

# Разработка программных технологий автоматического выявления изменений на изображениях спутниковых снимков высокого разрешения

Акимов А.А.,  
Скачков А.М.,  
Васильев А.И.



# Что такое выявление изменений?

Выявление изменений (ВИ) определяется как процесс идентификации изменений любого природного или техногенного явления на основе спутниковых снимков за различные периоды времени\*

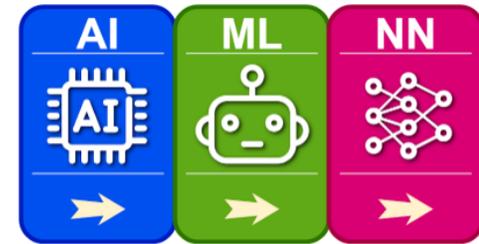


Большинство изменений техногенного или антропогенного характера на спутниковых изображениях относятся к трудно формализуемым задачам



Детектируется появление или исчезновение жилой/нежилой застройки, эстакад, дорог и другие.

*\*Bhunja G. S., Chatterjee U., Kashyap A., Shit P.K. Land Reclamation and Restoration Strategies for Sustainable Development // Geospatial Technology Based Approach. 1st Edition, Volume 10 - November 17, 2021*



# Примеры выявления изменений антропогенной среды



# Подготовка данных для обучения ИНС. Проблемы открытых датасетов

## Открытые датасеты

- SISU
- S2Looking
- BANDON
- LEVIR-CC
- 3DCD
- EGY-BCD
- HRSCD

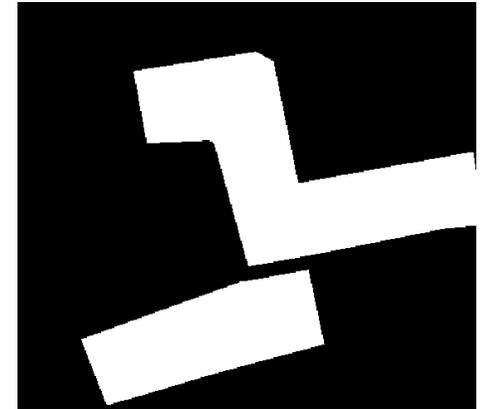
*Много ошибочных данных для HRSCD (до 40%), BANDON (10-15%)*

**Необходима верификация датасетов**

## Отсутствует разметка

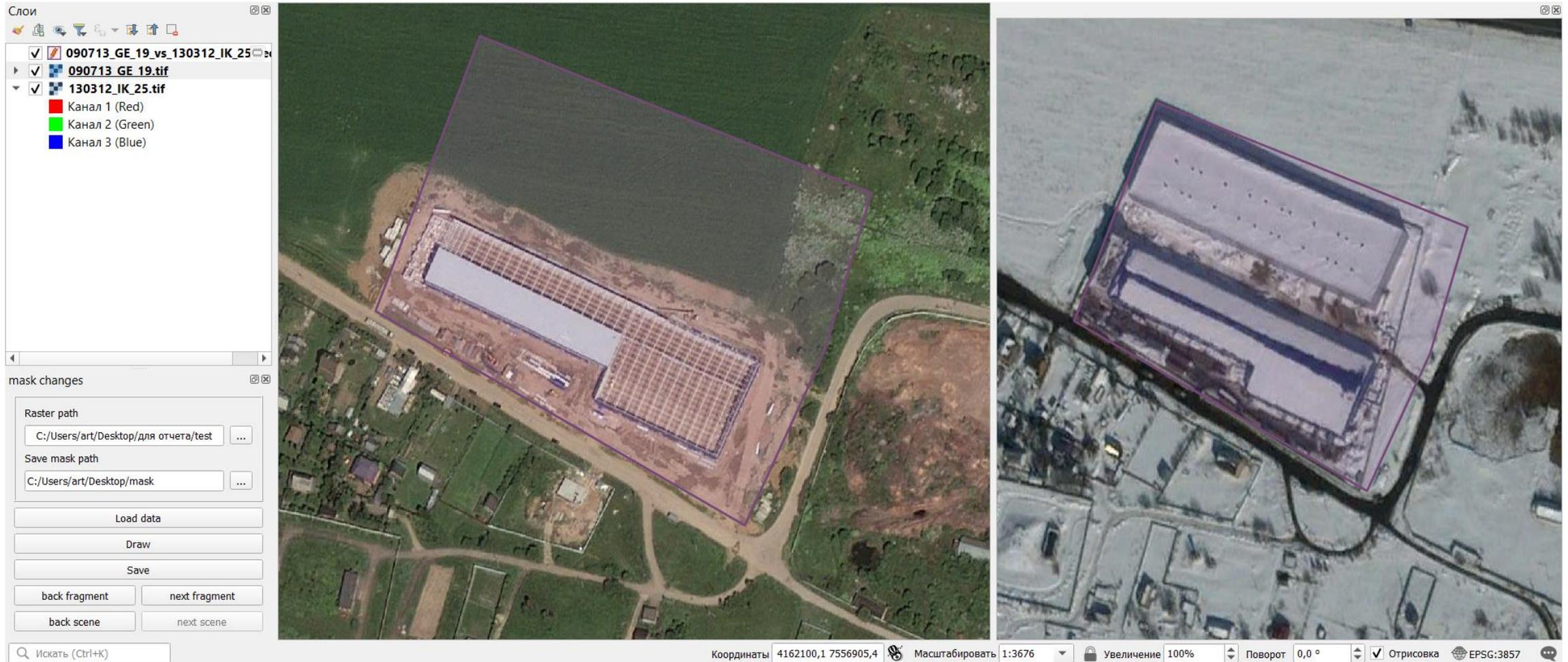


## Ошибочная разметка

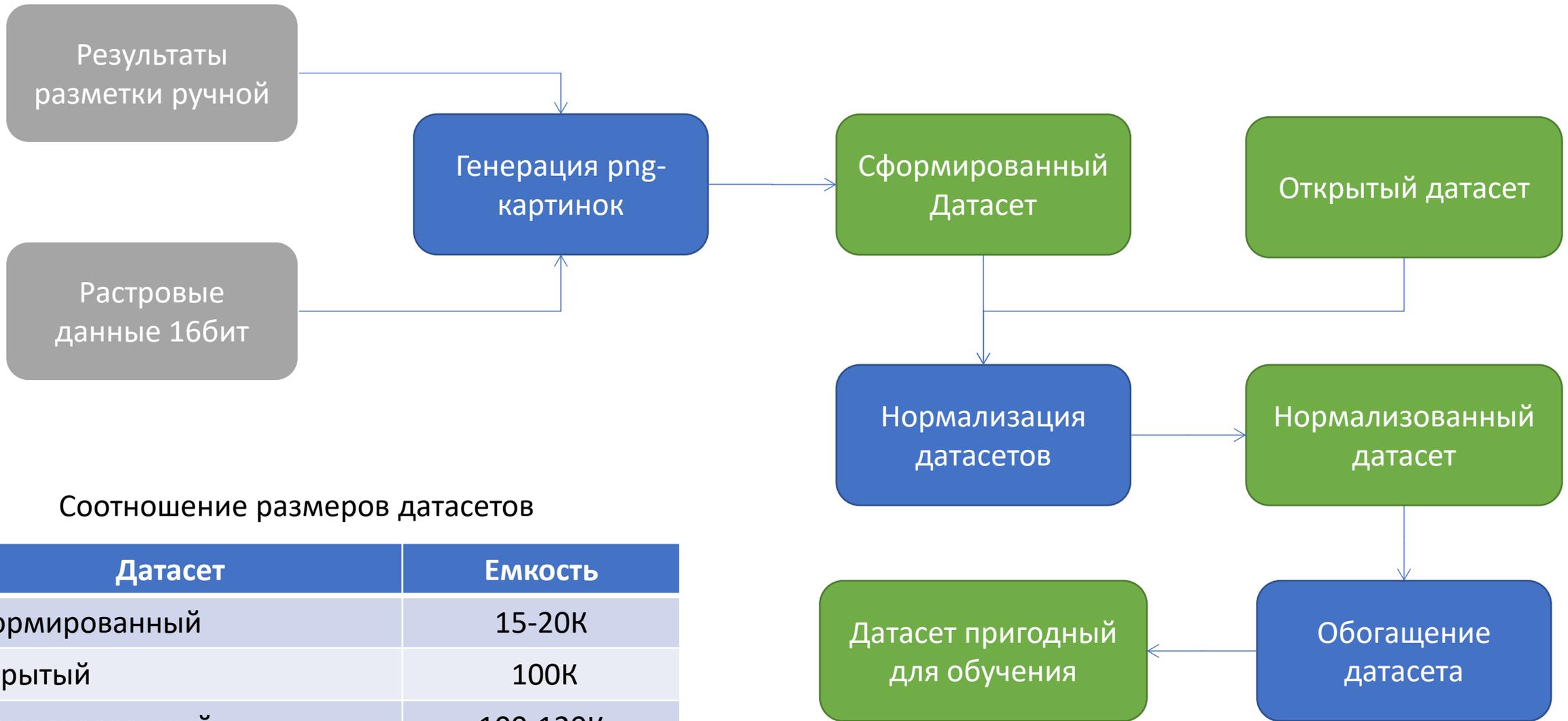


# Подготовка данных для обучения ИНС. ПО для разметки

Разработана технология на базе QGIS для разметки данных ДЗЗ (разметка сохраняется в geojson)



# Схема генерация датасетов для обучения



Соотношение размеров датасетов

Датасет	Емкость
Сформированный	15-20К
Открытый	100К
Нормализованный	100-120К
Для обучения	300-400К

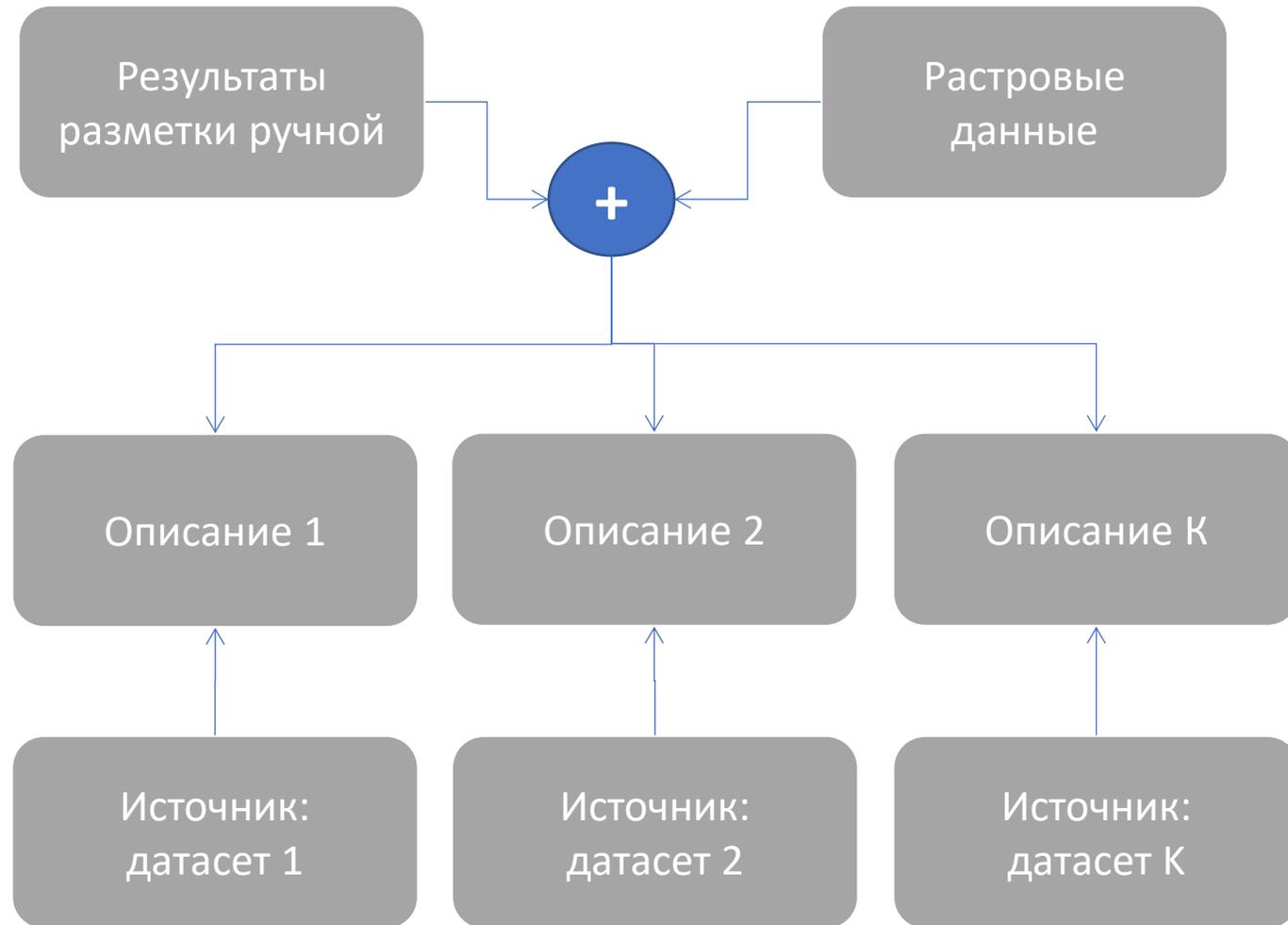
# Особенности хранения сформированных датасетов



Спецификация описания включает:

- Путь к растровым данным (tif-файл)
- Путь до разметки (geojson)
- Размер тайла (в метрах)
- Размер тайла (в пикселях)
- Пиксельные/геокоординаты тайла
- Параметры геометрического преобразования тайла
- Список классов – типов (для многоклассовой сегментации)

## Концепция описания датасетов



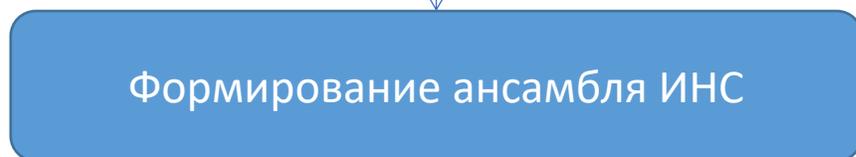
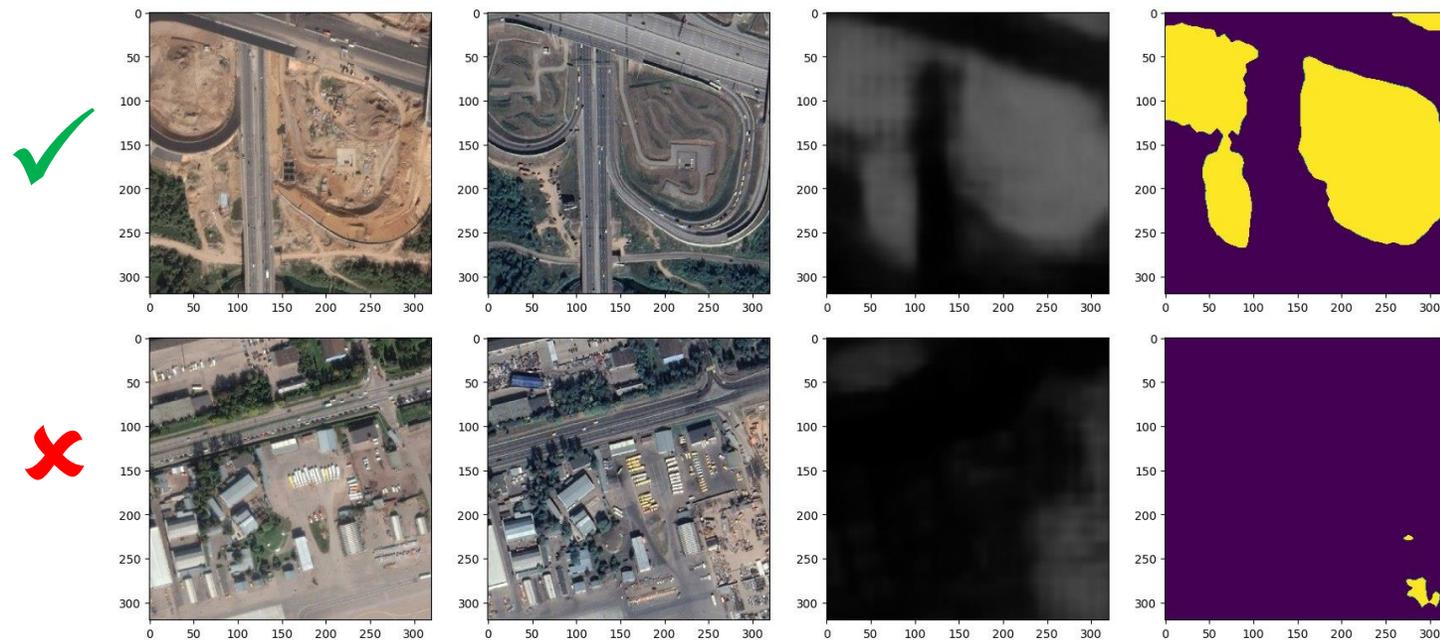
Итоговый датасет включил в себя 5 источников, 360К изображений

# Правильно выбранная архитектура ИНС определяет точность решения задачи

Таблица метрик на тестовой выборке

Модель ИНС	Порог	Accuracy	F1 score	IoU
Resnet50_v2	0.3489	0.9332	0.4457	0.2868
Resnet50_v1	0.5445	0.9401	0.5977	0.4262
Resnet101	0.3085	0.9398	0.4959	0.3297
ViT	0.3243	0.9419	0.4976	0.3312
<b>Ансамбль</b>	<b>0.3572</b>	<b>0.9627</b>	<b>0.6944</b>	<b>0.5319</b>

Примеры работы ИНС на тестовой выборке



# Особенности программной реализации технологий обучения ИНС

Фрагментирование исходного датасета



Выбор и применение целевых функций:

- Встроенных (кросс-энтропия)
- Кастомизированных

Логирование процесса обучения:

- Оценка качества для каждой эпохи
- Сохранение весов ИНС

Применяется распаралливание :

- DataParallel (5-6 % рост производительности)
- DistributedDataParallel (30-35 % рост производительности)

Разработана спецификация хранения моделей:

- Путь до весов (.pth или .onnx)
- Тип модели
- Параметры преобразования изображения
- Параметры получения вероятностной маски
- Метрики на тестовой выборке (f1-score, IoU, accuracy)

# Схема реализации технологии выявления изменений с использованием ИНС

- Мульти масштабная обработка

- Низкое разрешение ~ 8 метров
- Среднее разрешение ~ 4 метра
- Высокое разрешение ~ 1 метр

- Предсказание ИНС

Обрабатываем каждый тайл

- Объединение тайлов (сшивка масок)

Объединяем результаты работы на разных масштабах

1

2

3

4

5

- Скользящее окно

Во избежание граничных эффектов мы применяем скользящее окно с перекрытием в  $\frac{1}{2}$  тайла

- Объединение тайлов

Делаем склейку тайлов с применением ядра Гаусса

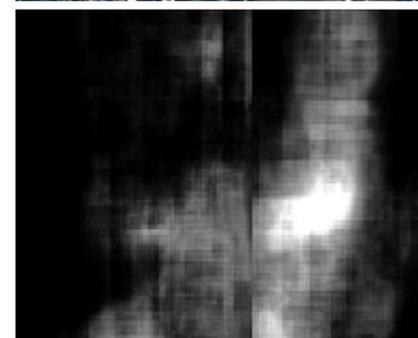
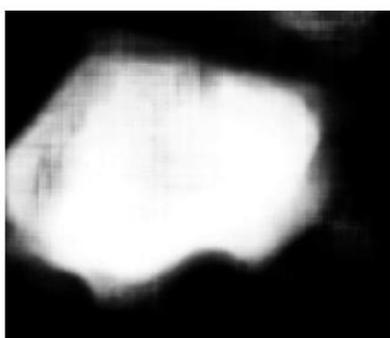
$$\text{kernel} = \frac{\sum(I_{(i,j)} \times \omega_{(i,j)})}{\sum(\omega_{(i,j)})}$$

$I_{(i,j)}$  - значение яркости пикселя  
 $\omega_{(i,j)}$  - весовой коэффициент

# Примеры выявления изменений на изображениях высокого разрешения

КА «Geoeye»

КА «Ресурс-П»



# Пример выявления изменений для ежегодных мозаичных покрытий КА «Канопус-В»\*



Площадь детектированных изменений составила:  
от 5 до 13 тыс. км<sup>2</sup>  
(в зависимости от % доверия)



Выявление изменений для 2024г.  
(отмечены синим цветом)



Фрагмент покрытия 2021г.



Фрагмент покрытия 2024г.

Пример выявления изменений для фрагмента покрытий 2021 – 2024 гг.

\* Ромайкин и др., «Опытная технология формирования ежегодных покрытий территории России по данным космических аппаратов Канопус-В», 2024,  
<http://conf.rse.geosmis.ru/thesisshow.aspx?page=293&thesis=10327>

## Заключение

- Рассмотрены особенности применения ИНС для решения задачи выявления изменений
- Приводятся разработанные технологии для подготовки, генерации и хранения датасетов
- Показана специфика программирования технологий обучения ИНС
- Демонстрируются результаты применения ИНС для решения задачи выявления изменений на основе данных российских и зарубежных КА ДЗЗ
- Перспектива данной задачи крайне актуальна применительно к формируемым ежегодным покрытиям по данным КА «Канопус-В»

**Спасибо за внимание!**