



ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ И ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ»
МОЛОДЕЖНАЯ ШКОЛА-СЕМИНАР
«УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ
В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»





Исследование двунаправленной координации и отказоустойчивого управления гетерогенными группами



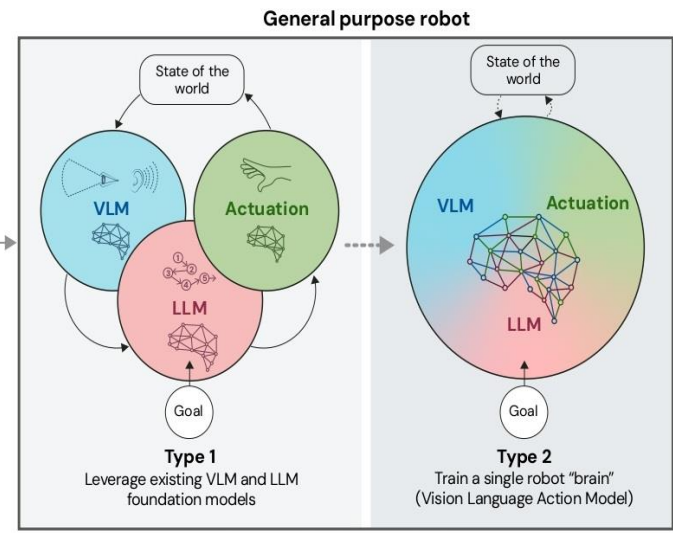
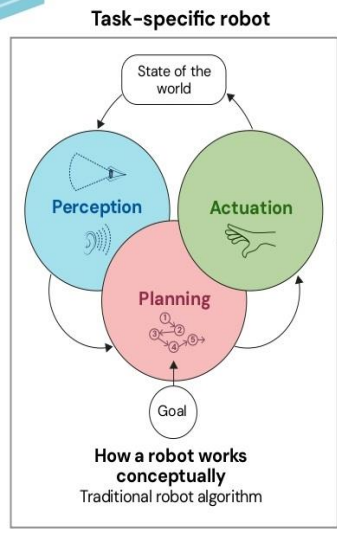
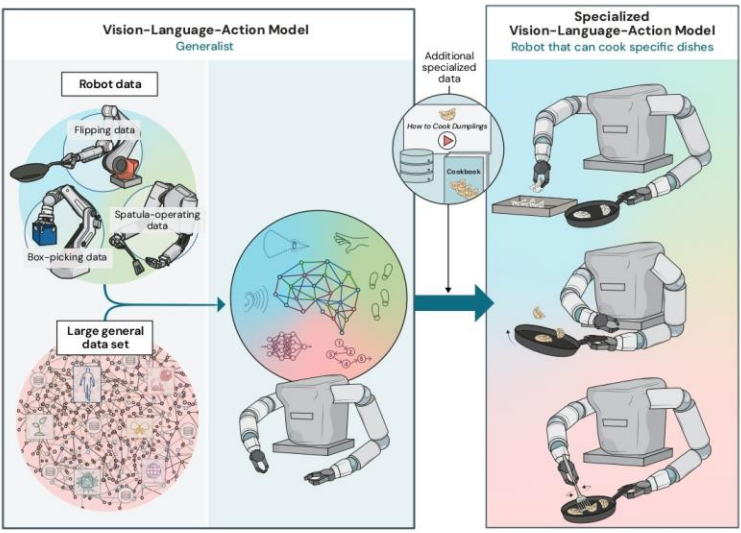
<https://www.ipu.ru/robot>

<https://www.ipu.ru/smart>



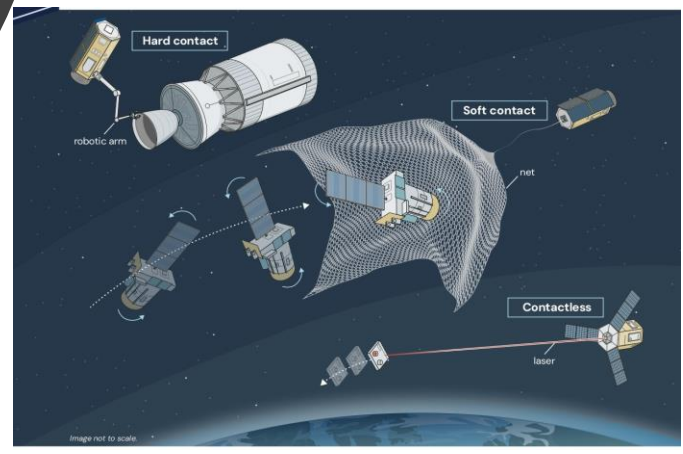
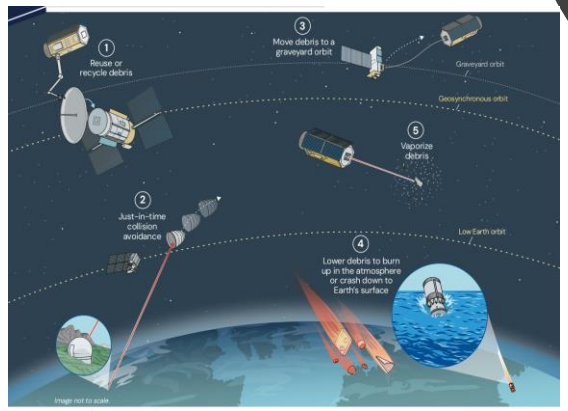
- Исследуются проблемные вопросы управления в организационно-технических системах экстренного реагирования в контексте *информационно-аналитического обеспечения* ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.
- *Целью работы* является расширение функциональности объекта управления в процессе *сквозной интеграции* для различных конфигураций, когда реальные (физически реализуемые) агенты осуществляют свое взаимодействие с потенциальными / виртуальными.
- Отказоустойчивость управления гетерогенными группами на текущем этапе проводимых исследований фокусируется здесь для «линзы» *отказобезопасности*.
- Данный подход также позволяет рассматривать двунаправленную координацию процессов обоснования и разработки ряда требований нормативно-технической документации, ориентированную на информационные потребности конечного пользователя и практическую ценность минимально жизнеспособного продукта.
- Групповое управление; информационно-аналитическая модель; координация; отказоустойчивость; *полуавтономные функции*; сквозная системная интеграция.

- *Образовательные практики применения интеллектуальных систем: гибридная модель оценивания эффективности элементов многоагентной технологии АСФ // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2025. – Т. 21, – № 3. – URL: <http://sitito.cs.msu.ru/index.php/SITITO/article/view/1257> (дата обращения: 29.12.2025).*
- *Отказоустойчивость в условиях цифрового моделирования с применением Smart Robot Car Kit v 3.0 // XXVIII Международная конференция «Цифровая обработка сигналов и её применение — DSPA–2026». – 2026. – (в печати).*
- *Обоснование комплексной модели управления и оценивания эффективности РТК при реализации полуавтономных функций // XVIII Международная молодежная научно-техническая конференция «Молодежь. Техника. Космос», приуроченная к 65-летию со дня полета Юрия Алексеевича Гагарина в космос (30 марта по 2 апреля 2026 года, Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова), СПб, 2026.*
- ***Образовательные практики интеллектуализации управления: гибридные модели анализа среды функционирования сложных авиакосмических систем // Перспективные системы и задачи управления : Материалы XXI Всероссийской научно-практической конференции и XVII Молодежной школы-семинара (п. Домбай, КЧР, Россия), 2026.***
- *Исследование сценариев применения РТК в условиях цифрового моделирования полуавтономных функций // XVII Международная конференция «Устойчивость и колебания нелинейных систем управления» . – М.: ИПУ РАН, 2026. – (в печати).*



Source: GAO adaptation of slides from Robotics Foundation Models presentation by Sergey Levine, UC Berkeley, March 24, 2025, <https://www.youtube.com/watch?v=EV1dC3aONhw> | GAO-26-108079

Source: GAO adaptation of figures by Eleanor Tomlinson from *The State of Robot Learning* by Vincent Vanhoucke, Medium, March 6, 2024, <https://vanhoucke.medium.com/the-state-of-robot-learning-639daf9bfc8> | GAO-26-108079



Аспект	Подходы ряда докладчиков конференции	Элементы текущего исследования
Моделирование динамики	Классические линейные модели, ПИД-регуляторы, эвристические методы (...)	PINN / TTN с физической консистентностью и оценкой невязки
Учёт задержек	LMI-подход для симметричных или фиксированных задержек (...)	Балансировка асимметричных задержек через декомпозицию и компенсацию в сложной системе
Отказоустойчивость	Переключение на резервные контроллеры, структурная избыточность (...)	Закрытый цикл реконфигурации с онлайн-оценкой параметров отказа и плавной деградацией
Семантика и стандарты	Отсутствие явной формализации командного слоя в большинстве докладов	Онтология CCSDS MO + LTL, обеспечивающая интерпретируемость и верифицируемость команд (интеграция с OPS-SAT)
Групповое управление	Централизованные или "лидер-последователь" схемы	Двунаправленная координация гетерогенных агентов с гарантиями связности графа (в т.ч. "перколяция")

- При этом напомним, что если исчерпывающие сведения о значениях параметров изучаемых, к примеру, автономных сложных систем неизвестны, то стереотипное применение многих из известных расчётных и оптимизационных моделей, ориентированных на вычисления с детерминированными значениями, весьма часто приводит к недостаточно эффективным и/или неприемлемым решениям.
- Несомненно, комплексные вопросы предпроектного проектирования в нетривиальных условиях высокой неопределенности усложняются актуальной необходимостью обеспечения согласования разноплановых трудноформализуемых итеративных процессов – при координации частных вопросов с участием многих специалистов.
- Апробация элементов технологий сориентирована на интеграцию адаптированных моделей, методов и алгоритмов сбора и обработки разнородных экспертных данных и безытеративное согласование предпроектных решений – когда данные о недоопределённых параметрах указываются группами экспертов.

Измерение	Классическая парадигма (до 2020)	Современная парадигма (2024–2026)
Модель объекта	Статические уравнения Лагранжа/ Ньютона, ручная идентификация параметров 134	Дифференцируемая обучаемая динамика (PINN, Neural Operators, JAX/diffrax) с онлайн-коррекцией остатков 71 74
Синтез управления	Аналитический (ПМП, LQR, ручные CBF/ Ляпунов), жёсткая привязка к номинальной модели 48	Safe RL + Differentiable MPC + CBF-QP фильтр; управление как результат совместной оптимизации данных и ограничений 51 53 97
Безопасность	Ручной вывод барьерных функций, проверка для фиксированного множества параметров	Нейро-барьерные функции (NCBF) с автоматической верификацией через SOS-программирование, интервальный анализ, runtime-мониторинг 54 55 109
Семантика/ Принятие решений	Статические онтологии, темпоральная логика (LTL/CTL), фиксированные правила перехода 1	Динамические графы знаний + LLM-планировщик, event-triggered обновление семантических инвариантов, символическая трассировка решений 34 78
Гарантии	Доказательства для номинальной/линеаризованной модели	ISS-сертификация для обучаемых контроллеров, устойчивость к структурной неопределённости, задержкам и пакетным потерям 19 20 21

Уровень	Частота	Ключевые компоненты	Методология проектирования	Интерпретация роли в системе
Семантико-онтологический	1–5 Гц	Динамический граф знаний, LLM-планировщик, спецификаторы STL/LTL, онтология команд (OWL2) 1 2	Онтологический инжиниринг, нейро-символическая интеграция, runtime-мониторинг LTL	Стратегический слой. "Понимает" задачу не как числовой вектор, а как сценарий с логическими условиями. Обеспечивает семантическую согласованность и интерпретируемость решений 78 .
Дифференциально-оптимальный	10–50 Гц	PINN/Neural Dynamics, Differentiable MPC, Safe RL (CPO, Lagrangian PPO), онлайн-идентификация невязок 71 150	Градиентная оптимизация через вычислительные графы, вариационное исчисление, мета-обучение	Тактический слой. Синтезирует траектории и адаптирует модель в реальном времени. "Гибрид" аналитической и эмпирической информации, обеспечивающий адаптивность без потери формальных свойств 51 .
Формально-защитный	100–500 Гц	Нейро-барьерные функции (NCBF), CBF-QP решатель, интервальный монитор выходов NN, Shielding-модуль 53 129	Теория инвариантных множеств, SOS-программирование, верификация нейросетей, ISS-анализ	Исполнительный слой. "Автоматический предохранитель". Гарантирует, что любое управление, включая полученное от более высоких уровней, является безопасным, проецируя его на допустимое множество 99 100 .

Метрика риска	Описание	Метод формализации и верификации	Инструменты / Технологии
Вероятность ошибочной классификации целей	Риск неверной идентификации объектов среды (например, другого агента, препятствия, цели).	<ol style="list-style-type: none"> 1. Тестирование на устойчивость: Применение атак типа "вымышленный" для оценки чувствительности модели компьютерного зрения 59. 2. Формальная верификация: Использование runtime-мониторинга для мониторинга выходов модели и предотвращения принятия решений на основе неверных данных 41 69. 3. Онтология: Проверка соответствия классифицированного объекта ожиданиям онтологии CCSDS MO 26 27. 	Adversarial attack frameworks, Runtime Verification tools (ROSRV), Semantic reasoners (Pellet, HermiT).
Непредсказуемость эмерджентного поведения	Возникновение нежелательных коллективных паттернов, не прогнозируемых на уровне индивидуального агента.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Моделирование: Представление роя как гибридной системы 20. 2. Проверка моделей: Применение инструментов вроде UPPAAL или PRISM для анализа всех возможных траекторий и проверки наличия запрещенных состояний 56 70. 3. Онтология: Определение набора допустимых коллективных состояний (swarm states) и их переходов. 	Model Checkers (UPPAAL, PRISM, NuXMV), Hybrid system modeling tools, Ontology editors (Protégé).
Уязвимость каналов управления	Угрозы, связанные с подменой, перехватом или блокировкой команд и данных в сети связи между агентами.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Блокчейн-технологии: Использование распределенной реестровой технологии (blockchain) для обеспечения целостности и неотказуемости команд. 2. Стандарты безопасности: Применение IEEE P1920.2 для защиты коммуникаций в UAV-сводах 58. 3. Runtime Verification: Мониторинг сетевого трафика на предмет аномалий 41. 	Blockchain frameworks (Hyperledger Fabric), Standardization bodies (IEEE), Custom network monitoring scripts.

- Новейшие возможности *интеллектуализации управления*, наряду с основополагающими актуальными направлениями дальнейшего совершенствования средств и методов информатики и вычислительной техники в интересах опережающего развития сложных систем различного назначения, представляют, в современных условиях, неоспоримую значимость, как и прежде, при организации и проведении междисциплинарных исследований в интересах эффективного управления знаниями в авиакосмической сфере, формирования экспериментальных методик в сочетании достижений теории и практики, включая лучшие научно-образовательные практики.
- *Цель* – ознакомить экспертную аудиторию с некоторыми современными приложениями, наглядно иллюстрирующими новые возможности адаптации гибридных методов и моделей анализа среды функционирования (англ. 'Data Envelopment Analysis', DEA), данных и объектов управления в высокотехнологичных и формируемых инновационных отраслях отечественной промышленности, сориентированных на ряд вопросов предпроектного этапа жизненного цикла.
- В свою очередь, целевая установка комплексного проекта – диверсификация гибридных моделей технологии *анализа среды функционирования* сложных систем при реализации результатов теоретического характера, относимых в целом к проблематике исследования операций, методам и передовым практикам прогнозного моделирования сложных систем (преимущественно в экспериментальном аспекте). Ключевые задачи многокритериальной оптимизации изначально сосредоточены в рассматриваемых случаях на разноплановом рассмотрении применимости методов и средств анализа среды функционирования с учётом характерных особенностей построения новых гибридных моделей в проработке с т.н. «моделями со свободной оболочкой» (англ. 'Free Disposal Hull', FDH).

- Имеющийся обширный научно-практический задел, опирающийся на многолетний опыт применения учебного ситуационного центра, здесь также находит применение при локализации тематической направленности профильных мероприятий Общественного научного семинара «Проблемы управления автономными робототехническими комплексами» (с 2011 года / в 2017 – 2018 гг., – и по настоящее время «на площадке» ИПУ РАН).
- При этом преобладающее содержание предпроектных результатов непосредственно соотносимо с дуальным образованием, то есть с совмещением образовательных задач непосредственно в производственной практике и иной профессиональной деятельности действующих и будущих специалистов; помимо того, – акцентуация тематики обусловлена здесь, помимо прочего, даже очередными нововведениями законодательных инициатив по рекламе на объектах космической инфраструктуры, вступивших в силу с начала текущего 2026 года.
- Обосновываемые реализации гибридных моделей со свободной оболочкой (FDH) могут быть интересны, прежде всего, при рассмотрении специфики моделирования и непараметрической оценки эффективности объектов авиа- и ракетно-космической отраслей, а практическая ценность таковых результатов заключается в модификации технико-экономического аудита и технологических преимуществ процессов оценивания программно-технических объектов авиакосмической инфраструктуры на развитой базе их формализованного описания с обобщением практик прикладной информатики.
- Анализ среды функционирования; гибридная модель; дуальное образование; *интеллектуальное управление*; системная интеграция; сложные системы.

