



# Mars Cave AI: навигация для роботов в марсианских пещерах

Команда: EastNexus

AEROO Space AI Competition 2026

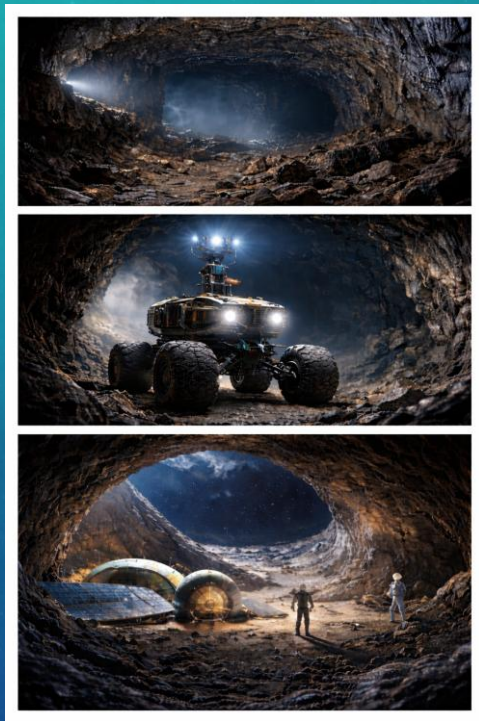
# АВТОНОМНАЯ НАВИГАЦИЯ В ПОДЗЕМНЫХ СРЕДАХ – ОДНА ИЗ САМЫХ СЛОЖНЫХ ЗАДАЧ СОВРЕМЕННОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

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

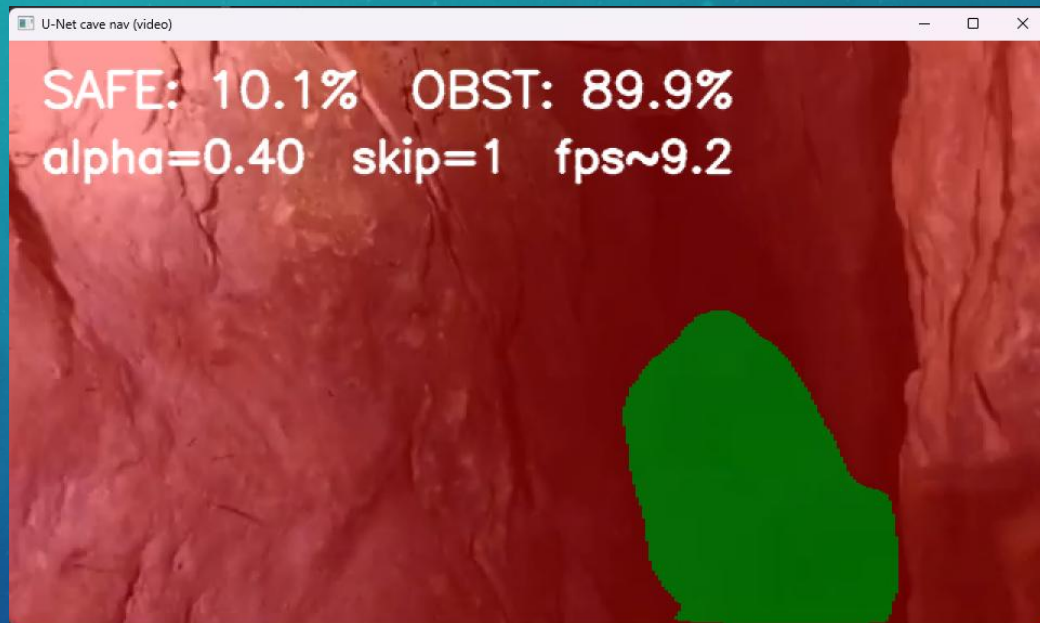
Не существует доступных и универсальных решений автономной навигации для подземных сред, особенно в условиях ограниченной видимости.

# MARS CAVE AI – ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ НАВИГАЦИЯ

Mars Cave AI – система компьютерного зрения для безопасной навигации.

В реальном времени:

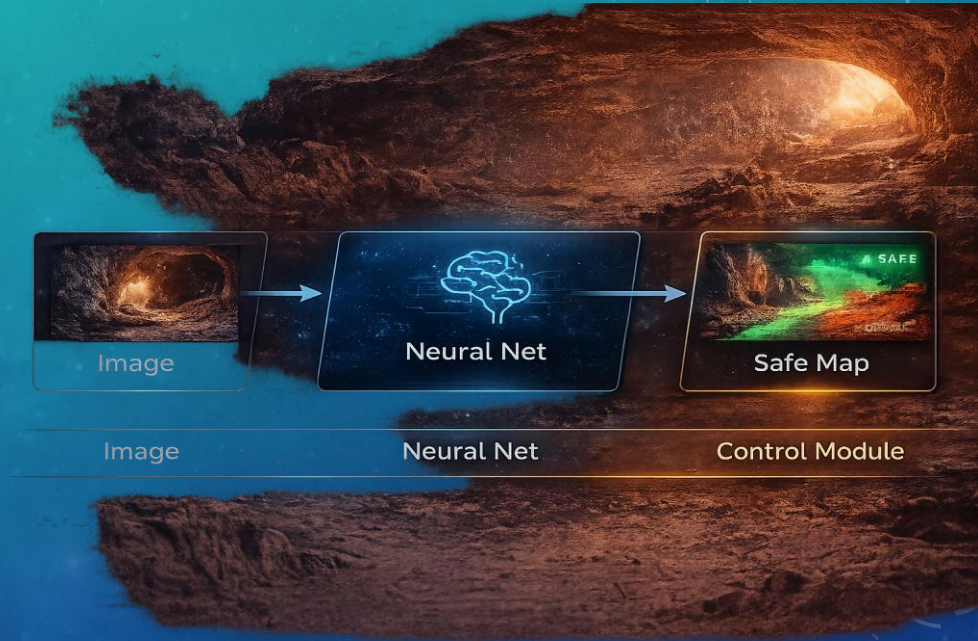
- выделяет SAFE зоны движения
- обнаруживает OBSTACLE
- показывает карту проходимости в HUD
- помогает оператору и автопилоту принимать решения





# ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК ЯДРО СИСТЕМЫ

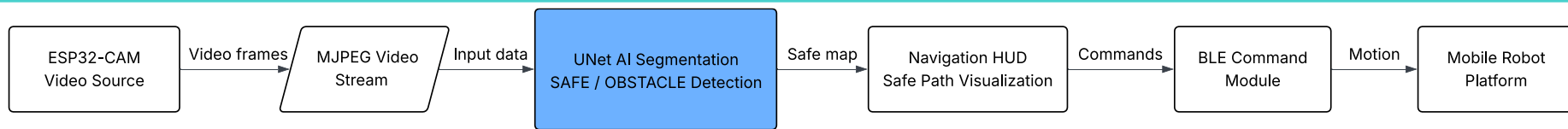
- ИИ – ядро продукта: без него нет “понимания” сцены.
- U-Net превращает видеопоток в safe map, пригодную для управления.
- Классические правила/пороговые методы плохо работают в:
  - изменяющемся освещении
  - сложной геометрии
  - текстурах/пыли/шумах



Искусственный интеллект превращает изображение камеры в карту безопасной навигации.

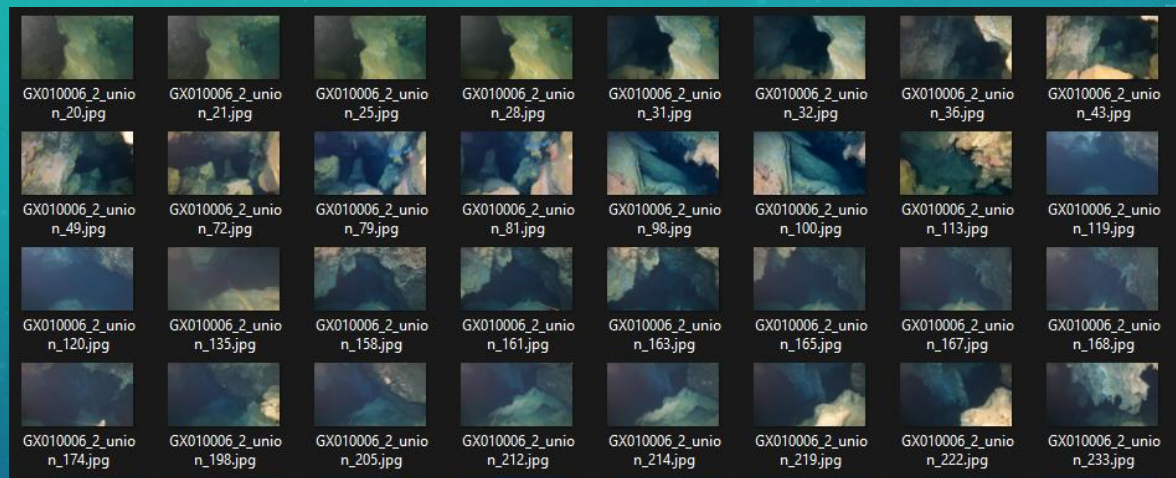
# АРХИТЕКТУРА MVP – ПОТОК ДАННЫХ И УПРАВЛЕНИЕ РОБОТОМ

- 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

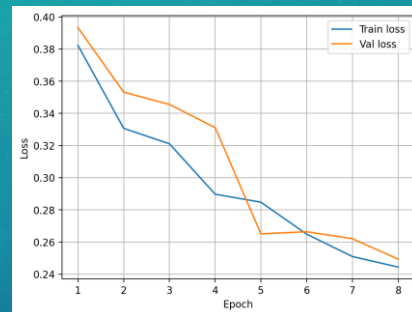
Нейросетевая модель сегментации демонстрирует устойчивую сходимость и высокое качество обнаружения препятствий.

В процессе обучения наблюдается:

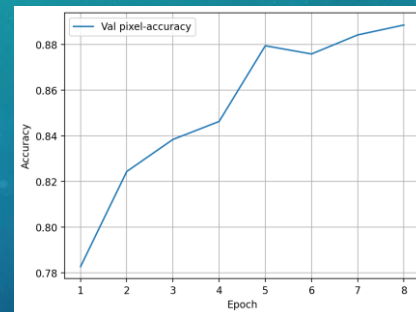
- стабильное снижение функции потерь
- устойчивый рост точности сегментации
- высокие показатели IoU и Dice для класса препятствий
- сбалансированные Precision и Recall

Это подтверждает:

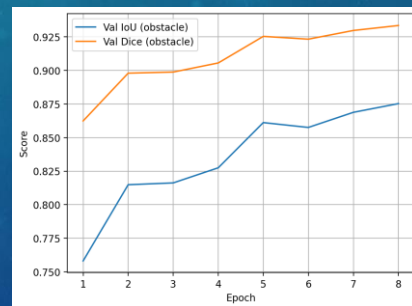
- ✓ корректное обучение модели
- ✓ точное выделение препятствий
- ✓ готовность системы к реальному применению



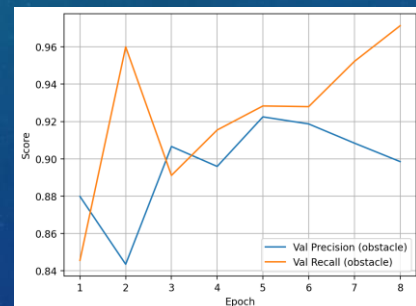
Loss



Accuracy



IoU/Dice



Precision/Recall

# MVP: СИСТЕМА АВТОНОМНОЙ НАВИГАЦИИ В ДЕЙСТВИИ

Что уже реализовано



робот-прототип с камерой  
реального времени;



нейросеть сегментации  
пещерной среды;



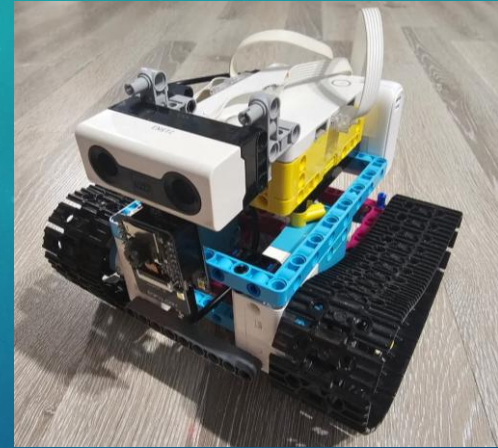
анализ проходимости в режиме  
онлайн;



интерфейс мониторинга и  
управления;



ручное и автоматическое  
управление роботом;



Результат MVP

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





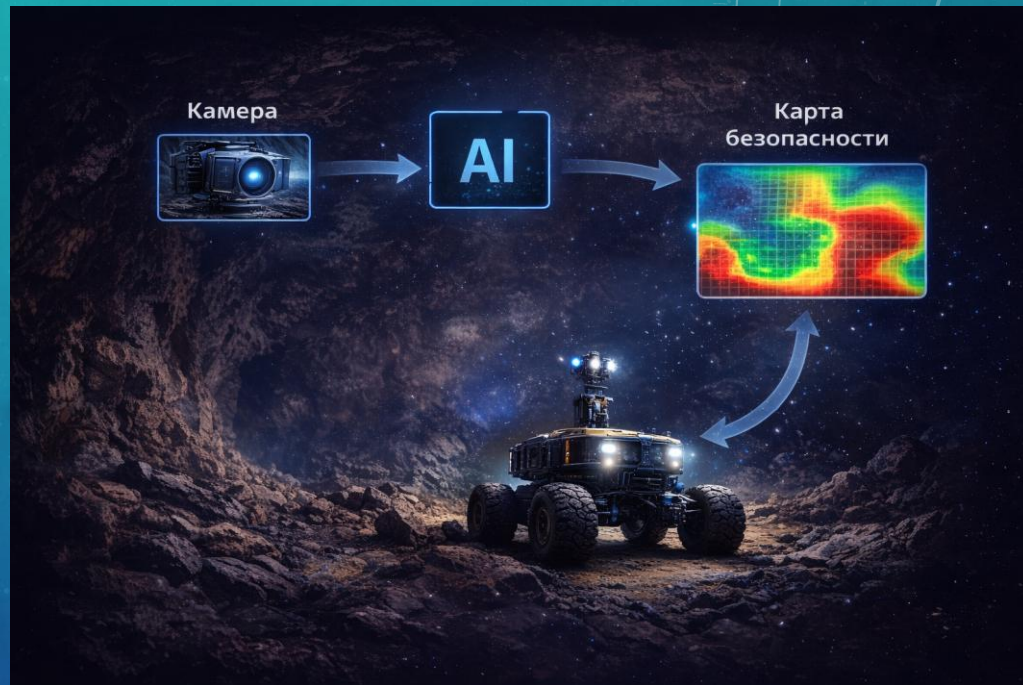
# УНИКАЛЬНОСТЬ И ИННОВАЦИОННОСТЬ MARS CAVE AI

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 (лаговые трубки) 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+)



- |   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| ➤ Робот с видеопотоком в реальном времени | ➤ Оптимизация автопилота для сложного рельефа       | ➤ Построение 3D-карт пещер             | ➤ Полная автономная работа без связи         |
| ➤ AI сегментация пещерной среды           | ➤ Самостоятельный выбор маршрутов                   | ➤ Интеграция SLAM и сенсорных систем   | ➤ Адаптация под лунные и марсианские условия |
| ➤ Автопилот безопасного движения          | ➤ Обучение на реальных данных пещер                 | ➤ Предиктивная оценка рисков обрушений | ➤ Интеграция в инфраструктуру будущих баз    |
| ➤ Режим ручного и автономного управления  | ➤ Повышение устойчивости к шуму и плохому освещению | ➤ Координация группы роботов           |  |
| ✓ Статус: полностью реализовано           | ✓ Цель: снижение участия оператора до минимума      |  |  |

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