

Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли»

Таруса, 23-27 мая 2025 г.

Создание набора снимков Sentinel-2 для обучения нейронной сети сегментации просек под ЛЭП

Бахрамхан Я.О., НИУ ВШЭ

Ермаков Д.М., ИКИ РАН, ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН

Подольская Е.С., ЦЭПЛ РАН им. А.С. Исаева, НИУ ВШЭ



Актуальность исследования

Объекты энергетической инфраструктуры, такие как линии электропередач и просеки под ними, подвергаются зарастанию в таежной зоне Восточной Сибири. При контакте ЛЭП с сухой древесной растительностью могут возникнуть лесные пожары и перебои в подаче электроэнергии в населенные пункты. Учитывая, что просеки под ЛЭП в Восточной Сибири расположены на малонаселенных территориях с разреженной сетью дорог, задача их наземного мониторинга усложняется.

Для решения данной проблемы предлагается создать систему дистанционного мониторинга просек на основе геоинформационных технологий и нейронной сети YOLO (англ. You Only Look Once). В такой системе YOLO создает маски просек под ЛЭП для их отделения от остальных объектов. Для обучения нейросетевой модели необходимо создать набор снимков с размеченными просеками размером в несколько тысяч изображений. Однако существует мало научных публикаций, которые акцентируют внимание на создание набора данных снимков для выделения просек под ЛЭП.

Выбор территории и сбор данных

Территория – Мотыгинский район (Красноярский край)

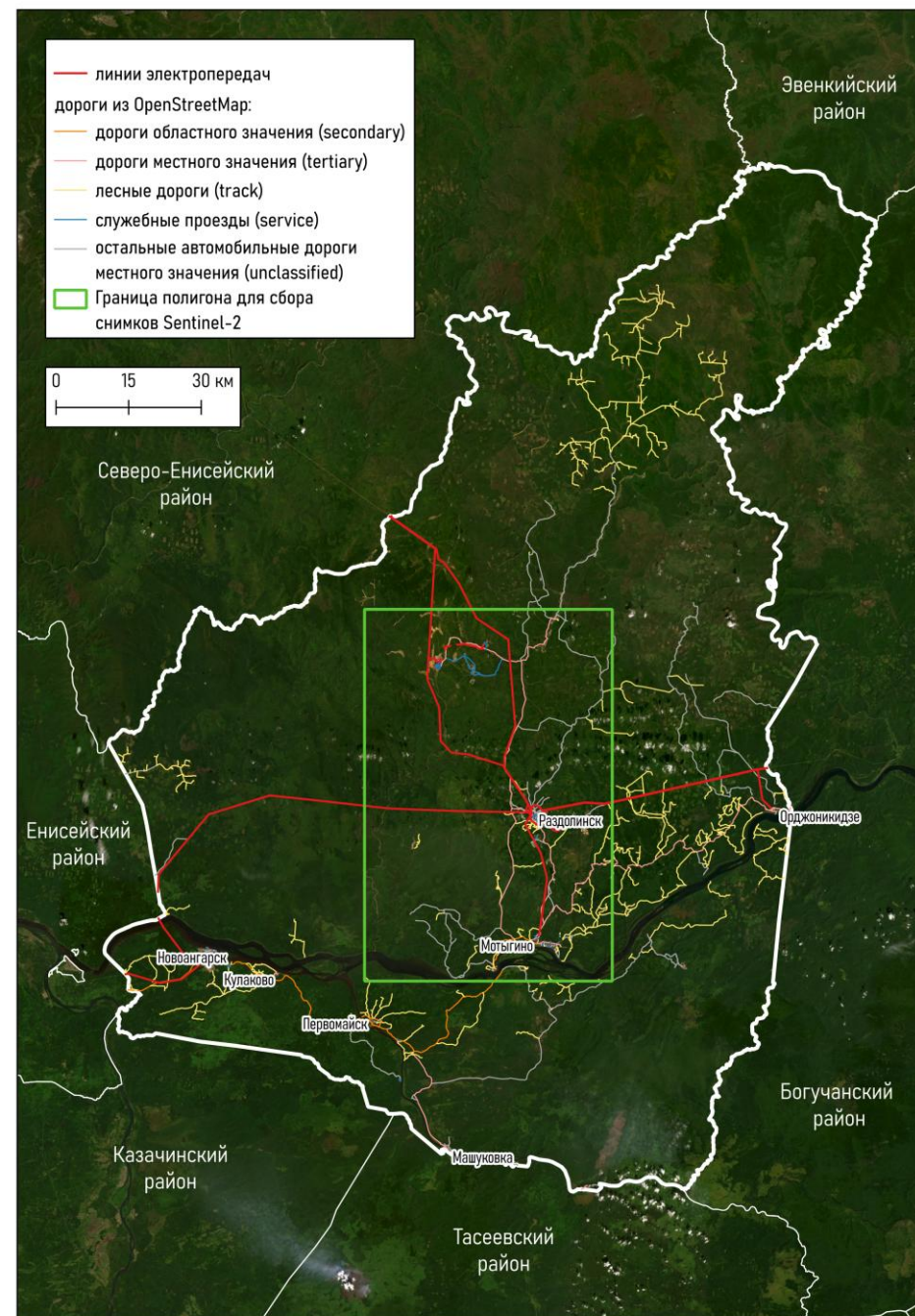
Снимки Sentinel-2 выбраны в качестве данных для обучения благодаря их высокому пространственному разрешению среди открытых данных ДЗЗ. Полигон территории был разбит на квадратную сетку с ячейками, сторона которых равна 2560 метрам для получения снимков размером 256*256 пикселей. Среди ячеек выбраны те, которые входят в зеленый полигон выбранных ячеек на карте. Всего отобрано 600 ячеек.

На территории полигона собрано 561 изображение спутника Sentinel-2.

Фильтрация:

- дата получения: июнь-июль 2024 г.
- процент облачности: < 5%
- каналы: синий, зеленый, красный, ближний инфракрасный (B8) и коротковолновый инфракрасный (B11)

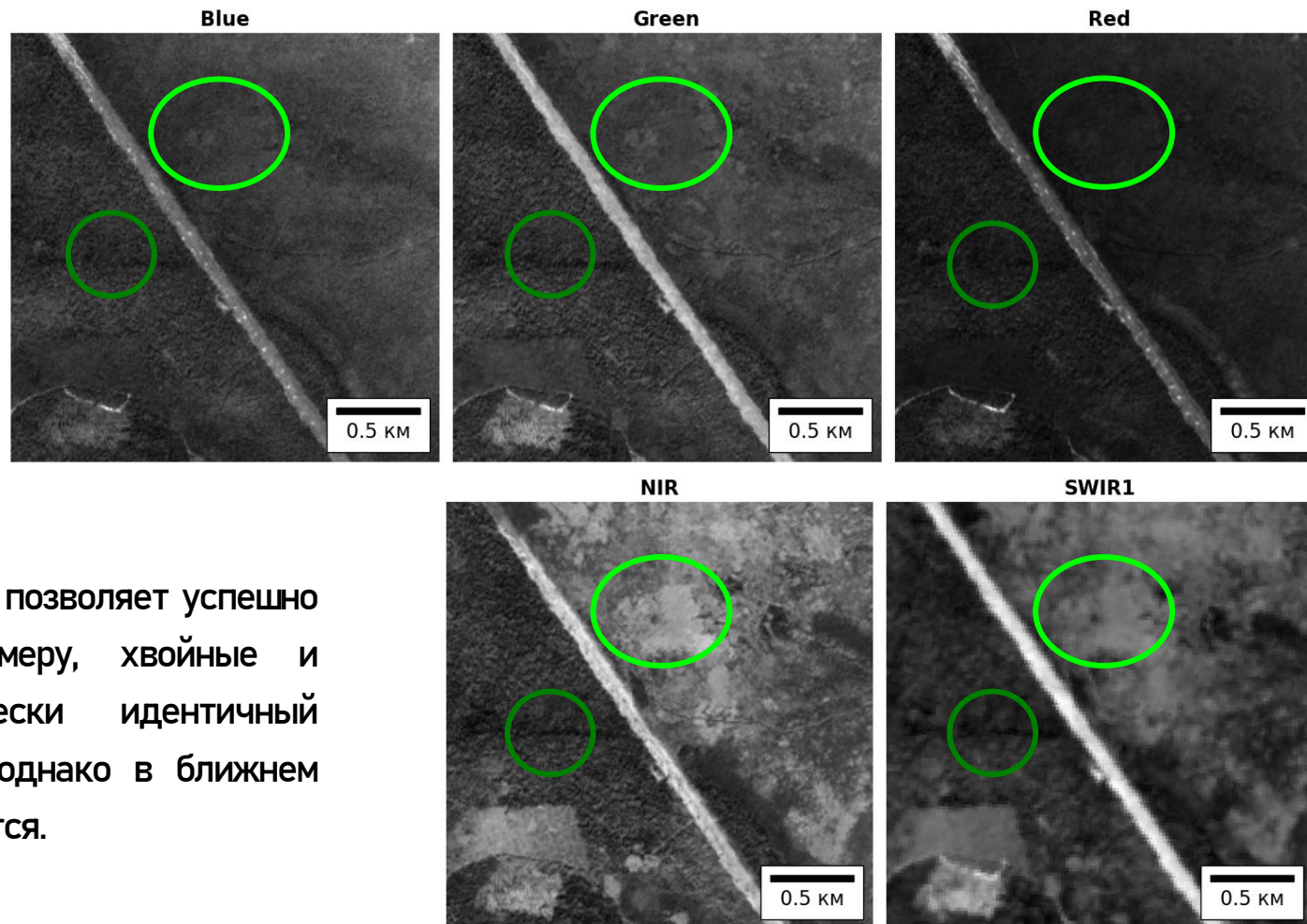
Сбор снимков проводился с помощью платформы Google Earth Engine и языка Python.



Выбор классов для разметки снимков Sentinel-2

В ходе предварительного анализа космических снимков определены следующие классы объектов для сегментации изображений:

- Просека под ЛЭП
- Хвойные леса
- Широколиственные леса
- Низкорослая растительность
- Водные объекты
- Антропогенные объекты
- Облака
- Тени от облаков



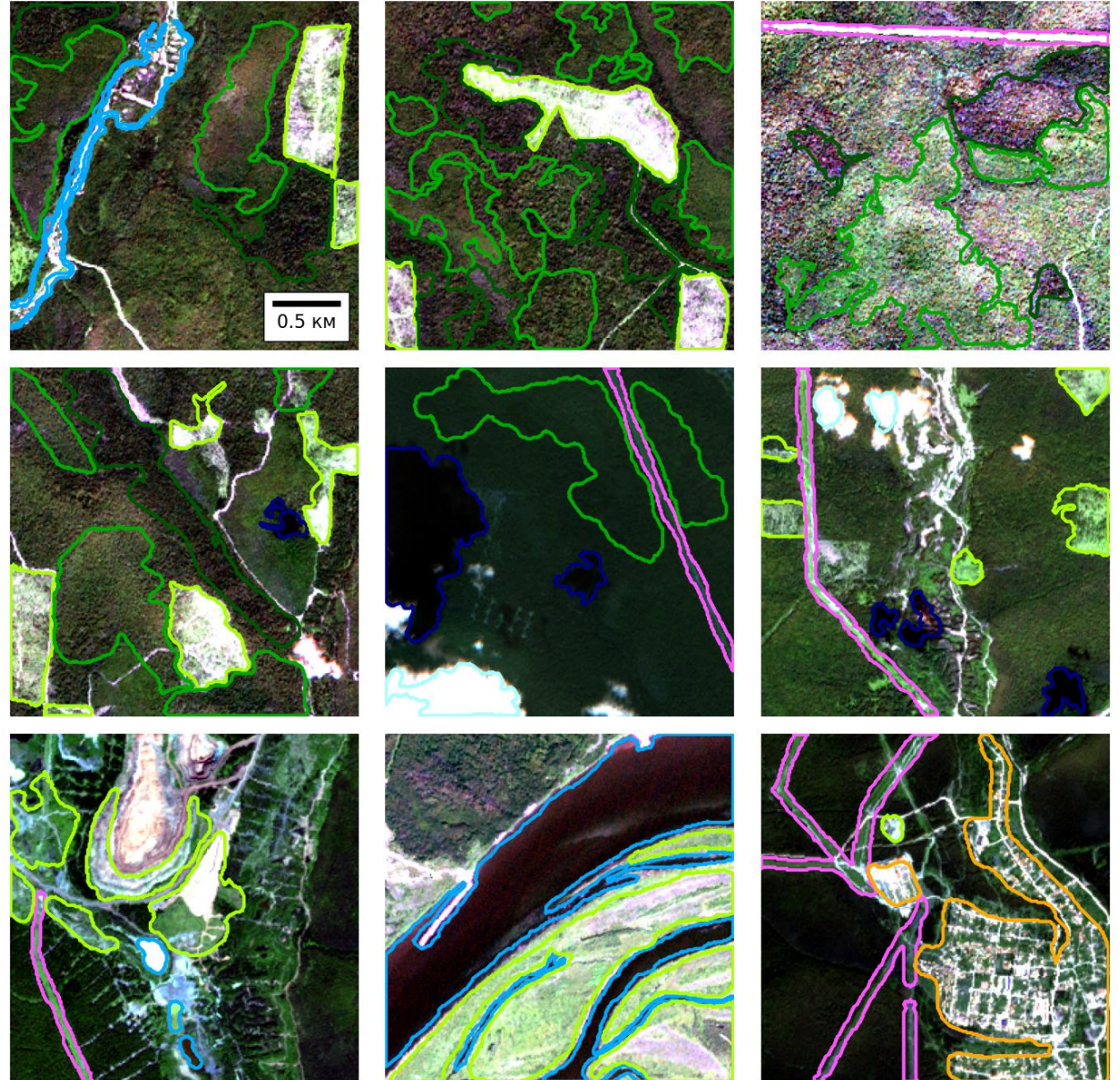
Разнообразие спектральных каналов Sentinel-2 позволяет успешно отделять классы друг от друга. К примеру, хвойные и широколиственные леса имеют практически идентичный спектральный отклик в видимом диапазоне, однако в ближнем инфракрасном канале они значительно отличаются.

Ручная разметка снимков Sentinel-2

Разметка изображений Sentinel-2 проводилась в программе DigitalSreeni Image Annotator. Всего размечено 448 изображений.

В наборе данных наблюдается значительный дисбаланс классов. Определены редкие классы:

- облака,
- тени от облаков,
- водные объекты,
- антропогенные объекты,
- просеки под ЛЭП.



Подбор признаков на вход нейросети YOLO

YOLO принимает три канала, в то время как в нашем наборе данных Sentinel-2 присутствуют пять каналов. При этом модель предварительно обучена на данных набора COCO в видимом спектре, и обучение на спектральных индексах, которые нелинейно преобразовывают каналы, или на данных вне видимого спектра могут привести к непредсказуемым результатам.

С учетом визуального анализа снимков Sentinel-2 в ходе разметки данных выбрано три канала для обучения YOLO:

- красный,
- ближний инфракрасный,
- коротковолновый инфракрасный.



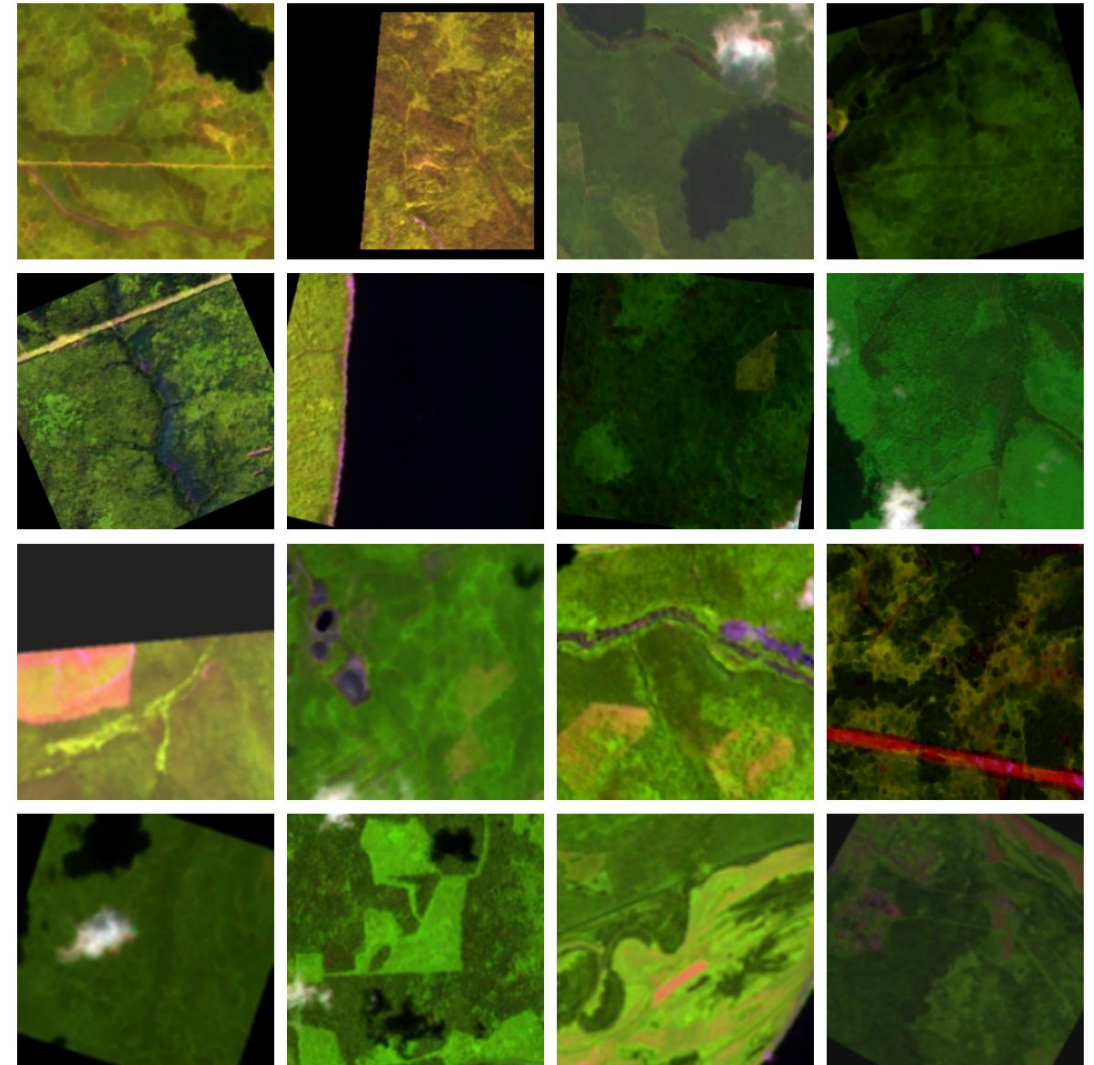
Аугментация набора данных Sentinel-2

Аугментация – искусственное наращивание набора изображений, позволяющее избежать переобучения нейронной сети благодаря повышению разнообразия данных.

Для изображений с редкими классами создано 6 аугментированных снимков, а для остальных – только 1 снимок. Всего создано 1808 аугментированных изображений.

Ввиду ограниченного числа снимков, все аугментированные снимки были помещены в обучающую выборку, а все исходные – в валидационную.

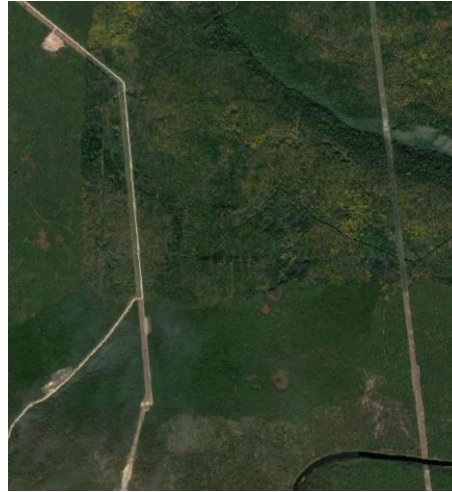
```
transform = A.Compose([
    A.Rotate(limit=30, p=0.5),
    A.HorizontalFlip(p=0.5),
    A.VerticalFlip(p=0.5),
    A.RandomBrightnessContrast(p=0.5, brightness_limit=[-0.2, 0.2],
                               contrast_limit=[-0.2, 0.2]),
    A.HueSaturationValue(p=0.5, hue_shift_limit=[-10, 10]),
    A.Blur(blur_limit=5, p=0.5),
    A.Affine(scale=(0.7, 1.3), keep_ratio=True, p=0.5,
             balanced_scale=True),
    A.Transpose(p=0.5),
    A.D4(p=0.5),
    A.Morphological(p=0.5, operation='erosion', scale=[3, 5]),
])
```



Недостатки набора данных

1. Возможная «утечка данных» из-за использования производных от исходных снимков валидационной выборки аугментированных снимков в обучающей выборке
2. Отсутствие классов, которые нейросеть может спутать с просеками под ЛЭП (дороги)
3. Недостаток участков изгибов просек по сравнению с прямолинейными участками

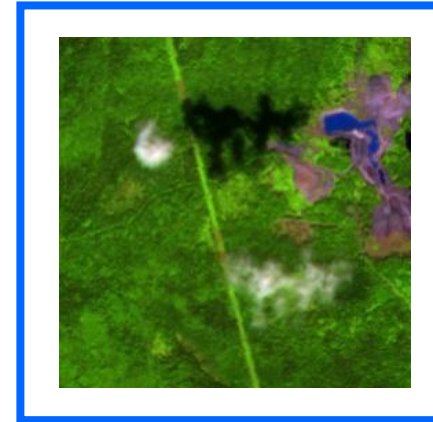
2)



3)

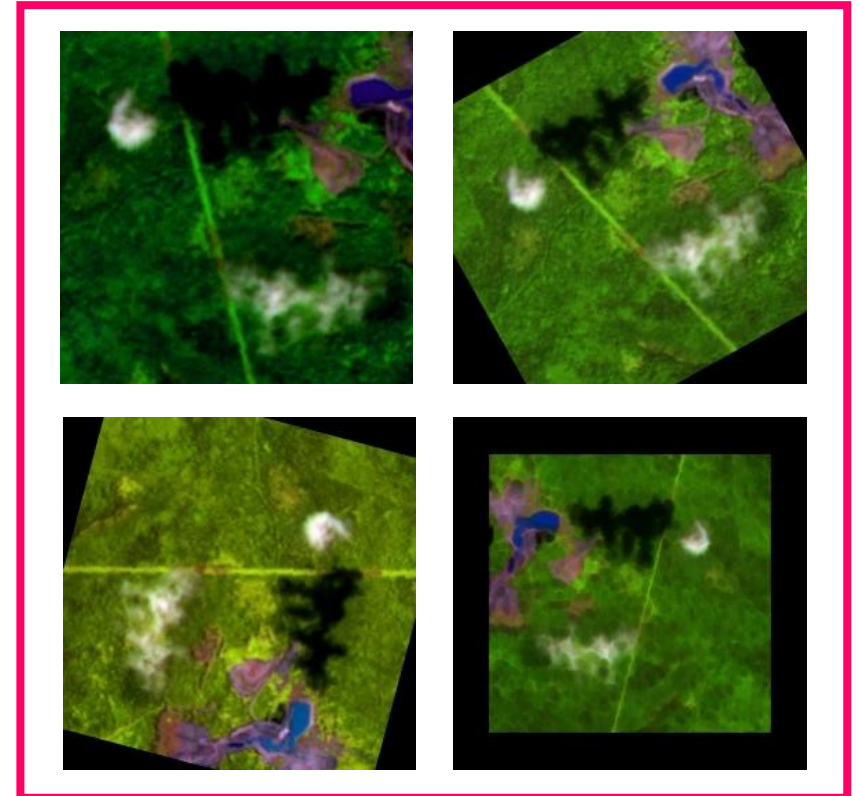


1)



Валидационная

Обучающая



Заключение

В результате сбора и предварительной обработки данных Sentinel-2 создан набор изображений с синтезом каналов Red-NIR-SWIR. Для этого проведен цикл операций от создания кода автоматического сбора данных до выбора методов аугментации изображений и их применения. Объем набора снимков Sentinel-2 составляет 1808 изображений для обучающей выборки и 448 изображений для валидационной выборки.

В дальнейшем необходимо увеличить набор данных путем добавления снимков на новые территории и создании других классов – схожих с классом просек под ЛЭП (например, дороги) или не встречающихся в Мотыгинском районе. При разметке стоит обратить особое внимание на участки изгибов просек. Это повысит точность определения расположения просек под ЛЭП и позволит успешно применить YOLO на новые территории, так как набор данных будет более разнообразным.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИКИ РАН (тема «Мониторинг», госрегистрация № 122042500031-8) и государственного задания ЦЭПЛ РАН по теме «Биоразнообразие и экосистемные функции лесов» (регистрационный номер НИОКТР 124013000750-1).