

Реализация и тестирование распределенной IoT-подсистемы анализа мусора в рамках системы умного города

Магистрант: Янченко И.Д., группа 8ПИ-11

Руководитель: Старолетов С.М., доцент кафедры ПМ



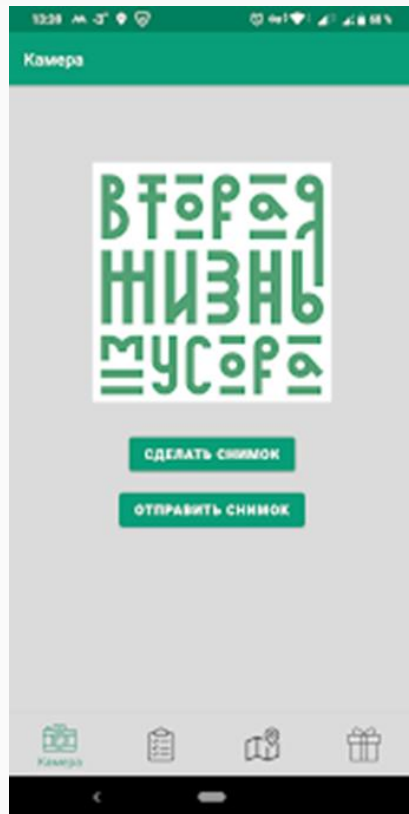
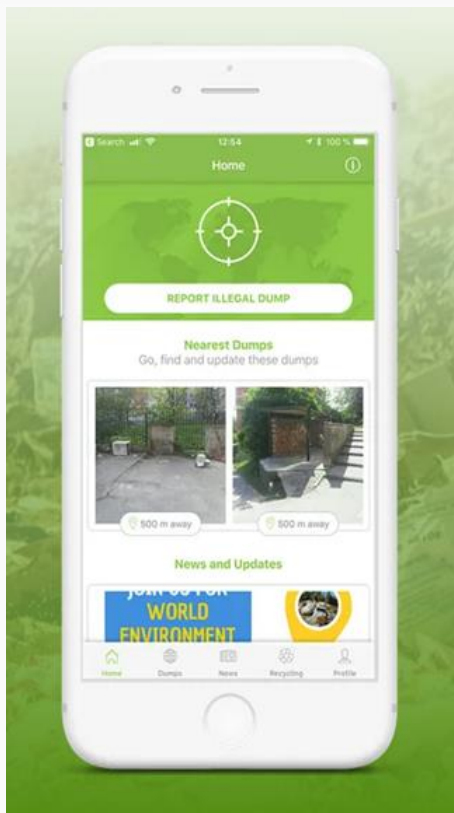
Умный город - система, являющая собой сопряжение коммуникационных и информационных технологий с целью цифровизации различных процессов жизни городских жителей.

Умная среда – обеспечение комфортной и экологичной городской среды для населения.

IoT - система физических устройств, объединенных в сеть с другими устройствами и реализующих обмен данными.

1. Изучить методы классификации объектов на изображении.
2. Спроектировать подсистему обнаружения мусора.
3. Реализовать обмен с камерой:
 - a. построить камеру на базе модуля камеры R-CUT В для Raspberry Pi,
 - b. развернуть FTP-сервер и создать скрипт получения изображения,
 - c. реализовать модуль обмена данными с полученной камерой посредством FTP-передачи.
4. Реализовать обнаружение мусора по выбранной схеме классификации:
 - a. выбрать и реализовать метод классификации,
 - b. визуализировать получаемые результаты.
5. Реализовать подсистему обнаружения мусора вокруг подготовленного окружения.

Аналоги решения



Программные

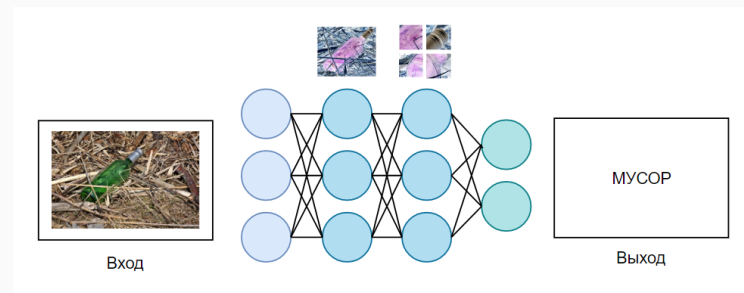
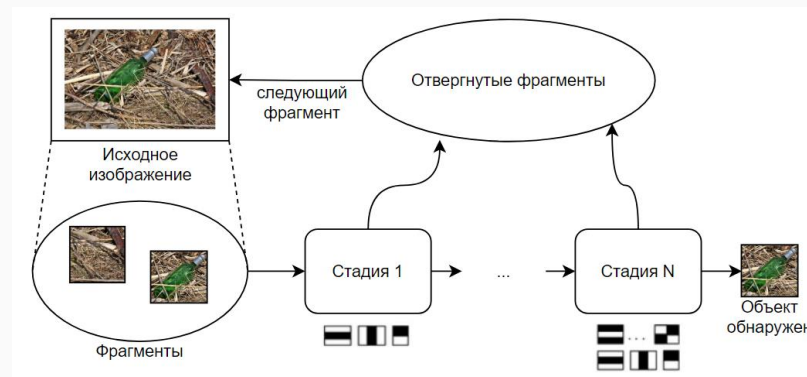
Машинные

Классические методы машинного обучения:

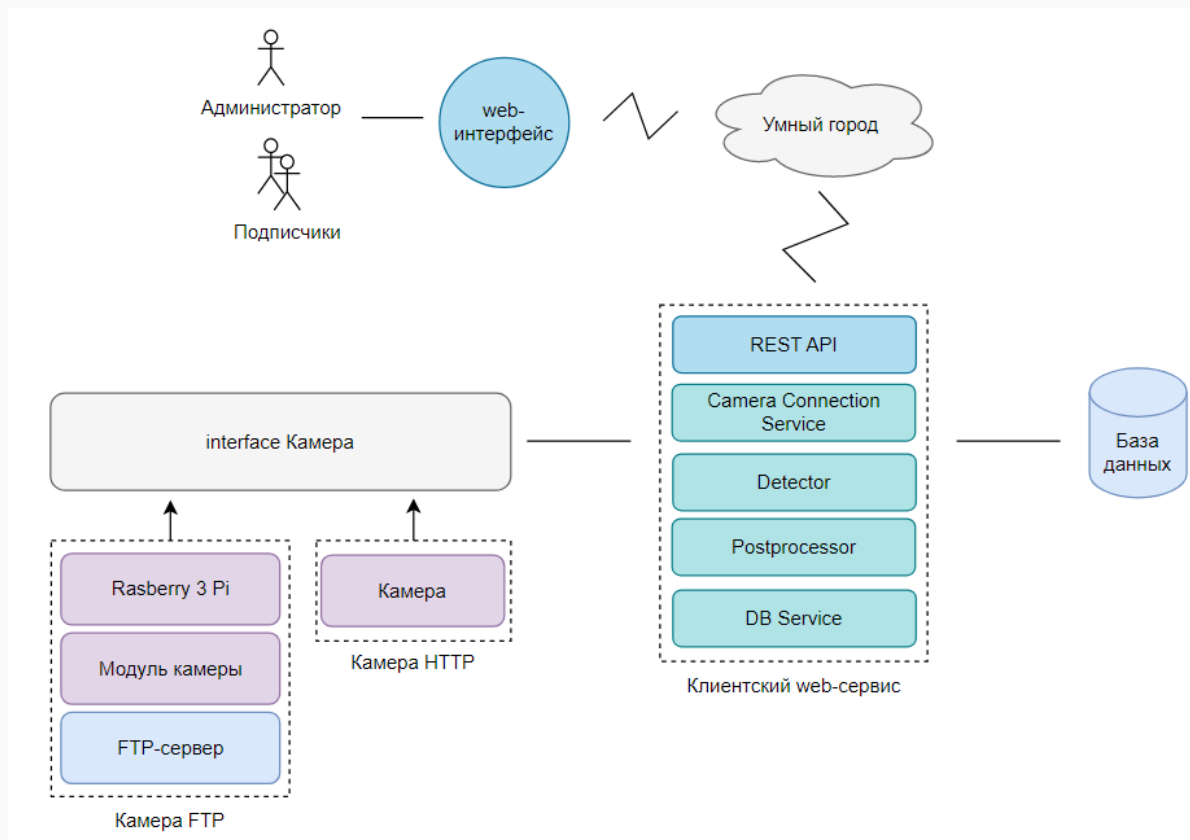
- a. каскады Хаара,
- b. k-средних.

Глубокое обучение нейронных сетей:

- a. AlexNet
- b. VGG
- c. Inception (GoogLeNet)
- d. ResNet
- e. YoLo



Концептуальная модель



- Камера видеонаблюдения:
 - FTP,
 - HTTP.
- Клиентский web-сервис:
 - модуль обмена с камерой,
 - детектор,
 - постпроцессор,
 - база данных (БД),
 - сервис работы с локальной БД
- Web-интерфейс
- Экосистема "Умный город"

Архитектура InceptionV3

- Блоки с параллельными слоями свертки и подвыборки.
- Оптимизация сверток $n \times n \rightarrow 1 \times n$ и $n \times 1$.
- Топ точности согласно Kaggle - 96%.
- Легковесность.

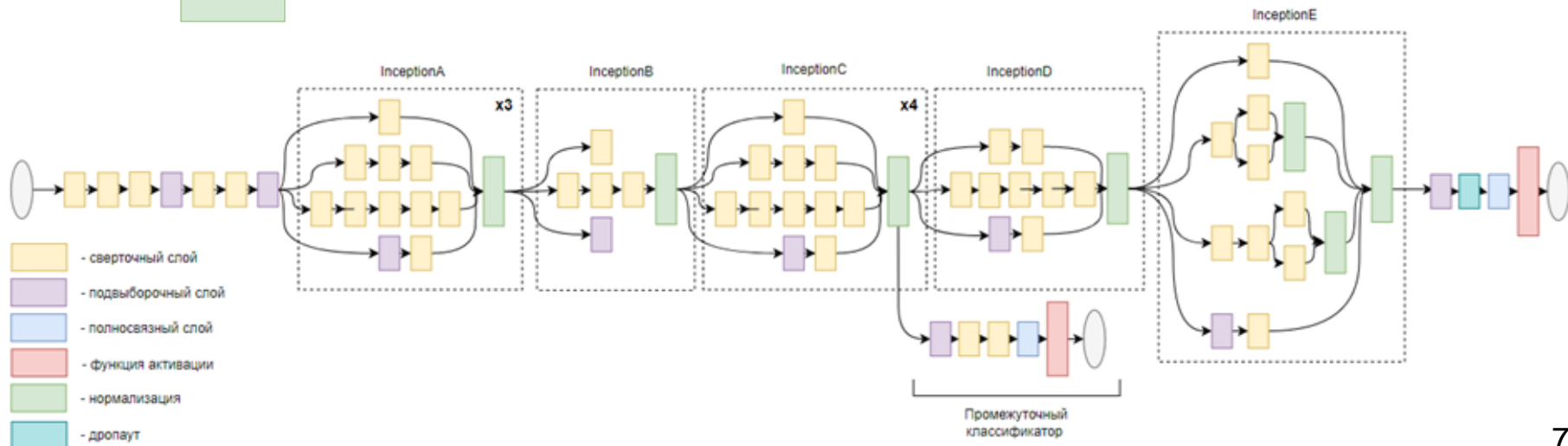
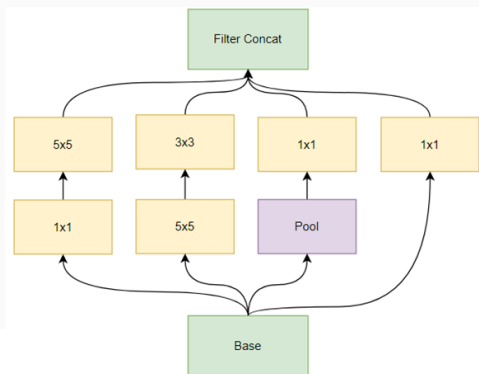
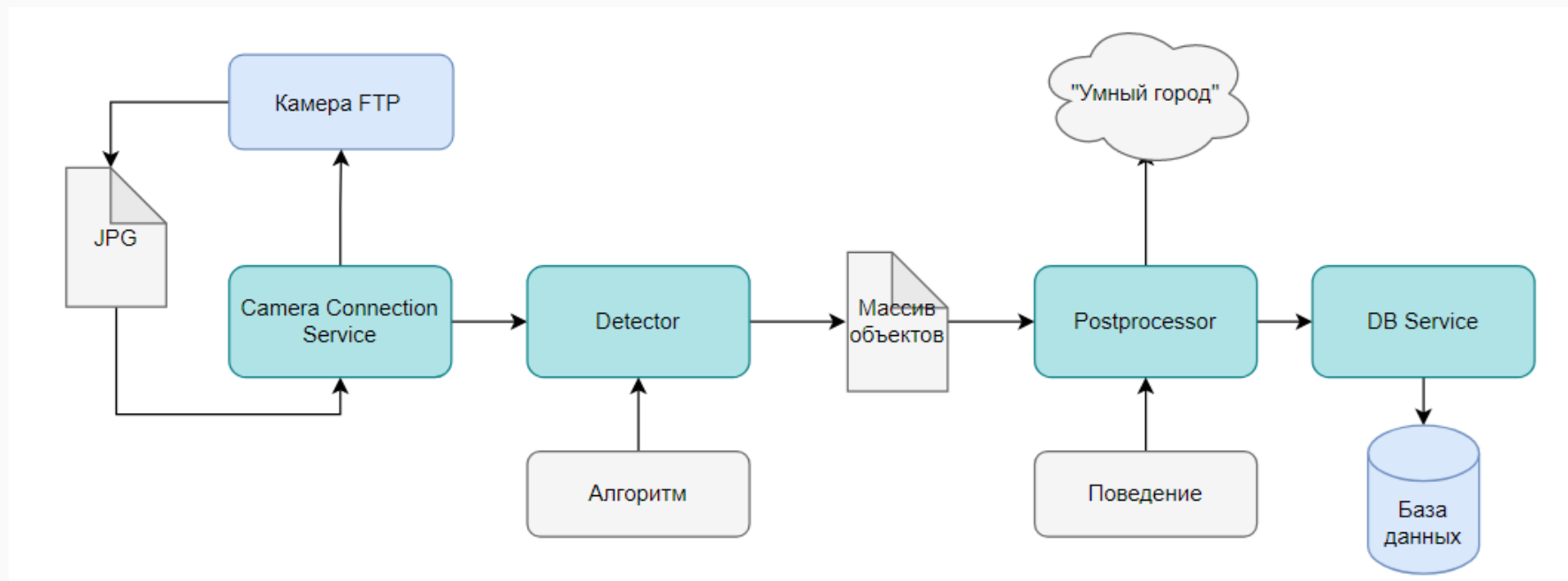


Схема цикла обнаружения мусора



- Python – язык высокого уровня, содержащий множество библиотек для работы в области компьютерного зрения и решения сопутствующих задач.
- Django – свободно распространяемый фреймворк для разработки web-приложений на языке Python.
- PyTorch – фреймворк машинного обучения для языка Python с открытым исходным кодом.
- OpenCV-python – библиотека компьютерного зрения, реализующая в том числе подключение к камерам наблюдения.
- Ftplib – встроенная библиотека, реализующая FTP-клиент.
- SQLite – база данных, хранимая в одном файле в кроссплатформенном формате, что облегчает резервирование и перенос.
- Предобученная модель InceptionV3 и датасет из 12 классов мусора (15512 изображений).

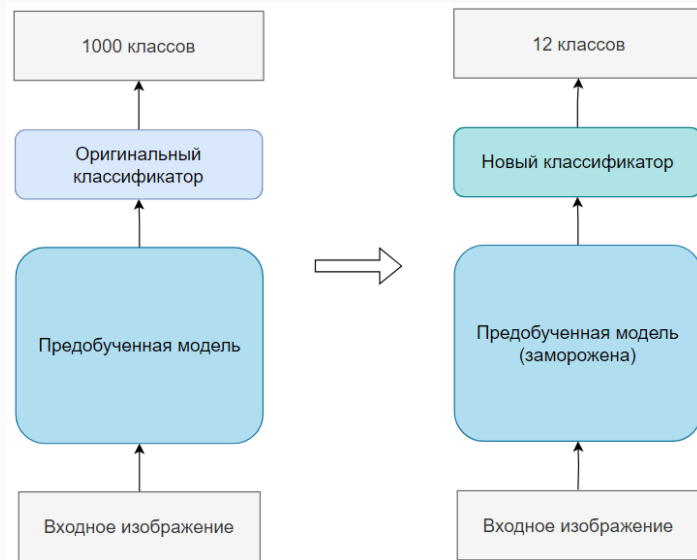
Обучение нейронной сети

Transfer learning - перенос модели, обученной на большом количестве данных на ранее незнакомый набор данных

Имели: предобученная модель InceptionV3 на ImageNet.

Выполнили: заморозку модели и переобучение выходных слоев на новом наборе данных из 12 классов.

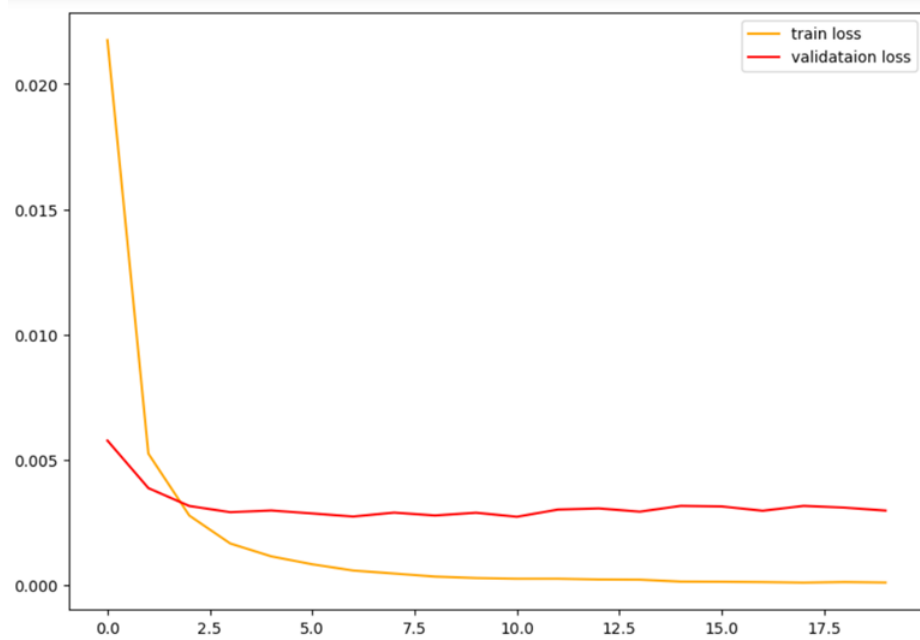
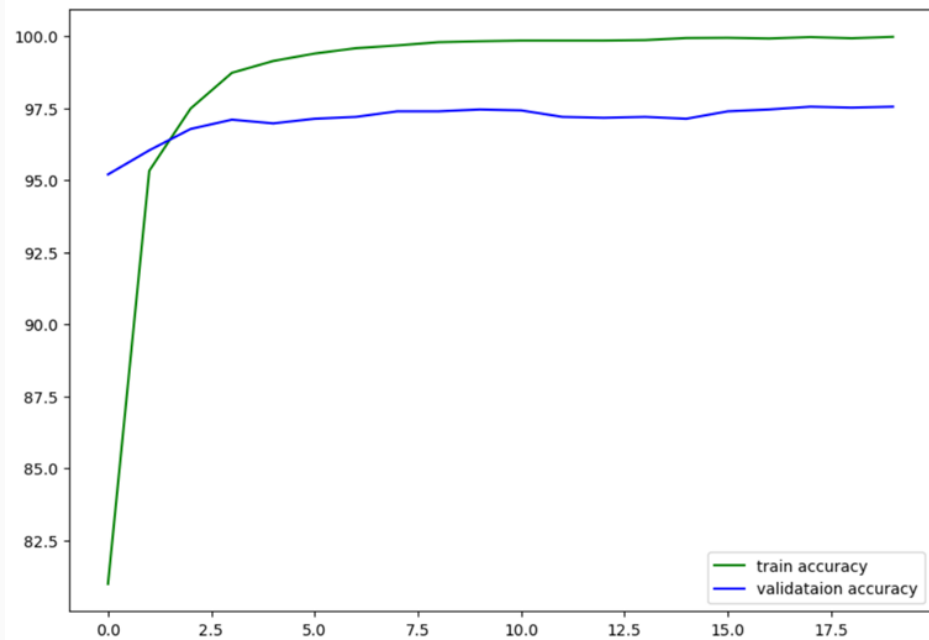
Получили: модель классификации по новым классам.



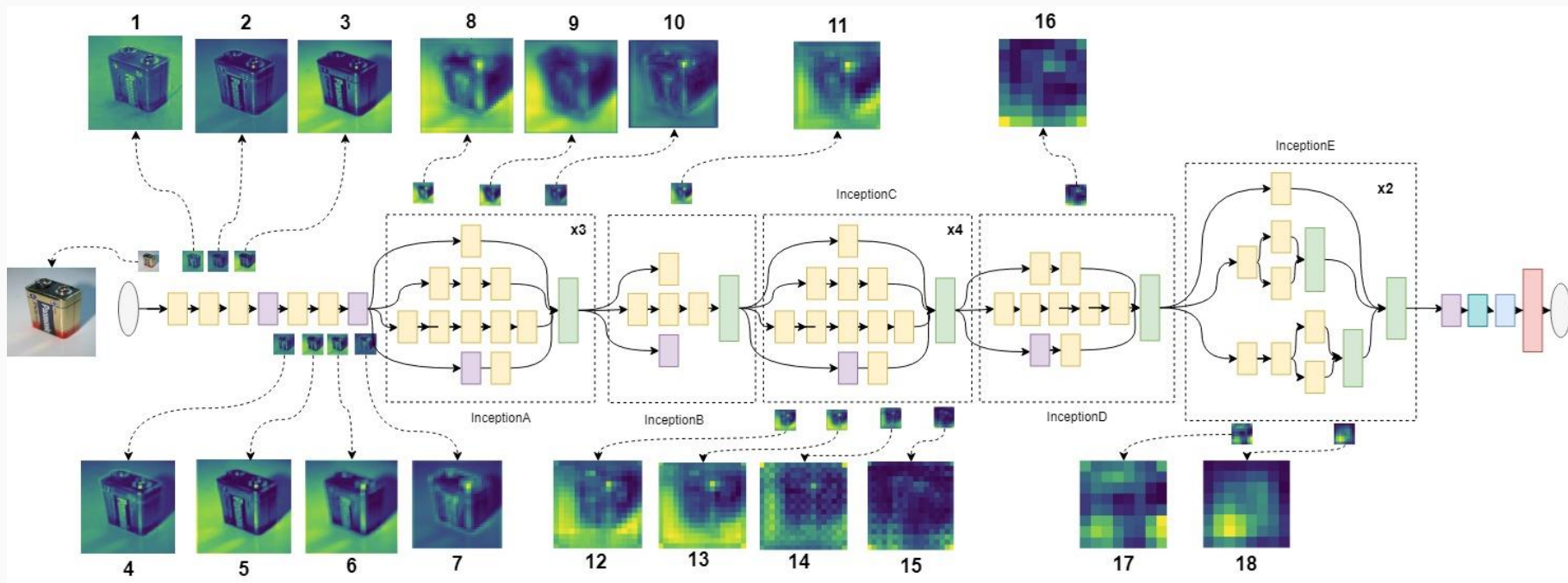
```
from torchvision.models import Inception_V3_Weights
inceptionV3 = models.inception_v3(weights=Inception_V3_Weights.IMAGENET1K_V1)
inceptionV3 = inceptionV3.to(device)

num_ftrs = inceptionV3.AuxLogits.fc.in_features
inceptionV3.AuxLogits.fc = nn.Linear(num_ftrs, 12)
num_ftrs = inceptionV3.fc.in_features
inceptionV3.fc = nn.Linear(num_ftrs,12)
```

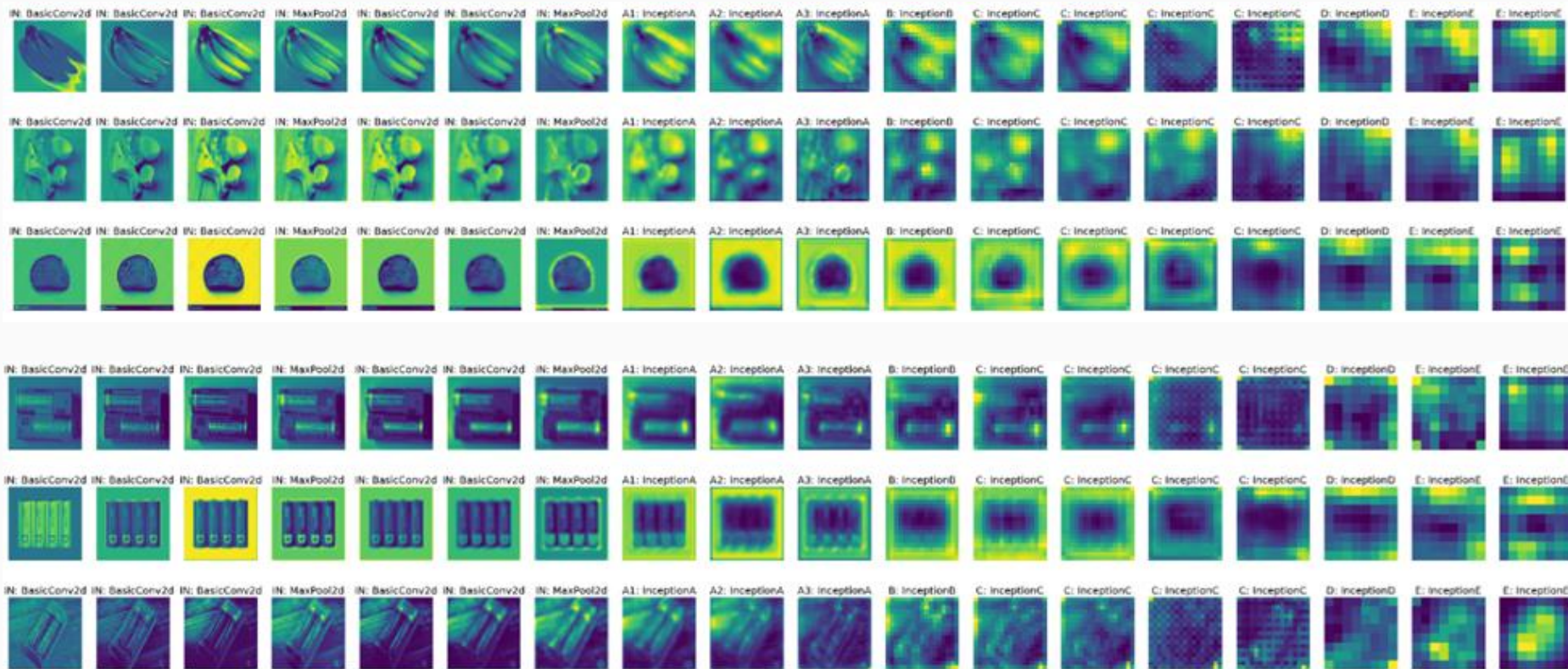
Результаты обучения



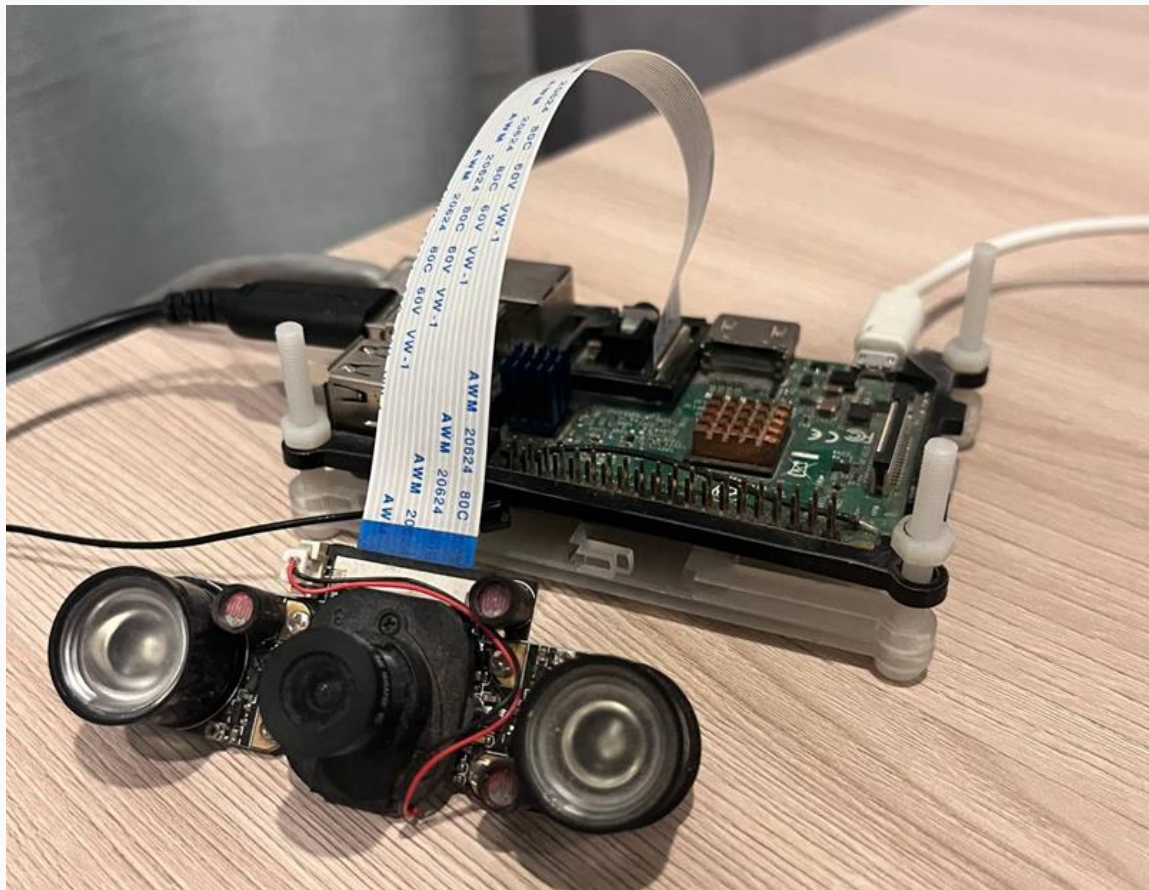
Визуализация карт признаков



Визуализация карт признаков

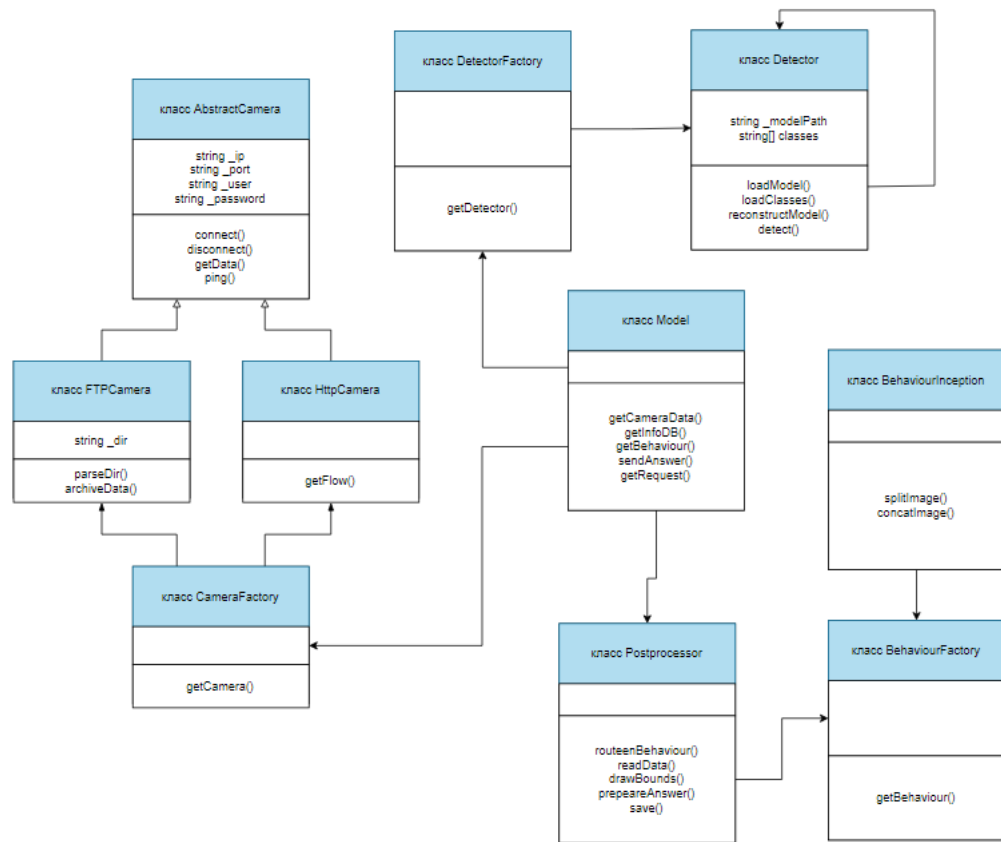


Подготовка камеры



- Произведена сборка на базе Raspberry Pi 3 и модуля камеры IR-CUT В.
- Выполнена системная настройка оборудования.
- Развернут FTP-сервер для хранения полученных снимков.
- Написано программное обеспечение для подключения к камере и получения снимков.

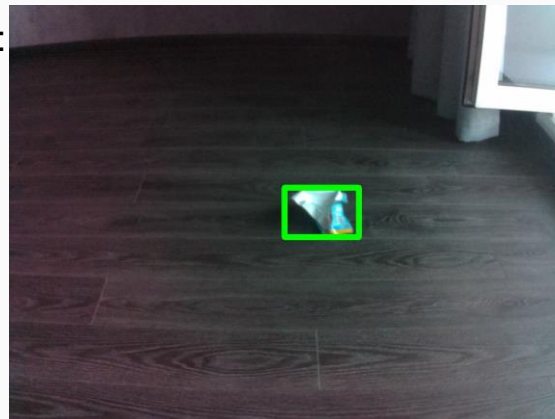
Реализация клиентского веб-сервиса



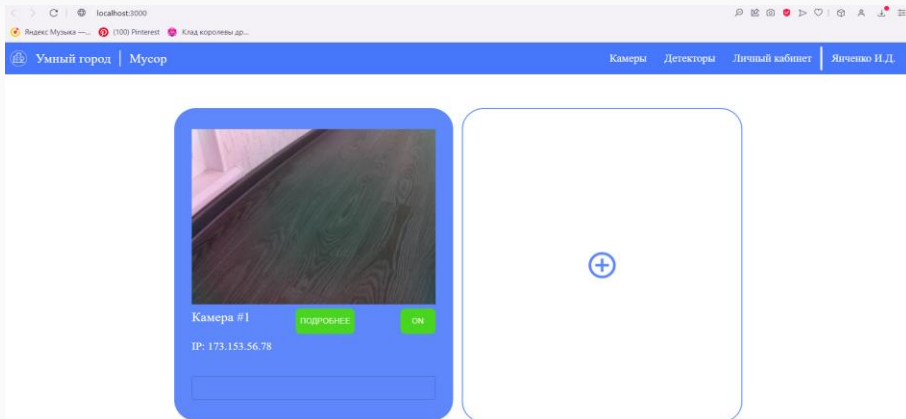
До:



После:

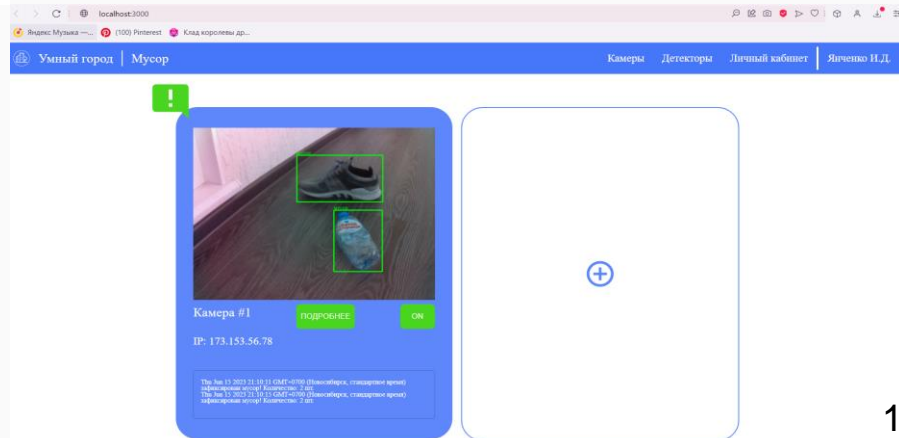


Отображение на пользовательском интерфейсе



Ситуация 1 – спокойное состояние. Мусора на камере видеонаблюдения не зафиксировано. Тревога не поднята.

Ситуация 2 – состояние тревоги. Мусор на камере видеонаблюдения зафиксирован, количество удовлетворяет сценарию поднятия тревоги.



1. Янченко И. Д., Умный город и его чистые улицы / И. Д. Янченко // Наука и молодежь: Материалы XVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 2-х томах, Барнаул, 19–23 апреля 2021 года / Том 1. Часть 1. – Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2021. – С. 200-203. – EDN QADPPI.
2. Янченко И.Д., Концепция IoT-подсистемы анализа мусора в рамках системы умного города // Современные цифровые технологии: сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции (Барнаул, 1 июня 2023 г). – Секция «Программная инженерия». - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://journal.altstu.ru/konf_2023/archive/ – Барнаул, 2023. – (принята к публикации)

В ходе работы достигнуты следующие цели:

- Проведен анализ подходов к задаче классификации.
- Создан функционирующий модуль камеры на базе Raspberry Pi 3 и IR-CUT В.
- Проведена подготовка модели сверточной нейронной сети InceptionV3 с применением подхода "передача обучения".
- Визуализированы карты признаков на каждом слое сети для объектов разных классов.
- Спроектирована и реализована IoT-подсистема детектирования мусора.

Для развития подсистемы в будущем ставятся следующие задачи:

- Расширить набор данных для обучения.
- Протестировать иные модели нейронных сетей.

Спасибо за внимание!

Реализация и тестирование распределенной IoT-подсистемы анализа мусора в рамках системы умного города

Магистрант: Янченко И.Д.
deadlorpa@gmail.com

Научный руководитель: Старолетов С.М.
serg_soft@mail.ru

2023

