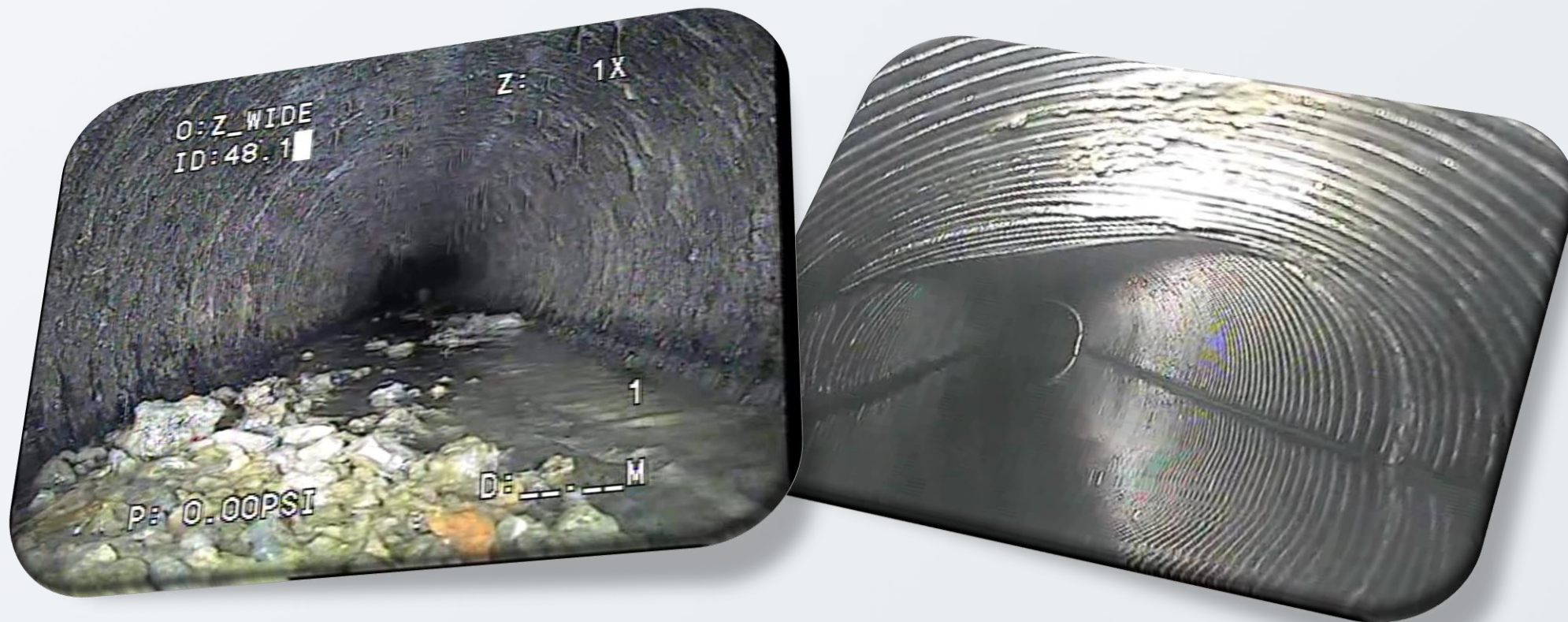


Семантическая сегментация дефектов труб

Machine Learning Project | December 5, 2025



Выполнили студенты:

8B23 Шамухаметов Р.К.

8B24 Сайберт С.М.

8B24 Колотов Д.А.

8K22 Таячинов Д.А.

8K24 Васин Е.В.



Описание датасета

Исходный датасет

Датасет содержал изображения дефектов труб, размеченные по шести классам:

Деформация

Изменение формы трубы



Разрыв

Нарушение целостности стенки



Несоосность

Смещение осей соединенных участков



Препятствие

Наличие посторонних объектов



Отсоединение

Отделение части трубы



Отложения

Накопление веществ на стенках



Примеры

Деформация

Изменение формы трубы



Примеры

Препятствие

Наличие посторонних объектов



Отсоединение

Отделение части трубы



Отложения

Накопление веществ на стенках



Примеры

Разрыв

Нарушение целостности стенки



Примеры

Несоосность

Смещение осей соединенных
участков



Анализ датасета



⚠ Проблемы датасета

- Около 200 дубликатов изображений
- Изображения с неоднозначностью и отсутствием четких признаков дефектов
- Схожие классы: "разрыв" и "деформация", "отсоединение" и "несоосность"

▼ Оптимизация классов

Для упрощения задачи и повышения качества обучения были исключены два наименее представленных и наиболее схожих класса:

Удалены

Разрыв
Несоосность



Оставлены

Деформация
Отсоединение
Отложения
Препятствие

Постановка задачи

🎯 Переход от детекции к семантической сегментации

Изначально проект был сфокусирован на задаче детекции дефектов труб. Однако, столкнувшись с тем, что датасет был размечен в формате YOLO, было принято решение перейти к более сложной и информативной задаче семантической сегментации.

Задача: обучить модель бинарной семантической классификации дефектов на грубой разметке.

🔍 Ограничивающие рамки



Детекция: ограничивающая рамка определяет местоположение дефекта

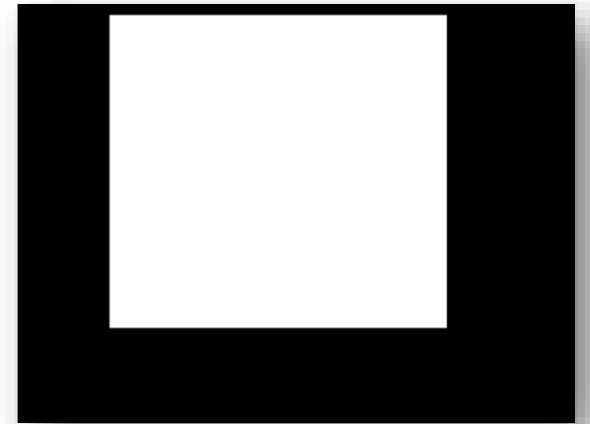
↔ Преобразование



Каждая ограничивающая рамка была преобразована в бинарную маску

"Заливка" области внутри бокса для создания маски

🖼 Маски сегментации

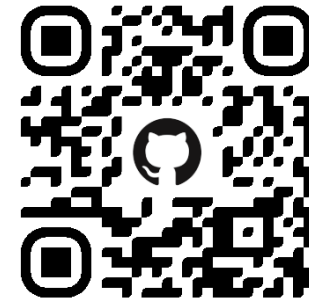


Сегментация: каждый пиксель классифицируется как принадлежащий к дефекту или фону

Постановка задачи

🎯 Технические подробности




Так как проект не предполагал чётко очерченной последовательности действий, нам было необходимо сфокусироваться на проведении экспериментов.

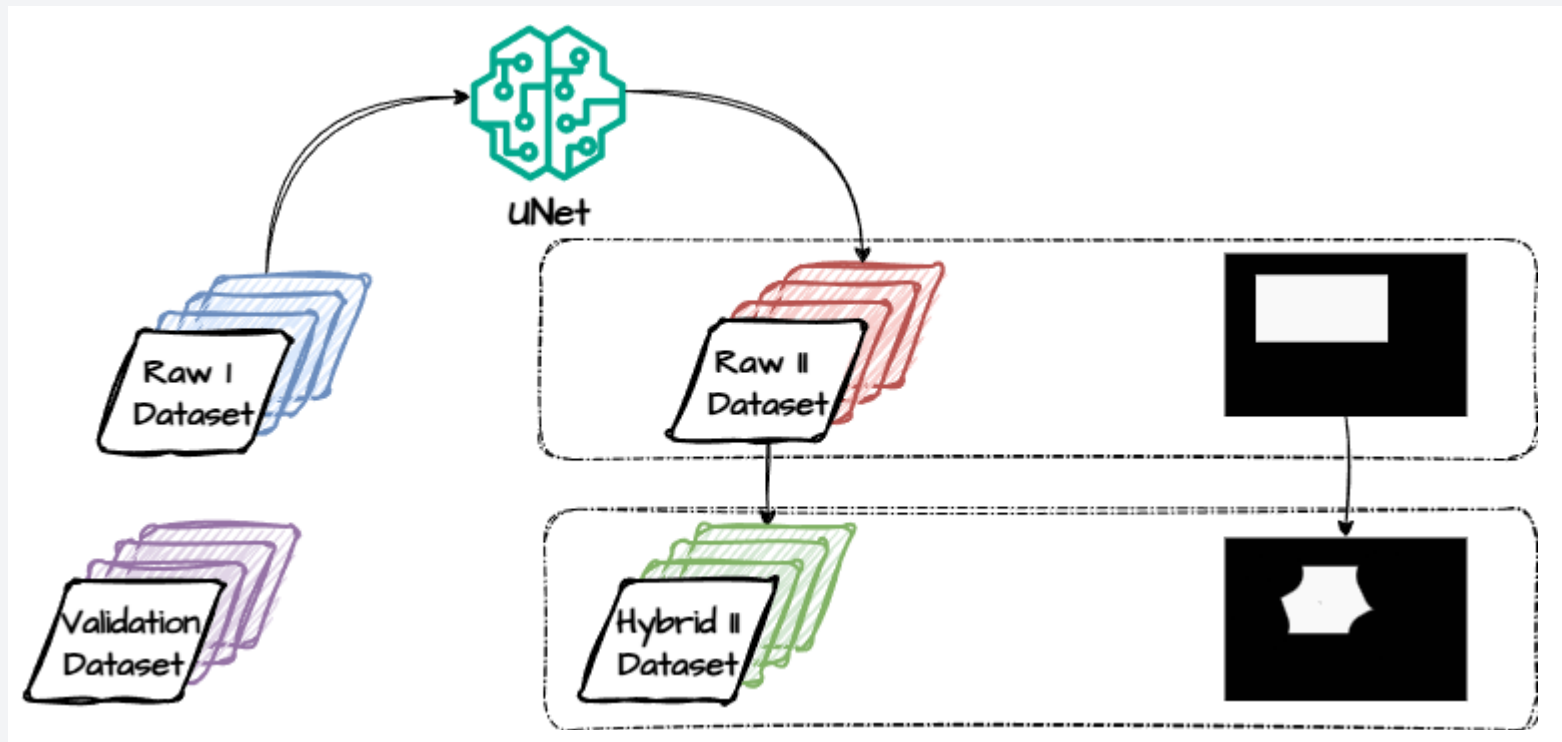
The logo for mlflow, with 'ml' in black and 'flow' in blue, where the 'o' is a blue circle with a white dot inside.

Первый эксперимент

Подход эксперимента

Первый эксперимент был направлен на обучение на бокс-масках и улучшение всего датасета:

-  **Разделение датасета**
Датасет был разделен на три части в соотношении 45% / 45% / 10%.
-  **Обучение модели**
Модель UNet обучалась на первой части датасета.
-  **Псевдоразметка**
Обученная модель использовалась для предсказания масок для второй части датасета.



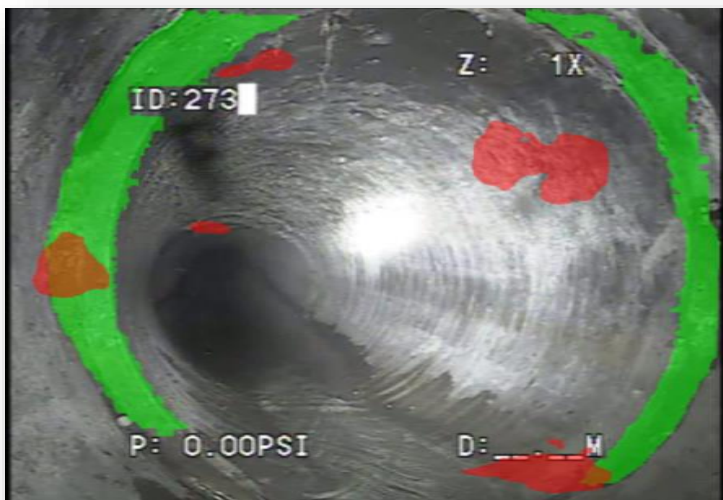
Первый эксперимент

Метрики

Метрика IoU на валидационной выборке не превышала 0.3.

i IoU (Intersection over Union) - метрика сегментации, показывающая степень пересечения между предсказанными и истинными масками.

Результаты эксперимента






Результаты эксперимента

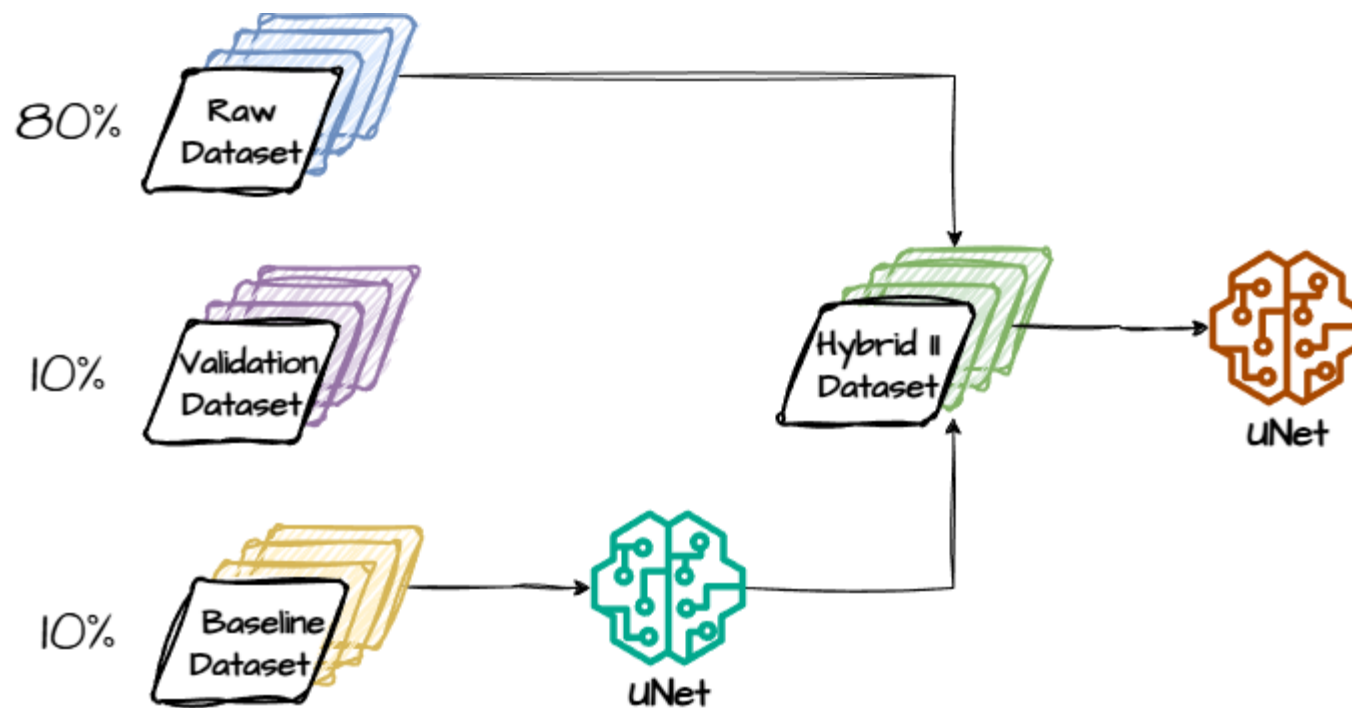


Второй эксперимент

Подход эксперимента

Второй эксперимент был направлен на раздельное обучение моделей для каждого класса **в отдельности**:

-  **Разделение датасета**
Датасет был разделен на три части в соотношении 10% / 80% / 10%.
-  **Обучение модели**
Модель UNet обучалась на размеченном руками и улучшенном датасете.
-  **Псевдоразметка**
Обученная baseline модель использовалась для предсказания масок для второй части датасета.

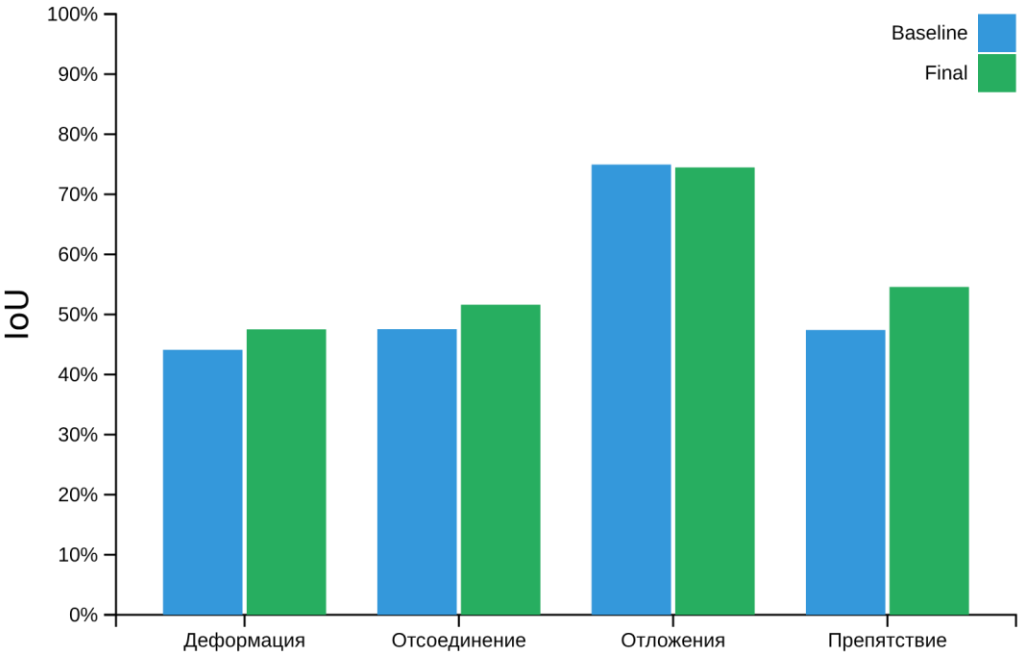


Количественные результаты

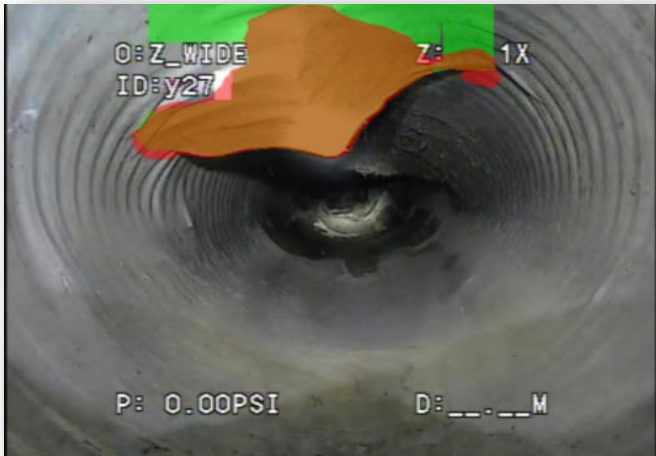
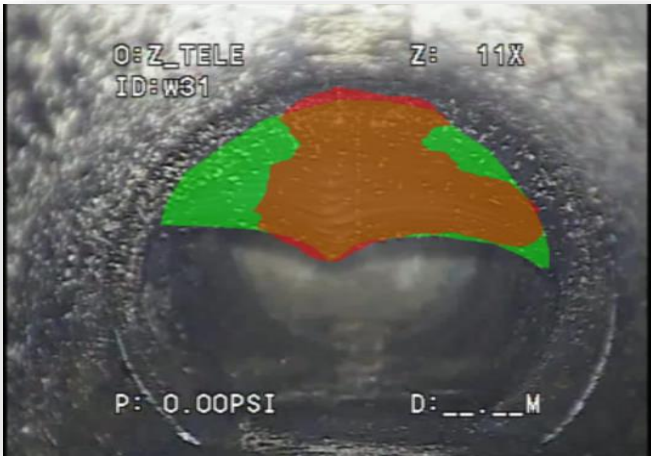
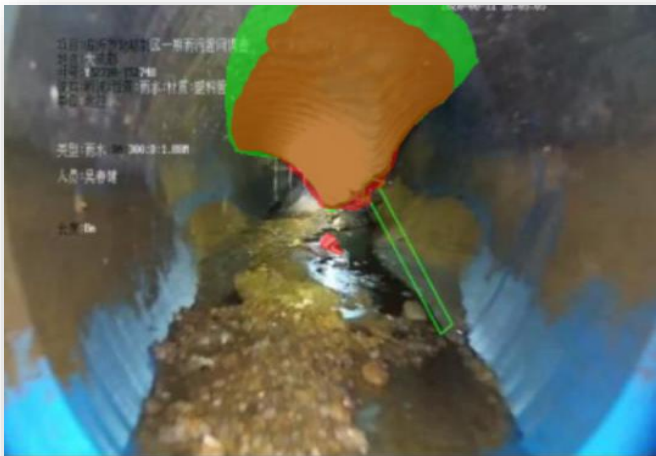
Сравнение метрик IoU

КЛАСС	BASELINE	FINAL	ПРИРОСТ	%
Деформация	0.4411	0.4752	0.0341	3.41
Отсоединение	0.4755	0.5162	0.0407	4.07
Отложения	0.7495	0.7447	-0.0048	-0.48
Препятствие	0.4741	0.5458	0.0717	7.17

Визуальное сравнение метрик

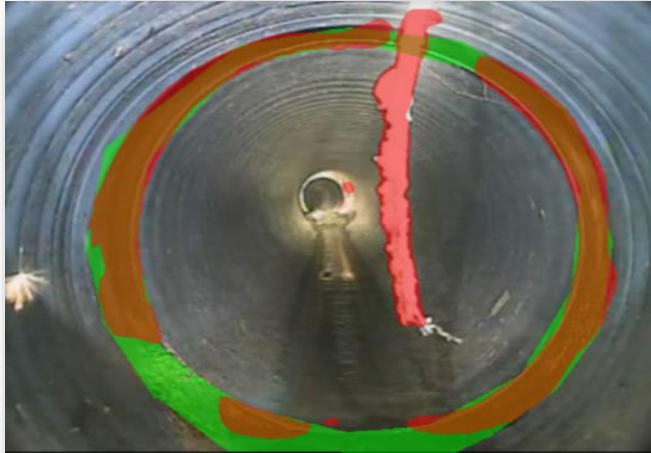
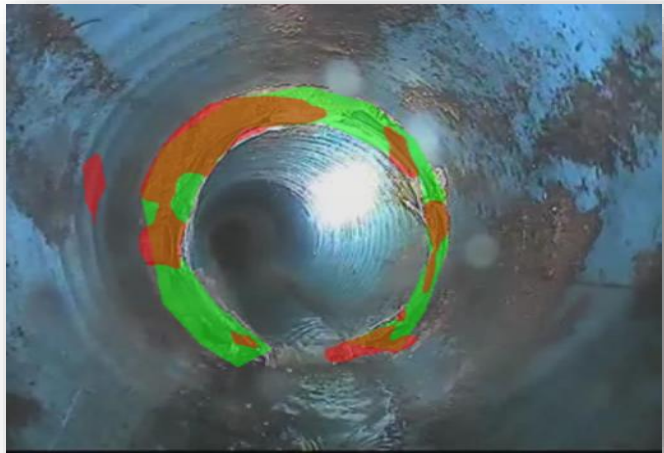


Деформация



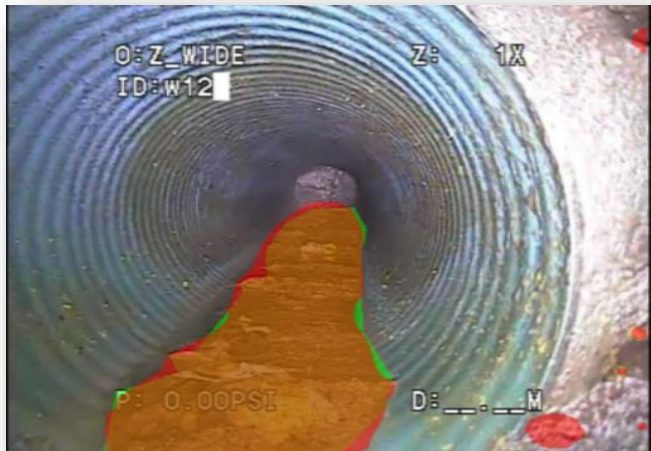
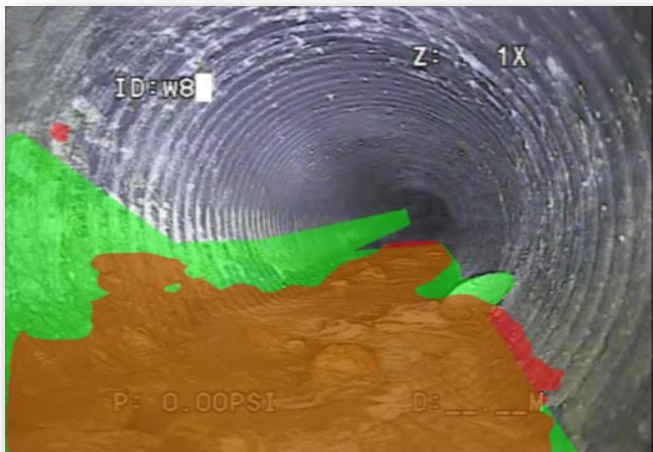
Визуальные результаты

Отсоединение



Визуальные результаты

Отложения



Визуальные результаты

⊘ Препятствие





- 📊 Проведена оптимизация датасета:
 - устранены дубликаты
 - удалены редкие и пересекающиеся классы
- 🎯 Выполнен переход от детекции к семантической сегментации с генерацией масок.
- 🧪 Проведены два эксперимента:
 - базовый
 - улучшенный с отдельным обучением по классам
- 📊 Достигнут рост метрик IoU для большинства классов (до +7.17%).
- 🤖 Улучшенная модель показала более стабильные и точные результаты на сложных примерах.