

Доказана независимость частоты колебаний информационных сигналов первичного преобразователя приемника воздушной скорости (ПВС) от плотности среды при постоянной скорости потока в приемном канале в рамках исследований по созданию первого (не имеющего аналогов) в мире микроструйного ПВС.

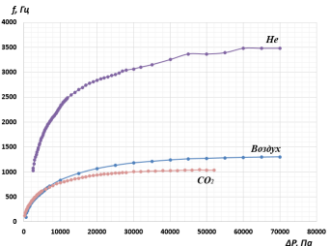
Показана универсальность математической модели семикаскадного расходомера для воздуха, гелия и двуокиси углерода, получены аналитические соотношения для расчета показателей степени экспонент модели с целью развития теории создания микроструйных средств измерения параметров потоков газообразных сред .

На основе анизотропных и спин-туннельных магниторезистивных (AMР и СТМР) элементов выявлены и исследованы современные тенденции построения гибридных наноструктур для разработки теоретических основ построения нового вида преобразователей микроструйных сигналов.

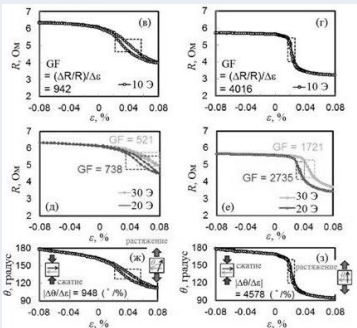
С целью увеличения помехоустойчивости и быстродействия средств измерения импеданса двухполюсников-преобразователей микроструйных сигналов с апериодической импульсной характеристикой предложен новый эффективный подход к организации измерительного процесса на основе фазочувствительного преобразования.



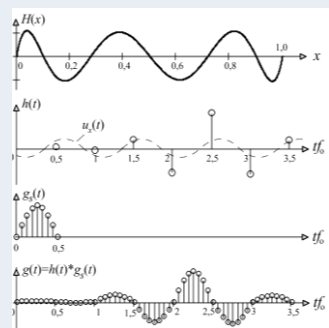
Передаточные характеристики ПВС



Передаточные характеристики семикаскадного расходомера



Передаточные характеристики СТМР элементов



Фазочувствительное преобразование

Лаб. № 2
Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Балабанов А.В.

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

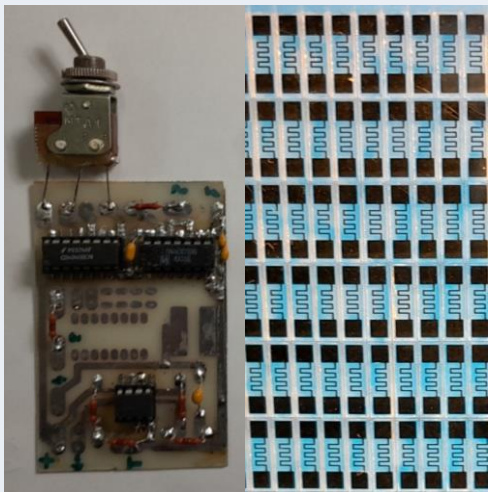
Технические средства преобразования физических величин в перспективных системах измерения и управления

Для верификации и развития разработанного теоретического аппарата в области дискретной микрофлюидики, а также для построения микроструйных датчиков нового поколения, созданы интегральные чувствительные элементы (ИЧЭ) для преобразования микроструйных сигналов термоанемометрическим методом.

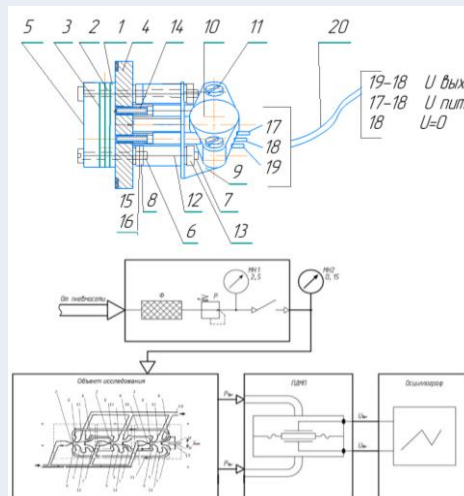
Создано устройство для экспериментального исследования передаточной характеристики ИЧЭ в диапазоне частот от 0 до 20 кГц.

Для проведения исследований по созданию принципиально нового вида приемника воздушной скорости разработан и изготовлен микроструйный мультивибратор (МСМВ) с малым дифференциальным давлением.

Создан экспериментальный стенд для исследования передаточных характеристик МСМВ.



ИЧЭ и устройство для их исследования



МСМВ и стенд для его исследования

Лаб. № 2

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Балабанов А.В.

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

Гетерогенные системы обслуживания и управления эргатическими комплексами и сетями

Исследованы теоретические основы и перспективы практического применения эргатических систем нового поколения с использованием искусственного интеллекта и робототехнических средств для решения задач управления в гетерогенных сетях. Актуальным представляется их моделирование многомодальными системами массового обслуживания (СМО).

Исследованы математические модели многомодальной передачи информации в виде двухпоточной гетерогенной бесконечнолинейной ресурсной СМО, а также СМО, на вход которой поступают два потока запросов случайного объема на различные типы ресурсов и один поток, который формирует запросы на оба ресурса.

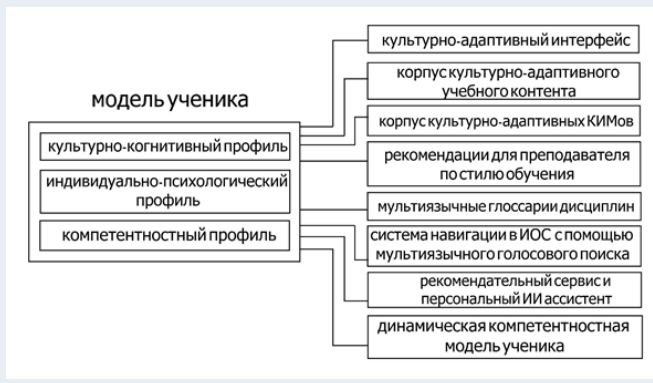
Построена архитектура поликультурной информационной образовательной среды (ИОС), учитывающая индивидуальные и культурные особенности обучающихся и объединяющая сетевые, речевые технологии (голосовой помощник, системы синхронного перевода, сурдосервер), адаптивный интерфейс, образовательный контент с возможностью персонализации, банк вариантов контрольно-измерительных материалов, элементы ИИ (ИИ-ассистенты).

Лаб. № 17

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Фархадов М.П.



Эргатические системы



Концептуальная модель поликультурной ИОС

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

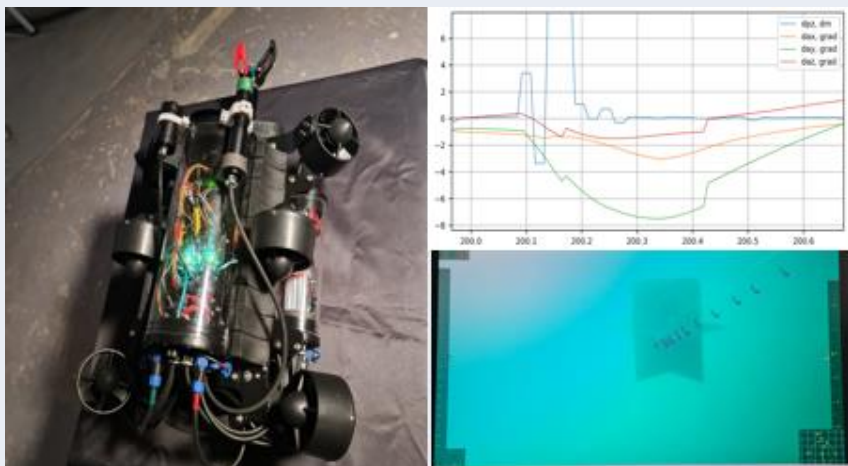
Программное и математическое обеспечение для многофункционального необитаемого подводного аппарата

Разработано программное и математическое обеспечение для многофункционального необитаемого подводного аппарата с целью расширения функциональных возможностей и повышения качества управления.

Исследованы особенности современных модемов систем гидроакустической связи с наилучшими характеристиками скорости и эффективности передачи информации. Предложен метод для расчета эффективности модуляции сигнала путем расчета среднего значения передаваемой информации на период гидроакустической волны в канале связи.

Лаб. № 17

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Фархадов М.П.



Система мониторинга и трекинга подводных объектов



Система автоматического позиционирования

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

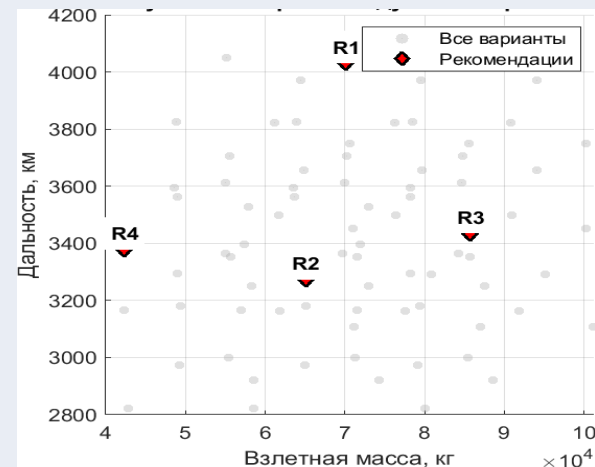
Методология обеспечения надежности при проектировании перспективных воздушных судов в условиях неопределенности

Формализованы экспертные оценки параметров надежности компонентов воздушных судов (ВС). Разработаны математические модели и алгоритмы генерации вариантов конфигураций ВС с расчетом интегральных показателей надежности. Созданы методы кластеризации для агрегации вариантов и выделения наиболее надежных конфигураций.

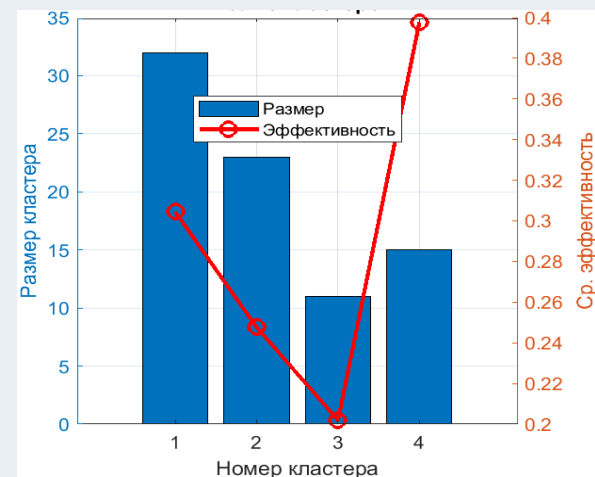
Проведена верификация предложенных методов на реальных данных российских ВС (МС-21-300, Ту-214, SSJ-100 «Суперджет»).

Разработанная методология обладает существенной практической ценностью для авиационной отрасли:

- ✓ сокращение времени проектирования на 40% за счет автоматизации процессов генерации и оценки надежности вариантов конфигураций;
- ✓ повышение объективности решений благодаря формализованным процедурам учета неопределенностей значений параметров надежности и безопасности;
- ✓ выявление инновационных решений через анализ нетривиальных комбинаций компонентов.



Выявление полученных рекомендаций с наилучшими показателями надежности



Анализ эффективности полученных кластеров воздушных судов

Лаб. № 27

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Филимонюк Л.Ю.

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

Стандарты глубокого анализа пакетов данных как средство обеспечения надежности передачи информации в промышленных сетях

С целью обеспечения импортонезависимости отечественного производства разработана система стандартов «Цифровая промышленность. Унифицированная архитектура».

Для обеспечения надежности и безопасности промышленных систем автоматизации технологических процессов разработаны нормы, определяющие технологию глубокого контроля пакетов данных.

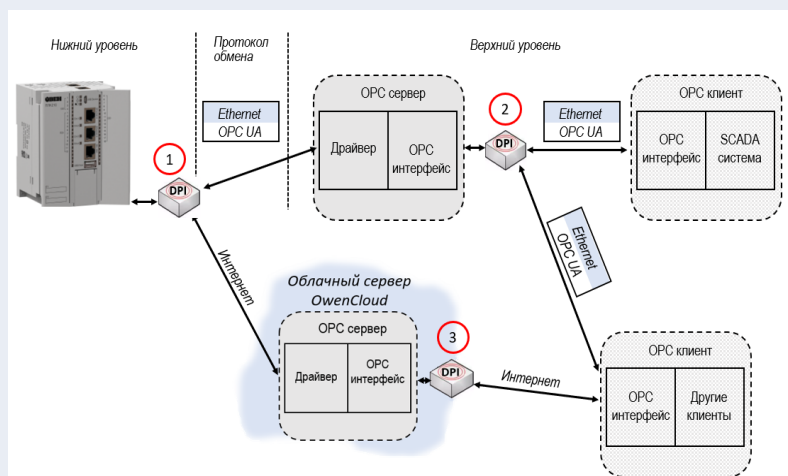
Показано, что соблюдение требований, предлагаемых для введения в нормативные документы, и положений, определяющих устойчивость транзакций, позволяет визуализировать существующий трафик, определять его узкие места, вводить алгоритмизацию в использование сетевых ресурсов, включая ее влияние на производительность сети и совместимость с различными протоколами.

Лаб. № 27

Зав. лаб.

Д.Т.Н.

Филимонюк Л.Ю.



**Структурная схема взаимодействия
клиентов и серверов с унифицированной архитектурой**

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

Систематизированный подход к расчету технико-экономических показателей АЭС



МОНОГРАФИЯ



Модуль БЛОК

Разработана комплексная методологическая основа для количественной оценки тепловой экономичности АЭС, включающая систематизированный подход к расчету ТЭП как инструмента мониторинга эффективности работы энергоблока АЭС.

Теоретическая значимость работы заключается в формализации алгоритмической базы для анализа энергетической эффективности оборудования АЭС на различных уровнях декомпозиции — от отдельных теплообменных элементов до энергоблока как единой термодинамической системы. Предложенный методологический аппарат обеспечивает концептуальную основу для построения специализированных программных средств численного анализа и визуального представления параметров тепловой экономичности энергоблоков АЭС.

Проведена модернизация технических средств системы верхнего уровня на АЭС «Куданкулам» (энергоблок 1) и АЭС «Бушер» (энергоблок 1) на основе отечественных процессорных блоков БЛОК и технологий ИПУ РАН, включая цифровые двойники, виртуализацию вычислительных сред, вейроны.

Лаб. № 31

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Полетыкин А.Г.

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

Системы массового обслуживания большой размерности с коррелированными входными потоками

Разработана методология исследования сложных систем массового обслуживания большой размерности с коррелированными входными потоками, для которых отсутствует решение традиционными методами теории очередей.

Разработан комплекс моделей, методов и алгоритмов для расчета вероятностно-временных характеристик ранее не исследованных многофазных стохастических систем, адекватно описывающих функционирование широкополосных беспроводных сетей нового поколения вдоль протяженных транспортных магистралей.

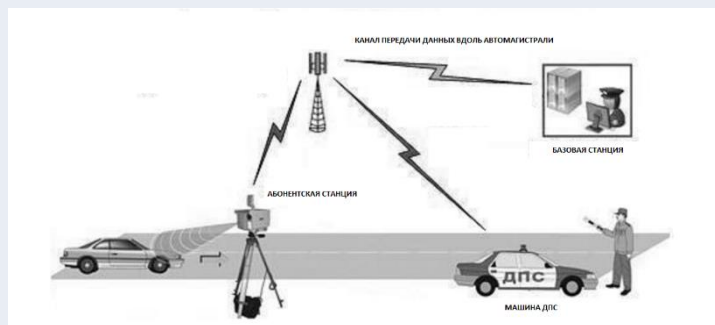
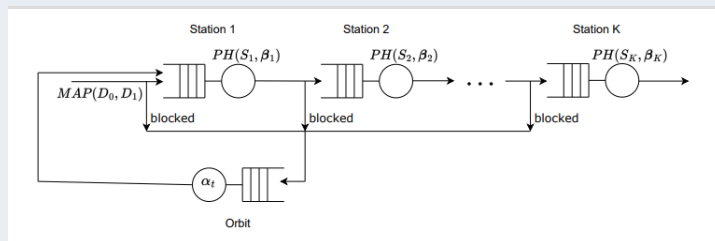


Схема передачи данных
в узле многофазной системы



Модель многофазной системы

В рамках математической модели предполагается, что на вход многофазной системы поступает коррелированный случайный поток пакетов, а обслуживание на каждой фазе характеризуется функцией распределения $B_i(t)$, первым и вторым моментами b_i и $b_i^{(2)}$ и преобразованием Лапласа-Стилтьеса $\tilde{B}_i(x) = \int_0^\infty e^{-xt} dB_i(t)$, $i = \overline{1, N}$.

Получившие отказ на любой фазе пакеты возвращаются через случайное время с функцией распределения $F(t)$ для обслуживания на первой фазе, что адекватно моделирует протокол доставки пакетов в сети с линейной топологией.

Для оценки характеристик производительности беспроводной сети большой размерности был разработан матрично-аналитический подход, а также комбинация методов имитационного моделирования и машинного обучения.

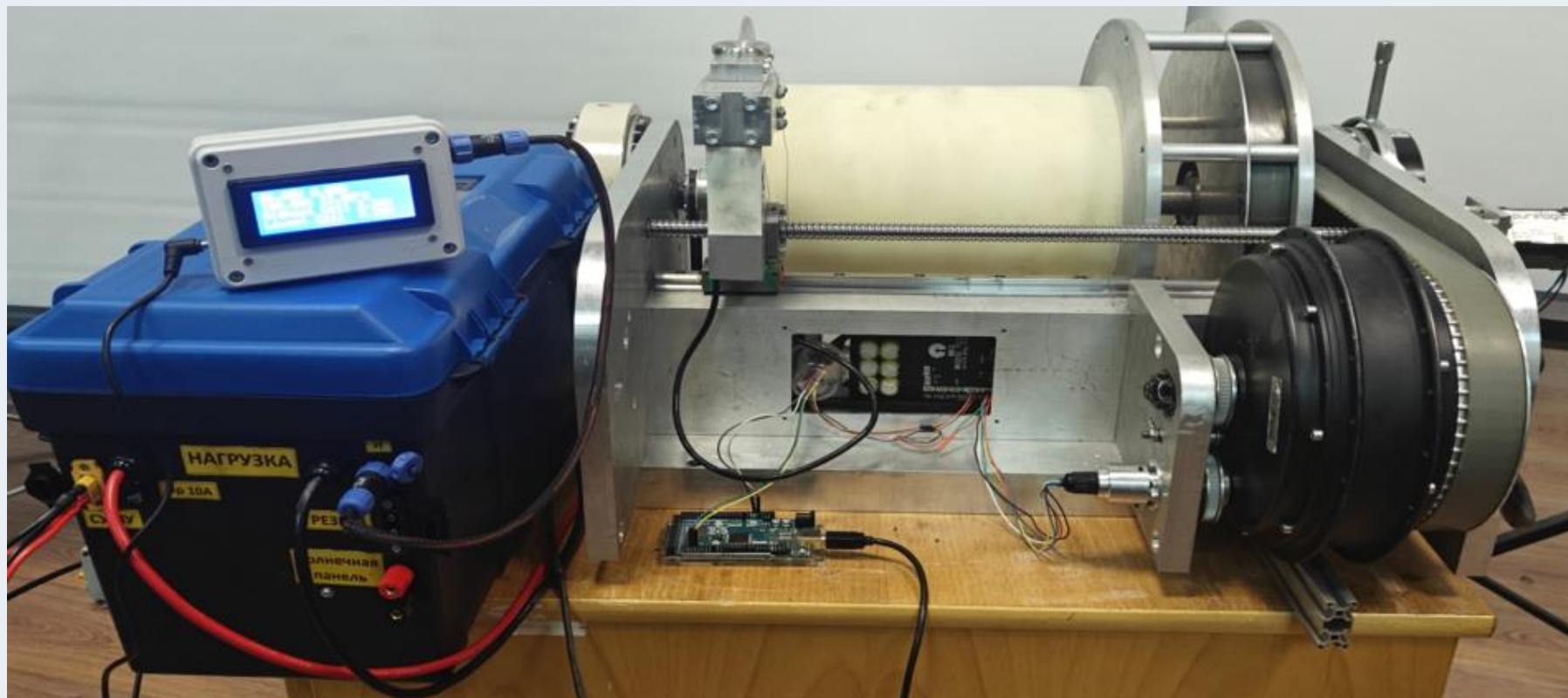
Лаб. № 69

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Вишневский В.М.

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

Система управления натяжением кабель-троса и лебедка привязной высотной телекоммуникационной платформы

Разработана новая оригинальная конструкция лебедки и системы управления натяжением кабель-троса, обеспечивающая стабилизацию положения кабель-троса с отклонением не более 6 метров от вертикальной оси при ветровой нагрузке до 15 м/с и подъеме привязной беспилотной телекоммуникационной платформы на высоту до 150 м.



Экспериментальный образец системы управления и лебедки привязной беспилотной телекоммуникационной платформы

Лаб. № 69

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Вишневский В.М.

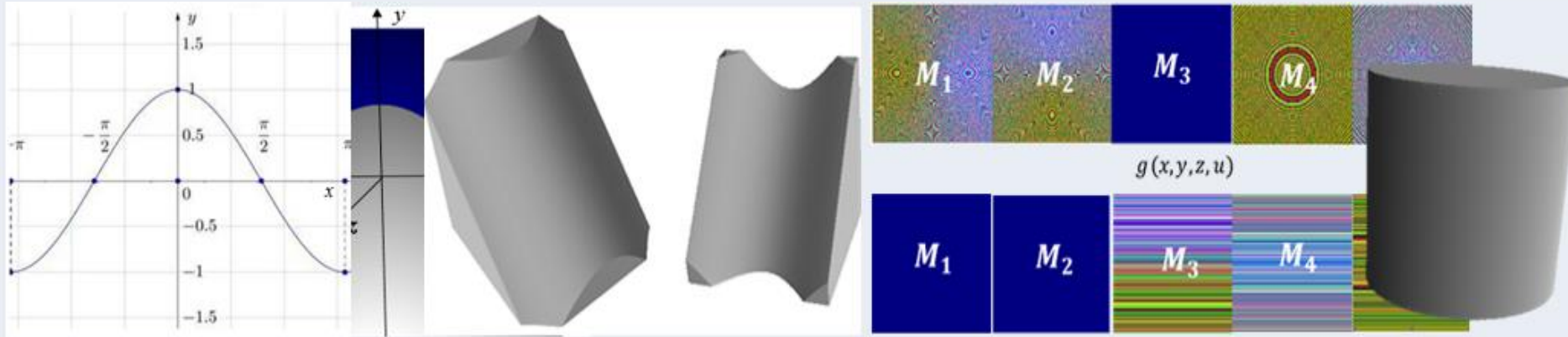
СЕКЦИЯ 4: Управление производственными процессами в промышленности и энергетике

Проекционный принцип построения функционально-воксельных моделей

Рассмотрены принципы увеличения размерности пространства аргументов функции, описывающей закон формообразования проекции геометрической модели для реализации функций проекционного моделирования.

Рассмотрены принципы увеличения размерности пространства функционально-воксельной модели, представляющей закон формообразования проекции геометрической модели на компьютере средствами локальной компьютерной геометрии.

Для локальной компьютерной геометрии разработаны основные функции проекционного моделирования: пересечение и вращение.



Пример увеличения пространства аргументов функции

Пример увеличения размерности ФВ-модели функций окружности и вертикальной полосы для построения цилиндра

Лаб. № 18

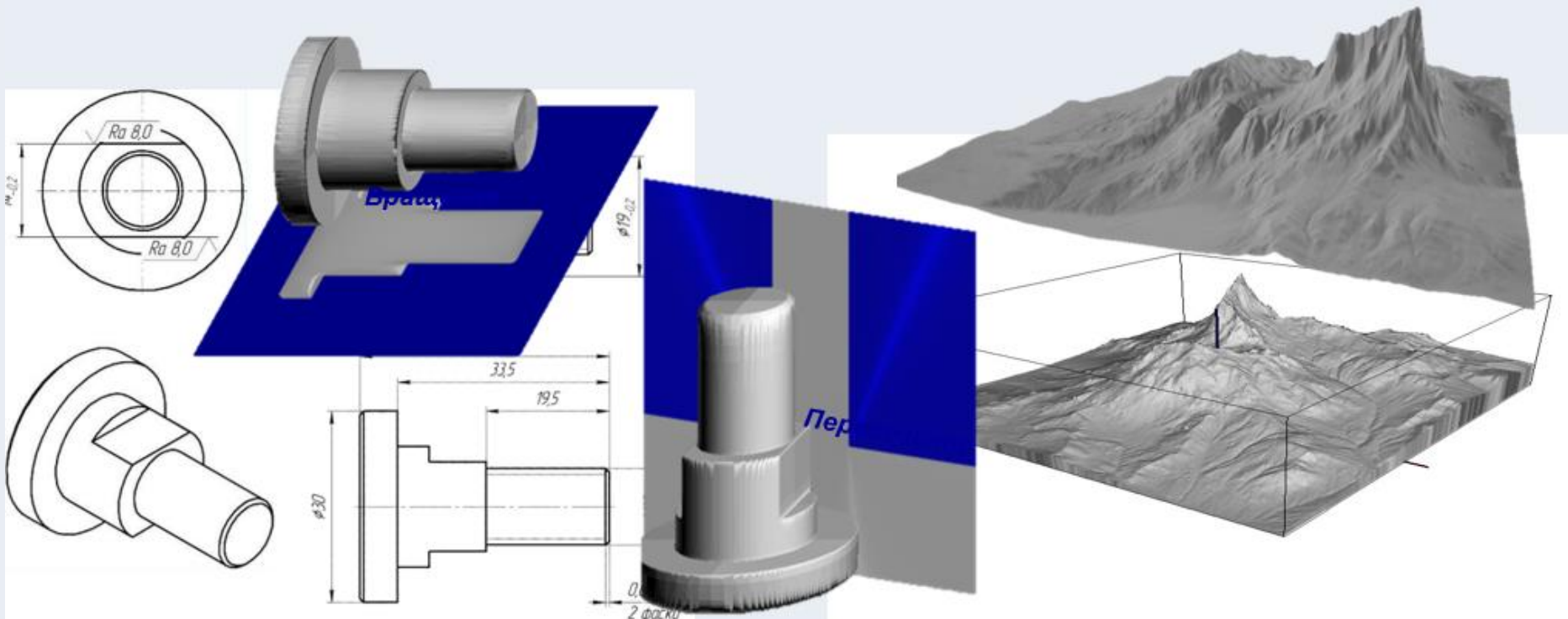
Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Толок А.В.

СЕКЦИЯ 4: Управление производственными процессами в промышленности и энергетике

Проекционный принцип построения функционально-воксельных моделей

Разработаны алгоритмы построения функционально-воксельной 3D-модели по 2D-моделям ее проекций, полученных с плоского чертежа.

Разработан алгоритм построения функционально-воксельной 4D-модели рельефа по заданной триангулированной сетке методом билинейной интерполяции и наработанным принципам увеличения пространства аргументов функции.



Пример получения 3D-модели по чертежу

Пример получения тела рельефа по его поверхности

Лаб. № 18

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Толок А.В.

СЕКЦИЯ 4: Управление производственными процессами в промышленности и энергетике

Методы управления многомерными многосвязными объектами на основе цифровых предиктивных моделей

Разработаны алгоритмы формирования управляющих воздействий для сложной системы на основе цифровых ассоциативных прогнозирующих моделей - формирование автономных моделей ассоциативного поиска для каждой из подсистем на основе специальной процедуры отбора неповторяющихся паттернов из базы индуктивных знаний.

Разработаны методы регуляризации для систем управления с локальными по времени цифровыми идентификационными моделями. Специальный метод регуляризации для точечных моделей обеспечивает устойчивость решений.

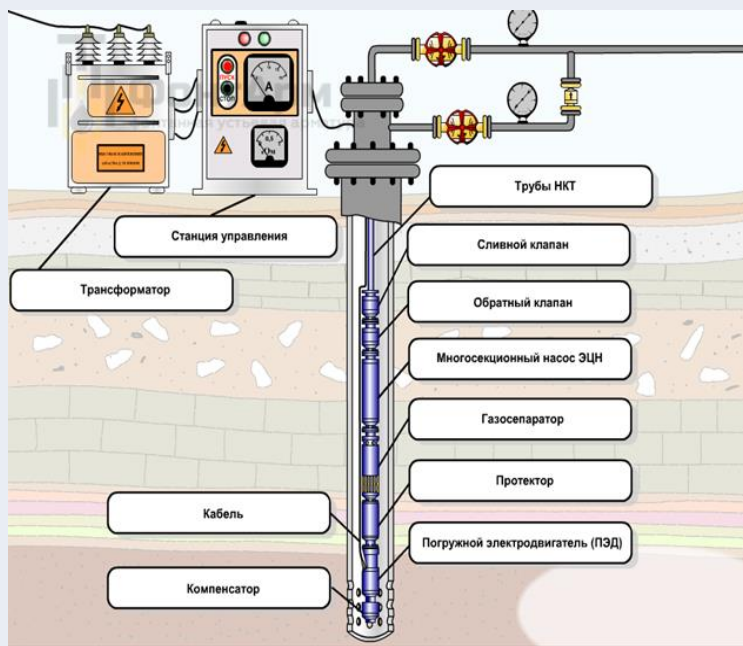
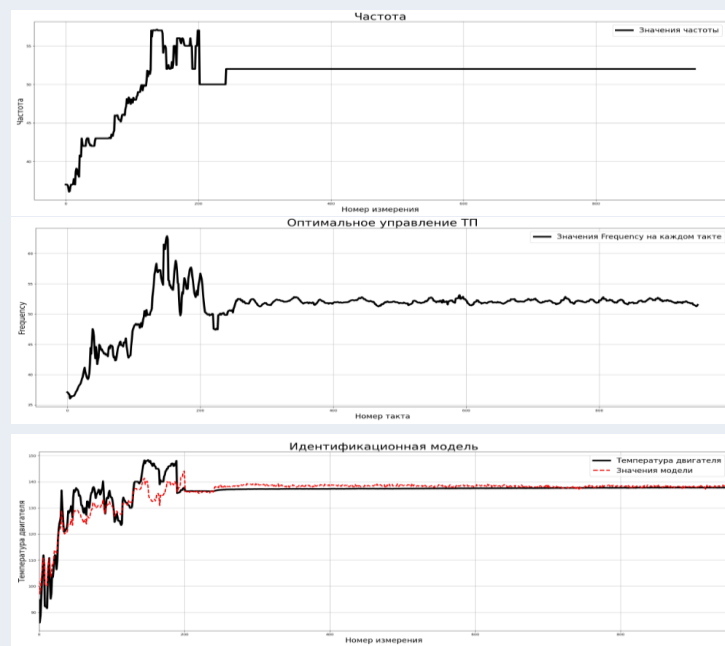


Схема процесса добычи вязкой нефти



Управление частотой погружного электродвигателя

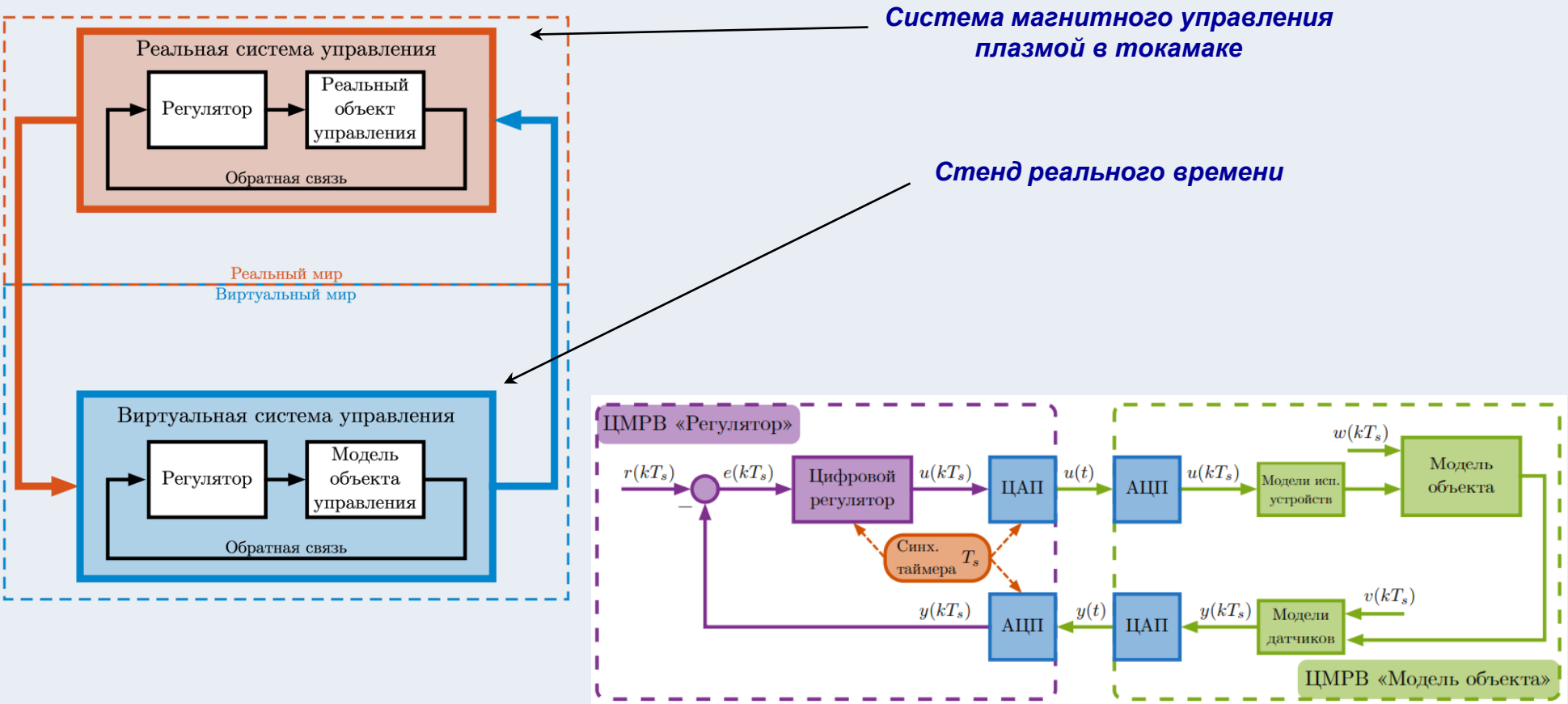
Лаб. № 41

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Бахтадзе Н.Н.

СЕКЦИЯ 4: Управление производственными процессами в промышленности и энергетике

Цифровой двойник системы магнитного управления плазмой

Разработан цифровой двойник системы магнитного управления плазмой в токаме - система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием (при наличии изделия) и (или) его составными частями.



Лаб. № 41

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Бахтадзе Н.Н.

Структурная схема базовой цифровой системы управления

СЕКЦИЯ 4: Управление производственными процессами в промышленности и энергетике

Спектральные методы анализа динамических систем

Получен аналитический вид спектральных разложений обратных матриц грамианов управляемости и наблюдаемости по спектру матрицы динамики линейной системы. Такое разложение позволяет количественно охарактеризовать влияние отдельных собственных мод в системе и конкретных устройств, связанных с ними, на минимальную энергию управления.

Полученные ранее спектральные разложения грамианов распространены на решения дифференциальных уравнений Ляпунова и Риккати с произвольными начальными условиями, что позволяет оценивать спектральные свойства системы на произвольном интервале времени и прогнозировать их в будущие моменты времени.

Разложения решений уравнений Ляпунова и Риккати в КФУ

Пусть $\sigma(A) = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m\}$ имеют кратности n_1, n_2, \dots, n_m ($\sum_i n_i = n$).

$$A P + P A^T = -b b^T$$

$$P^{-1} A + A^T P^{-1} = -P^{-1} b b^T P^{-1}$$

 \Rightarrow

$$P = \sum_{i=1}^m P_i, \quad P^{-1} = \sum_{j=1}^m X_j,$$

$$P_i = M_i \mathcal{H}_i \mathcal{T}_i^{-1} M_i^T \mathcal{J},$$

$$X_j = \mathcal{J} M_j^{-T} \mathcal{T}_j \mathcal{H}_j^{-1} M_j^{-1},$$

$$\mathcal{H}_i = \begin{bmatrix} e_n^T y_1^{(i)} & e_n^T y_2^{(i)} & \dots & e_n^T y_{n_i}^{(i)} \\ e_n^T y_2^{(i)} & & \ddots & 0 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ e_n^T y_{n_i}^{(i)} & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}, \quad \mathcal{T}_i = \begin{bmatrix} c^T x_1^{(i)} & 0 & \dots & 0 \\ c^T x_2^{(i)} & c^T x_1^{(i)} & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ c^T x_{n_i}^{(i)} & \dots & c^T x_2^{(i)} & c^T x_1^{(i)} \end{bmatrix}, \quad M_i = [x_1^{(i)}, \dots, x_{n_i}^{(i)}] = \tilde{\Lambda} \odot \mathcal{D},$$
$$(\tilde{\Lambda})_{pq} = \lambda_i^{p-q}, \quad (\mathcal{D})_{pq} = \sum_{k=0}^{q-1} \binom{p-1}{k}.$$

Лаб. № 82

Зав. лаб.
к.ф.-м.н.
Искаков А.Б.

СЕКЦИЯ 5: Управление подвижными объектами и навигация

Анизотропный подход к анализу 2D динамических систем

2D системы (системы с двумя переменными времени (p, k))

$$x_{k+1}(p+1) = A_{11}(p)x_k(p) + A_{12}(p)y_k(p) + B_1(p)v_k(p),$$

$$y_{k+1}(p) = A_{21}(p)x_k(p) + A_{22}(p)y_k(p) + B_2(p)v_k(p),$$

$$w_{k+1}(p) = C_1(p)x_k(p) + C_2(p)y_k(p) + D_0(p)v_k(p),$$

Задача: анализ робастного качества в рамках анизотропной теории.

Главная сложность: перенос определений анизотропной теории на 2D системы.

Основной результат: $\bar{A}(W) = A(w_\infty(0:M)) + I(w_\infty(0:M), \{w_k(0:M)\}_{k<\infty})$,

Суть результата: разделение системы и формул для средней анизотропии и анизотропной нормы на две группы в соответствии с переменными времени.

Лаб. № 1

Зав. лаб.

Д.Т.Н.

Каршаков Е.В.



Примеры 2D систем

СЕКЦИЯ 5: Управление подвижными объектами и навигация

Распределение удельных электрических сопротивлений по глубине

Разработаны алгоритмы совместной обработки измерений переменного магнитного поля во временной и частотной области:

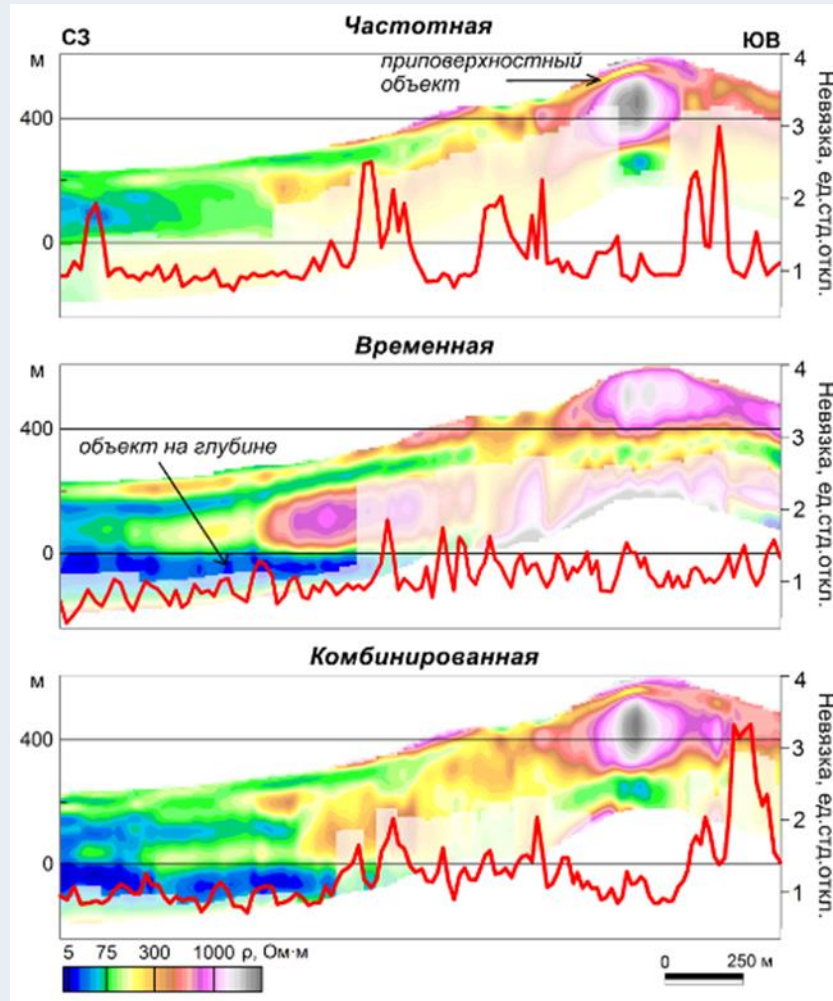
$$y = \{y(t), y(f)\}.$$

Такой подход позволяет наилучшим образом оценить распределение удельных электрических сопротивлений под поверхностью Земли в широком динамическом диапазоне — от 0,1 до 10 000 Ом·м. При этом существенно уменьшается неоднозначность решения.

Вычисление мер оцениваемости как соотношения априорной и апостериорной ошибки оценки по результатам работы фильтра Калмана позволяет оценивать достоверность определения удельного сопротивления:

$$\mu = (\sigma^- - \sigma^+) / \sigma^-,$$

где σ^- , σ^+ — оценка СКО ошибки определения удельного сопротивления до и после обработки измерений.



Лаб. № 1

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Каршаков Е.В.

Геoeлектрические разрезы и графики невязок решения (красным) для участка профиля по результатам 1-D инверсии, построенные по частотным (вверху), временным (в центре) и комбинированным (внизу) данным, бледным цветом отмечены слои с низкой мерой оцениваемости $\mu < 0,1$

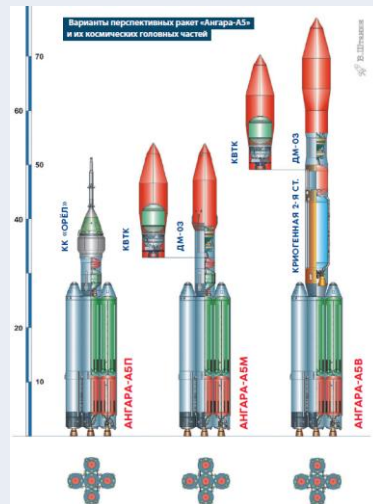
СЕКЦИЯ 5: Управление подвижными объектами и навигация

Задачи синтеза терминального управления для пассивных и активных участков полета

Сформулирована задача синтеза терминального управления в условиях неопределенности априорной информации на пассивных и активных участках полета ракетоносителей (РН). Ее актуальность и новизна определяются сложностью протекающих в объекте в условиях невесомости массо-теплообменных процессов.

Разработаны алгоритмы управления, обеспечивающие условия надежного повторного включения двигателя и устойчивую работу двигателя при переменных циклограммах режима по тяге. Стратегия терминального управления объектом на активном участке учитывает неопределенность условий функционирования объекта на пассивных участках полета.

Эффективность разработанных алгоритмов в составе системы управления РН подтверждена результатами моделирования полета РН «Ангара-А5М» и РБ КВТК в АО «НПЦ АП» и АО «НПО автоматики».



Лаб. № 8

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Иванов В.П.

СЕКЦИЯ 5: Управление подвижными объектами и навигация

Задачи синтеза терминального управления для пассивных и активных участков полета

Надежность разработанных гибких стратегий терминального управления расходом топлива, обеспечивающих устойчивую работу жидкостного ракетного двигателя при эффективном решении краевой задачи в целях повышения энергетических характеристик объекта, подтверждена при огневых испытаниях первой ступени новой отечественной РН «Союз-5», проведенных в октябре 2025 года.



Огневые испытания двигателя первой ступени

Лаб. № 8

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Иванов В.П.

СЕКЦИЯ 5: Управление подвижными объектами и навигация

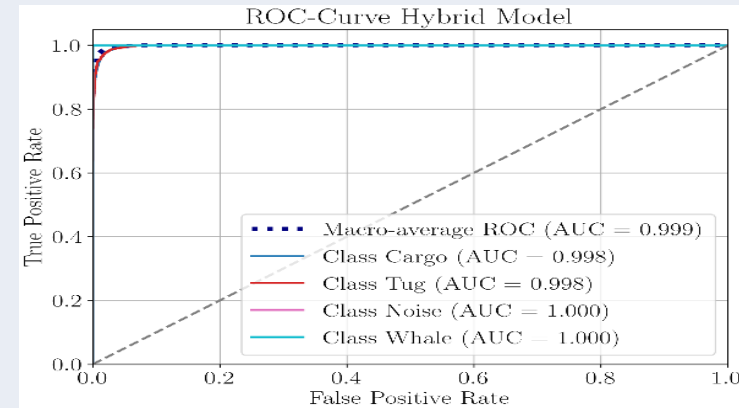
Методы и алгоритмы планирования движения подвижных объектов в конфликтной среде

Разработаны новые логические средства, введен новый логический язык представления знаний и разработано новое исчисление для автоматизации обработки знаний.

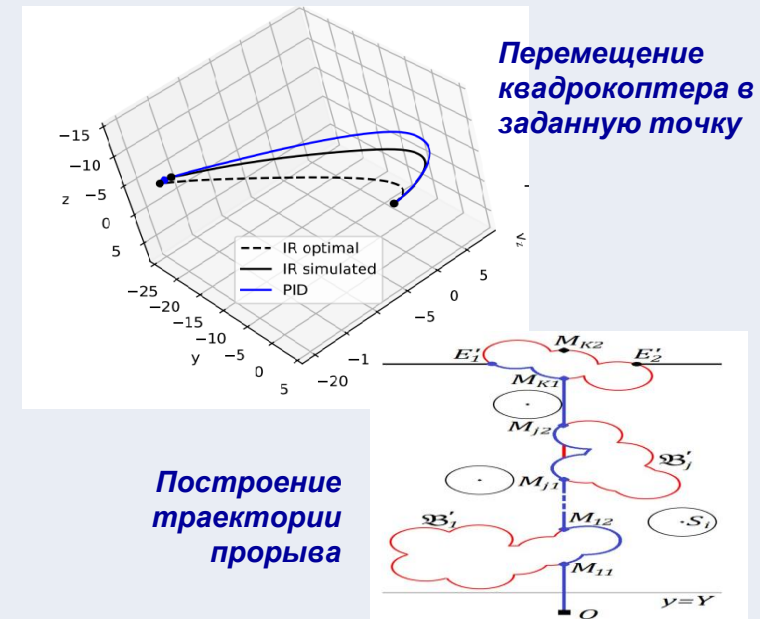
Предложена новая гибридная нейросетевая архитектура, принимающая на вход как частотно-временное представление сигнала, так и спектральные характеристики физической природы для решения задачи обнаружения и классификации.

Предложен и формализован подход построения «лестниц задач» для сквозной оптимизации совокупности траекторий групп объектов. Разработаны новые методы сопряжения решений, полученных в существенно различных математических моделях, включающие методы продолжения решений по параметру, склейки траекторий и автоматического построения начальных приближений для задач в более полных моделях для устойчивой сходимости алгоритмов глобальной оптимизации.

Для класса линейных систем с ограничением типа включения на управление разработаны новые алгоритмы численного решения: показана их эффективность, доказана глобальная сходимость и произведено сравнение с известными алгоритмами в задачах управления движением.



Различные типы ROC-кривых
полносвязной нейронной сети



Лаб. № 38

Зав. лаб.
чл.-корр. РАН
Галяев А.А.

СЕКЦИЯ 5: Управление подвижными объектами и навигация

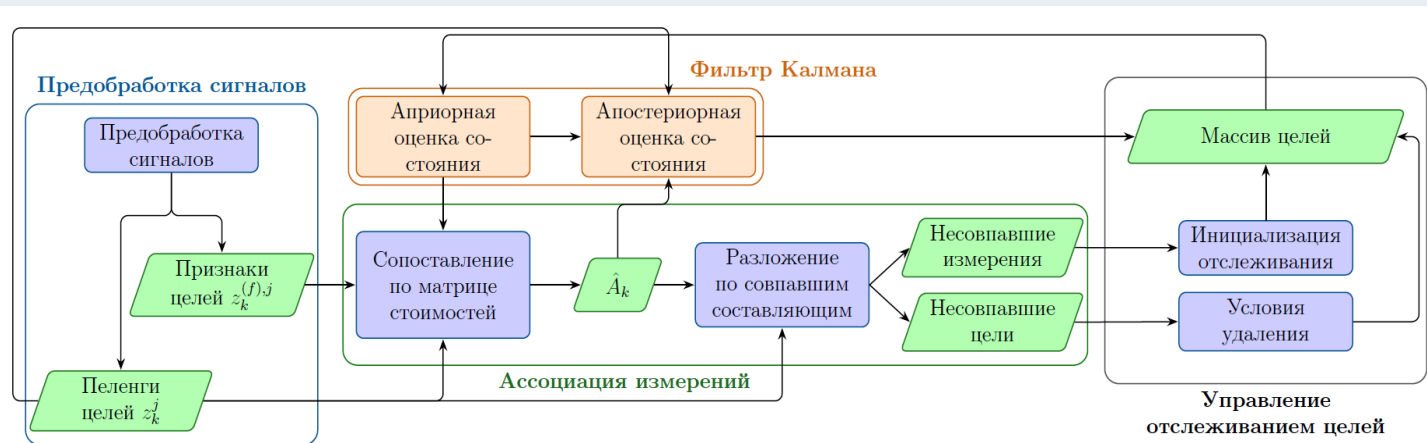
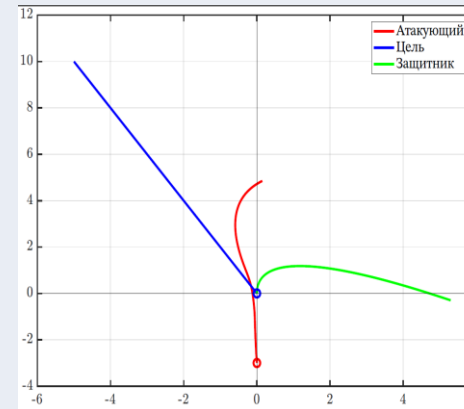
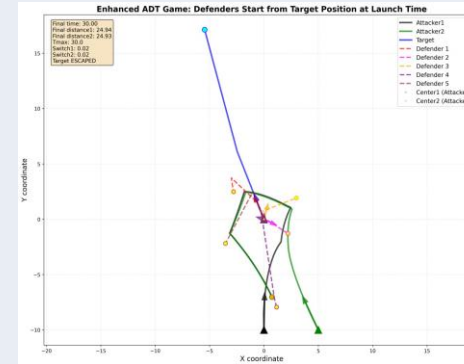
Методы и алгоритмы планирования движения подвижных объектов в конфликтной среде

Разработан комплекс моделирования для противодействия нескольким атакующим, который позволяет цели уклоняться от перехвата двумя быстрыми атакующими, выставляя защитников. Разработан метод построения оптимальной траектории Защитника/

Разработаны программные модули:

- модуль, решающий задачу мягкого противодействия, а именно воздействия на приемный канал Атакующего и срыв слежения;
- многоцелевого сопровождения на основе Калмановской фильтрации и информационных критериев;
- определения основания вально-лопастного ряда судов.

Разработан имитатор гидроакустических сигналов объектов различной природы с учетом физики их происхождения и среды распространения.



Лаб. № 38

Зав. лаб.
чл.-корр. РАН
Галяев А.А.

СЕКЦИЯ 6: Информационные системы управления и обработки данных

Методы оценки эффективности сценариев на основе их близости с целевым сценарием

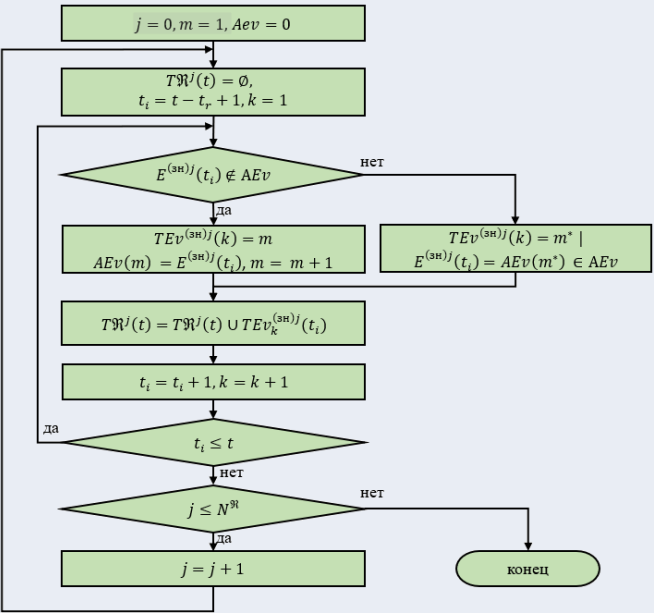
Разработан метод и процедура преобразования представления результатов сценарного моделирования в виде последовательности дискретных событий, выделенных на основе сходства графиков изменения факторов на заданных интервалах модельного времени с типовыми динамиками.

Разработана процедура присвоения числовых идентификаторов уникальным событиям, входящим в сценарии, а также процедура представления сценариев в виде последовательности этих идентификаторов для последующего сравнения.

Разработаны методы определения близости сценариев на основе мер сходства с введенными матрицами стоимостей различий пар событий.

Лаб. № 20

Зав. лаб.
К.Т.Н.
Чернов И.В.



Ф-сценарий $FSc(v_i, t)$	Обозна- чение	Тип динамики i -го фактора	Название по умолчанию
0		не определен (не рассчитывается или безразличен)	не определено
1		рост	растет
2		падение	уменьшается
3		постоянно	постоянно
4		колебания, ограниченные по амплитуде	устойчивое состояние
5		расходящиеся колебания	нестабильно
6		сходящиеся колебания	стабилизируется

Результаты определения динамики факторов
и выделения событий в сценарии

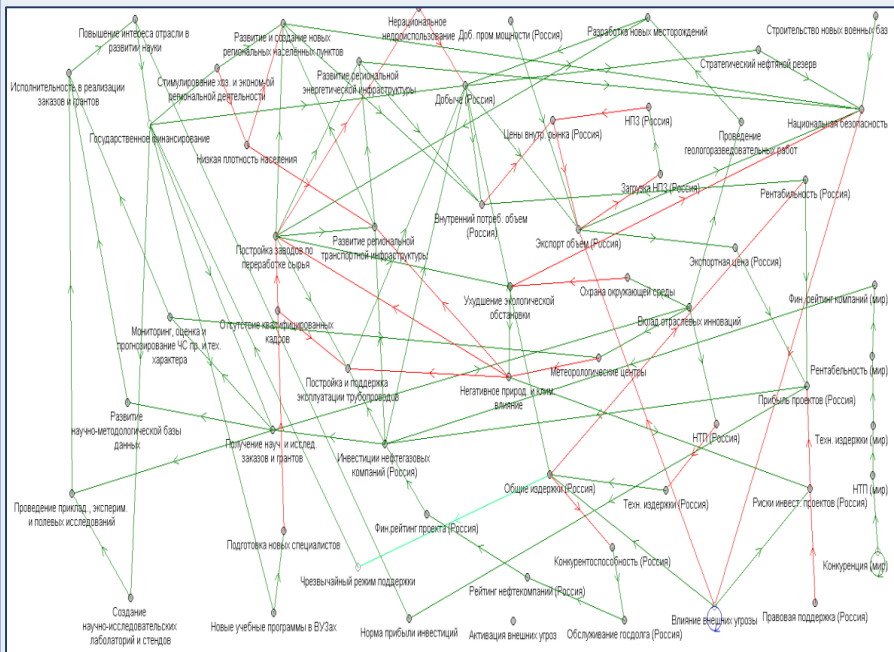
Представление сценариев идентификаторами событий

СЕКЦИЯ 6: Информационные системы управления и обработки данных

Алгоритмы и процедуры оценки эффективности сценариев и управленческих воздействий

Разработана и реализована процедура оценки эффективности управления по критерию близости полученных сценариев с целевым сценарием (в программно-аналитическом комплексе сценарного моделирования «Полюс»).

Разработана сценарная модель развития нефтегазовой отрасли Арктической зоны РФ и осуществлена верификация алгоритмов сравнения сценариев и оценки эффективности управления.



Модель развития нефтегазовой отрасли Арктической зоны РФ

Типы динамики факторов, формирующих события сценариев \mathbb{R}^1 и \mathbb{R}^2

[illegible][illegible]

шаг моделирования

Мера близости сценариев: $\delta_H(\mathfrak{R}^1, \mathfrak{R}^2) \approx 0,748$

Результаты процедуры оценки близости сценариев

Лаб. № 20

Зав. лаб.
К.Т.Н.
Чернов И.В.

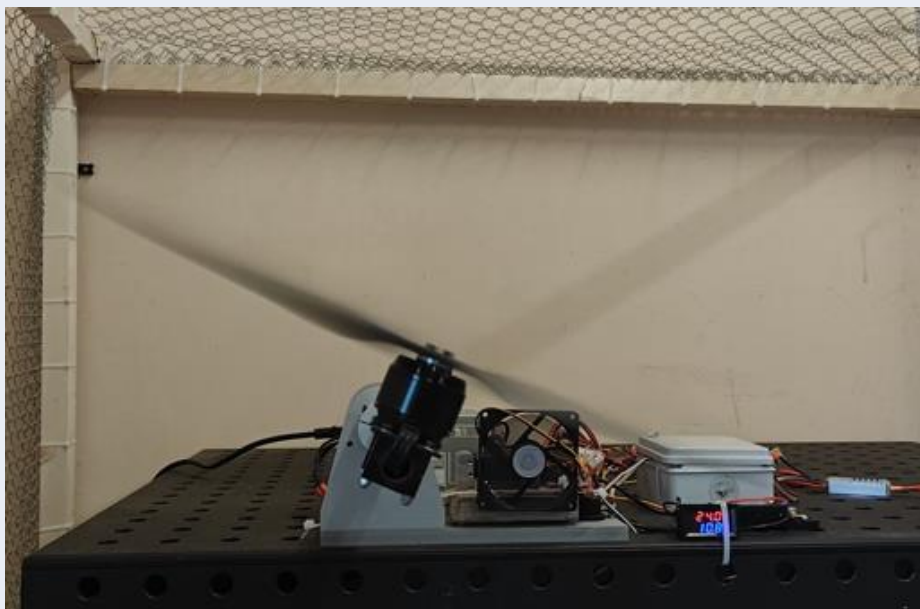
СЕКЦИЯ 6: Информационные системы управления и обработки данных

Диагностика электродвигателей беспилотных летательных аппаратов

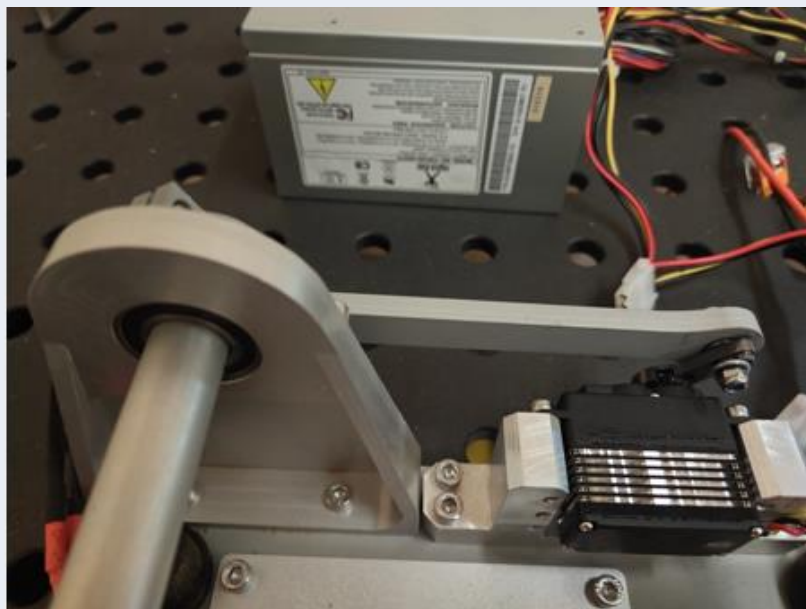
Разработаны методы обеспечения ускоренного истощения технического ресурса электродвигателей беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в лабораторных условиях.

Спроектирован и реализован программно-аппаратный комплекс для экспериментальных исследований процессов технической деградации элементов электродвигателей БПЛА.

Выполнен цикл ускоренных ресурсных испытаний типового бесколлекторного электродвигателя, широко применяемого в силовых установках мультикоптерных БПЛА, до полного функционального отказа.



Стенд для ускоренных ресурсных испытаний электродвигателей БПЛА



Поворотный механизм для создания гироскопического момента

Лаб. № 46

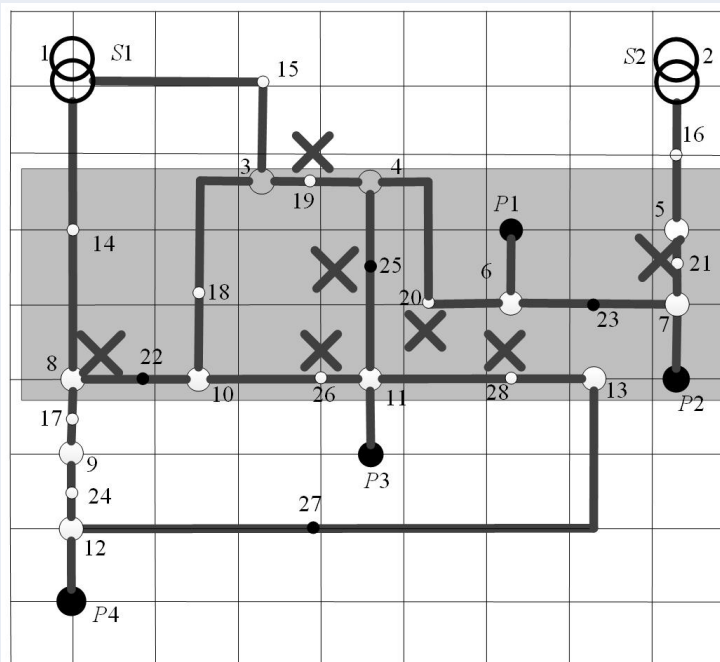
Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Вересников Г.С.

СЕКЦИЯ 6: Информационные системы управления и обработки данных

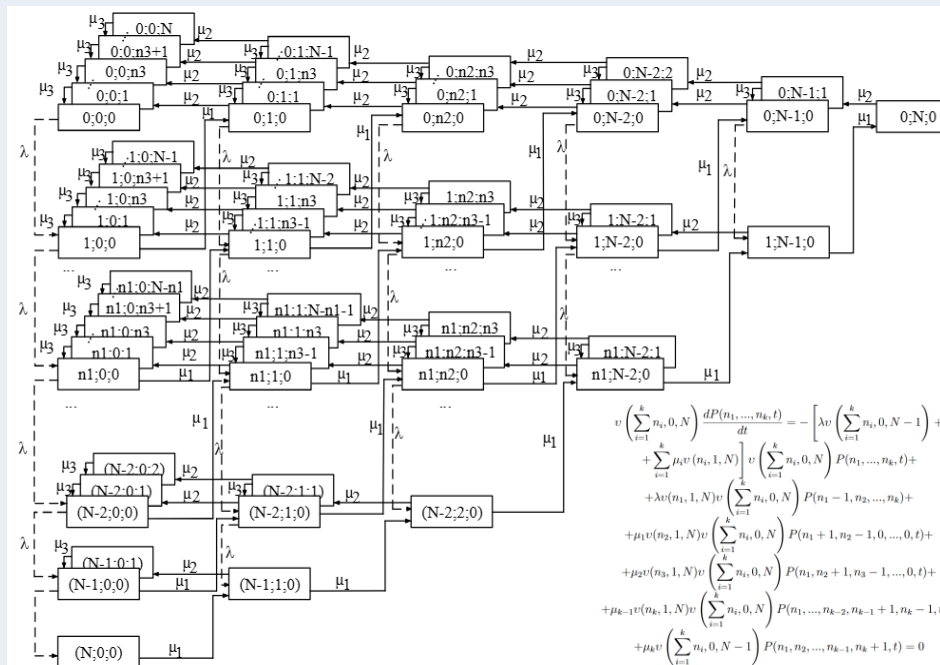
Методы и модели исследования устойчивости сетевых инфраструктурных систем

Разработан траекторный метод восстановления сетевой инфраструктуры, поврежденной в результате природного воздействия. Особенностью подхода является применение метода предельных графов, ранее разработанного для решения задач реконфигурации сетей, к восстановлению поврежденной сети.

Построен граф и разработана аналитическая модель для оценки устойчивости объекта телекоммуникационной инфраструктуры (с k -фазами обслуживания и общим буфером), функционирующего в условиях сбоев и неисправностей оборудования.



Графовая модель сетевой системы с отображением поврежденных узлов



Графовая и аналитическая модель k -фазной системы

Лаб. № 49

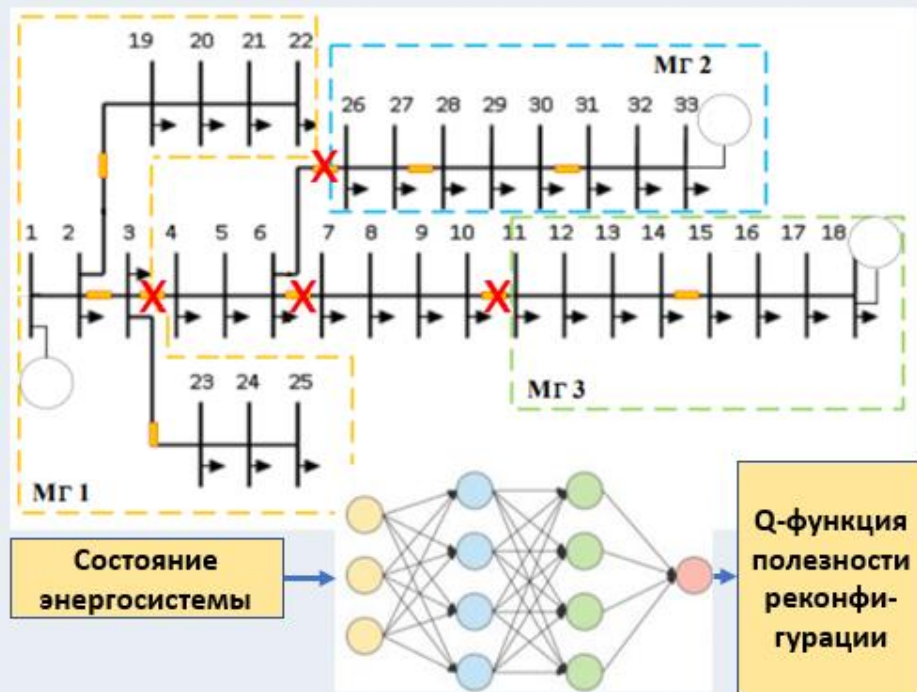
Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Барабанова Е.А.

СЕКЦИЯ 6: Информационные системы управления и обработки данных

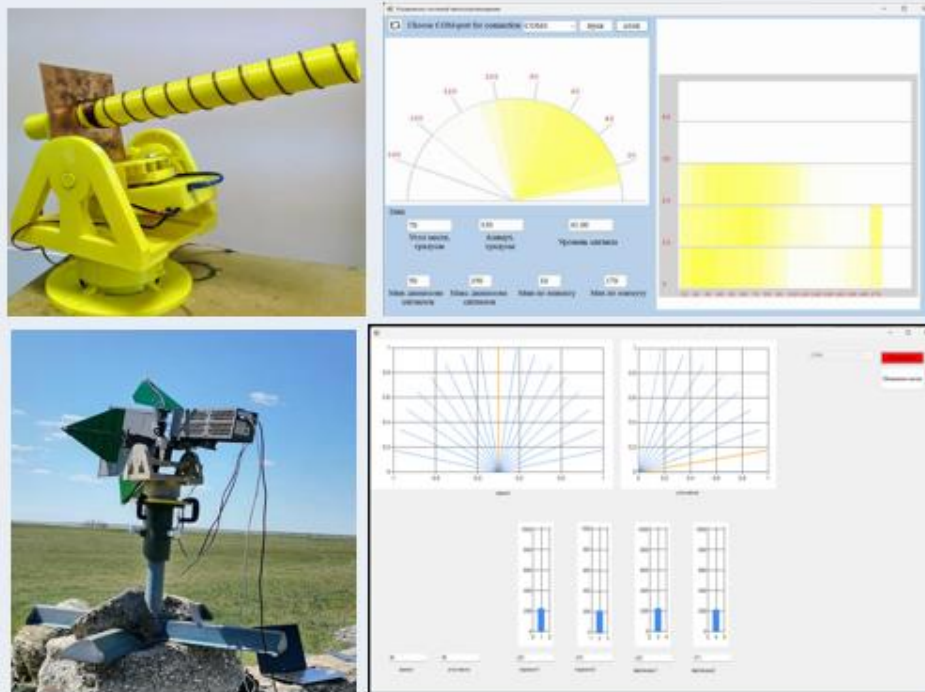
Алгоритмы и средства повышения устойчивости инженерных инфраструктурных систем

Предложен новый алгоритм на основе мультиагентного машинного обучения с подкреплением для быстрого формирования микросетей, обеспечивающих максимальную суммарную мощность запитанных приоритетных потребителей, в распределительных электроэнергетических системах.

Разработан программно-аппаратный комплекс системы мониторинга электромагнитной обстановки для электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств гетерогенной инженерной инфраструктуры.



Формирование микросетей в энергосистеме IEEE-33 посредством мультиагентного Q-обучения



Лабораторные макеты станций мониторинга электромагнитной обстановки

Лаб. № 49

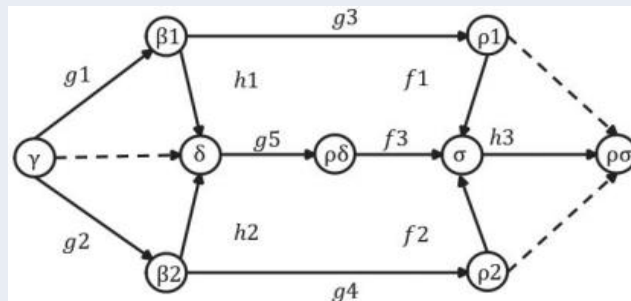
Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Барabanова Е.А.

СЕКЦИЯ 6: Информационные системы управления и обработки данных

Управление безопасностью сложных систем с сетевой структурой

В рамках цикла работ по адаптации логико-вероятностного метода к задачам построения систем информационной безопасности в многоагентной среде разработаны методы количественного оценивания деструктивного воздействия на элементы системы, а также методы интегральной оценки опасности на уровне отдельных агентов, подсистем и систем в целом.

В рамках цикла работ по оценке влияния структуры сложной системы на ее интегральный риск исследованы звездообразные и древовидные структуры. Для задачи оптимального (с точки зрения минимизации интегрального риска) размещения элементов на звездообразной структуре разработан алгоритм решения с ограниченной погрешностью. Для случая равенства ожидаемых ущербов рассчитаны верхние оценки погрешности, а для случая, когда риски элементов находятся в определенном соотношении, найдено точное решение задачи. Для аналогичной задачи на древовидных структурах показано, что значения погрешности решения не превосходят оценок, полученных для звездообразных структур.

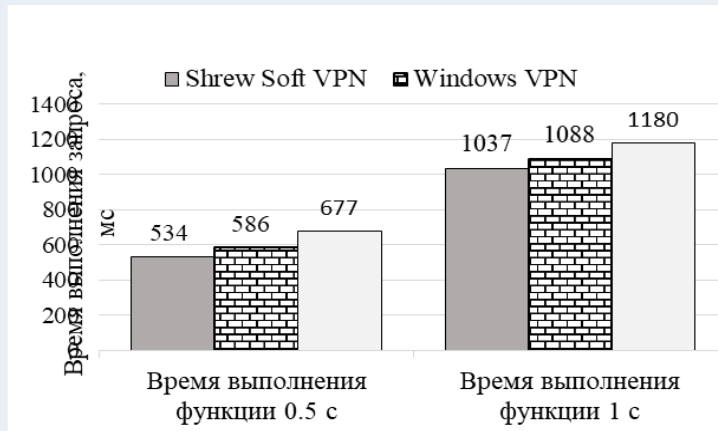


СЕКЦИЯ 6: Информационные системы управления и обработки данных

Управление безопасностью сложных систем с сетевой структурой

Разработан подход к построению безопасных сетевых каналов (туннелей) через Интернет для обслуживания обращений к web-сервисам в распределенных системах на основе использования стандарта Cryptographic Message Syntax, позволяющий обеспечить защиту данных в сети и увеличить быстродействие.

В рамках создания комплексной методологической основы для количественной оценки тепловой экономичности АЭС разработан алгоритм взаимодействия энергоблока, его цифрового двойника и интеллектуализированной системы поддержки оператора.



Сравнительное быстродействие CMS-туннеля



Взаимодействие системы
«Энергоблок АЭС – Цифровой двойник – ИСПО – Оператор»

Лаб. № 79

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Калашников А.О.

СЕКЦИЯ 6: Информационные системы управления и обработки данных

Теория и методы интеллектуального анализа слабоформализованных гетерогенных данных в управлении киберфизическими системами (КФС)

Разработана архитектура и выполнена формализация сценариев многоуровневого адаптивного управления объектами гетерогенной КФС на исполнительном и тактическом уровнях («интеллектуальная АСУТП»).

Созданы методы анализа и интерпретации слабоформализованных гетерогенных данных для моделирования сценариев управления с использованием подходов онтологического инжиниринга, визуальной аналитики, когнитивного моделирования.

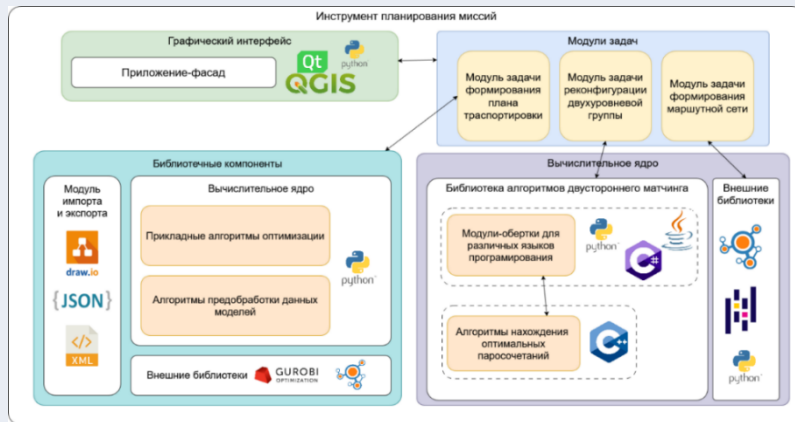


Схема интеграции инструмента планирования миссий с внешними программными компонентами

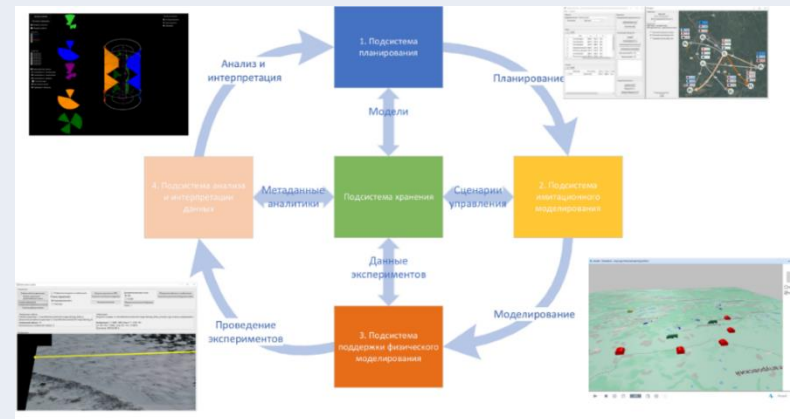


Схема проведения сквозного эксперимента средствами платформы

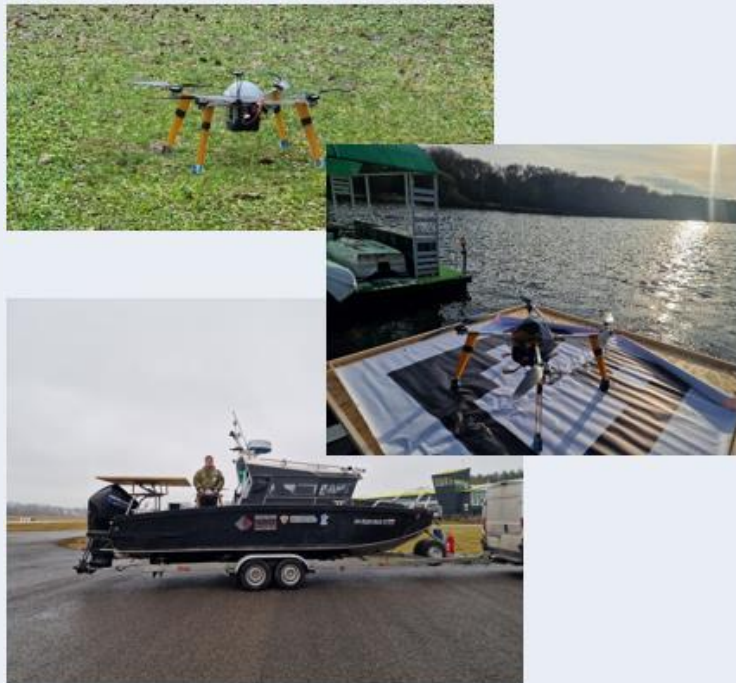
Лаб. № 80

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Мещеряков Р.В.

СЕКЦИЯ 6: Информационные системы управления и обработки данных

Прототип математического и алгоритмического обеспечения системы определения параметров ориентации и навигации БПЛА

Разработано математическое и алгоритмическое обеспечение для решения задач ориентации и навигации БПЛА самолетного типа на основе совместной обработки данных БИНС, СТЗ видимого, ИК и радиодиапазонов, сигналов ГНСС (только для начальной выставки), магнитного компаса, лазерного дальномера и барометрического высотомера.



Объекты для встраивания прототипа



Лаб. № 80

Зав. лаб.
Д.Т.Н.
Мещеряков Р.В.

СЕКЦИЯ 6: Информационные системы управления и обработки данных

Управляющие задачи в цифровой картографии

Проведено 13 полевых испытаний мультисредной системы мониторинга для обнаружения целей в подводной, надводной, наземной и воздушной средах. Область применения — защита критической инфраструктуры и экологический контроль.

Создан виртуальный полигон на базе симулятора ИПУ РАН для моделирования сценариев применения одиночных и групп БПЛА.

Проведены испытания БПЛА-перехватчика «Буратино». Алгоритмы автоматического захвата, сопровождения и перехвата цели разработаны ИПУ РАН.

Разработана методика восстановления траектории объекта в акватории по данным распределённой сети оптических камер существующей инфраструктуры.

НВО № 73

Зав. отд.
Кулагин К.А.



*Захват и автоматическое сближение
с целью поражения*



*Симуляция сценария БПЛА в цифровом
пространстве виртуального полигона ИПУ РАН*

ЦЕНТРЫ КОМПЕТЕНЦИЙ

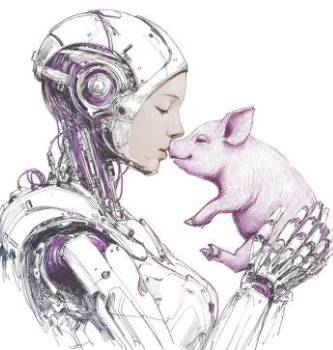
**ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
ЦИФРОВОЙ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ
(А.Ф. Пащенко)**



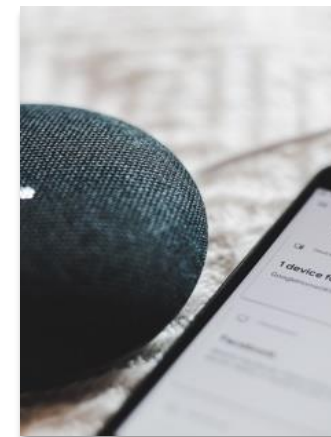
**ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ
РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ
СИСТЕМ
(Р.В. Мещеряков)**



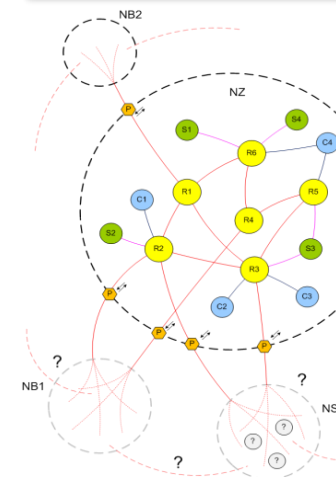
**ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО
ЦИФРОВОГО
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
(С.И. Антипин)**



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



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



**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.

Реализуются государственные контракты и проекты в интересах обороны страны и безопасности государства.

Проведена XXXIII Международная конференция «Проблемы управления безопасностью сложных систем» (17.12.2025).

Издана в серии «Теория сетевых войн» монография: «Автоматизированный атлас кибератак» (Вып. 9) .

Подготовлены к изданию в серии «Теория сетевых войн» монографии:

- «Риски реализации кибератак» (Вып. 10);
- «Риски сетей Интернета вещей» (Вып. 11).



ЦЕНТР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

В работу технических служб Института внедрена система «Цифровой двойник систем энергоснабжения и микроклимата ИПУ РАН»:

- запущена тестовая эксплуатация, принят регламент использования программно-технологической платформы;
- разработан и передан комплект инструкций, проведено обучение базовым навыкам по работе с системой сотрудников ОГЭ, ОГМ;
- создан реестр сенсоров ИПУ, автоматизирован процесс обслуживания измерительной сети;
- актуализирована линейная схема электроснабжения Института, выявлены и устранены причины появления некорректных данных, донастроены около 10% измерительных устройств;
- для работников ОГЭ, ОГМ, ОИ и ОП созданы веб-страницы с доступом к данным в реальном времени.

В рамках совместной работы с Институтом физиологии растений РАН создана система мониторинга микроклимата, разработанная специалистами ИПУ РАН, которая была внедрена для дооснащения фитотронного комплекса ИФР РАН. Система обеспечивает непрерывный контроль и регистрацию ключевых параметров: температуры и влажности воздуха, а также освещенности.

В сотрудничестве с компанией Postgres Professional на инфраструктуре ИПУ РАН спроектировано и прототипировано «умное хранилище данных». В кооперации с техническим партнером Monq Digital Lab создана рабочая группа по разработке серверного модуля аналитики для объектов энергетики.

На конференции УБС-2025 проведен хакатон «Светлый путь». Участники из Княгинино, Воронежа, Майкопа и Москвы предложили ряд методов идентификации топологии электrorаспределительной сети 0.4 кВ.

Результаты работ Центра доложены на конференциях: УБС-2025, MLSD-2025, НСКФ-2025, ICCT-2025, СІЕР-2025 (Китай); поданы публикации в журнал «Датчики и системы», «Программные системы: теория и приложения».

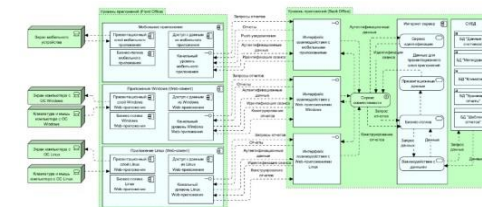
Продолжается работа общероссийского семинара «Интеллектуальные системы управления в энергетике».



ENERGY.IPU.RU



Справка датчиков датчиков	Справка датчиков датчиков
256 окно 100 %	256 вход 72 %
Аудитория 100 %	Аудитория 100 %
Аудитория 100 %	Голоски 100 %
сплощав 100 %	Система 100 %



ЦЕНТР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Продолжается развитие:

- ✓ локаций наземного, водного и воздушного кластеров робототехнического Полигона;
- ✓ платформ робототехнических средств (подводной, водной, электротранспортной со сложной структурой, на российской элементной базе для БПЛА, интерфейсы с РТК) ;
- ✓ навигационной системы РТК.

В рамках конкурса получены результаты по управлению БПЛА на российской элементной базе: по разработке алгоритмов обнаружения и автономному движению БПЛА к заданному объекту, развитию систем управления при повышении уровня автономности и группового взаимодействия.

Выполняются работы по хоздоговорам и грантам: «Построение системы управления движением автономного маломерного судна на внутренних водных путях», «Построение интеллектуальных РТК для исследования Луны»; «Разработка прототипа математического и алгоритмического обеспечения системы определения параметров ориентации и навигации для БПЛА самолетного типа»; «Роботизированный комплекс доставки медицинского инструмента при комплексированной интеллектуальной обработки информации»; развивается сотрудничество со Сколтехом, МФТИ (по проекту международной арктической станции «Снежинка» на Полярном Урале) и АГУ.

Представлены доклады о Центре и его результатах на: МКПУ, НС РАН по робототехнике и мехатронике, НС РАН по теории управляемых процессов и автоматизации, НС РАН по машиностроению, МРГ ВПК, Конгрессе молодых ученых, Микроэлектронике, и других мероприятиях.



ЦЕНТР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЦИФРОВОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

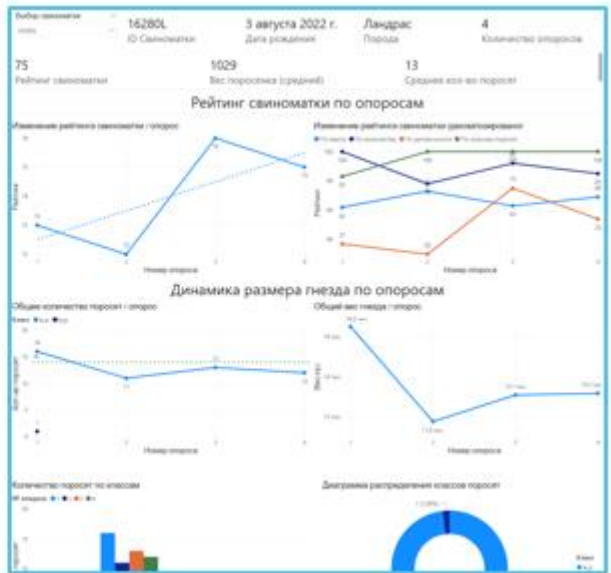
Разработаны и доведены до практически значимого результата алгоритмы:

- автоматического взвешивания поросят при рождении,
- автоматического определения линейных параметров свиноматок.

Эти решения используются для развития отечественной селекционной школы и ускорения селекции в животноводстве в условиях внешних ограничений.

Центр выступил научным партнером в нескольких проектах по компьютерному зрению для животноводства.

ЦИЦСХ ИПУ РАН под кураторством Минобрнауки России и Минсельхоза России подключился к программе «Приоритет-2030» в рамках реализации проекта «Цифровая трансформация селекции в свиноводстве».



Поведено несколько контрольных взвешиваний новорожденных поросят на площадке индустриального партнера:

Дата	413 секц.	412 секц.
16 апр.	95,5 %	89,4 %
17 апр.	94,2 %	95,4 %

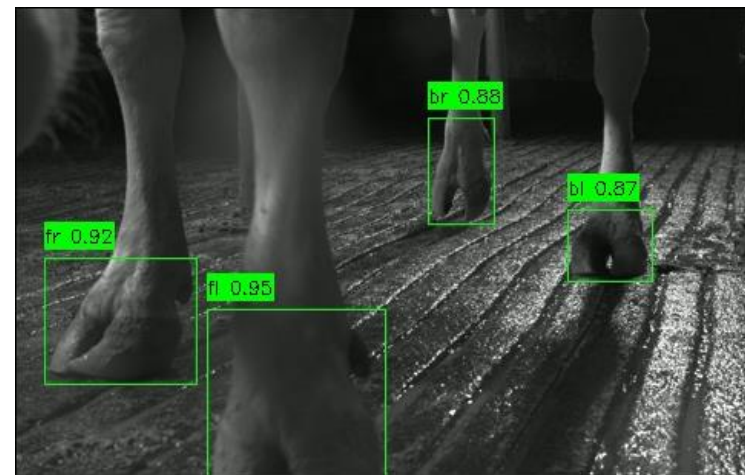
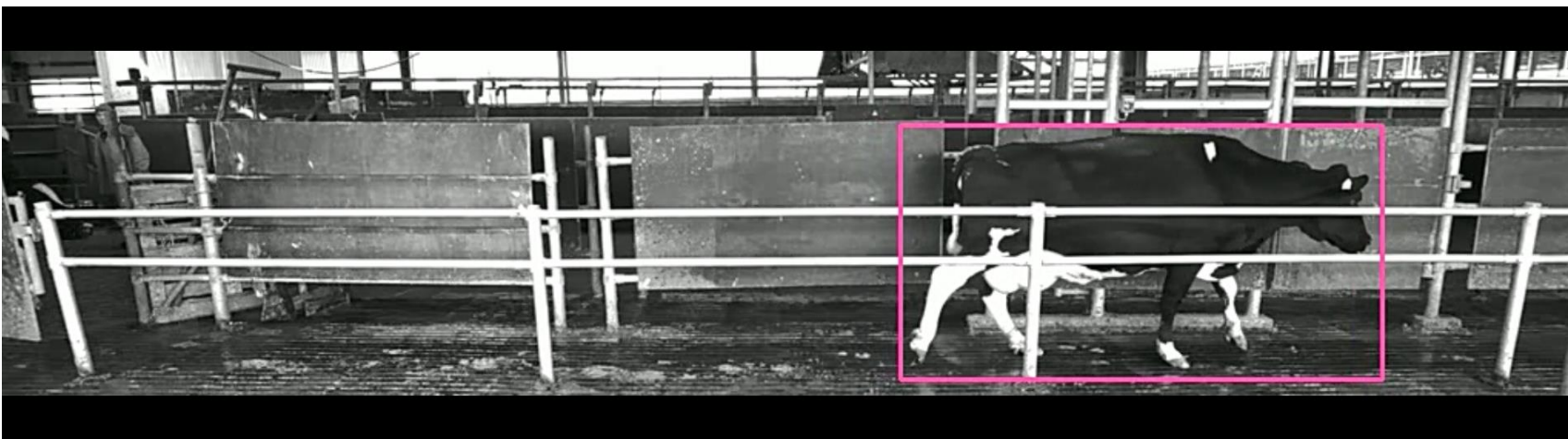
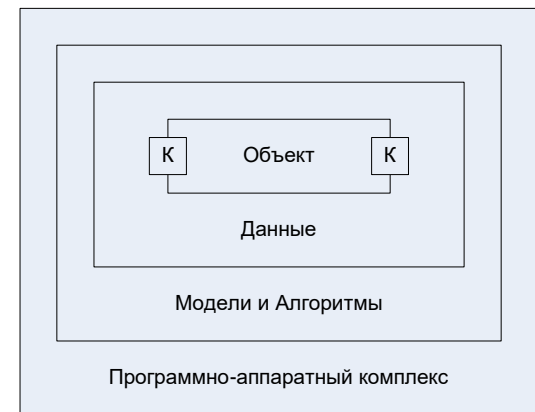
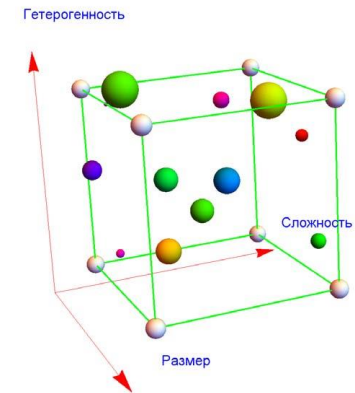
Точность при контрольном взвешивании: **> 94%**

ЦЕНТР ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Разработана программа дополнительного профессионального образования (повышения квалификации): *«Применение технологий машинного обучения для обработки сенсорной информации и интеллектуального управления автономными робототехническими комплексами»*. Программа апробирована в рамках реального проекта.

Доработана методика: *«Организация и бюджетирование крупных сквозных проектов в области искусственного интеллекта»*. Подход учитывает критические особенности проектной деятельности связанной с разработкой сложных нейросетевых алгоритмов и моделей. Методика апробирована в рамках нескольких реальных проектов.

Разработан опытный образец программно-аппаратного комплекса «Детектор хромоты животных КРС». Достигнуто качество: 0.93-0.96 по метрике F1 (99%).



ЦЕНТР МОЛОДЕЖНОГО ИННОВАЦИОННОГО ТВОРЧЕСТВА

Организована экспертиза научных работ студентов и аспирантов, поданных на конкурс «Наука будущего — наука молодых» в секции «Информационные технологии и математика» (195 работ), а также 34 работы школьников в секции «Математика и информатика» Менделеевского международного конкурса.

Заключено соглашение о предоставлении гранта с Департаментом образования и науки города Москвы.

Под руководством сотрудников лаб. 67 Ю.А. Тумина, И.Ю. Швеца и Ю.Ю. Швеца запущены 35 школьных проектов.

В течение года совместно с научными сотрудниками лабораторий 27, 67, 79, 80, 81, 82 проведено 41 научно-профориентационное мероприятие со школьниками. В октябре впервые были проведены предпрофессиональные каникулы для старшеклассников. Общее число участников — более 800 человек.

