



Mars Cave AI: навигация для роботов в марсианских пещерах

Команда: EastNexus

AERO Space AI Competition 2026

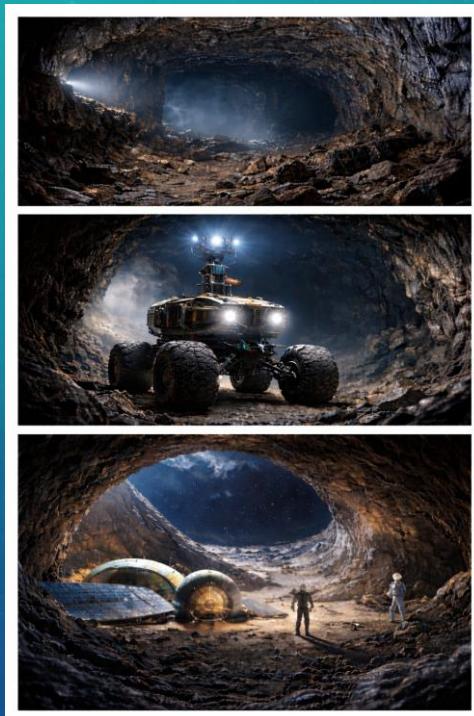
АВТОНОМНАЯ НАВИГАЦИЯ В ПОДЗЕМНЫХ СРЕДАХ – ОДНА ИЗ САМЫХ СЛОЖНЫХ ЗАДАЧ СОВРЕМЕННОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

Ограничения существующих систем:

- В подземных пространствах отсутствует GPS
- Низкая освещённость и высокая задымлённость
- Сложный, непредсказуемый рельеф
- Высокий риск повреждения оборудования
- Большинство роботов требуют постоянного ручного управления

В результате:

- ✗ низкая эффективность исследований
- ✗ высокая стоимость миссий
- ✗ риск потери техники



Где это критично?

Сегодня на Земле:

- шахты и горнодобыча
- спасательные операции
- обследование туннелей и пещер
- ликвидация аварий

В космосе:

- исследование лавовых трубок на Луне и Марсе
- поиск безопасных зон для будущих баз
- автономные разведывательные миссии

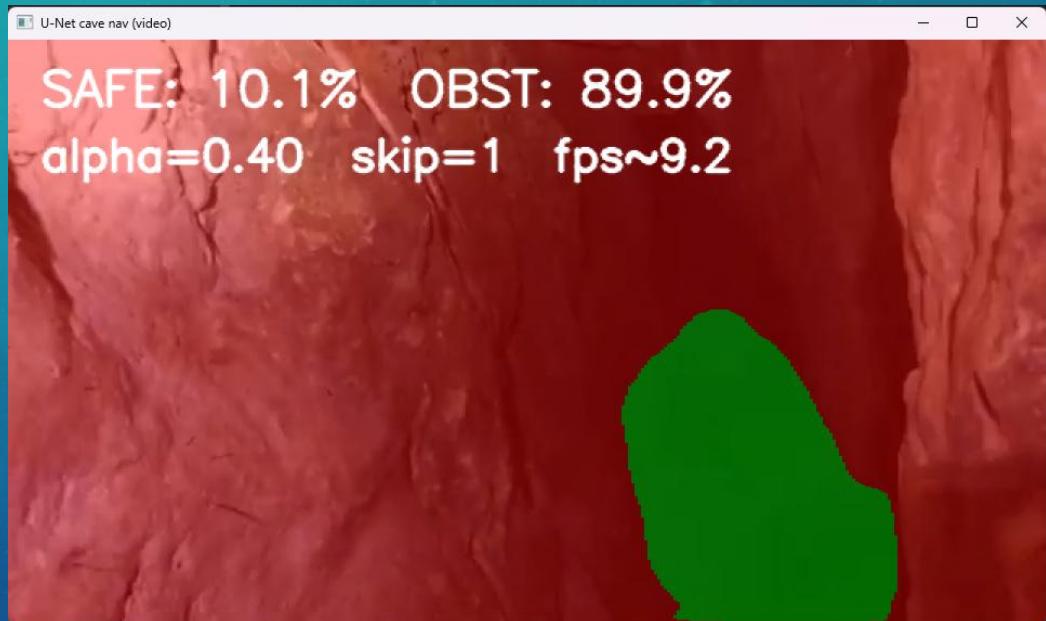
Не существует доступных и универсальных решений автономной навигации для подземных сред, особенно в условиях ограниченной видимости.

MARS CAVE AI – ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ НАВИГАЦИЯ

Mars Cave AI – система компьютерного зрения для безопасной навигации.

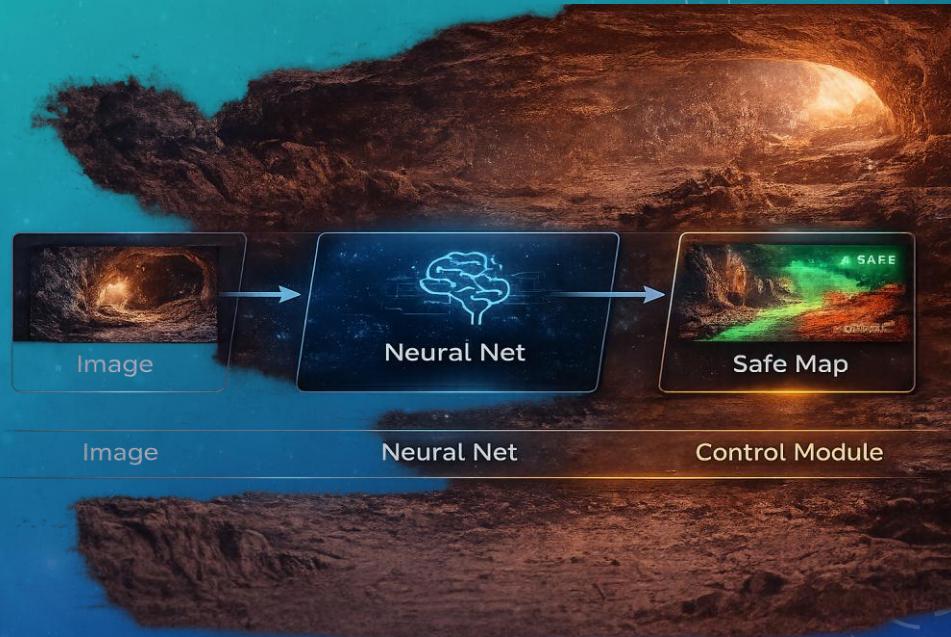
В реальном времени:

- выделяет SAFE зоны движения
- обнаруживает OBSTACLE
- показывает карту проходимости в HUD
- помогает оператору и автопилоту принимать решения



ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК ЯДРО СИСТЕМЫ

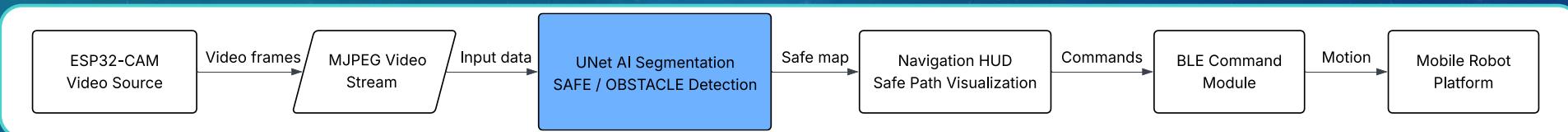
- ИИ – ядро продукта: без него нет “понимания” сцены.
- U-Net превращает видеопоток в safe map, пригодную для управления.
- Классические правила/пороговые методы плохо работают в:
 - изменяющемся освещении
 - сложной геометрии
 - текстурах/пыли/шумах



Искусственный интеллект превращает изображение камеры в карту безопасной навигации.

АРХИТЕКТУРА MVP – ПОТОК ДАННЫХ И УПРАВЛЕНИЕ РОБОТОМ

- Полный AI-контур в реальном времени:
 - ESP32-CAM отдаёт MJPEG stream
 - ноутбук делает inference U-Net
 - HUD показывает безопасные зоны и метрики
 - BLE отправляет команды на LEGO SPIKE (Pybricks)
- Режимы: MANUAL + AUTO, аварийный STOP



От видеопотока до движения робота – полный AI-контур работает в реальном времени.

ДАННЫЕ И ОБУЧЕНИЕ



Датасет: CaveSeg (пещерные сцены)

Исходно: 14 классов → мы свели к 2 классам: SAFE / OBSTACLE

Модель: smp.U-Net (ResNet18 encoder)

Цель: сегментация препятствий для навигации, а не “красивая картинка”

AI MODEL PERFORMANCE – РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОСЕТИ

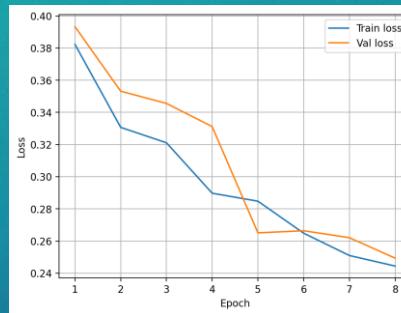
Нейросетевая модель сегментации демонстрирует устойчивую сходимость и высокое качество обнаружения препятствий.

В процессе обучения наблюдается:

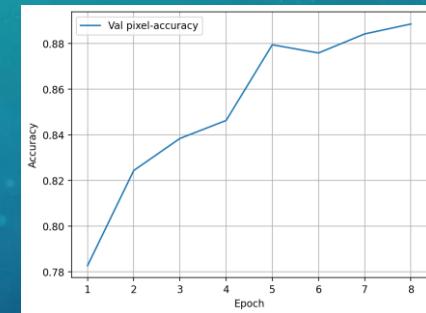
- стабильное снижение функции потерь
- устойчивый рост точности сегментации
- высокие показатели IoU и Dice для класса препятствий
- сбалансированные Precision и Recall

Это подтверждает:

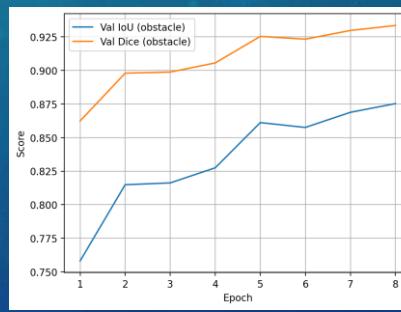
- ✓ корректное обучение модели
- ✓ точное выделение препятствий
- ✓ готовность системы к реальному применению



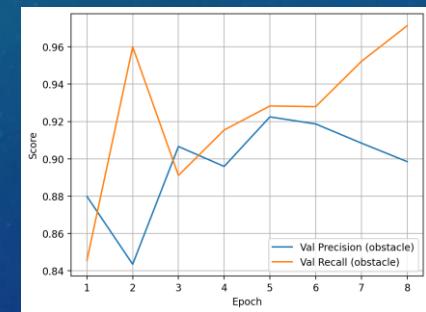
Loss



Accuracy



IoU/Dice



Precision/Recall

MVP: СИСТЕМА АВТОНОМНОЙ НАВИГАЦИИ В ДЕЙСТВИИ

Что уже реализовано

- 📷 робот-прототип с камерой реального времени;
- 🤖 нейросеть сегментации пещерной среды;
- 💻 анализ проходимости в режиме онлайн;
- 📡 интерфейс мониторинга и управления;
- 🛡️ ручное и автоматическое управление роботом;

Результат MVP

- ✓ Оператор видит карту безопасного движения и может управлять роботом или включать автопилот.



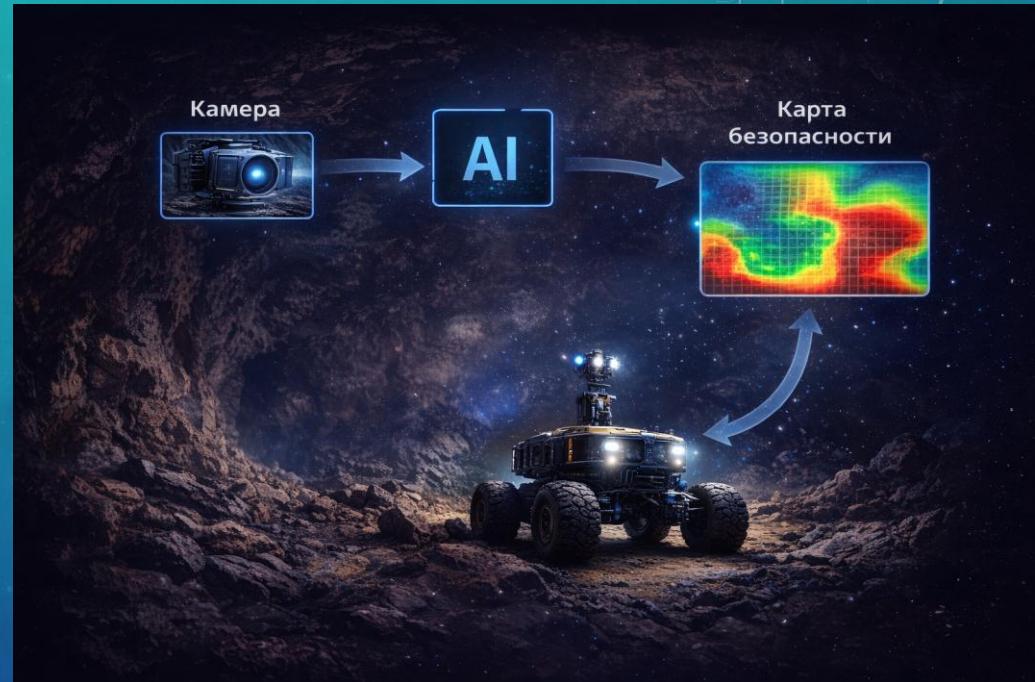
УНИКАЛЬНОСТЬ И ИННОВАЦИОННОСТЬ MARS CAVE AI

Современные космические роботы способны работать только на открытой поверхности и требуют постоянной связи с Землёй.

Подземные пещеры Луны и Марса остаются практически неисследованными из-за отсутствия автономных навигационных технологий.

Mars Cave AI – это система автономной навигации робота на основе искусственного интеллекта, которая:

- ✓ анализирует поверхность в реальном времени
- ✓ определяет безопасные зоны движения
- ✓ работает без связи и GPS
- ✓ адаптирована для подземных космических миссий



Mars Cave AI превращает робот из дистанционно управляемого устройства в автономного исследователя подземных миров.

БИЗНЕС-МОДЕЛЬ ПРОЕКТА MARS CAVE AI



Ценность продукта

Mars Cave AI – это AI-ядро автономной навигации для подземных космических роботов.

Решение позволяет:

- ✓ снижать риск потери дорогостоящих аппаратов
- ✓ ускорять разведку лавовых трубок
- ✓ уменьшать зависимость от оператора
- ✓ работать при ограниченной связи
- ✓ сокращать стоимость миссий



Клиенты

Основной рынок:

- ✓ космические агентства
- ✓ компании робототехники
- ✓ разработчики лунных баз

Первые целевые пользователи:

- ✓ научные центры
- ✓ университеты
- ✓ стартапы космической робототехники
- ✓ симуляционные платформы



Модель монетизации

1. Лицензия AI-модуля

Продажа навигационного ядра для интеграции в роботов.

2. Интеграционные проекты

Разработка кастомных решений для миссий.

3. Simulation-as-a-Service

Подписка на использование AI-модуля в цифровых симуляторах.

Потенциал рынка:

- Рынок космической робототехники: \$5+ млрд к 2030 году
- Рост рынка автономных AI-систем: 25% ежегодно

РЫНОК И КОНКУРЕНТНАЯ СРЕДА MARS CAVE AI

Глобальный рынок космической робототехники стремительно растёт.

- Объём рынка космических роботов: ≈ 4–6 млрд долларов
- Основной драйвер роста: исследование Луны и Марса
- Приоритетные направления:
 - автономная навигация
 - картирование подземных объектов
 - поиск ресурсов и воды

Подземные пространства (лавовые трубы) считаются ключевыми зонами будущих лунных и марсианских баз.

Однако готовых решений автономной навигации для таких условий практически нет.

Проект	Возможности	Ограничения
NASA Perseverance	автономное движение по поверхности	не работает в пещерах
ESA ExoMars Rover	автономная навигация	зависимость от связи
DARPA SubT Challenge	подземные роботы	нет компактных AI-модулей

Главное отличие Mars Cave

Mars Cave AI – первое решение, ориентированное на:

- ✓ автономную навигацию именно в пещерах • работу при полном отсутствии связи
 - ✓ компактную интеграцию в роботов
 - ✓ использование AI-сегментации среды
- Проект закрывает технологический пробел между классическими роверами и подземными миссиями.

ПЛАН РАЗВИТИЯ ПРОЕКТА MARS CAVE AI

Рабочий MVP (2025–2026)

Расширенная автономия (2026–2027)

Интеллектуальная разведка (2027–2029)

Космическая интеграция (2030+)

-
- The diagram features a horizontal timeline at the bottom with four colored segments: light blue for the first phase, light green for the second, light orange for the third, and light red for the fourth. Above the timeline, four vertical columns represent the project phases. A large, thin-headed arrow points from left to right, spanning the width of the four columns.
- Работа с видеопотоком в реальном времени
 - AI сегментация пещерной среды
 - Автопилот безопасного движения
 - Режим ручного и автономного управления
 - ✓ Статус: полностью реализовано
 - Оптимизация автопилота для сложного рельефа
 - Самостоятельный выбор маршрутов
 - Обучение на реальных данных пещер
 - Повышение устойчивости к шуму и плохому освещению
 - ✓ Цель: снижение участия оператора до минимума
 - Построение 3D-карт пещер
 - Интеграция SLAM и сенсорных систем
 - Предиктивная оценка рисков обрушений
 - Координация группы роботов
 - Полная автономная работа без связи
 - Адаптация под лунные и марсианские условия
 - Интеграция в инфраструктуру будущих баз

Мы строим не просто робота, а AI-платформу автономной навигации для подземных космических миссий.

КОМАНДА



Звонов Артур

ML Engineer: датасет,
обучение U-Net,
метрики, inference



Когай Даниил

Systems/Integration
Engineer: BLE протокол,
связка PC↔SPIKE, safety-
логика, end-to-end



Ефимов Максим

Software Engineer: video
pipeline, HUD интерфейс,
стабильность приложения



Курносенко Егор

Robotics Engineer:
платформа SPIKE,
моторы/кинематика,
полевые тесты