

УДК 004.942

**С. Г. Бабчинецкий\***

заведующий Лаборатории новых производственных технологий, научный руководитель

**А.Д. Гатаулин\***

студент

\*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

### **ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ**

**Аннотация:** статья посвящена исследованию проблемы большого количества дорожных неровностей и ям, диагностика которых требует большого количества финансовых, человеческих и временных ресурсов. Предлагается разработать программно-аппаратный комплекс, который повысит эффективность работы спецслужб, выполняющих диагностику, ремонт и строительство дорожного покрытия, а также уменьшит экономические потери. В настоящее время вышеперечисленные организации используют передвижные лаборатории, требующие большого количества финансовых затрат и времени диагностики дорог. Разрабатываемая система способна с помощью применения беспилотного летательного аппарата и технологии компьютерного зрения проводить видеофиксацию, обработку полученных данных и детекцию различных дефектов дорожного полотна.

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, компьютерное зрение, нейросеть, дорожные дефекты, дорожное полотно, аэросъемка, база данных, API.

***S.G. Babchinetsky\****

*Head of the Laboratory of New Production Technologies*

***A.D. Gataulin\****

*Student*

*\*St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation*

### ***HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX FOR PROCESSING GEOSPATIAL DATA***

***Annotation:*** the article is devoted to the development of a software and hardware complex that will increase the efficiency of the work of special services performing diagnostics, repair and construction of pavement. Currently, the above-mentioned organizations use mobile laboratories

*that require a large amount of financial resources and road diagnostics time. The system under development is capable of using an unmanned aerial vehicle and computer vision technology to carry out video recording, processing of the received data and detection of various defects of the roadway.*

**Keywords:** *unmanned aerial vehicle, computer vision, neural network, road defects, roadbed, aerial photography, database, API.*

### **Введение**

Обслуживание дорожного полотна является важной и актуальной задачей по всему миру, в связи с развитием транспортной инфраструктуры и увеличением трафика движения из года в год. Диагностикой дорог занимаются определенные государственные и частные организации. Все они используют передвижные лабораторные станции, которые требуют большое количество ресурсов. Задача состояла в том, чтобы снизить финансовые затраты и временные потери. Для этого нужно проводить видеосъемку местности и размечать опасные участки, максимально оптимизируя этот процесс. В качестве продукта заказчик получает:

- базу данных с координатами ям и опасных участков
- графическую карту с размеченными дорогами и визуализацией расположения дорожных дефектов
- картографирование дорожного полотна и прилегающей инфраструктуры
- Франшиза компании, запатентовавшей данный программно-аппаратный комплекс

Для осуществления и реализации проекта были выбраны несколько современных технологических решений.

## Беспилотный летательный аппарат (БпЛА)

В настоящее время беспилотные летательные аппараты имеют большой потенциал развития и уже используются в сферах:

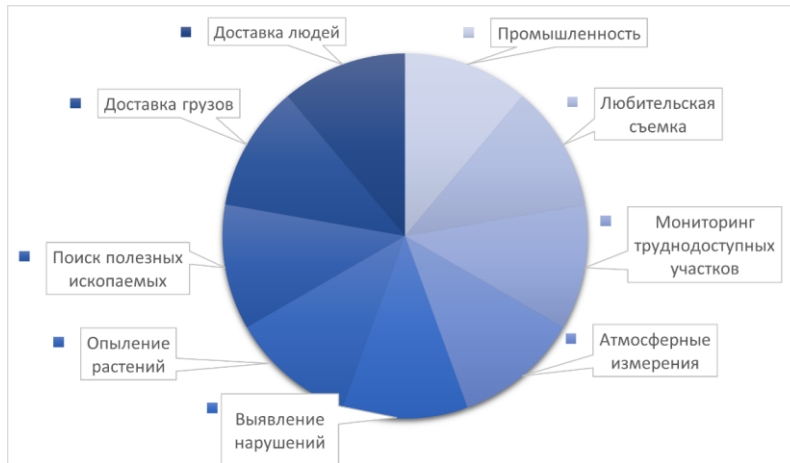


Рисунок 1 – Сферы использования БпЛА

В текущем проекте необходимо с помощью этого аппарата проводить аэрофотосъемку местности. В отличие от передвижных лабораторных станций беспилотник имеет следующие преимущества:

- Мобильность
- Минимизация человеческого фактора
- Возможность съемки труднодоступных мест
- Экономия средств на обслуживание (достаточно качественный экземпляр можно найти за 100 тысяч рублей; монтирование дополнительных датчиков обойдется в порядке 20-30 тысяч рублей; подзарядка аккумулятора не требует затрат)
- Эффективность проведения видеофиксации и обнаружения детектируемой поверхности

Данный агрегат позволит провести эффективную, качественную видеосъемку местности с привязкой к координатам, которые в дальнейшем будут сохраняться в базе данных.

Добавлено примечание ([A1]):

Добавлено примечание ([A2R1]):

Добавлено примечание ([A3]): Эту информацию необходимо вынести в самое начало введения

Добавлено примечание ([A4]): аэрофотосъемка

Добавлено примечание ([A5]): необходимо убрать, это научная статья, в ней нет необходимости обосновывать и описывать фин. модель

Добавлено примечание ([A6]): и обнаружения детектируемой поверхности

Добавлено примечание ([A7]):

Добавлено примечание ([A8]): Схема не имеет стандартизированный вид, выноски для каждого потока разных свои, сделать унификацию, и вместо «Таблица с координатами ям» написать «Информация о координатах детектируемых объектов»

## Компьютерное зрение

В основном для задач компьютерного зрения используют сверточные нейронные сети. В качестве задачи, которую будет решать сверточная нейронная сеть в текущем проекте, была выбрана детекция ям и неровностей на дорогах. При выполнении классификации невозможно в видеоряде выполнять трекинг объектов, а для семантической сегментации требуется большое количество вычислительных ресурсов. Основные плюсы детекции:

- Меньшие затраты на вычислительные ресурсы, в отличие от семантической и Instance сегментации
- Более простая разметка обучающей выборки
- Возможность выполнять трекинг, чтобы целевой объект, попадающий в каждый кадр видеоряда, не фиксировался в качестве отдельной записи

Добавлено примечание ([A9]): Ушел в сторону, статья не про нейронные сети.

## Выбор нейросети

Благодаря своим характеристикам для программно-аппаратного комплекса была выбрана сверточная нейросеть YoloV8. Далее перечислены некоторые ее характеристики:

- Удобный для пользователя API (python или командная строка)
- Самая малая модель (YOLOv8n) выполняет вычисления со скоростью почти 105 кадров в секунду на графическом процессоре GTX 1060
- Сверхбольшая модель (YOLOv8x) работает в среднем со скоростью 17 кадров в секунду на графическом процессоре GTX 1060
- Возможность работы на CPU и GPU (использует ядра CUDA)
- Новая Backbone сеть.
- Новая Anchor-Free head.

Добавлено примечание ([A10]): Нет обоснования почему именно она подходит для программно-аппаратного комплекса

### Причины выбора данной нейросети:

- Новейшая модель в своей линейке
- Использование в качестве вычислительного оборудования видеокарт NVIDIA с ядрами CUDA, на которые падает вся нагрузка (на данный момент команда оснащена видеокартами NVIDIA GeForce RTX 3060)
- Точное выполнение задачи детекции дорожных дефектов
- Простое взаимодействие с нейросетью через CLI панель и через язык программирования Python
- Подробная документация по использованию модели

Добавлено примечание ([A11]): Необходимы технические причины, с обоснованием с точки зрения математики.

- Встроенная возможность трекинга объектов, что позволит не делать запись координат одной ямы в таблице каждый кадр

Таблица 1

Сравнение модели YoloV5 и YoloV8

Размер модели	Детекция	Сегментация	Классификация
Nano	+33.21%	+32.97%	+3.10%
Small	+20.05%	+18.62%	+1.12%
Medium	+10.57%	+10.89%	+0.66%
Large	+7.96%	+6.73%	0.00%
Xtra Large	+6.31%	+5.33%	-0.76%

Классификация дорожных дефектов

Для более точного анализа и полноты информации решено было разделить дорожные дефекты на классы. Были выделены следующие метки классов:

1. **Дорожные трещины (метка “crack”).** Первый класс с самыми незначительными дефектами, которые мало влияют на движение автомобиля, но отображают низкое качество в конкретном месте.
2. **Выбоины (метка “pothole”).** Разрушение покрытия в виде углублений разной формы с резко выраженными краями (более 3 см глубиной и 200 кв. см по площади)
3. **Неровности со сложной геометрической формой (метка “large”).** К этим объектам относятся ямы, выбоины и тд., отличающиеся от основных своей сложностью формы и размерами.
4. **Перепад уровней (метка “level\_drop”).** Представляет собой перепад высот или ямы, не имеющие точного очертания.



Рисунок 2. Размеченные ямы (обучающая выборка)

### Организация базы данных

Для организации хранения данных был выбран реляционный подход, так как он является самым распространенным и простым в обработке.

В качестве базы данных для записи координат детектированных ям и дальнейшей обработки этой информации была выбрана СУБД PostgreSQL. Данное ПО имеет следующие преимущества перед другими вариантами:

- Помощь в освоении работы с реляционными СУБД на основе SQL запросов для дальнейшей квалификации навыков.
- Выполнение математических операций
- Возможность использования агрегатных функций
- Использование операторов сравнения
- Быстрая обработка запросов через командную строку SQL
- Одна из самых популярных СУБД
- Наличие библиотеки PostGIS для хранения геопространственной информации

Для предоставления финального продукта был выбран формат xlsx. Причины выбора данного формата:

- Взаимодействие через понятные большинству пользователей программные продукты MS Excel и Libre Calc
- Приятный интерфейс
- Возможность приятного пользователю оформления таблиц
- Простой анализ данных
- Возможность визуализации данных

Для хранения информации о подписках пользователей, их контактов и данных регистрации было выбрано ПО pgAdmin (PostgreSQL Tools). Оно сохраняет все возможности и преимущества PostgreSQL, имея при этом удобный интерфейс для упрощения работы с табличными данными.



Рисунок 3 – Организация записей в базе данных

Таким образом, начальная запись о неровностях и информация о клиенте ведется в PostgreSQL, далее данные обрабатываются, передаются в специализированное ПО для графического оформления и удобного взаимодействия с таблицами.

#### **Карта с размеченными опасными участками**

Еще одним продуктом, который будет производить разрабатываемая система, является графическая карта с размеченными участками. Каждый участок дороги будет окрашен в цвет, исходя из определенного спектра опасности. Градиент, записи цветов которого представлены в RGB формате, выглядит следующим образом:



Рисунок 4 – Градиент цветов по степени опасности



Рисунок 5 - Карта с окрашенными участками.

Добавлено примечание ([A12]): Некорректная нумерация рисунков

Как качество геоинформационной системы было выбрано программное обеспечение QGIS. Данная программа предоставляет функционал:

1. Просмотр данных (координат) на графической карте в выбранной системе координат
2. Создание графических карт и Shape файлов
3. Создание, редактирование, экспорт данных из PostgreSQL
4. Публикация данных в сети интернет
5. Возможность работы с данными через консоль Python

Таким образом мы получаем максимально удобное представление информации о местности и подробный отчет о количестве дефектов каждого класса на участке дороги.

### Архитектура работы системы

Особенности работы архитектуры:



1. Взаимодействие между серверами и клиентом происходит через API ключи и HTTPS запросы
2. Клиент имеет свой API ключ, хранящийся в базе данных
3. Внедряется несколько серверов для выполнения определенных функций. Сервер передачи запросов, сервер обработки запросов клиентов и сервер обработки видеоматериалов, взаимодействия с базой данных и отрисовки графической карты
4. В СУБД PostgreSQL с помощью плагина PostGIS хранится информация об обнаруженных неровностях, включая координаты, адрес, время обнаружения и тд. Также СУБД обеспечивает взаимодействие с таблицей для хранения информации о подписках.
5. В QGIS с помощью python скрипта и PostgreSQL добавляются обнаруженные дорожные неровности и строится Shape файл, который хранит в себе информацию о фигурах, которые могут быть отображены в любой геоинформационной системе.

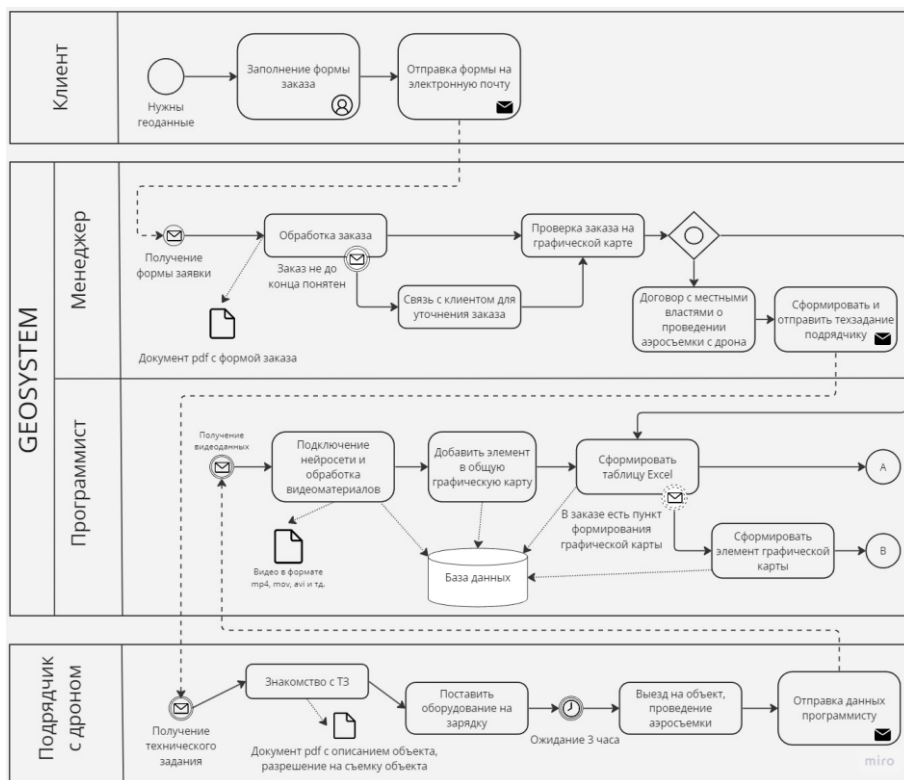


Рисунок 6.1 – Архитектура работы системы ч.1

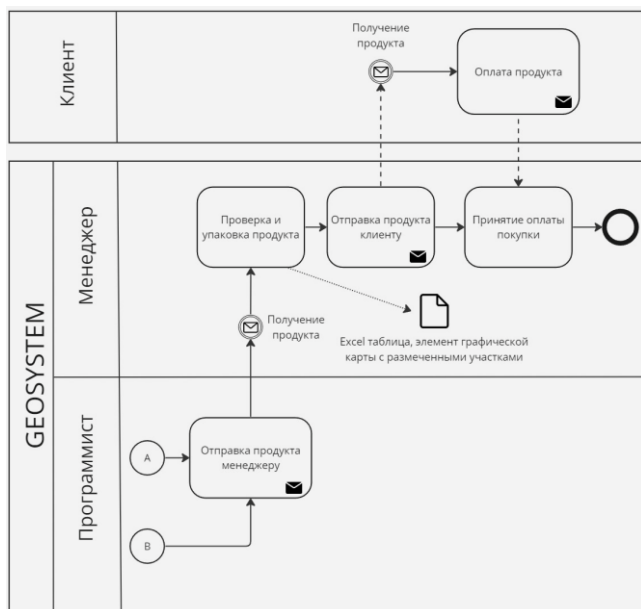


Рисунок 6.2 – Архитектура работы системы

#### Выводы и дальнейшие перспективы исследования

На данный момент ведется активное обучение нейронной сети, ведется ее тестирование и строится лучший вариант. Также идет накопление денежных средств на покупку беспилотного летательного аппарата и постепенное освоение программ командой.

Также данный программно-аппаратный комплекс возможно использовать в изучении других проблематик, такие как:

- Утечка газа из газопроводных труб.
- Фиксация работы клининговых компаний до и после проведения очистительных мероприятий.

Исходя из вышеупомянутого, можно сказать, что использование беспилотного летательного аппарата с модулем GPS и высокоточной видеокамерой позволит провести качественную аэросъемку, а использование новейшей нейросети YoloV8 позволит точно детектировать дорожные дефекты, координаты которых можно преобразовать в удобный для клиента вид.

**Добавлено примечание ([A13]):** Это вывод для акселератора, но никак не для научной статьи, выжимка должна быть из цели написания статьи, и решаемая проблематика, а проблематикой статьи может быть защита при передаче информации, неточности в классификации и так далее, это исправить и внести соответствующие исправления в название статьи и аннотацию

### Библиографический список

1. Горячкин Б.С. Компьютерное зрение. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompyuternoe-zrenie-1/viewer> (Дата обращения: 04.07.2023)
2. Четыре основных задачи компьютерного зрения (классификация, позиционирование, обнаружение, сегментация). URL: <https://russianblogs.com/article/14201521498/> (Дата обращения: 04.07.2023)
3. Как все начиналось: история летающих дронов. URL: <https://habr.com/ru/articles/446520/> (Дата обращения: 04.07.2023)
4. CS231n: Свёрточные нейронные сети для распознавания образов. URL: <https://habr.com/ru/articles/456186/> (Дата обращения: 05.07.2023)
5. A Brief History of YOLO Object Detection Models From YOLOv1 to YOLOv5. URL: <https://machinelearningknowledge.ai/a-brief-history-of-yolo-object-detection-models/> (Дата обращения: 05.07.2023)
6. Ultralytics YOLOv8. URL: <https://habr.com/ru/articles/710016/> (Дата обращения: 05.07.2023)
7. Что такое API? URL: <https://aws.amazon.com/ru/what-is/api/> (Дата обращения: 06.07.2023)
8. Виды баз данных. URL: <https://selectel.ru/blog/databases-types/> (Дата обращения: 06.07.2023)
9. СУБД PostgreSQL: почему её стоит выбрать для работы с данными и как установить. URL: <https://practicum.yandex.ru/blog/cto-takoe-sud-postgresql/> (Дата обращения: 06.07.2023)