

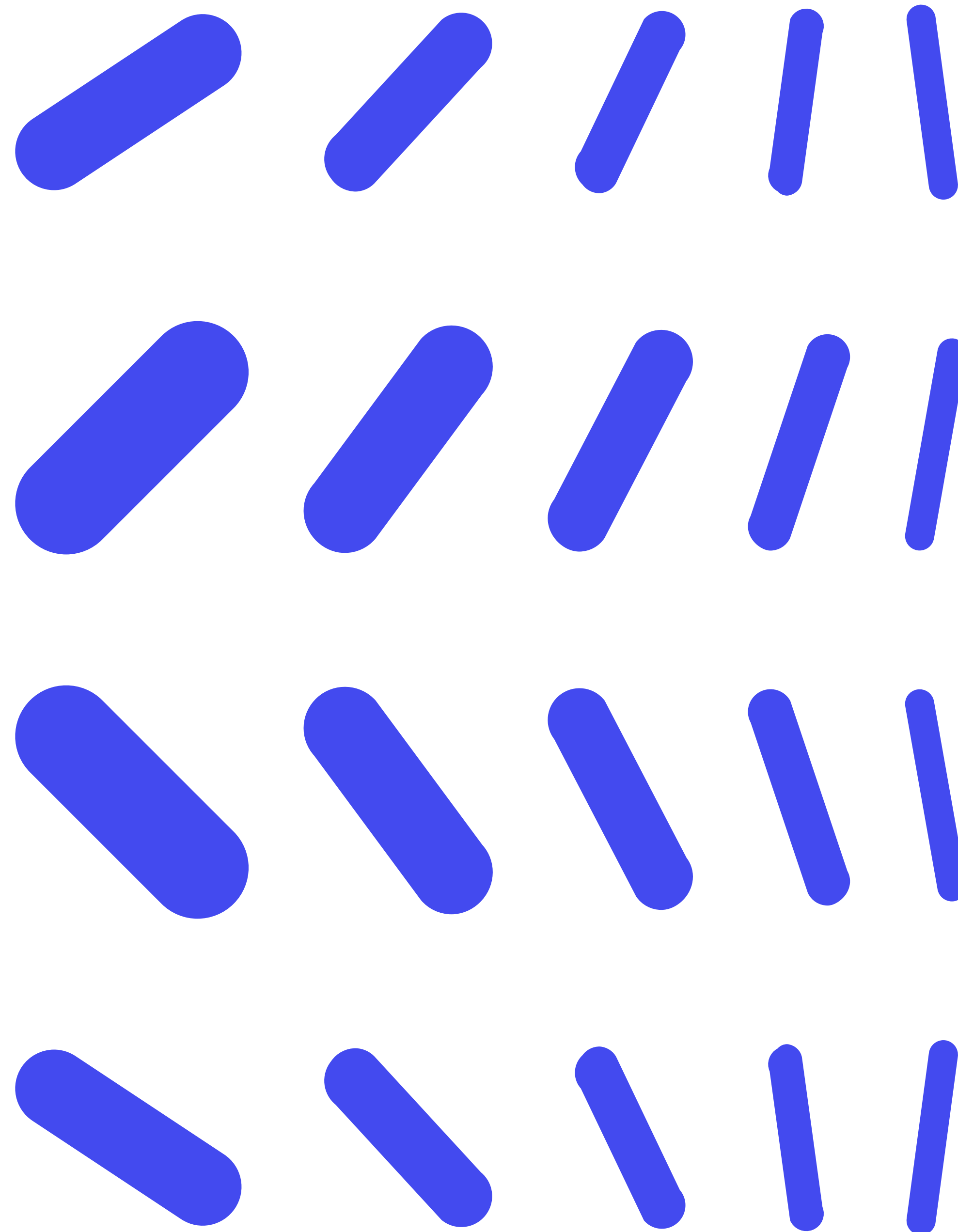
Задел Университета Иннополис в области автономных Беспилотных Авиационных Систем

Опыт внедрённых технологий



Девитт Дмитрий

Руководитель лаборатории воздушной
робототехники Центра беспилотных
технологий Иннополис



О центре

Центр создает новые продукты, реализует научную и образовательную деятельность в области приоритетных направлений робототехники

2018

год основания

116

сотрудников
работают в центре

158

единиц
оборудования - техническая
оснащенность центра

Консорциум

Центр возглавляет консорциум Национального центра компетенций НТИ в области робототехники и мехатроники.

Совместно с участниками консорциума центр робототехники и мехатроники разработал дорожную карту сквозной технологии «Компоненты робототехники и сенсорики» - основополагающий документ в реализации Федерального проекта «Цифровые технологии» (в рамках программы «Цифровая экономика Российской Федерации»).

Задачи консорциума:

- Создание инфраструктуры для прорывных разработок и исследований в робототехнике
- Написание образовательных программ и подготовка высококвалифицированных кадров
- Разработка новых наукоемких продуктов и услуг в робототехнике в интересах партнеров и заказчиков

Ключевые участники

Университеты

innopolis
UNIVERSITY



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

ДВФУ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

МИЭТ

UNIVERSITY

Р

ИОНТЕН

IMT Atlantique
Institut Polytechnique de la Loire
Ecole Mines - Telecom

Научные центры



Индустриальные партнеры

KUKA

AEROFLOT
Russian Airlines

ГАЗ
группа

KAMAZ

КТО МЫ?

Центр беспилотных технологий Университет Иннополис

Разрабатываем РТК для задач в различных сферах применения: инспекция, мониторинг, логистика и т.д.. Компетенции коллектива позволяют покрыть полный цикл разработки РТК

Члены команды являются победителями и призерами международных и всероссийских соревнований:

 1 место Аэробот 2019 (капитан в составе другой команды)

 3 место на Google Landmark Retrieval Challenge, Kaggle

 1 место Аэробот 2020 (1 этап)

 1 место в RoboCup Египет(2018г)

 1 место в соревнованиях NASA Innovative Advanced Concepts

 топ 5 в мире по C++ на Stack Overflow в 2020г.

 Финалист Robosub 2019 (Сан-Диего, США)

И ещё куча статей в Q1



Успешные кейсы для ведущих предприятий промышленности:



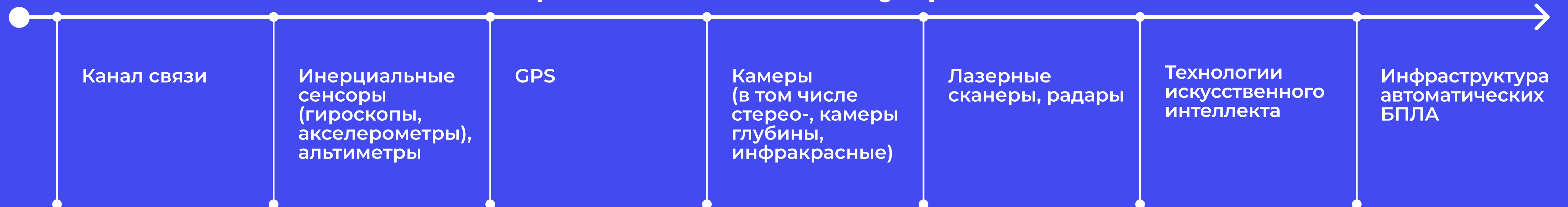
В том числе разработка, перспективных типов БПЛА и интеллектуальные системы управления для них

Тренд: автономность

Увеличение автономности



Усложнение технологий применяемых для управления



Потребность в технологиях

Сенсоры



Сенсорные системы для восприятия мира в 3D, картографирования и обследования, локализации и георегистрации, а также системы безопасности, специализированные как для пилотируемых так и для автономных воздушных судов

Обнаружение и обход препятствий



Технологии обнаружения и классификации препятствий (летательный аппарат, дерево, столб, провода и т.д.), которые обеспечивают безопасность полета на всех этапах от взлета до посадки

Поиск места посадки



Технологии построения карты местности вокруг БПЛА и поиска рекомендуемых областей посадки вдали от препятствий, а также с избеганием воды и болотистой местности

Планирование движения



Алгоритмы планирования маршрута полета для безопасного и эффективного выполнения прикладных задач высокого уровня, в том числе движение на близких расстояниях в среде с препятствиями, разведка

и картирование обширных пространств, в том числе в отсутствии сигналов GPS, таких как подземные шахты

3D Картографирование и аэроразведка



Создание высококачественных 3d-моделей любой среды — в помещении или вне, с или без GPS, в разном масштабе

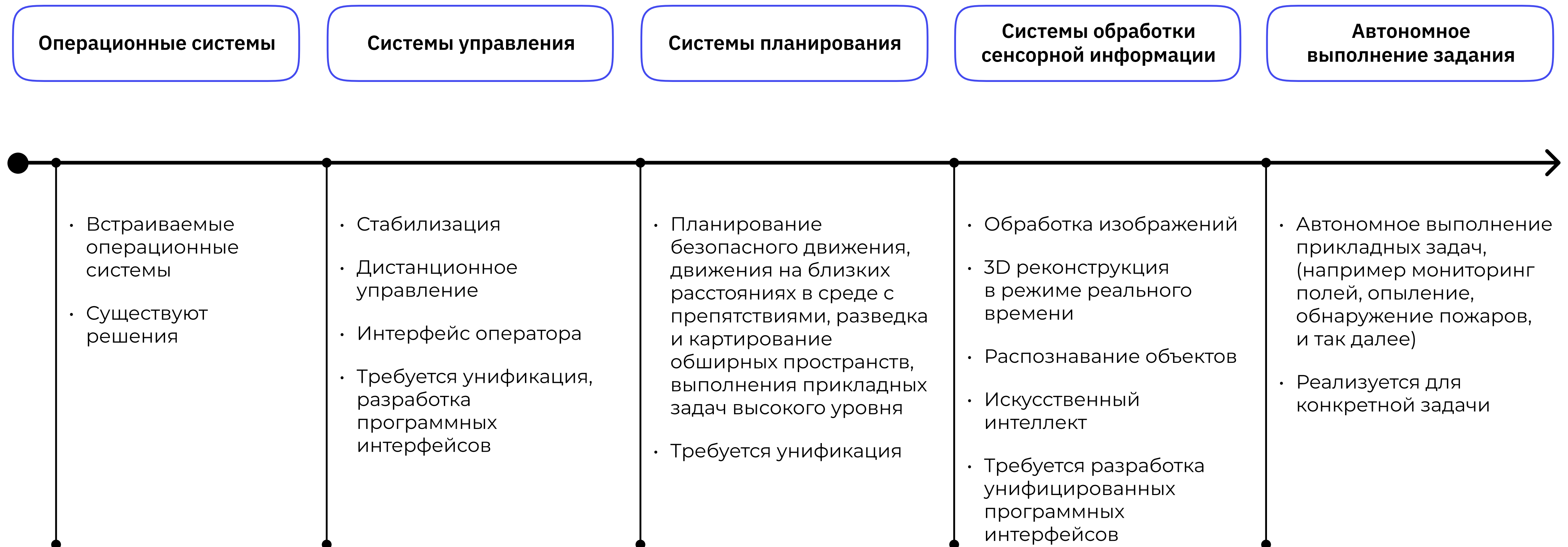
Навигация без GPS и локальная навигация



Использование сенсорной системы и карт местности для локализации БПЛА без помощи GPS в помещении, под навесом или под землей

Технологии точной относительной навигации для посадки на корабль в бурном море, координации работы нескольких воздушных транспортных средств в непосредственной близости или автоматические операции стыковки транспортных средств

Технологии: программное обеспечение



Проблемы безопасности БПЛА

- Пониженная надежность текущих систем БВС.
(это всё ещё не авиационная техника по надёжности)
- Интеграция в город требует изменения инфраструктуры
- Проблема регулирования воздушного пространства БВС
- Мало успешно внедренных кейсов для сбора правовой и регулирующей статистики
- Текущие требования для производства БПЛА заточены под больших игроков рынка



Тренды: новые конструкции

**Вызов:
энергоэффективность**



Гибридные конструкции

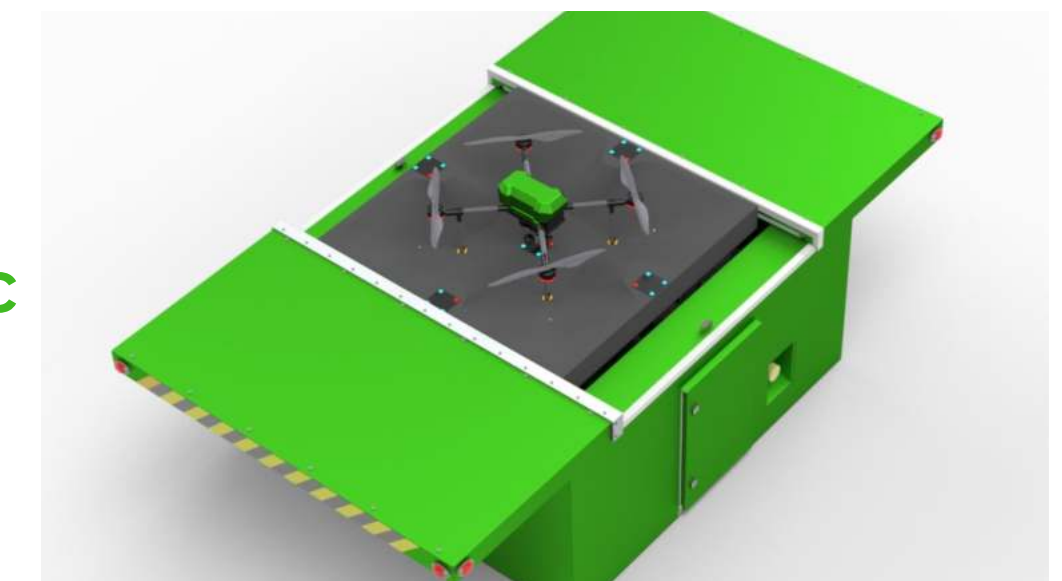


**Станции зарядки,
привязные системы**



**Прототип
конвертоплана,
Университет Иннополис**

**Посадочная
платформа,
Университет Иннополис**



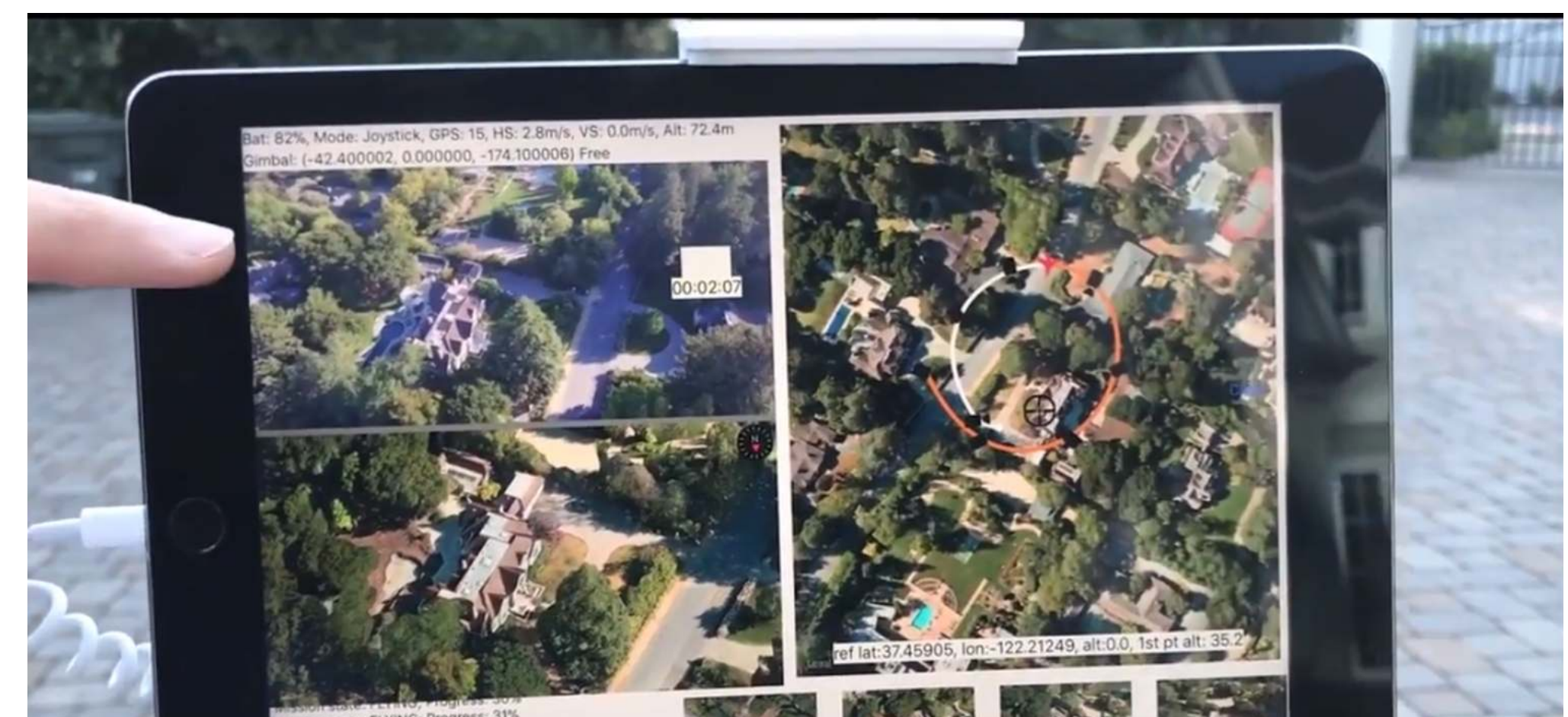
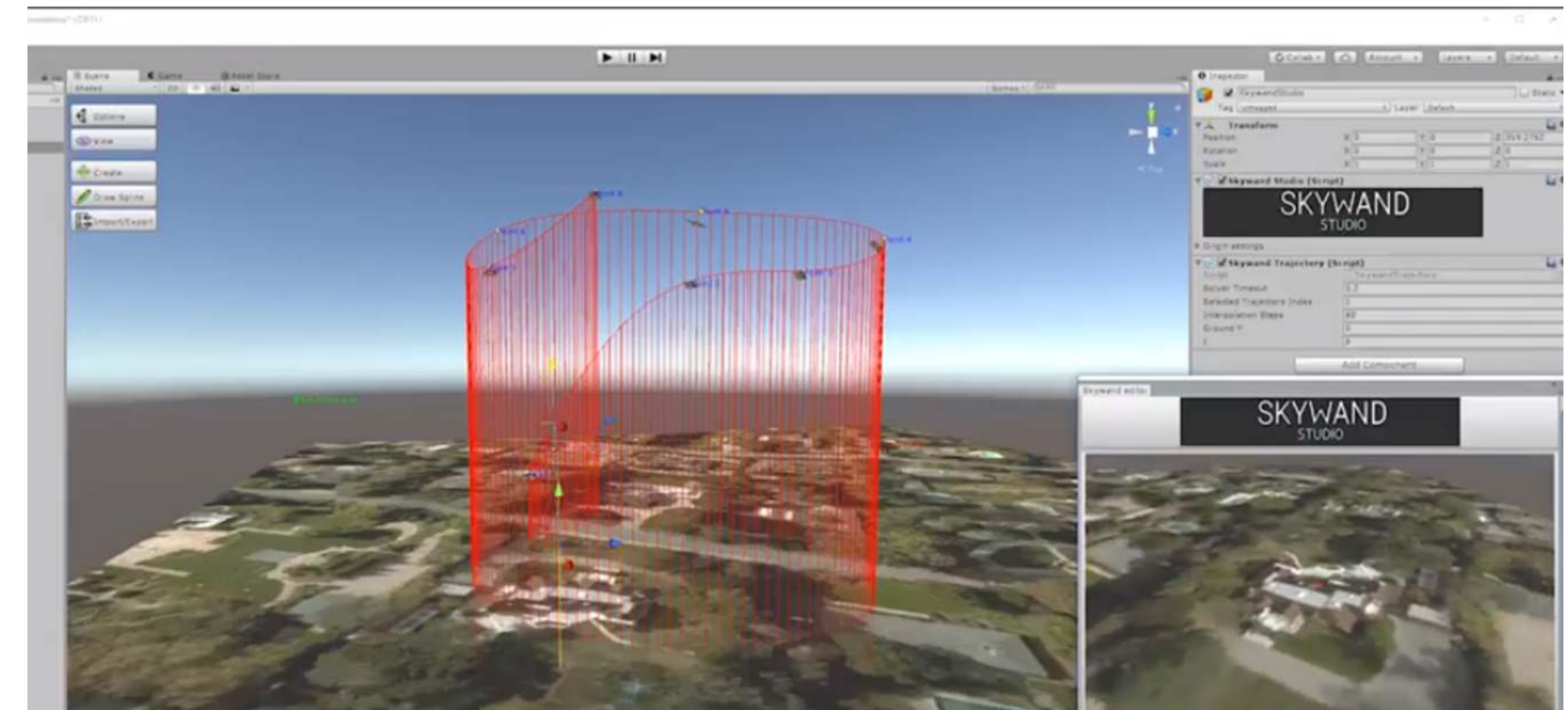
Технологии планирования аэросъемки

Особенности:

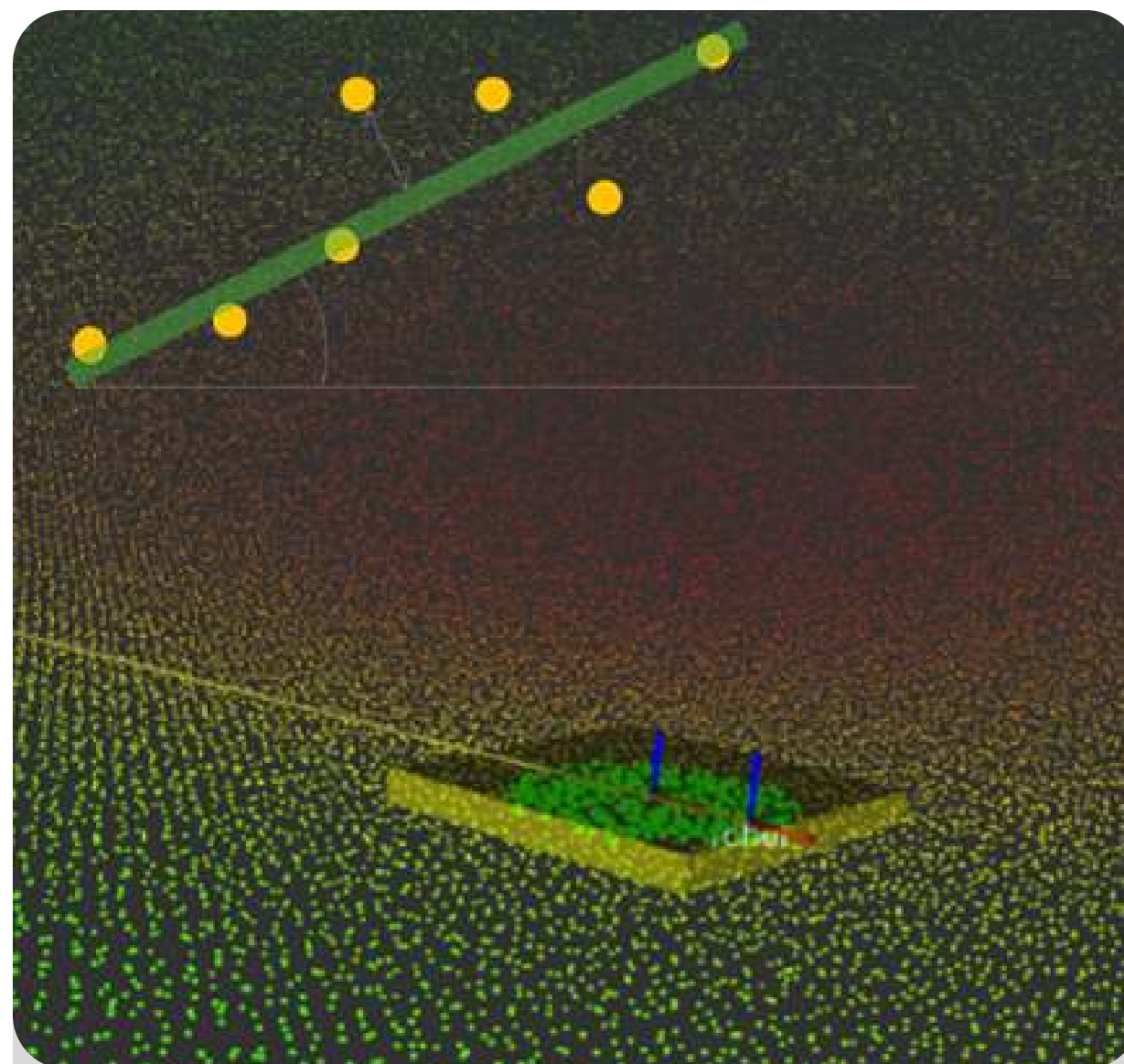
- Планирование движения дрона (look-from) и направления камеры (look-at)
- Планирование гладких траекторий
- Предпросмотр и редактирование траектории
- Трехмерная модель сцены на ПК
- Мобильное приложение
- ПО бортового компьютера
- Повторяемость траектории полета
- Требуется один оператор

Применение:

- Автоматическая кинематография
- Автоматический мониторинг



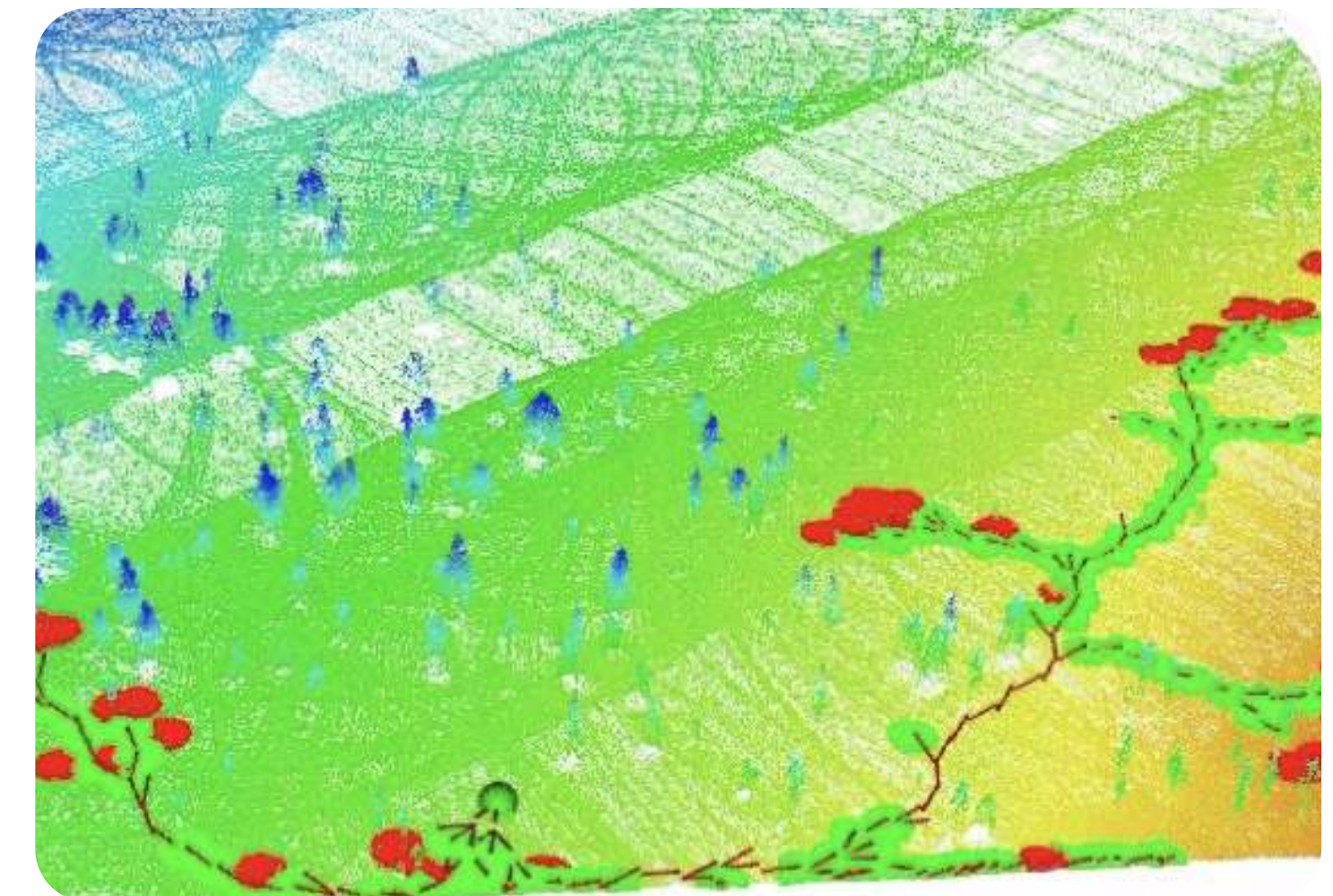
Кейсы: Использование данных БПЛА для анализа проходимости местности наземной техникой



Аналитический



Нейросетевой



Технологии картографирования и обследования помещений на базе БПЛА

Возможности:

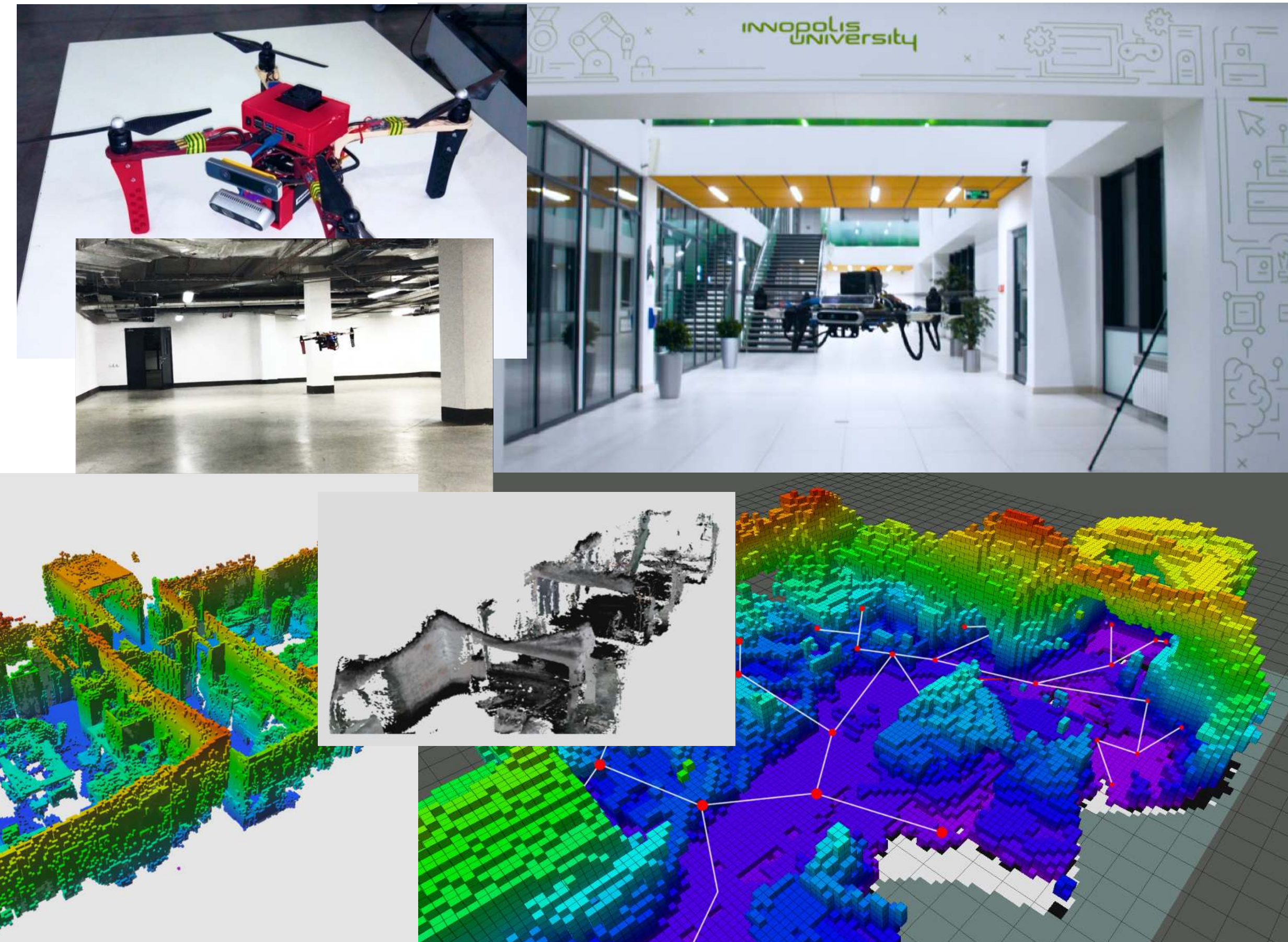
- Построение 3д карты в реальном времени на бортовом вычислителе
- Навигация внутри помещений по алгоритмам визуально-инерциальной одометрии
- 3 режима картографирования и навигации: по камерам / по лидарам / смешанный
- Система автономного облёта препятствий

Особенности:

- Разный тип хранения карты: облако точек, mesh
- Универсальность: подходит для разных типов роботов
- Алгоритм на основе дерева возможных траекторий
- Алгоритм максимизирует полезность пути для обследования, используя целевую функцию

Применения:

- Автономная разведка внутри помещений
- Точная трехмерная реконструкция на борту БПЛА



Технологии автономного облёта препятствий для БПЛА

Возможности:

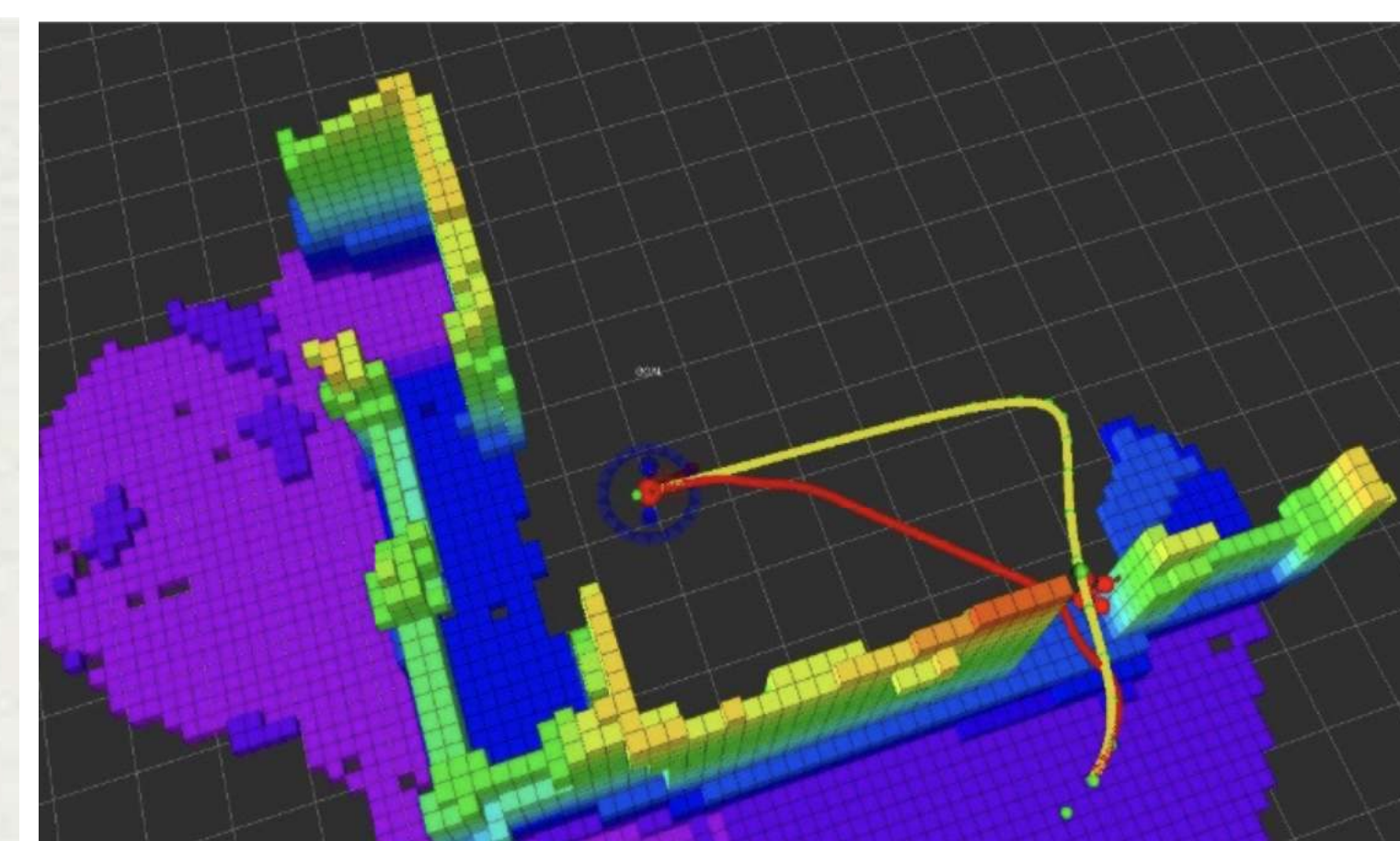
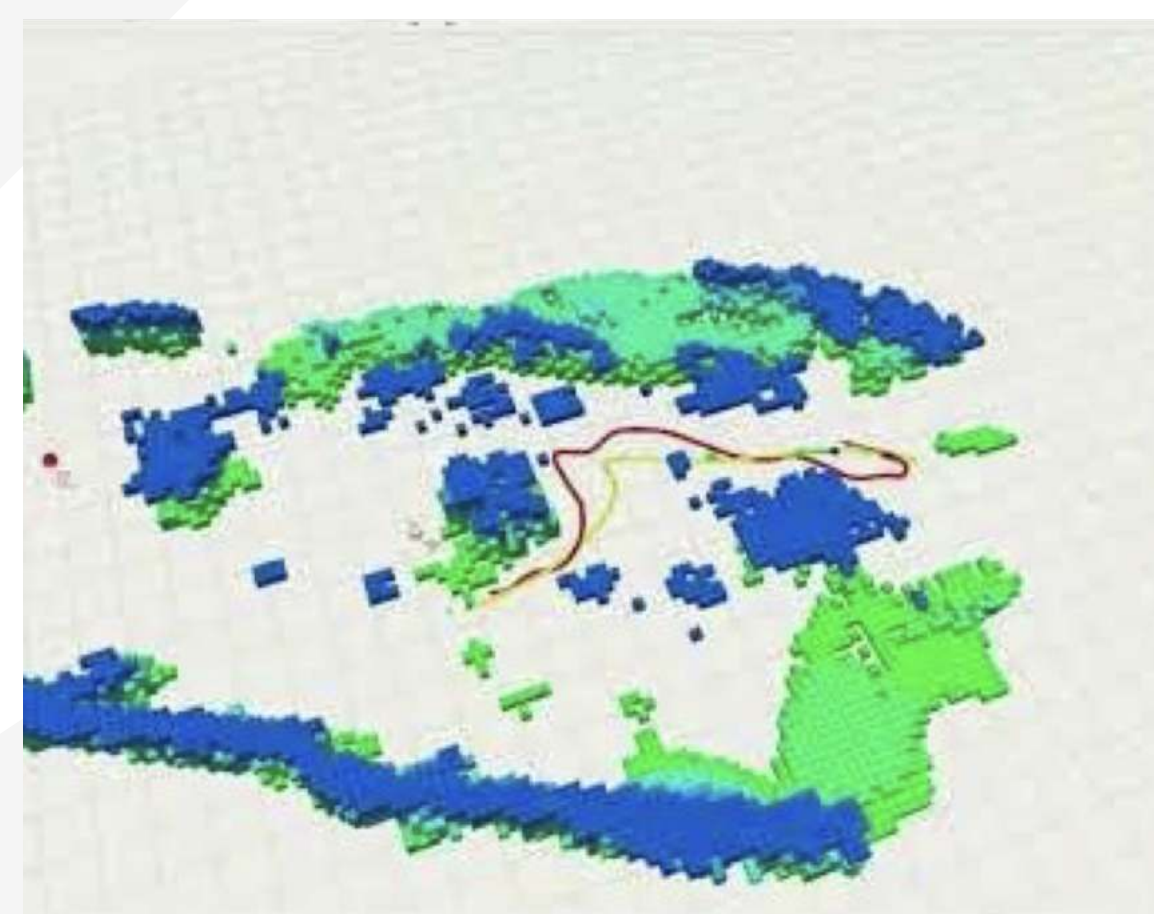
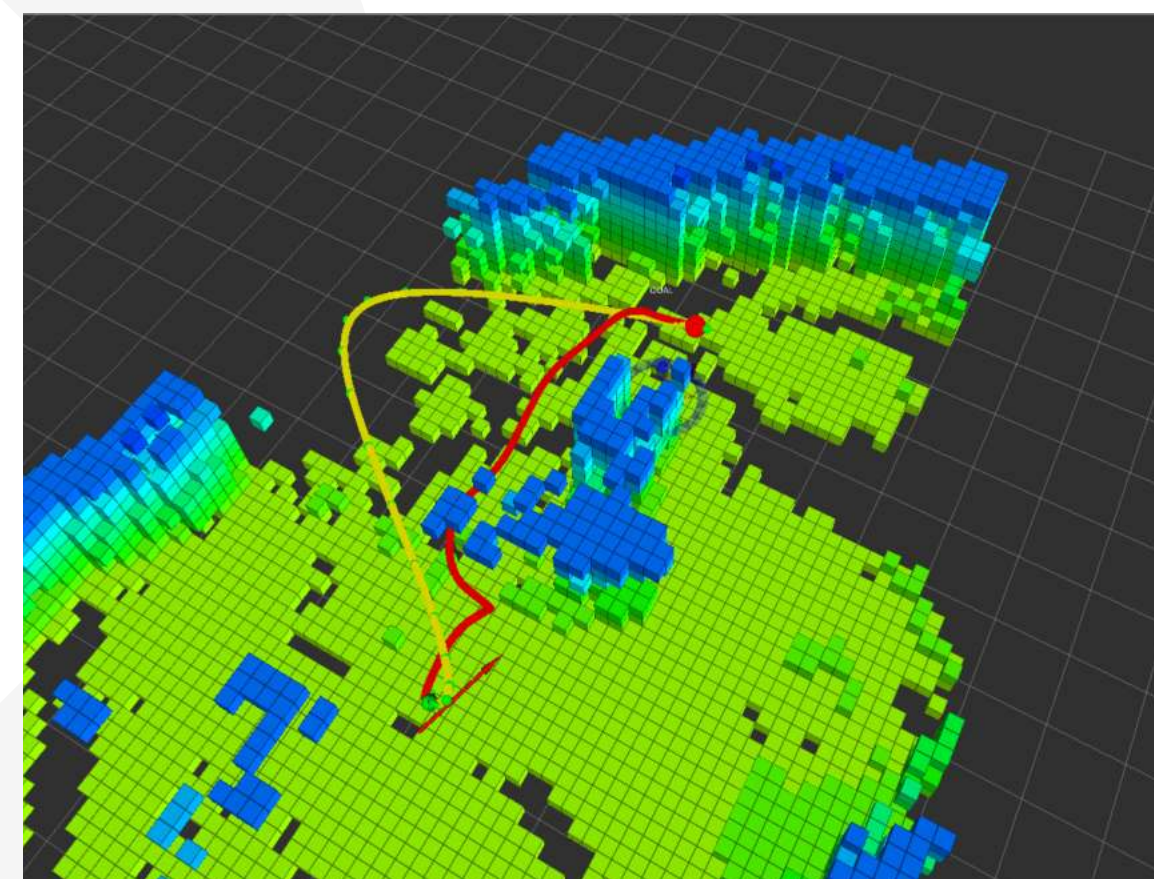
- Работа в закрытых помещениях
- Избегание динамических препятствий
- Полёт на скорости до 8 м/с
- Использование разных типов сенсоров (камеры, лидары)

Особенности:

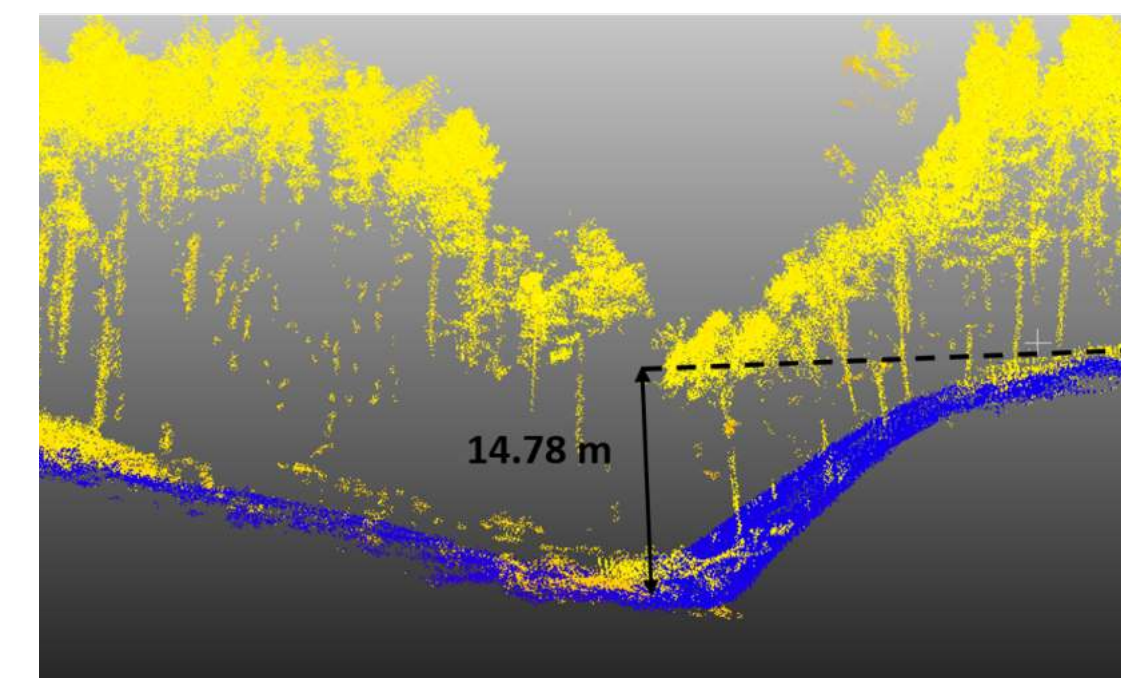
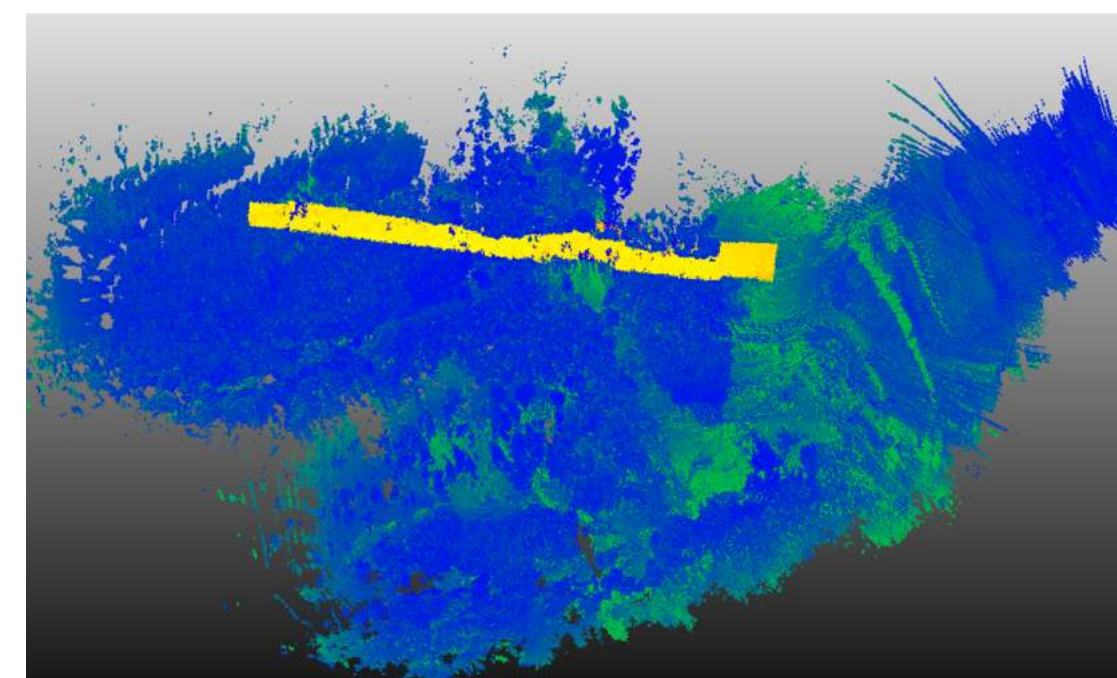
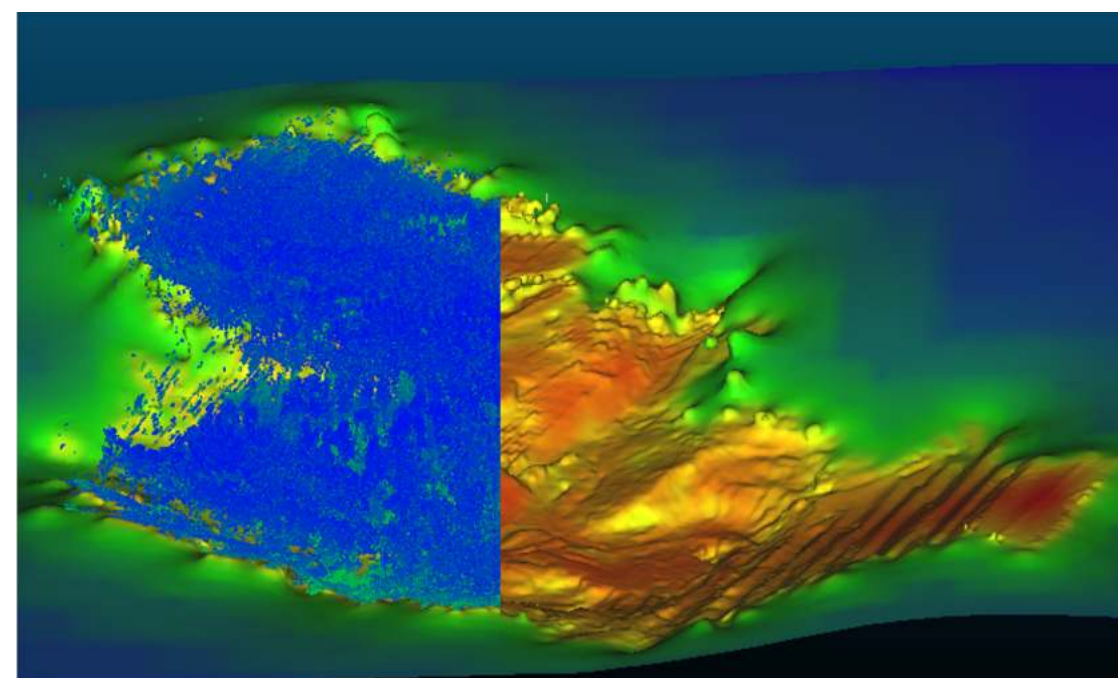
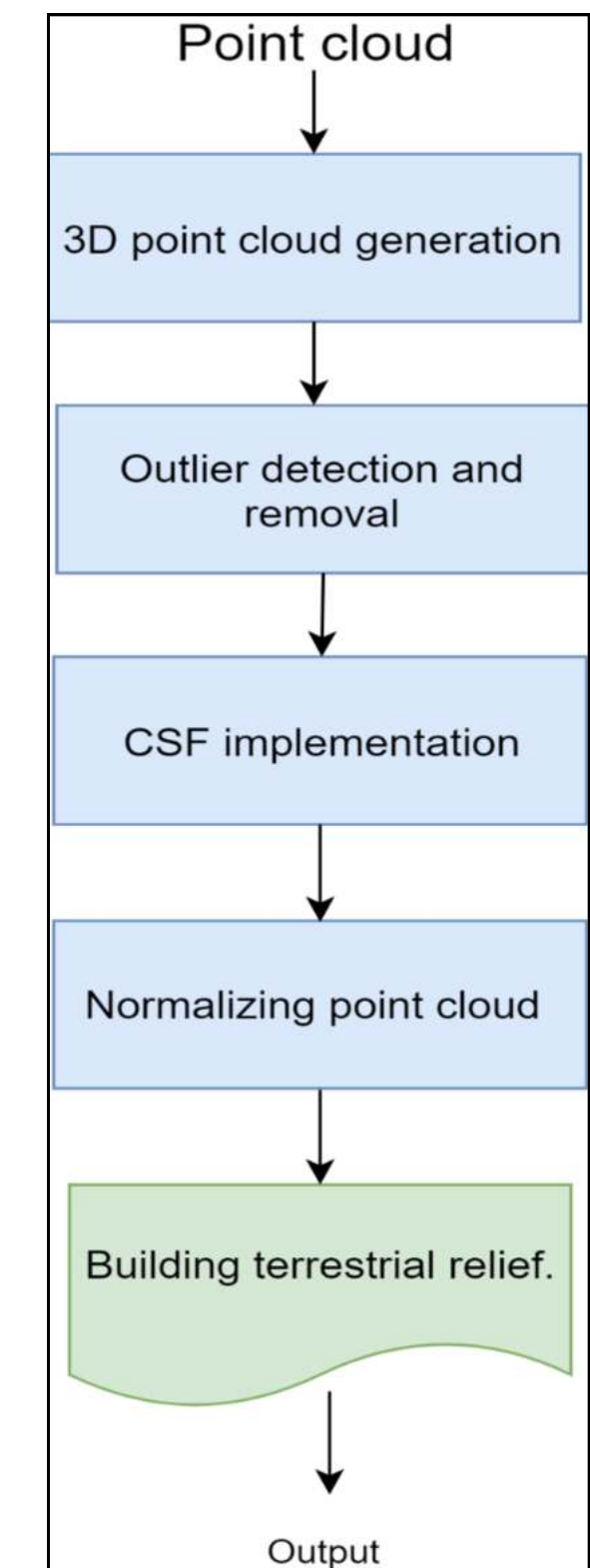
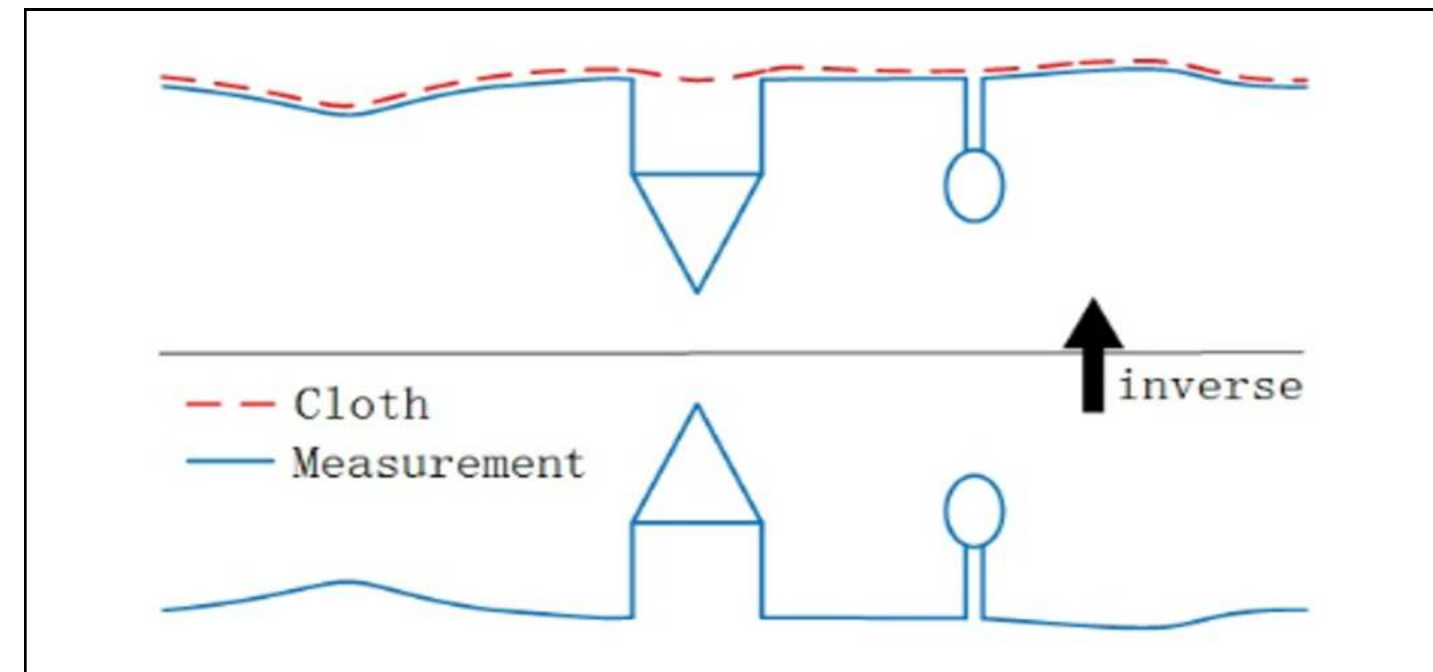
- Алгоритм работает без предварительного картографирования
- Генерация оптимальной траектории с учётом кинодинамических ограничений
- Оптимизация траекторий в форме гладких сплайнов
- Отсутствие локального минимума

Применения:

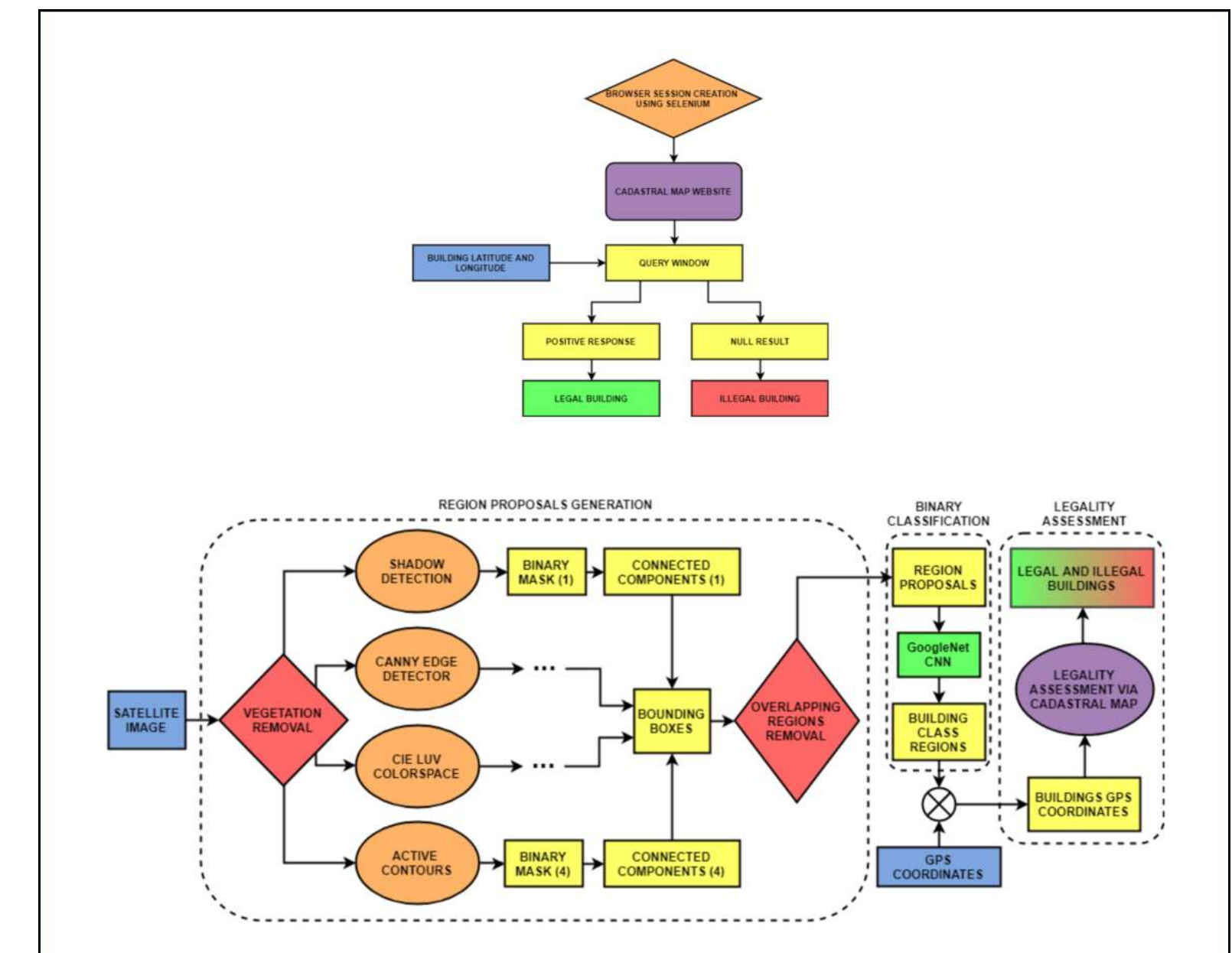
- Автономное движение без вмешательства оператора
- Исследование зашумлённых территорий



Кейс: Анализ рельефа в лесной местности в реальном времени



Кейс: Выявление нелегальных построек



Кейс: Автономное инспектирование ЛЭП (проект)

Возможности:

- Построение 3д карты в реальном времени на бортовом вычислителе
- Автономное наведение на ЛЭП
- Система автономного облёта препятствий

Особенности:

- Поиск и анализ ЛЭП с применением ИИ
- Полёт без участия оператора

Применения:

- Автономный анализ ЛЭП



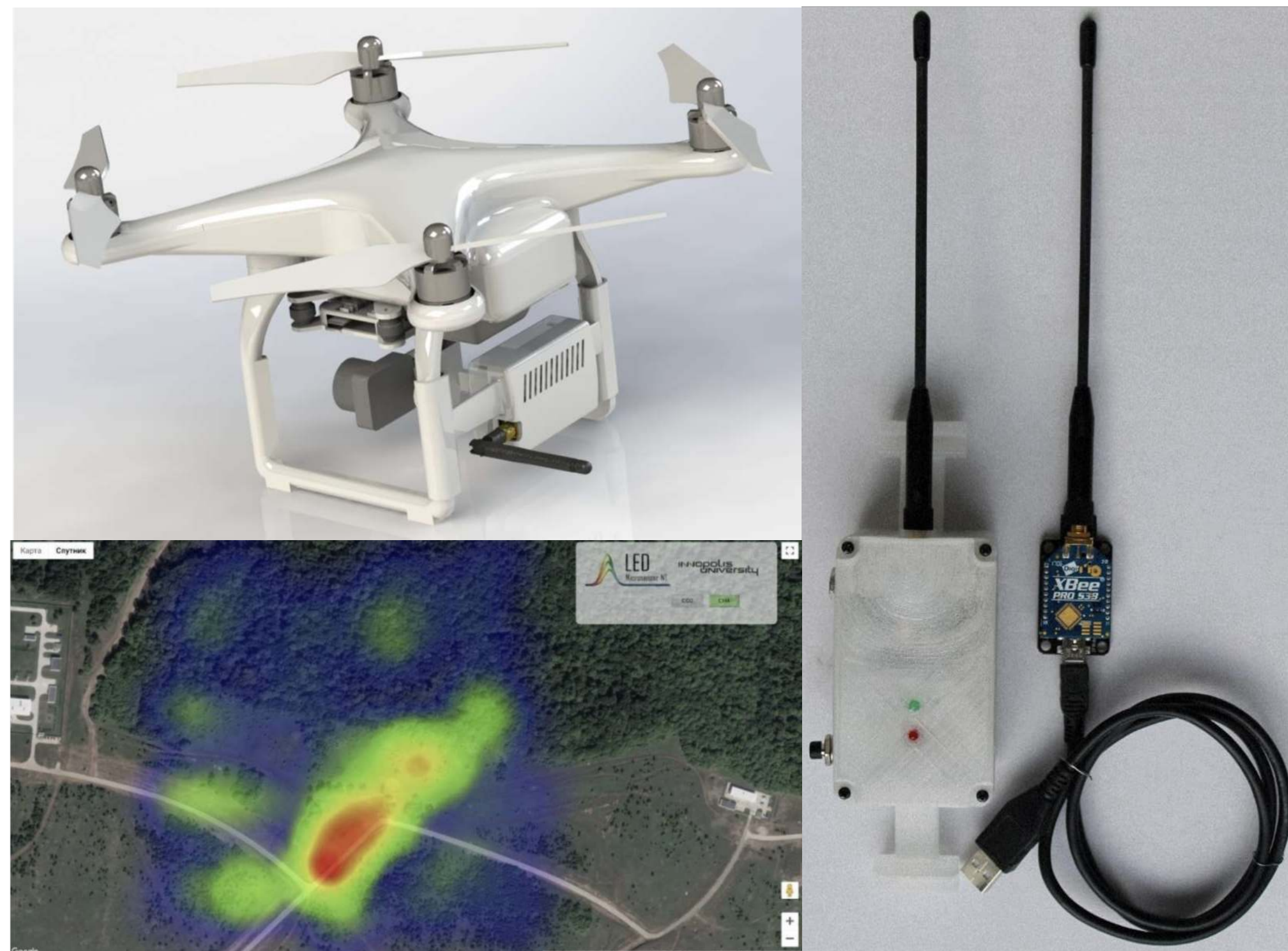
Кейс: Система контроля концентраций метана и углекислого газа с использованием БПЛА

В рамках реализации проекта разработана система управления и передачи данных сверхлёгких БПЛА для сенсорной системы мониторинга метана и углекислого газа

- Мониторинг экологической обстановки и источников утечек газа на территории заводов и вдоль трубопроводов
- Применяются оптические газоанализаторы
- Решается задача поиска источника газовой утечки

В ходе проекта выполнены:

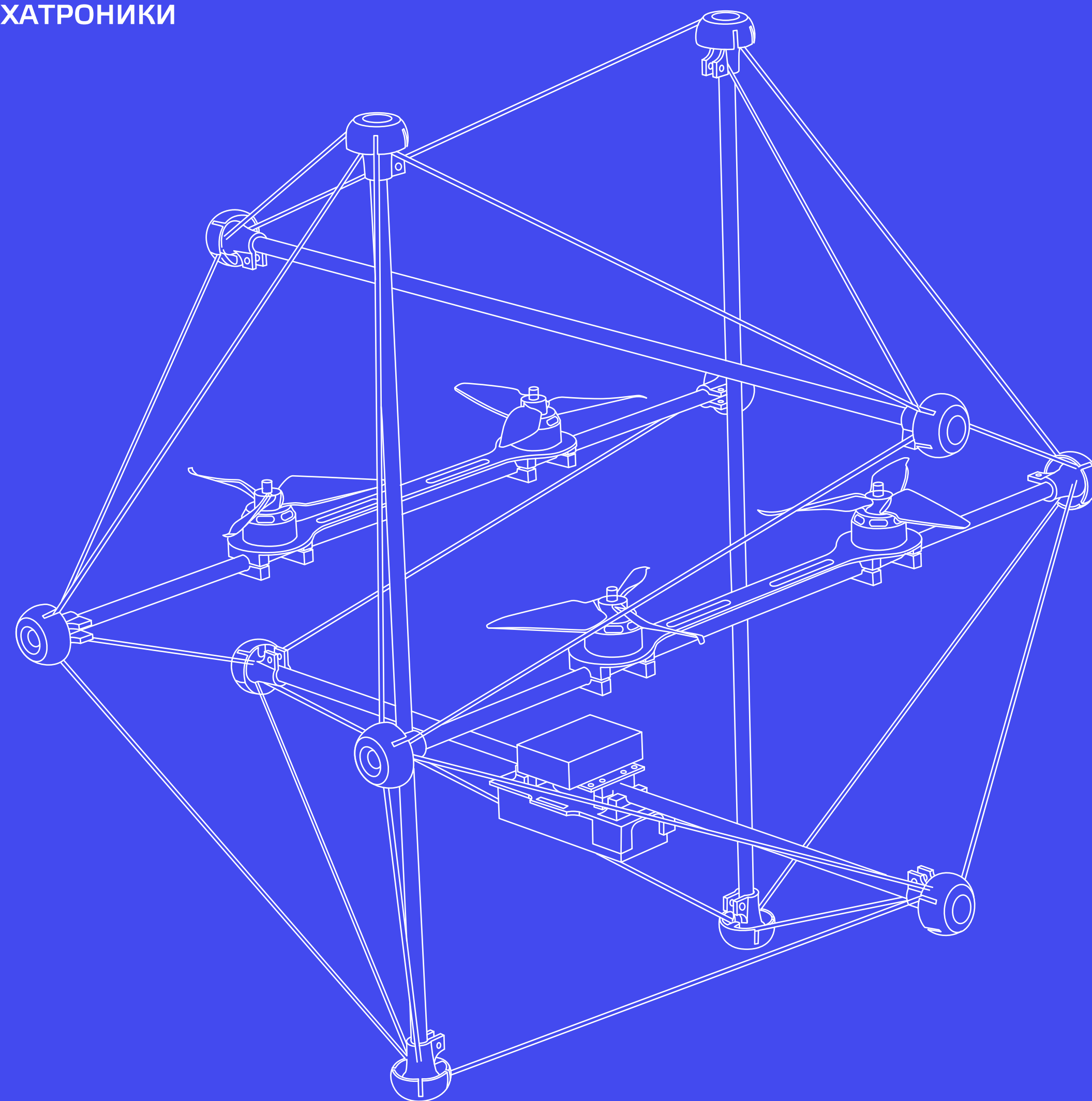
- Разработка программного обеспечения системы управления сверхлёгкой БПЛА для полёта по заданной траектории.
- Разработка алгоритмов облёта заданной траектории для эффективного сбора и передачи данных с БПЛА.
- Экспериментальные исследования по полёту, сбору и передачи сенсорных данных с сверхлёгкой БПЛА в режиме реального времени.





Продукты Университета Иннополис

- VTOL-самолет
- Авионика для БАС
- Система мониторинга с БПЛА и наземной станцией



БПЛА вертикального взлета и посадки

Функционал и возможности:

- Система автоматического управления (автоматический взлет, движение по миссии и посадка)
- Возможность автоматического полета по заданному маршруту
- Возможность зависания над точкой интереса
- Система мониторинга данных телеметрии
- Функция ручного управления
- Вертикальные взлета и посадка
- Наличие логирования полета
- Система захвата и сброса груза*;
- Поддержка камер/лидаров

Основные технические характеристики:

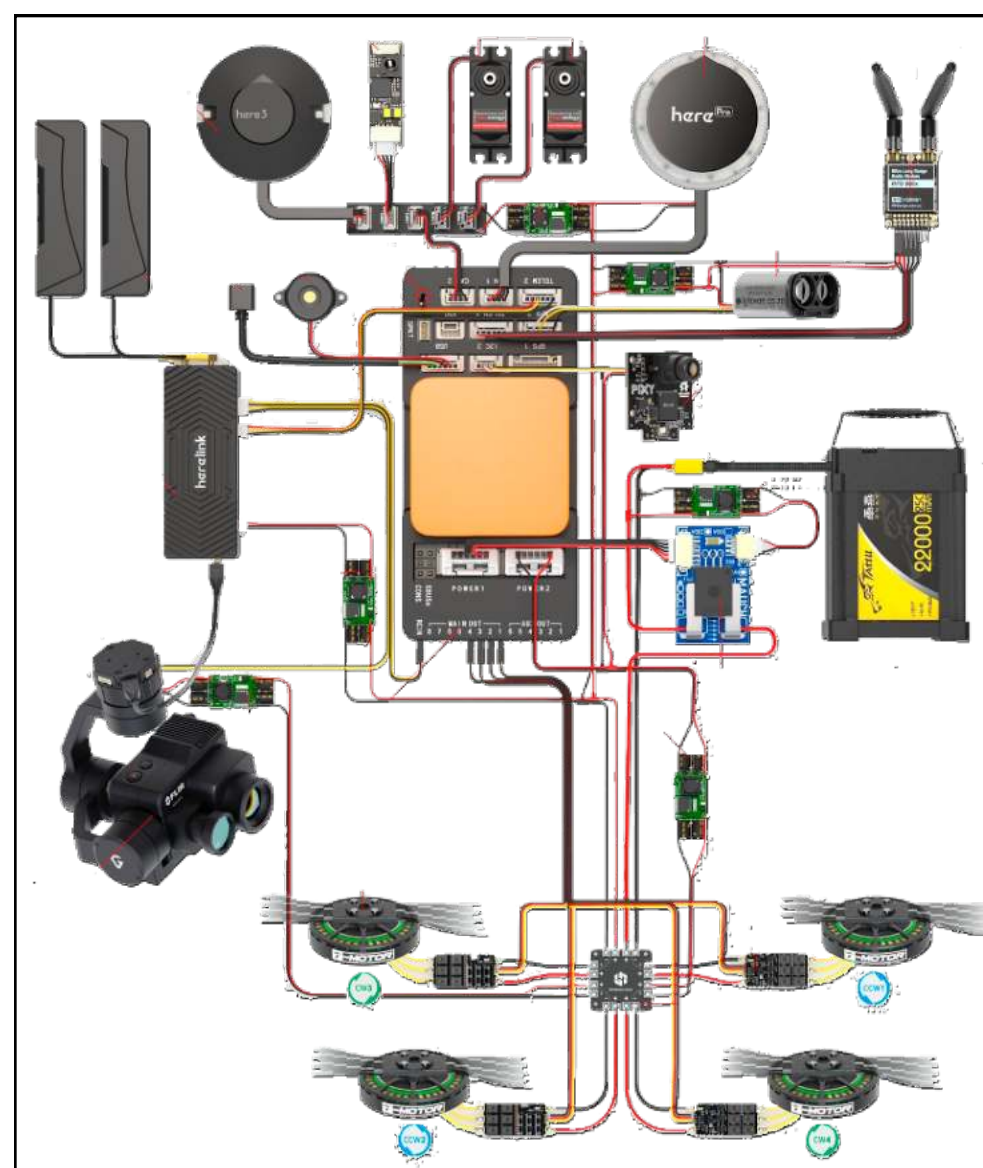
Характеристика	InnoVTOL-3
Назначение	доставка грузов, мониторинг
Силовая установка	электрические подъемные моторы, бензиновый маршевый двигатель (3,5 л.с.)
Размах крыла, м	3
Максимальный взлетный вес, кг	до 30
Масса перевозимого груза, кг	до 7**
Крейсерская скорость, км/ч	80
Время полета, ч	до 5 ч**
Протяженность полета, км	до 300**
Температурно-эксплуатационный диапазон	-20°C...+40°C
Погодные условия эксплуатации	ветер до 13 м/с при взлёта, до 20 в воздухе желательно отсутствие осадков

*опционально
**в зависимости от полезной нагрузки.

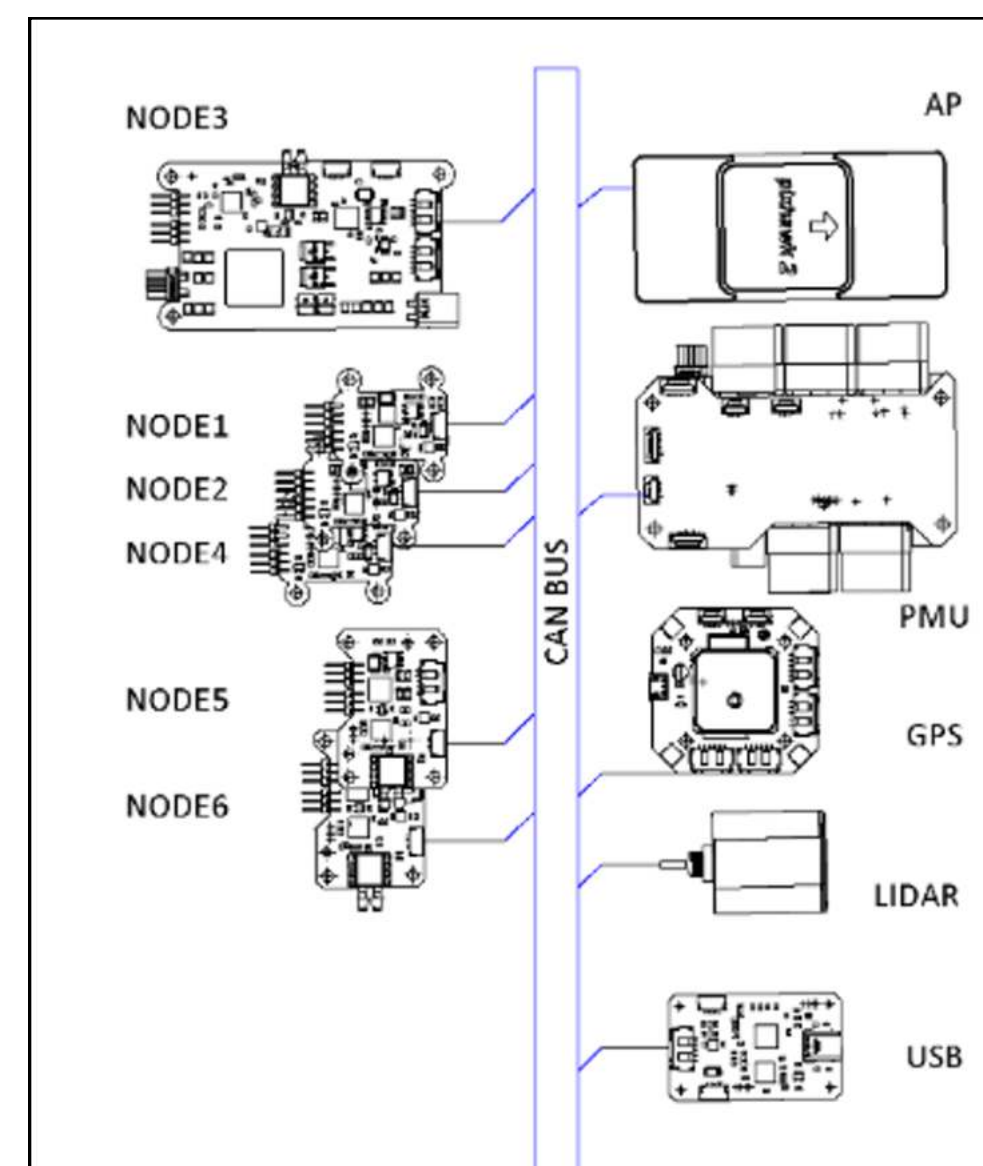
Предназначен для воздушной грузоперевозки и мониторинга большой территории



Разработка распределенных отказоустойчивых систем для БПЛА



VS



Нами разработана целая линейка сенсоров и автопилотов работающие на единой CAN шине с помехоустойчивым протоколом UAVCAN

Данные стандарты активно развиваются с помощью нас, Amazon, CUAU, ZUBAX + 10. Amazon Prime и >10% микроспутников на орбите используют эту архитектуру

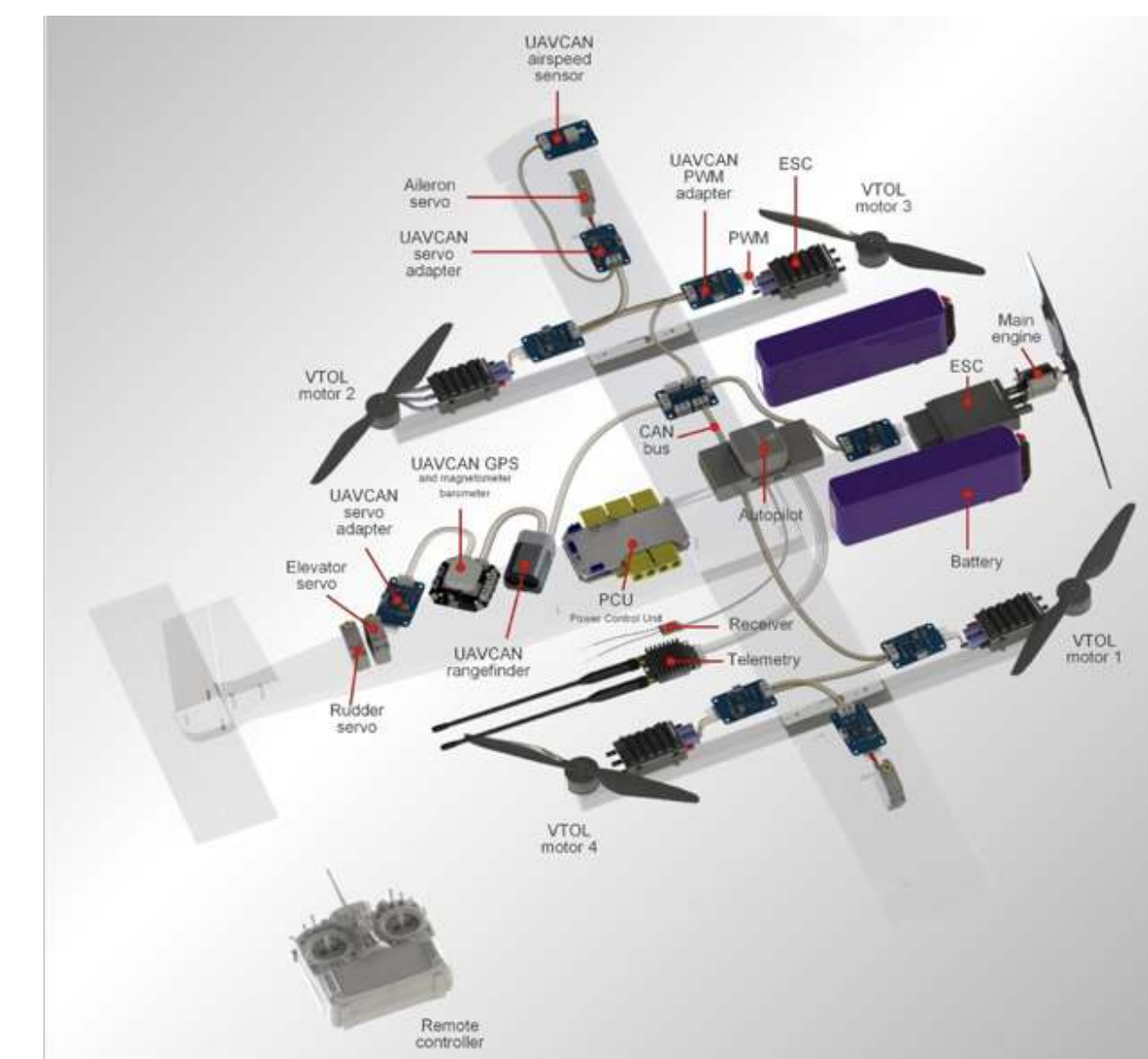
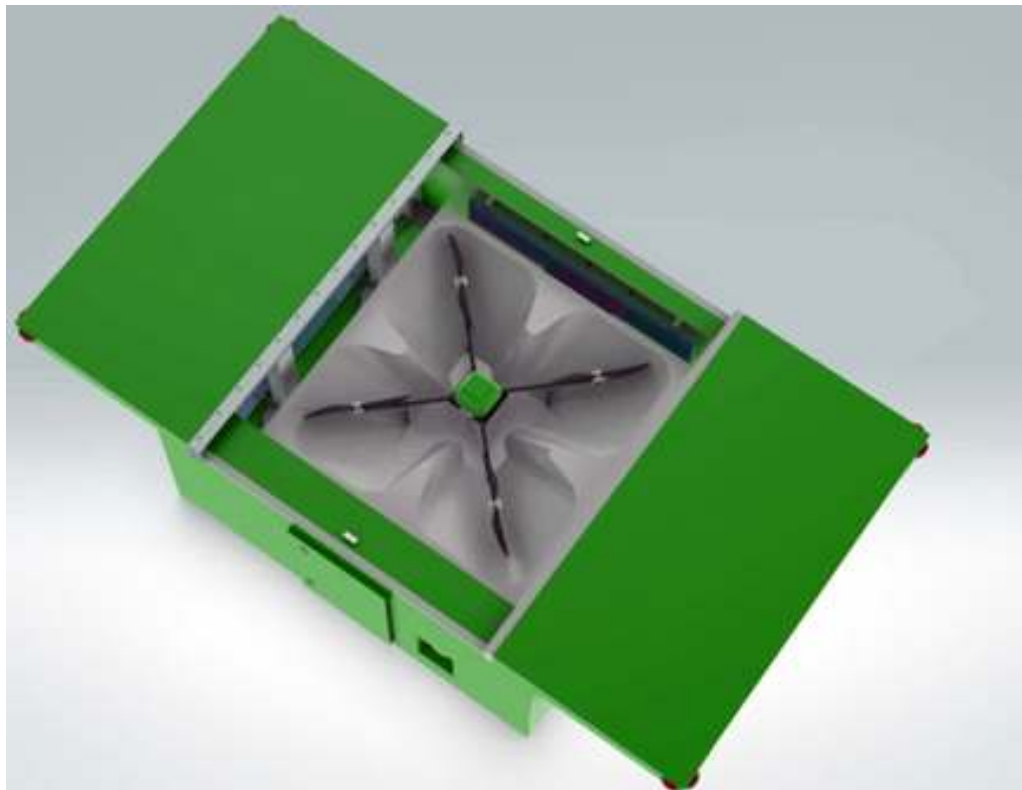


Схема подключения сенсоров для VTOL

Система автономного мониторинга территорий с помощью бпла

Характеристика	Значение
Характеристики станции	
Размеры, мм	150x150x120
Диапазон рабочих температур, °C	-20...+50
Система автоматической посадки	да, по маркерам и ИК-меткам
Точность посадки, не хуже, мм	500
Наличие удаленного управления	4G/GSM, радио (до 60 км)
Максимальная скорость ветра. М/с	10
Характеристики БПЛА	
Размер рамы мм	690
Вес. мм	до 5
Наличие камеры	Sony rx0 mark ii
Наличие гиростабилизированного подвеса	yes
Время полёта. мин	до 60
Автоматический попот по миссии	да, до 1000 точек
Потоковая перелаца випер	да, радио (до 60 км), 4G



До 2 км² за полет
с разрешением
3 см/пикс



> 60 минут
полёта



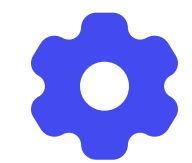
Протяженность
маршрута до 35 км



15.3 МПик,
Full Frame



Области применения



Инспекция промышленных объектов



Мониторинг сельскохозяйственных угодий



Мониторинг темпов строительства



Охрана территории

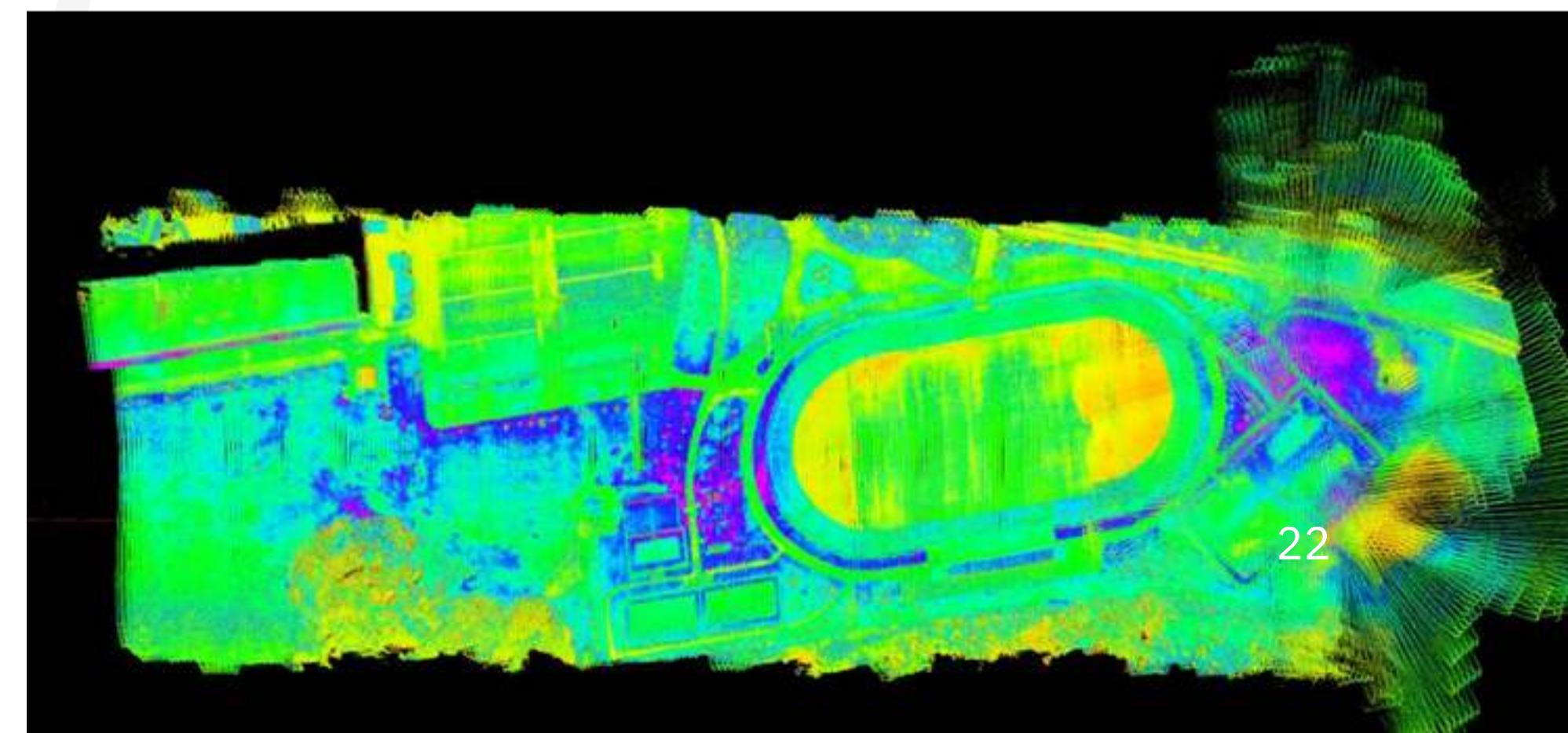
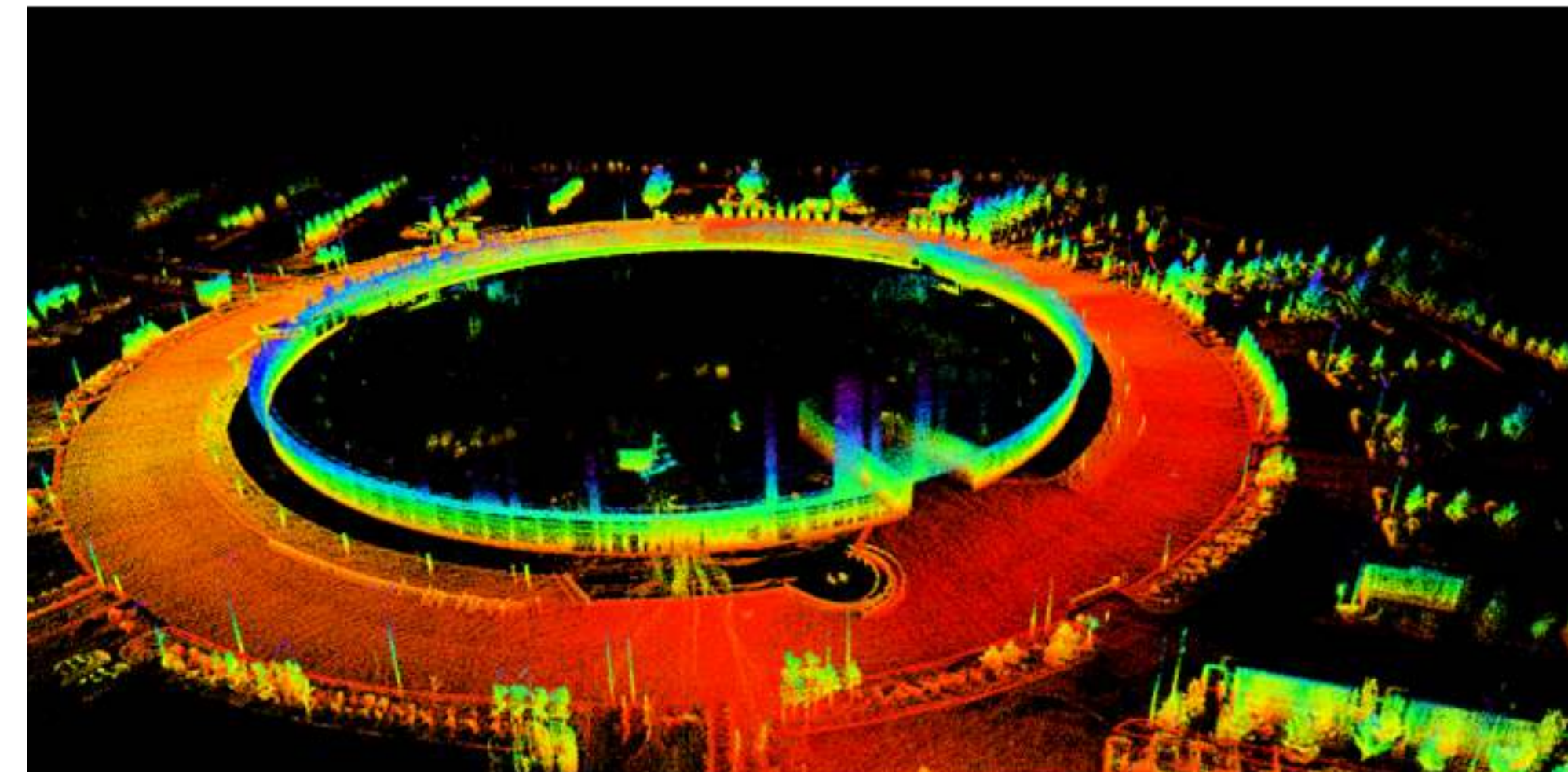
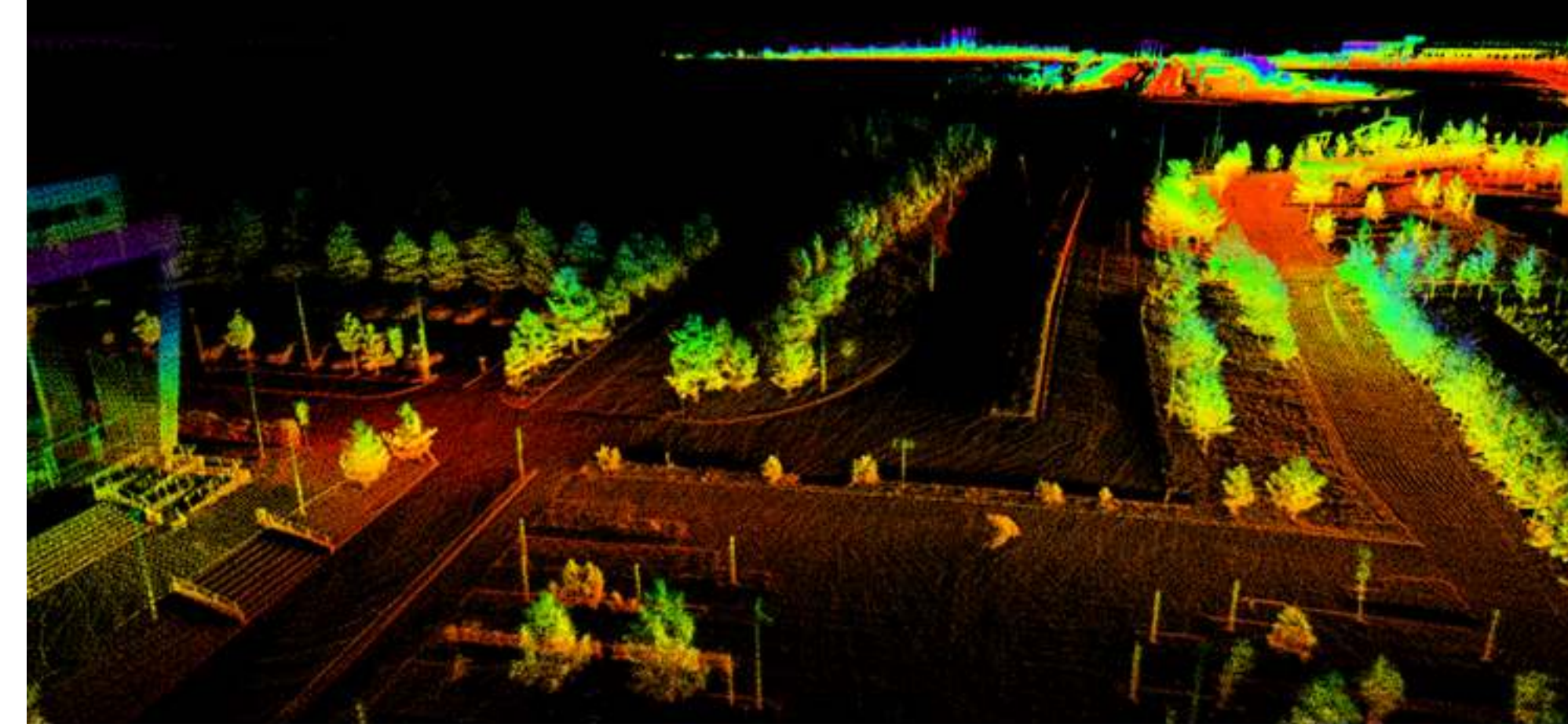


Наблюдение за возникновением оползней



Лидарное сканирование

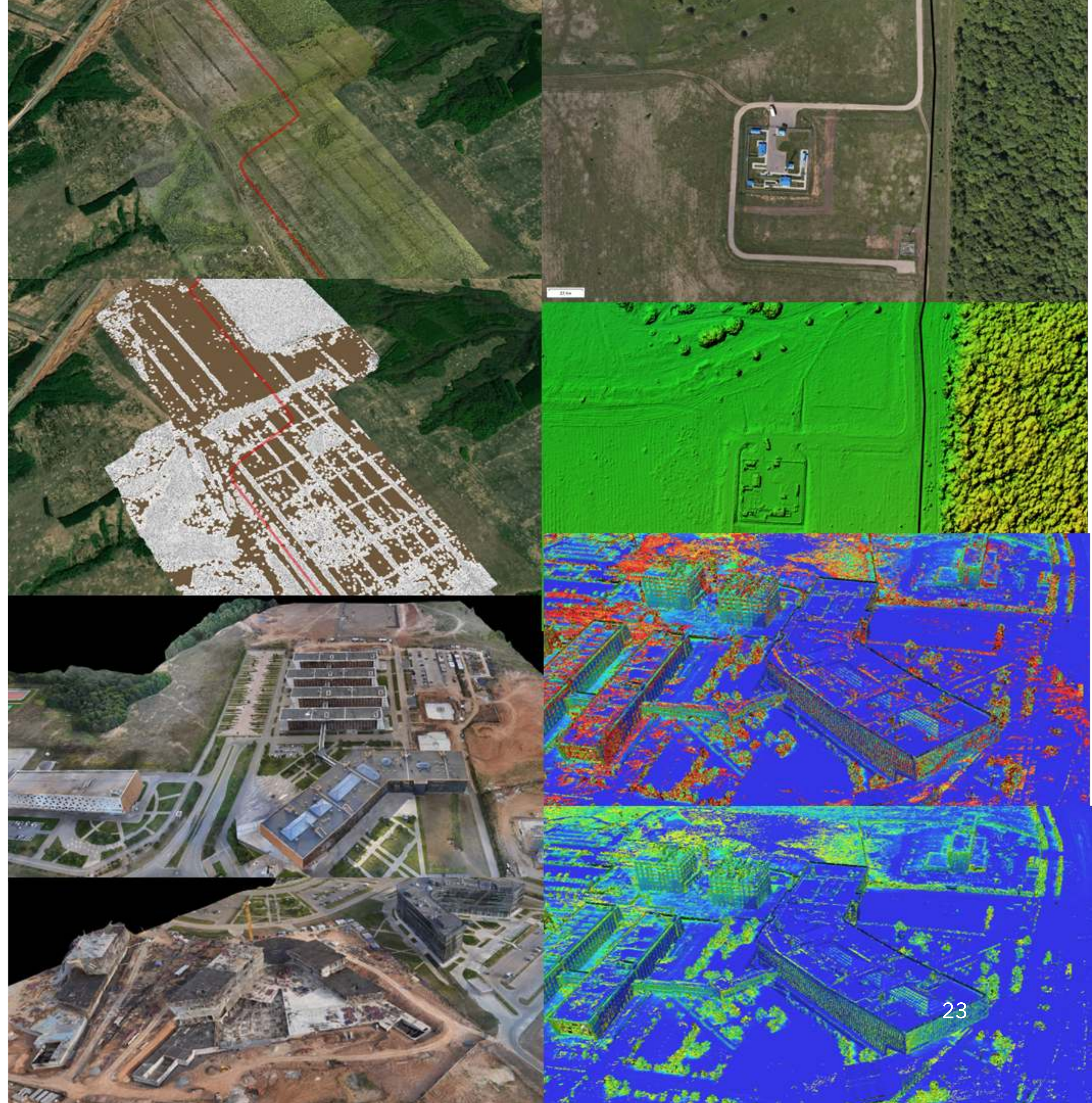
- 01 Базируется на livox avia, RTK + SLAM
- 02 Плотность 150 точек/м на высоте 120 м
- 03 Площадь 70Га/час
- 04 Обработка на борту



Создание цифровых моделей местности

Особенности:

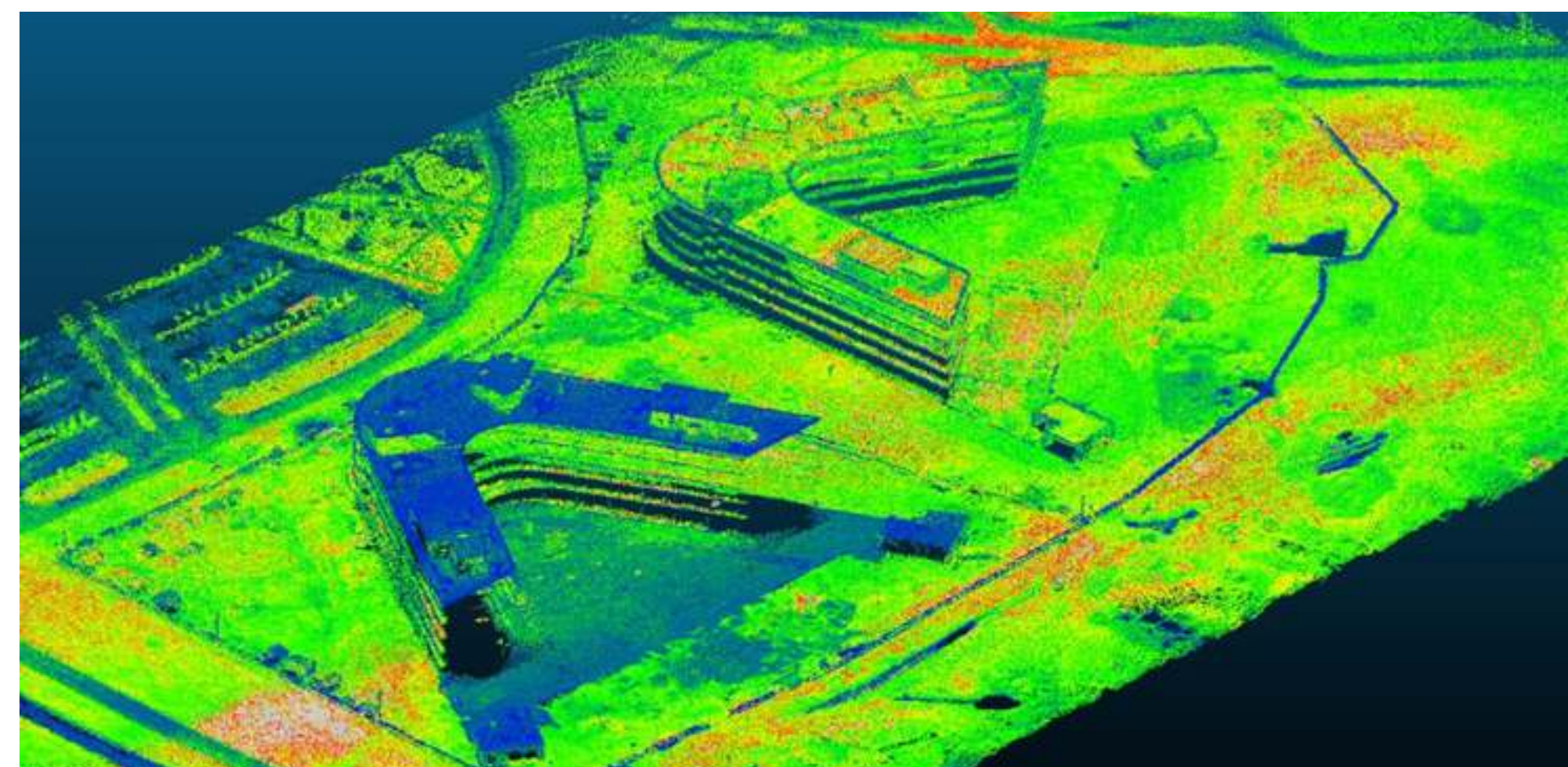
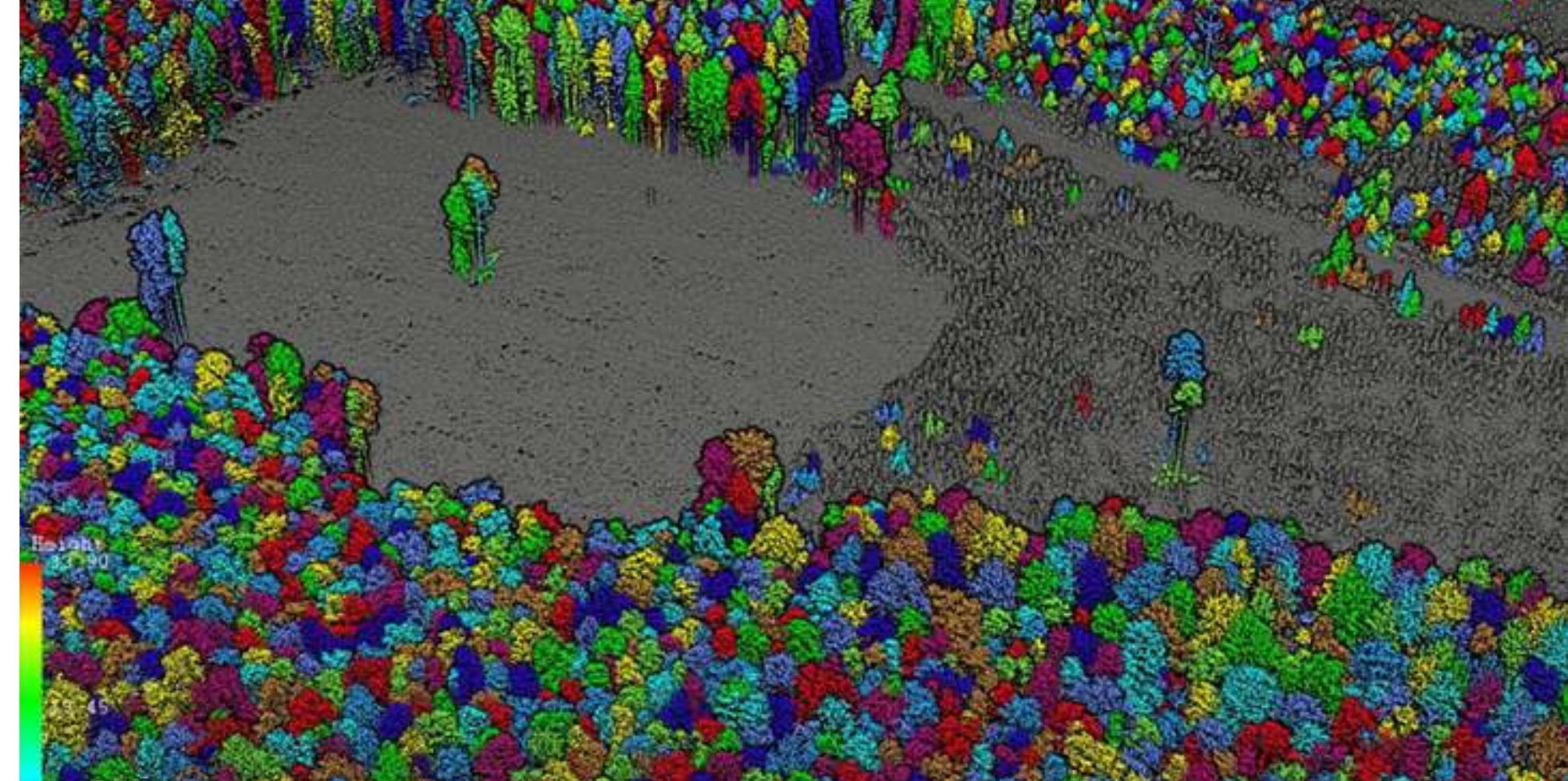
- 01 возможность установки нескольких камер + лидара
- 02 покрытие до 15 км² в час с разрешением 10 см/пикс
- 03 полёты на низкой высоте <100 м
- 04 протяженность маршрута до 300 км
- 05 возможность получения цифровых моделей местности, рельефа, насаждений, застройки и других проблемно-ориентированных моделей местности
- 06 Автоматическое определение смазав во время полёта



Автономное лидарное сканирование

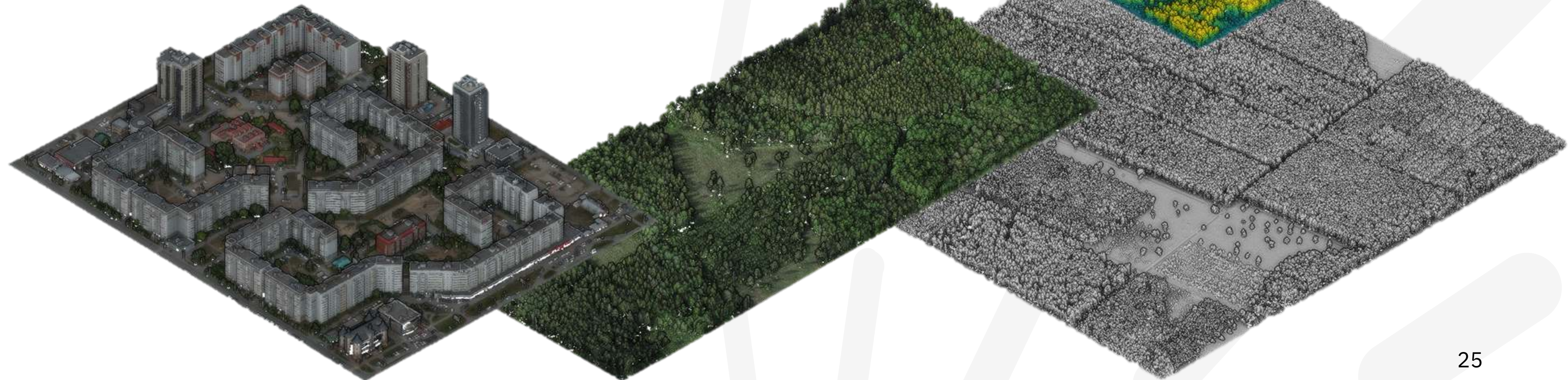
Особенности:

- 01 Система на базе лидаров livox avia / ouster/ velodyne
- 02 Фильтрация облака в реальном времени (подвижные объекты, шумы)
- 03 Плотность ~50 точек/метр при высоте 120м и скорости 80 км/ч
- 04 Площадь покрытия до 1000Га/час при 50% перекрытии
- 05 Автоматическое сшивание и коррекция облака точек



Дистанционная таксация насаждений

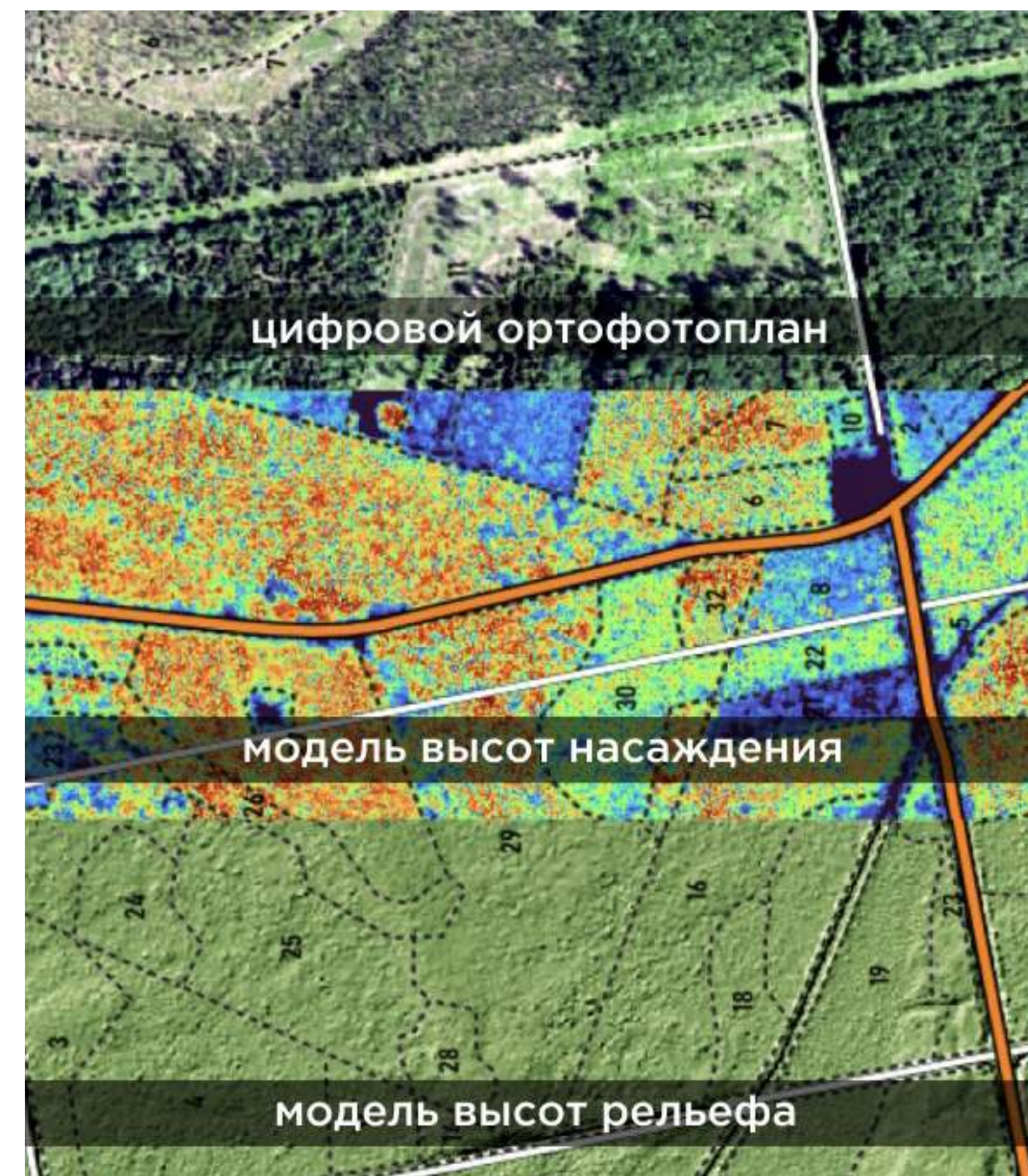
- **Таксация насаждений в сложных условиях:** в городской застройке, труднодоступных территориях при отсутствии дорожной сети
- **Сегментирование границ отдельных объектов насаждений:** деревьев, кустарников, ветролома, валежа, гарей
- Построение цифровой модели древостоя
- Определение ключевых количественных и качественных характеристик отдельных объектов насаждений: высоты (общей), диаметра ствола, диаметра кроны, хозяйства / страты / породы, запаса древесины / биомассы и др
- Оценка ярусности, санитарного состояния
- Кластеризация отдельных объектов насаждений и создание планов лесонасаждений
- **Создание дополнительных тематических слоев и моделей:** рельефа, сети проездов, водных объектов, землепользования
- Отслеживание приростов и лесоизменений при многократной съемке.



Сервис цифровой таксации лесных участков

ТЕМАТИЧЕСКИЕ СЛОИ и КАРТЫ, создаваемые в ходе работы, обеспечивают следующие возможности:

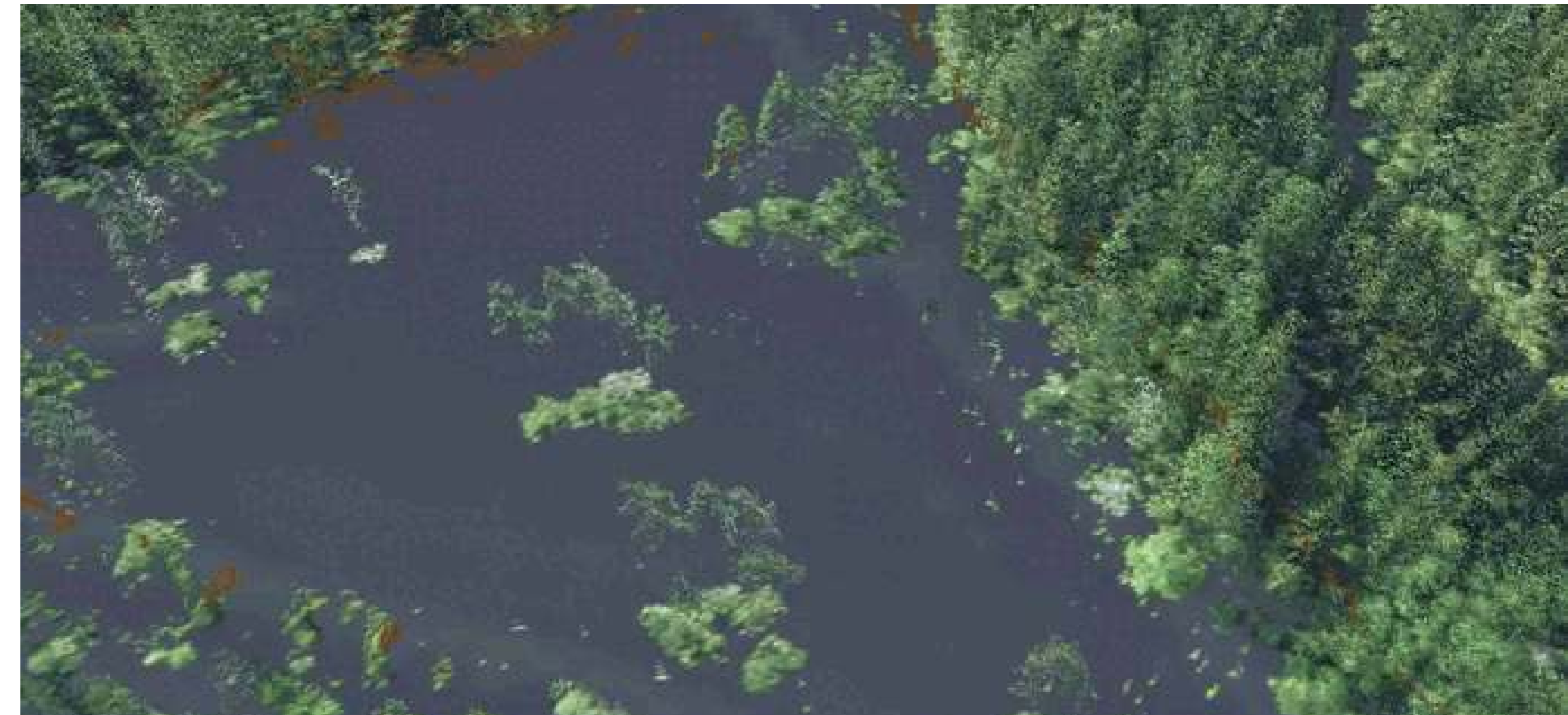
- Автоматизированный подбор лесосек по заданным параметрам
- Решение задач экспедиций в дальние кварталы для подбора лесосечного фонда по заданным параметрам
- Подготовка технологических карт и детальное планирование работ внутри лесосеки
- Оценка экономического потенциала лесозаготовительных работ
- Поддержка работ в лесу при отводе и освоении лесосек
- Анализ существующей транспортной сети и планирование работ по ее созданию



Сервис цифровой таксации лесных участков

При помощи технологии лидарной таксации формируется **4D-МОДЕЛЬ ДРЕВОСТОЯ** для получения следующих характеристик:

- Положение отдельных деревьев (точность до $95\% \pm 0,5$ м)
- Высоты деревьев ($\pm 0,2$ м)
- Ступени толщины (по **97%** при градации 4см)
- Породный состав деревьев (погрешность по общему запасу до 5%, по отдельным породам - до 7%)
- Транспортная доступность



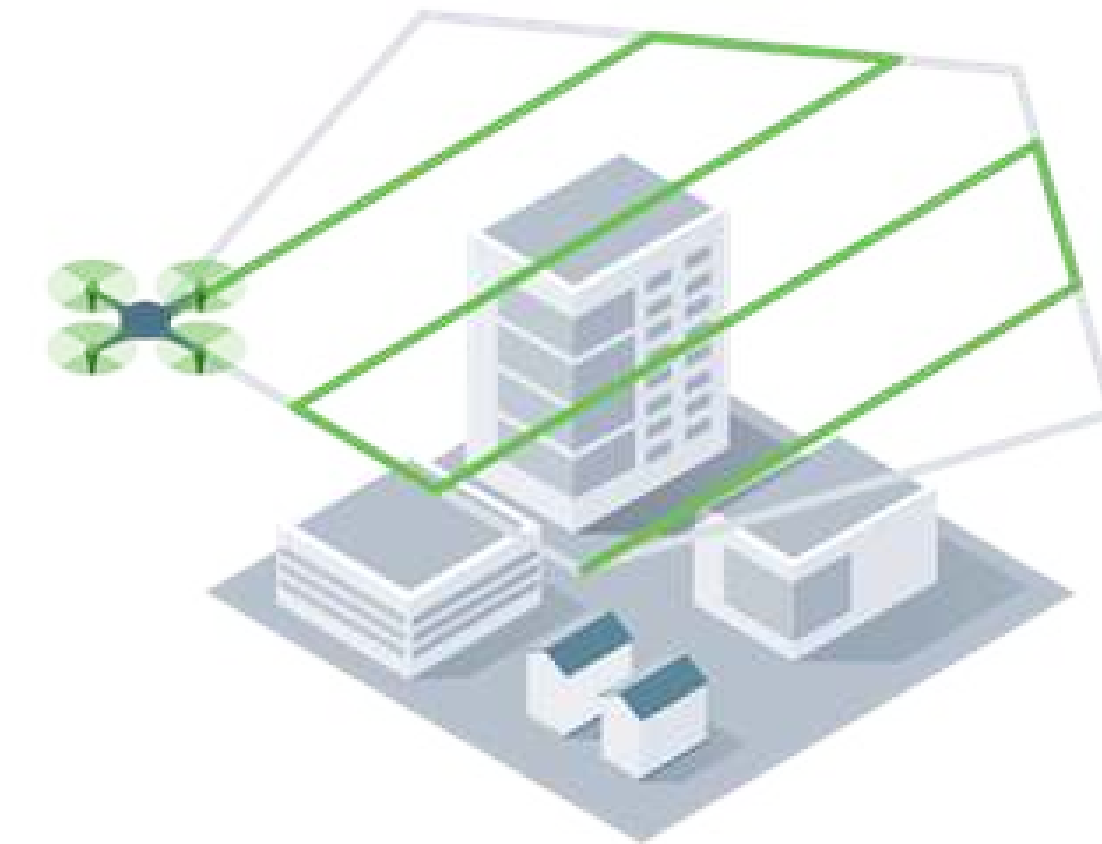
Результаты работы:

1. Таксационное описание лесного участка в формате xml
2. Проект освоения лесов (в т.ч. в формате xml)
3. Картографические материалы М 1:2000-1:10000
4. Таксационное описание лесосеки и лесные декларации в формате xml

Дополнительные возможности

Технология автопилотирования

- Позволяет выполнять задачи по назначению полностью автоматически во всех режимах полета
- Применение технологий искусственного интеллекта для оценивания параметров математической модели аппарата (адаптации) в реальном времени позволяет улучшить точность движения вдоль заданной траектории



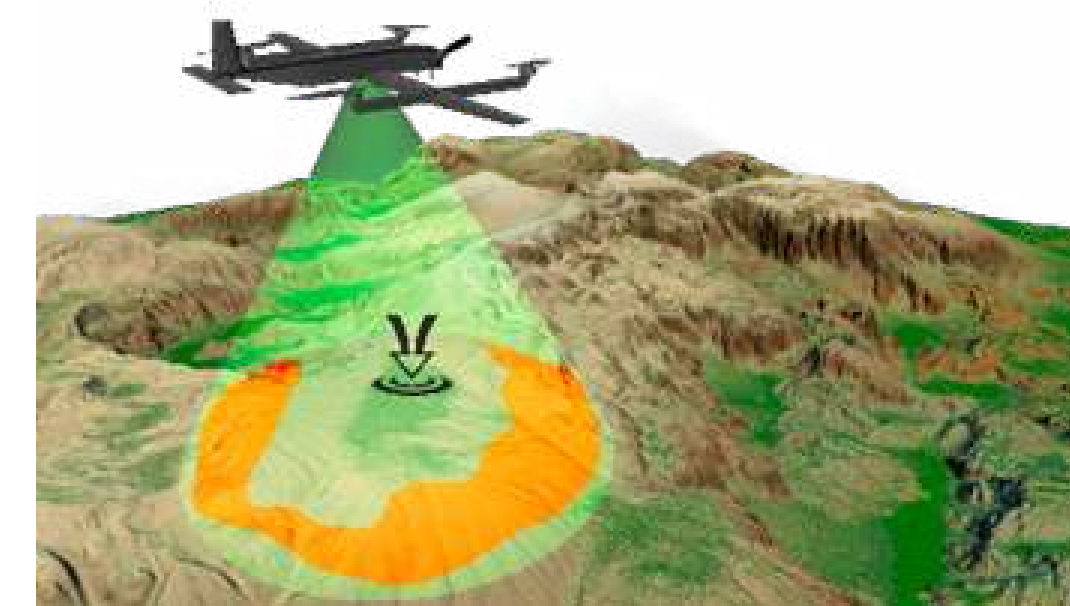
Технология обхода препятствий

Позволяет обнаруживать препятствия на пути движения с использованием сенсорной системы (лазерных сканеров и камер) и выполнять автоматическое перепланирование траектории движения аппарата в реальном времени.



Технология автоматического выбора места посадки

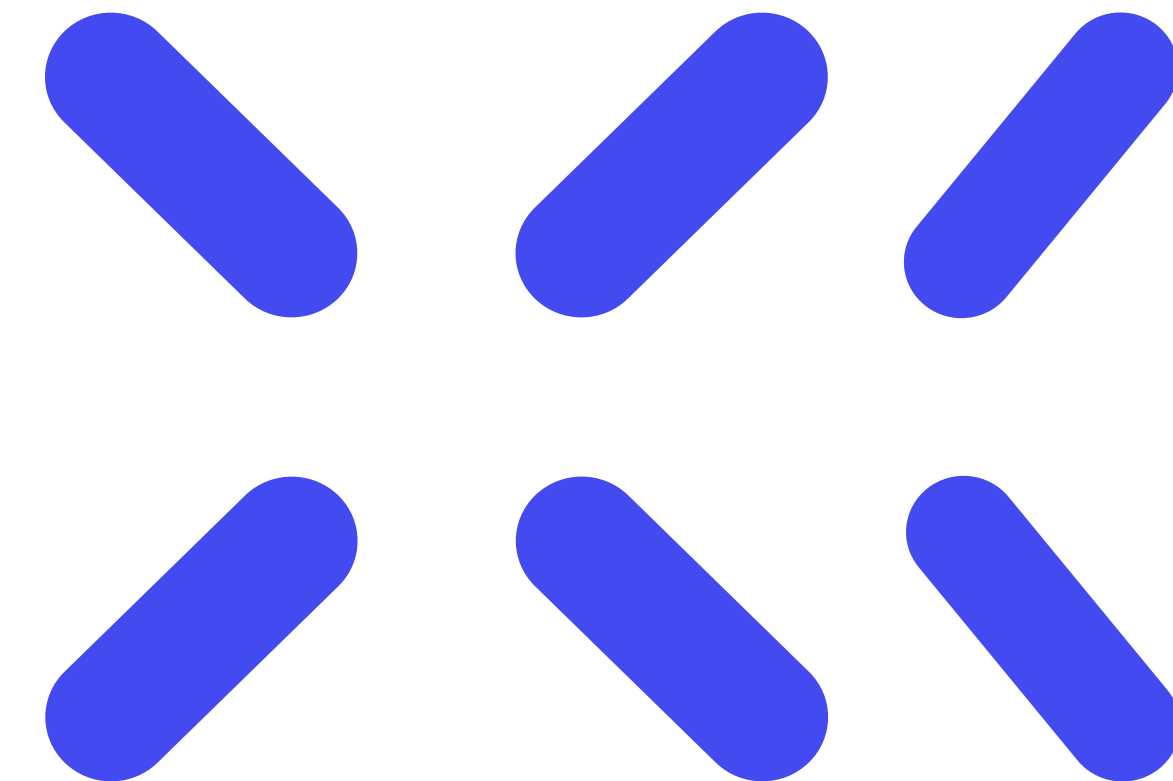
Позволяет выполнять анализ неровности места посадки и наличие препятствий и автоматически принимать решение о выполнении посадки или поиске нового места.



Перспективные направления внедрения

Автономный поиск утечек на протяжённых маршрутах:

- Интеграция интеллектуальных режимов полёта для работы газоанализаторов в реальном времени на протяжённых маршрутах.
- Своевременный поиск утечек



Интеллектуальная система поиска нарушений на маршруте в реальном времени:

- Обработка в реальном времени на борту БВС
- Поиск утечек и аномалий в реальном времени на борту БВС
- Детекция нарушения охранной зоны



Автономная доставка грузов на дальние расстояния:

- Доставка проб в лабораторию
- Доставка малогабаритных грузов для своевременного ремонта
- Сокращение транспортных издержек



Перспективные направления внедрения



<https://www.youtube.com/watch?v=37Z5nqq5qqA&t=9s>

Спасибо
за внимание!



Девитт Дмитрий

Руководитель лаборатории воздушной
робототехники Центра беспилотных
технологий Иннополис