



RoadReport: Интеллектуальная система мониторинга дорожного покрытия

Плугин Олег 22503

Описание системы

RoadReport – это система реального времени для мониторинга дорожного покрытия, которая использует данные с транспортных средств, дронов и метеостанций для выявления и классификации дефектов дорог с помощью компьютерного зрения и машинного обучения. Система реализована в виде интерактивной карты, где отображаются все выявленные дефекты дорожного покрытия. Пользователи могут просматривать обнаруженные системой дефекты, самостоятельно создавать заявки о новых дефектах, загружая фотографии и оставляя комментарии. Карта интегрируется с популярными сервисами как 2GIS и Яндекс.Карты, обеспечивая удобный доступ для всех участников дорожного движения.

Концептуальная модель



Основные функции (сервисы для пользователей)

Муниципальные службы

Мониторинг состояния дорожной сети

- Интерактивная карта дефектов
- Уведомления о критических разрушениях
- Прогнозирование потенциально опасных зон

Формирование приоритетов ремонта

- Доступ к дашборду с проблемами и прогнозируемыми затратами ресурсов
- Автоматическая сортировка по степени критичности
- Оценка риска разрушения в ближайшее время

Управление дронами наблюдения

- Настройка маршрутов и частоты облета дронов
- Возможность внепланового запуска

Водители и пешеходы

Получение информации о проблемных участках

- Карта дефектов и проблемных участков
- Построение маршрута с обходом проблемных участков

Возможность создания заявки о дефекте

- Фиксация дефекта с помощью фото или видео
- Привязка по GPS-координатам

Оповещения о значимых изменениях состояния дорог

- Предупреждения
 - о ямах и разрушениях для водителей
 - о проблемах с тротуаром, возможных местах скопления воды для пешеходов, велосипедистов, иных мобильных ТС

Построение сервисов взаимодействующими агентами

Сценарий 1. Автомобильный агент фиксирует дефект

1. **Автомобильный агент** выполняет предварительную обработку изображения с камеры (выделение потенциальных дефектов)
2. При подключении к интернету кадры с дефектами и телеметрия отправляются в **Облачную систему**
3. **Агент аналитики данных** выполняет обнаружение дефекта, его классификацию, сравнение с предыдущими результатами по данному дефекту
4. **Агент аналитики** обновляет интерактивную карту
5. **Агент приложения** предоставляет доступ к обновленной информации

Сценарий 2. Дрон выполняет разведку дороги

1. **Агент дрона** получает от облачной системы маршрут полета
2. Дрон выполняет съемку участка дороги с воздуха
3. По возвращении на базу снимки передаются в **Облачную систему**
4. **Агент аналитики данных** анализирует фотографии, определяя новые дефекты и просчитывает динамику разрушений
5. Интерактивная карта обновляется, предоставляя доступ к данным через **Агент приложения**

Сценарий 3. Пользователь сообщает о дефекте

1. Пользователь отправляет фото и координаты дефекта через **Агент приложения**
2. Изображение и описание поступают в **Облачную систему**
3. **Агент аналитики данных** производит обнаружение и классификацию дефекта, а затем добавляет информацию на интерактивную карту, которая отображается в **Агенте приложения**



Аппаратура и близкие решения

Используемая аппаратура

Аппаратура автомобилей

- Видеокамера для анализа дорожного полотна
- GPS/ГЛОНАСС
- Мобильный компьютер для предобработки изображений
- Периодическое подключение к интернету не реже 1 раза в день

Дроны

- Видеокамера для фиксации
- Автопилот
- Возможность передачи данных до прибытия на базовую станцию для экстренных случаев

Инфраструктура сервера и облака

- Видеокарты для обработки нейронными сетями и прогнозирования
- Система хранения данных
- База данных дефектов
- API для агентов

Пользовательские устройства

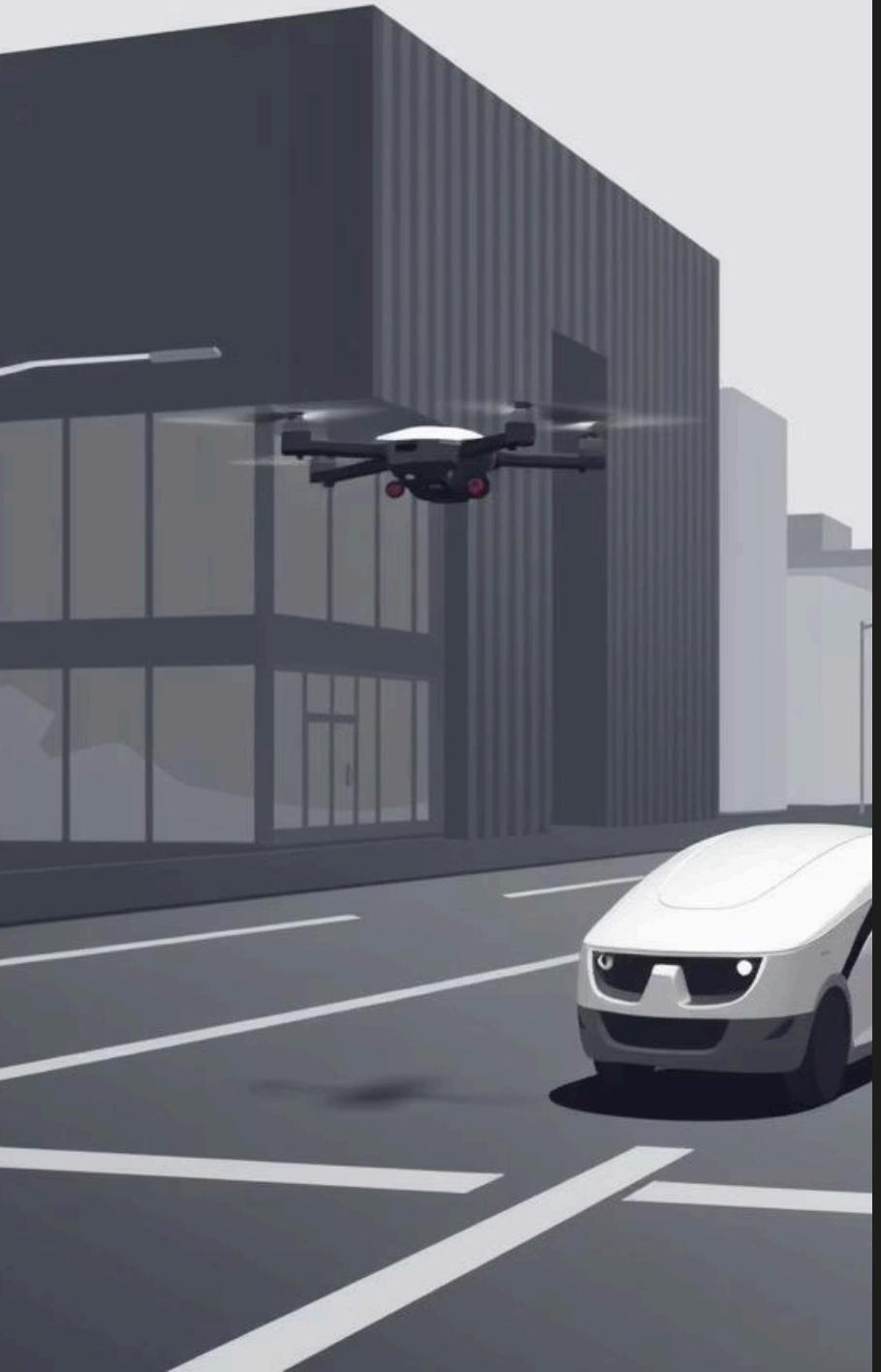
- Десктопное приложение для муниципальных служб
- Мобильное и веб-приложение интерактивной карты

Существующие решения

Яндекс.Пробки/Google Maps - анализ автомобильных пробок

RoadBotics США - анализ состояния дорог по видео от автомобилей

Системные возможности и масштаб



Интеллектуальность системы

- Автоматическое распознавание дефектов с помощью нейросетей и компьютерного зрения для определения типа, размера и критичности дефекта.
- Отслеживание динамики состояния дороги во времени – система хранит предыдущие состояния для оценки изменений.
- Прогнозирование разрушения покрытия путем учета интенсивности потока транспорта, температуры, влажности, предыдущих фотографий отрезка дороги.
- Формирование оптимальных ремонтных приоритетов путем вычисления приблизительного расхода ресурсов на каждый критический дефект.

Размерность приложения

Количество агентов

6 взаимосвязанных агентов, каждый выполняет специализированную роль.

Пользователи

- Муниципальные службы: 1 диспетчер на 1 млн населения.
- Водители и пешеходы: 50-100 тыс. на 1 млн населения.
- Автомобили-автопилоты: 1000-1500 автономных ТС на 1 млн населения.

Объемы данных

- Фиксация пешеходов: 5.000 фото на 1 млн населения → ≈10 Гб фото/день.
- Дроны: 5 дронов на 100 км², 1 Гб с каждого → ≈5 Гб данных/день.
- Автомобили: 450 тыс. автомобилей на 1 млн населения, половина оснащается агентом, 5 Мб с каждого → ≈1 Тб/день.

Детализация требований в сценариях использования

Сценарий 1. Получение и обработка данных от автомобильного агента

Цель: Обнаружение дефектов дорожного покрытия в процессе движения автомобиля

- Сбор данных - Получение потока данных с камер автомобиля (HD+) и телеметрических параметров: скорость, GPS, время, направление
- Предобработка - Фильтрация плохих кадров (размытие, низкая освещенность)
- Предварительное распознавание - Определение возможных дефектов, выделение рамки объекта и расчет уверенности
- Формирование пакета данных - Изображение с дефектом, метаданные, телеметрия, тип дефекта и уверенность
- Передача данных - При интернет-соединении передача по защищенному каналу HTTPS
- Обработка в агенте аналитики - Точная сегментация дефекта, классификация типа и оценка размеров
- Внесение в общее пространство данных - Обновление истории наблюдений, сравнение размеров, прогноз разрушения, обновление карты

Сценарий 2. Получение и обработка данных от дронов

Цель: Обнаружение дефектов и актуализация состояний с помощью периодической съемки труднодоступных участков

- Планирование миссии - Муниципальная служба задает маршрут полета, частоту обследования и приоритет миссии
- Сбор данных в полете - Фиксация снимков высокого разрешения, GPS, телеметрия и высота полета
- Передача данных - Возвращение на базу и передача снимков с метаданными при подключении к интернету
- Обработка в агенте аналитики - Точная сегментация дефекта, классификация типа и оценка размеров
- Внесение в общее пространство данных - Обновление истории наблюдений, сравнение размеров, прогноз разрушения, обновление карты

Сценарий 3. Обработка пользовательских сообщений

Цель: Возможность гражданам сообщать о дефектах

- Сбор данных - Пользователь отправляет фото/видео с дефектом, подтверждает GPS или указывает точку на карте, оставляет комментарий (опционально)
- Отправка данных - Передача пользовательского сообщения в облачную систему и агента аналитики данных
- Обработка в агенте аналитики - Точная сегментация дефекта, классификация типа и оценка размеров
- Внесение в общее пространство данных - Обновление истории наблюдений, сравнение размеров, прогноз разрушения, обновление карты

Общая информация для агентов

Базы данных системы

База дорог

- Цифровая карта дорожной сети
- Разбиение дорог на сегменты по 50-100 метров
- Привязка каждого сегмента дороги к координатам и метаданным (тип покрытия, категория дороги и др.)

База дефектов дорожного покрытия

- Уникальный идентификатор дефекта
- Местоположение и сегмент дороги
- Тип дефекта
- Текущая степень критичности дефекта
- Дата обнаружения и история изменений
- Источник сообщения о дефекте

Погодные данные

- Дата и время получения данных
- Текущие погодные параметры
- Краткие прогнозы

История обнаружений дефектов

- Автомобильные кадры
- Снимки дронов
- Пользовательские сообщения
- Телеметрия

Пользовательские сообщения

- Сообщения от людей через приложение
- Фото или видео фиксация
- Статус подтверждения дефекта

Анализ интеллектуальности

1. **Фильтрация данных:** Система автоматически оценивает качество входящих изображений и отклоняет обработку нерелевантных или низкокачественных кадров. Используется в сценариях 1, 2.
2. **Первичное распознавание дефектов:** На стороне устройств выполняется детекция потенциальных дефектов с определением границ, класса и уверенности. Используется в сценариях 1.
3. **Точный анализ данных в агенте аналитики:** Поступающие изображения проходят точную сегментацию дефектов, финальную классификацию и оценку размеров. Используется в сценариях 1, 2, 3.
4. **Ведение истории и оценка динамики дефектов:** Система сравнивает новые наблюдения с существующими, обновляет состояние дефектов, определяет изменения размеров и прогнозирует дальнейшее разрушение покрытия. Используется в сценариях 1, 2, 3.
5. **Оценка достоверности пользовательских данных:** Сообщения от людей проходят проверку на соответствие координат и присутствие дефекта на изображении. Используется в сценариях 3.
6. **Дополнение данных внешней информацией:** К обнаруженным данным добавляются короткие актуальные погодные условия, которые влияют на интерпретацию дефектов и прогноз разрушений. Используется в сценариях 1, 2, 3.
7. **Интеграция данных с разных источников:** Система объединяет автомобильные данные, съемку с дронов и пользовательские сообщения, что позволяет сформировать актуальную картину состояния дорожной сети и отразить её на интерактивной карте. Используется в сценариях 1, 2, 3.