

Кортикова К.Г., Бычкова И.А., Смирнов В.Г.

Обнаружение разводий в море Лаптевых по спутниковым снимкам Landsat-8 с использованием нейронной сети U-Net

Докладчик: Кортикова К.Г.

Двадцать вторая международная конференция
"СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА"

Москва, 11 - 15 ноября 2024

Введение

Что такое разводья?

Разводья — это разломы в сплоченном ледяном покрове, возникающие в результате подвижек и деформации льда.

Могут быть заполнены ледяной кашей, молодым льдом или ниласом.



Характеристики разводий:

Протяженность разводий может достигать сотен километров, а их ширина варьируется от нескольких метров до нескольких километров.

Значение разводий:

Тепло- и газообмен между океаном и атмосферой.

Влияние на процессы нарастания ледяного покрова.

Необходимый элемент для жизнедеятельности морских млекопитающих.

Практическое значение:

Информация о разводьях важна как для климатических исследований, так и для навигации в полярных районах.





ААНИИ

Арктический
и антарктический
научно-исследовательский
институт

Цель :

- Автоматизация обнаружения разводий в морском льду на основе оптических спутниковых данных

Задачи :

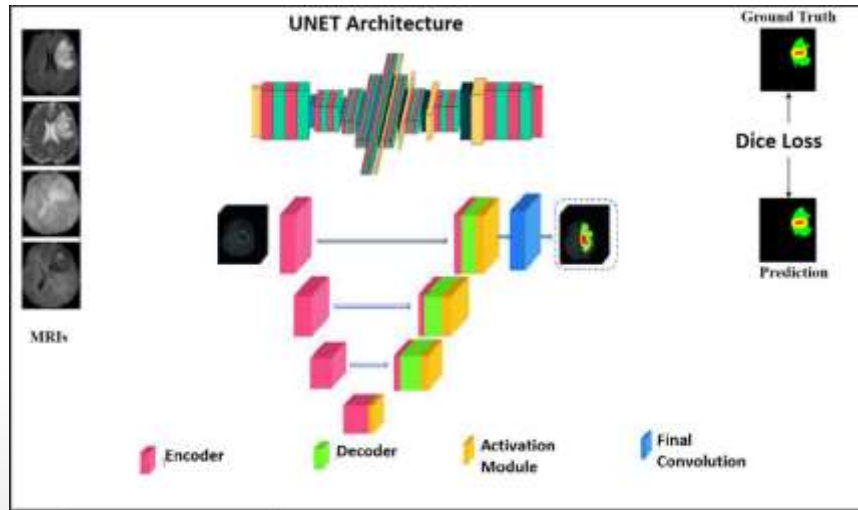
- Разработка нейросетевой модели на основе архитектуры U-Net для сегментации разводий.
- Экспертная идентификация и разметка данных для обучения нейросетевой модели.
- Обнаружение разводий на изображениях с использованием нейросетевой модели
- Анализ полученных результатов и оценка эффективности модели.





ААНИИ

Арктический
и антарктический
научно-исследовательский
институт



Параметр	Значение
Размер входа	(256, 256, 4)
Количество уровней	4
Размер ядра свёртки	(3, 3)
Количество фильтров	[64, 128, 256, 512]
Функция активации	ReLU (в слоях) / Sigmoid (выход)
Регуляризация	L2-регуляризация (0.001)
Dropout	0.2 (на каждом уровне энкодера)
Оптимизатор	Adam
Learning Rate (LR)	0.0001
Потери	Binary Crossentropy
Метрики	IoU, Dice Coefficient
Размер выходного слоя	(256, 256, 1)
Batch Size	16
Количество эпох	50

ЭТАПЫ:

1. Обучение модели: интерактивная разметка данных для обучения нейронной сети.

2. Верификация результатов модели : производительность и общая эффективность. В процессе оценки используются метрики **IoU (Intersection over Union)** и **Dice коэффициент**, которые являются стандартными для задач сегментации. В ходе экспериментов, значение IoU превысило 0,6, а для Dice - 0,7.

3. Тонкая настройка: использование различных методов, таких как регуляризация, Dropout и оптимизация гиперпараметров для улучшения качества и производительности модели (скорость обучения, количество уровней, фильтров и т. д.).

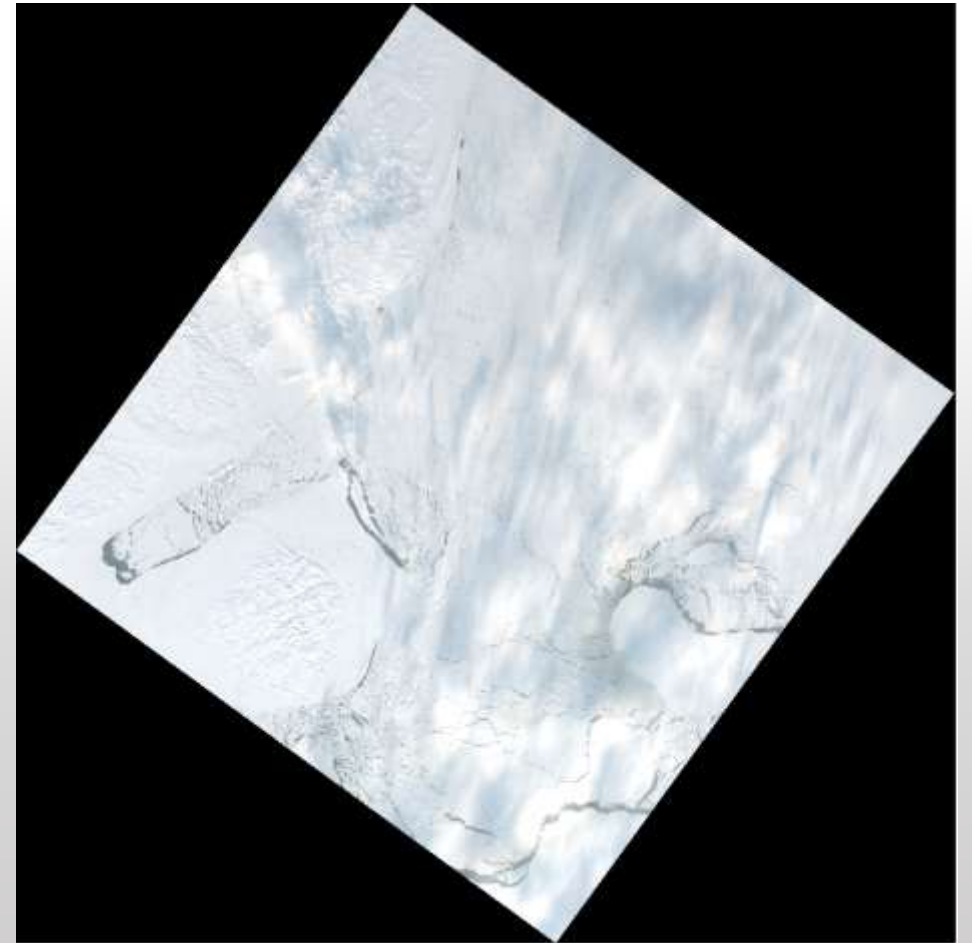


Используемые данные

Канал	Название канала	Длина волны (микрометры)	Пространственное разрешение (м)
1	Coastal Aerosol	0.43 - 0.45 μm	30 м
2	Blue	0.45 - 0.51 μm	30 м
3	Green	0.53 - 0.59 μm	30 м
4	Red	0.64 - 0.67 μm	30 м
5	Near Infrared (NIR)	0.85 - 0.88 μm	30 м
6	Shortwave Infrared (SWIR) 1	1.57 - 1.65 μm	30 м
7	Shortwave Infrared (SWIR) 2	2.11 - 2.29 μm	30 м
8	Panchromatic	0.50 - 0.68 μm	15 м
9	Cirrus	1.36 - 1.38 μm	30 м
10	Thermal Infrared (TIR) 1	10.60 - 11.19 μm	100 м
11	Thermal Infrared (TIR) 2	11.50 - 12.51 μm	100 м

Landsat-8: высококачественные данные с разрешением 30 м для большинства спектральных каналов и 15 м для панхроматического канала, частота съёмки - 16 дней. Для улучшения точности обнаружения разводий была выбрана методика, включающая обработку композитных 4-канальных данных Landsat-8 с пространственным разрешением 30 м. В работе использовались следующие каналы: 2-й канал (синий, 0,450 – 0,510 мкм), 3-й канал (зелёный, 0,530 – 0,590 мкм), 4-й канал (красный, 0,640 – 0,670 мкм) и 5-й канал (ближний инфракрасный, 0,850 – 0,880 мкм).

Изображение Landsat-8, море Лаптевых, 7 марта 2022г.

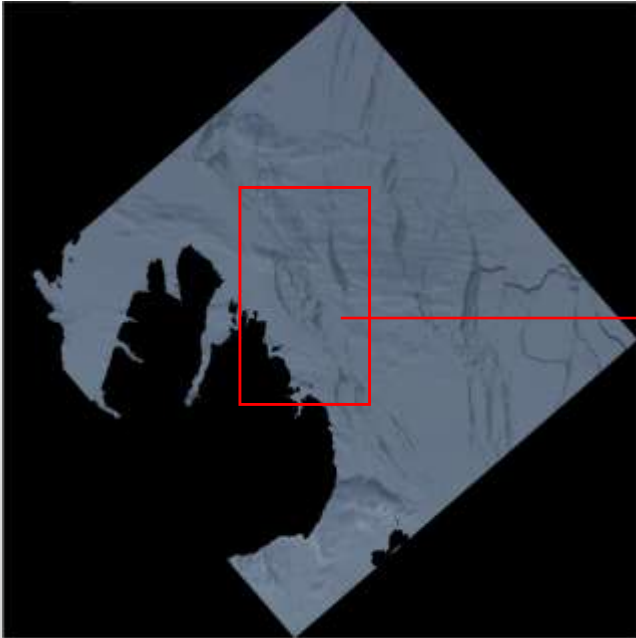




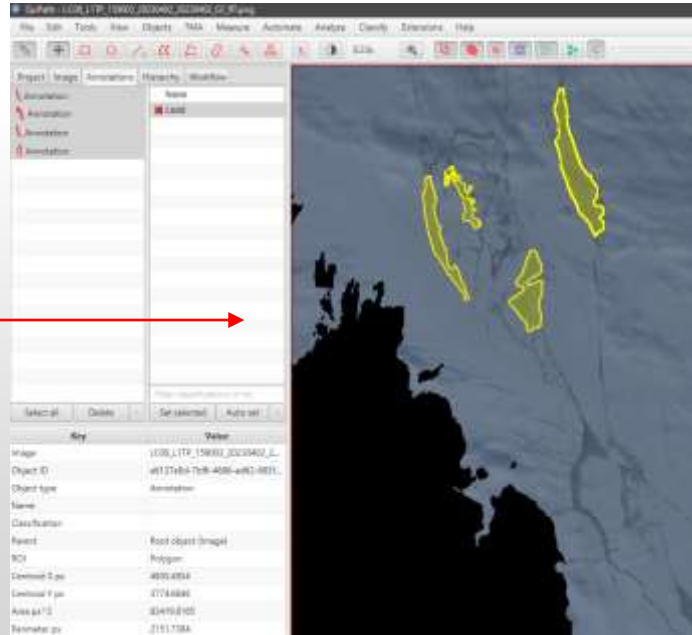
Предобработка данных

- 1. Нормализация снимков Landsat:** Перед обучением нейросети производится нормализация значений пикселей в каждом канале Landsat для стандартизации значений яркости. Нормализованные каналы красного, синего, зеленого и ближнего инфракрасного объединяются для синтезирования итогового четырехканального RGB +NIR изображения.
- 2. Маскирование областей суши:** Для уменьшения шума и улучшения качества сегментации суша на изображении маскируется.

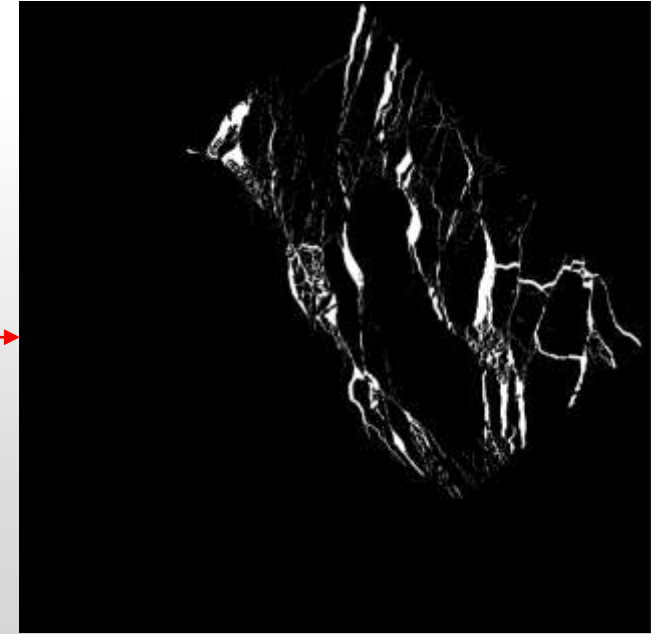
3. Разметка данных: Для каждого изображения создается соответствующая бинарная маска, где белый цвет соответствует местоположениям трещин на льду, а черный - фон. Маски служат основой для обучения модели и оценки ее производительности.



Композитное изображение Landsat-8 с маской суши, 2 апреля 2023 г.

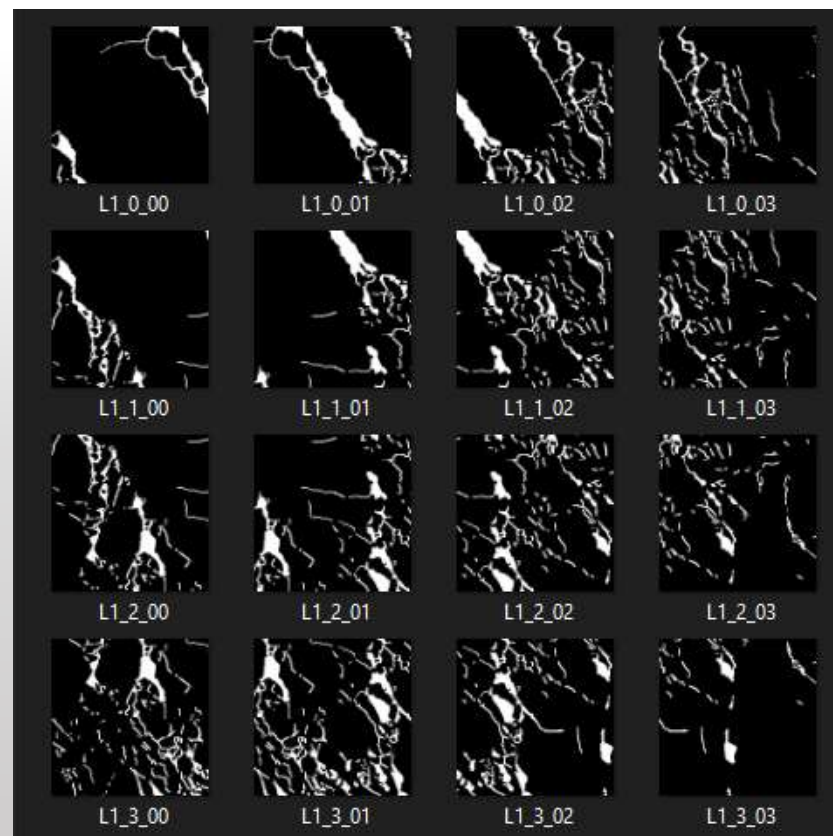
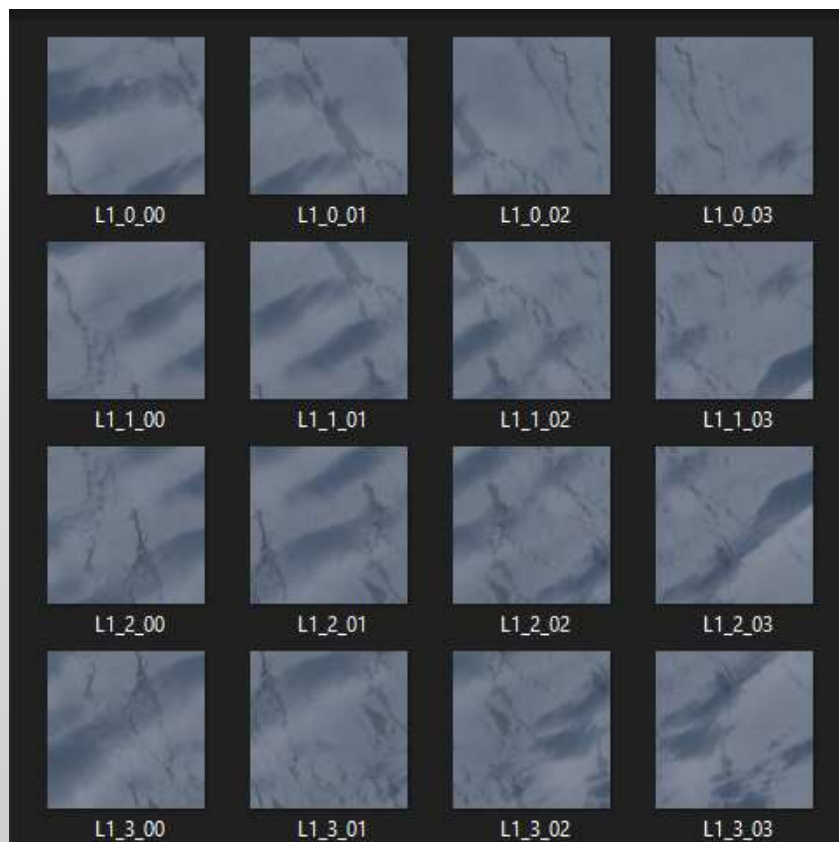


Процесс попиксельной разметки в программе QuPath.

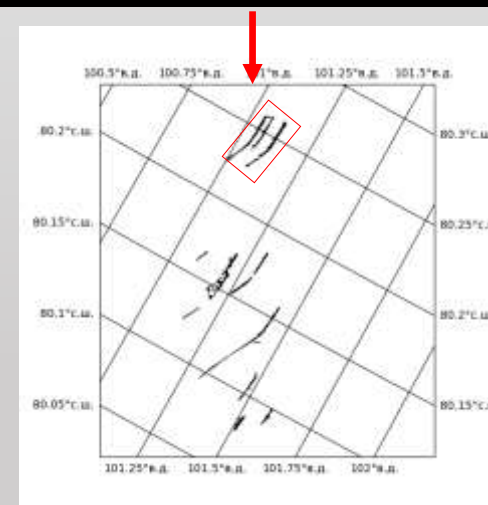
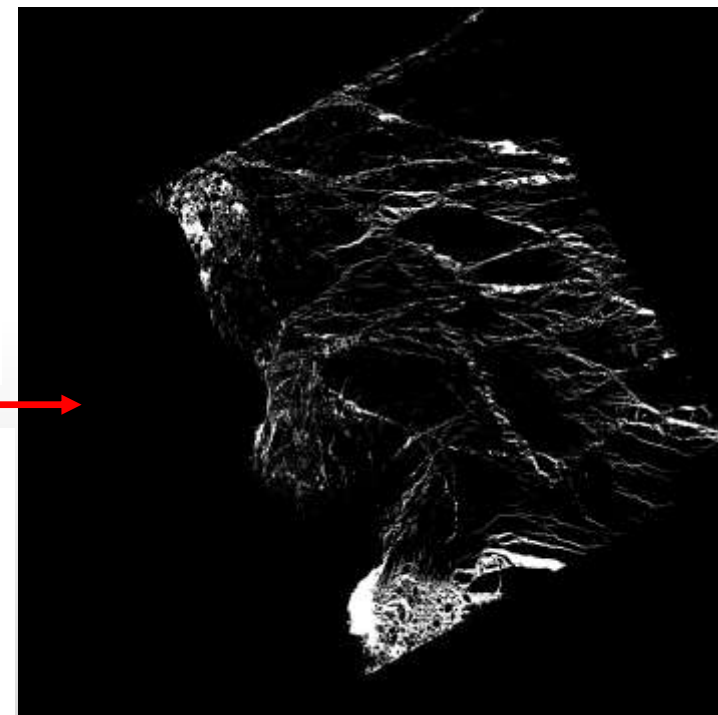
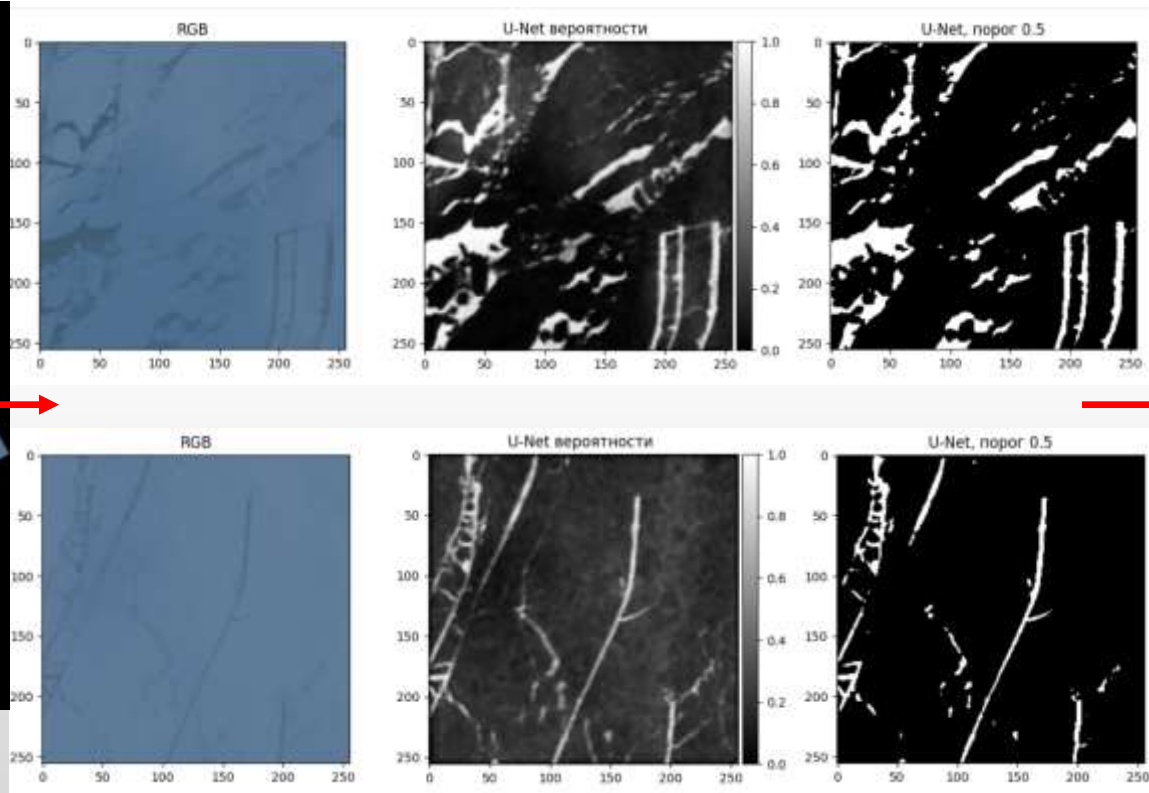


Бинарная версия (маска) готовой попиксельной разметки.

4. Разбиение на фрагменты: Изображения и соответствующие им маски разбиваются на фрагменты размером 256 x 256 пикселей со сдвигом 128 пикселей для увеличения разнообразия данных и снижения вероятности возникновения искажений (артефактов) на границах.



Результаты сегментации



1. Изображение разбивается на фрагменты.
2. Модель генерирует предсказание для каждого фрагмента.
3. Применение пороговых значений к предсказаниям.
4. Фрагменты «склеиваются», чтобы сформировать итоговое сегментированное изображение.

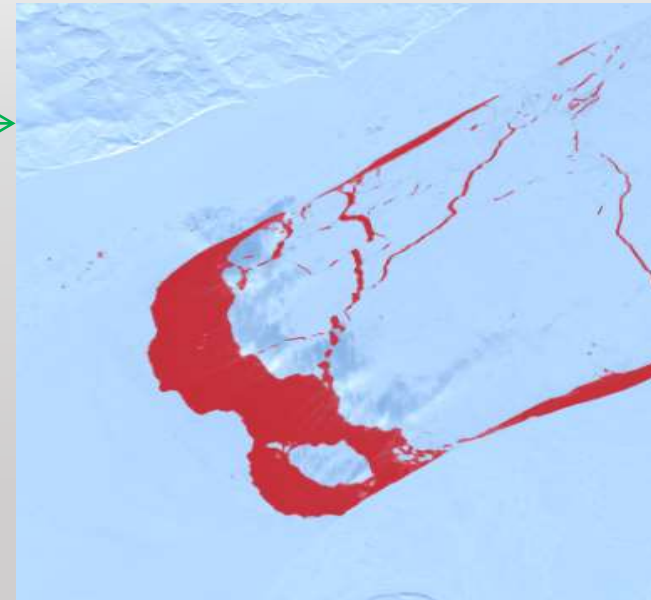
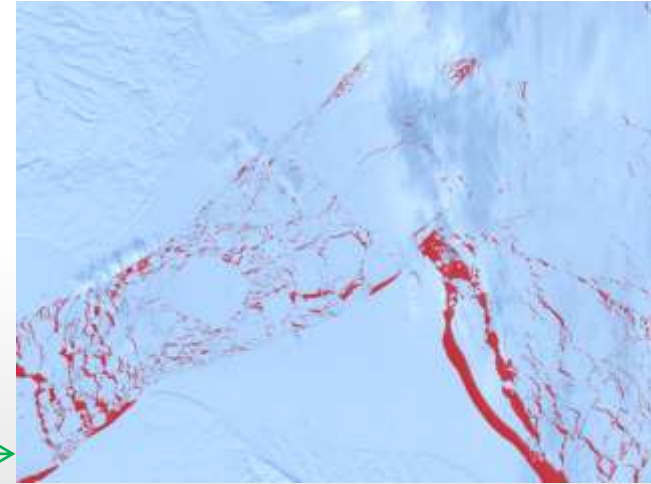
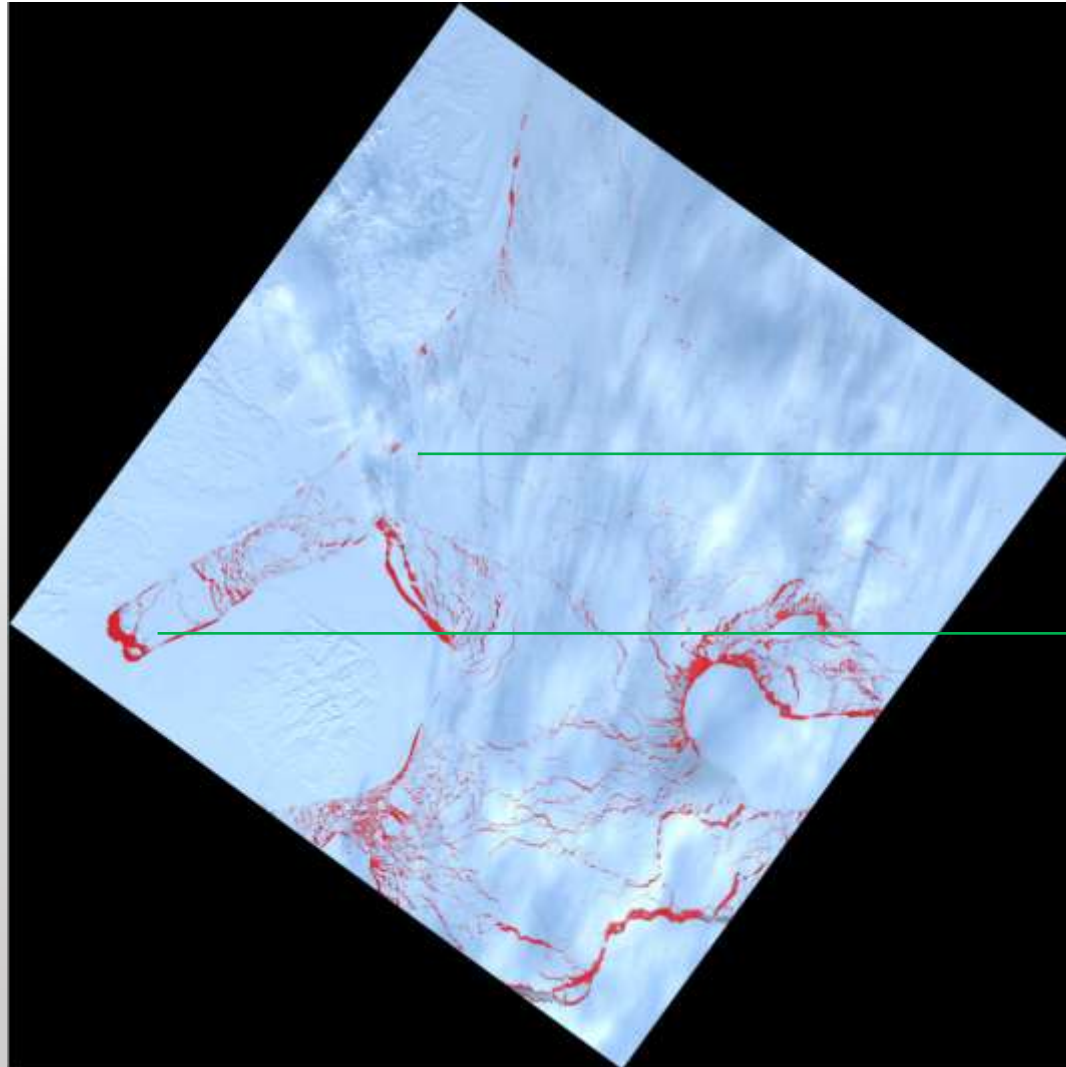


ААНИИ

Арктический
и антарктический
научно-исследовательский
институт

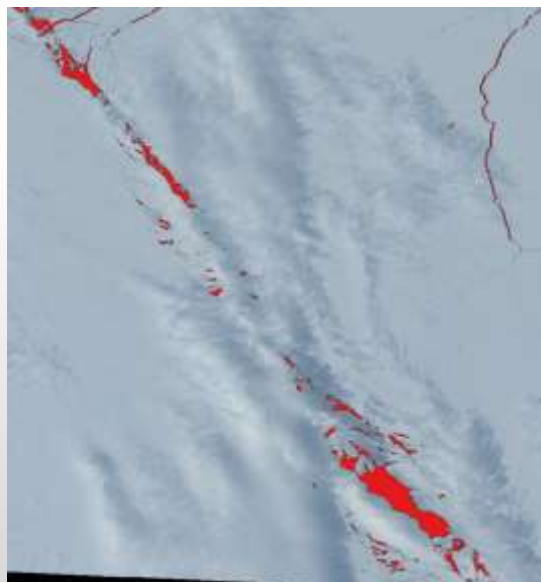
Результаты сегментации

Пример полученных обученной нейросетью U-Net нарушений сплошности ледяного покрова на основе композитного изображения Landsat-8 , 15 марта 2022 г., море Лаптевых.



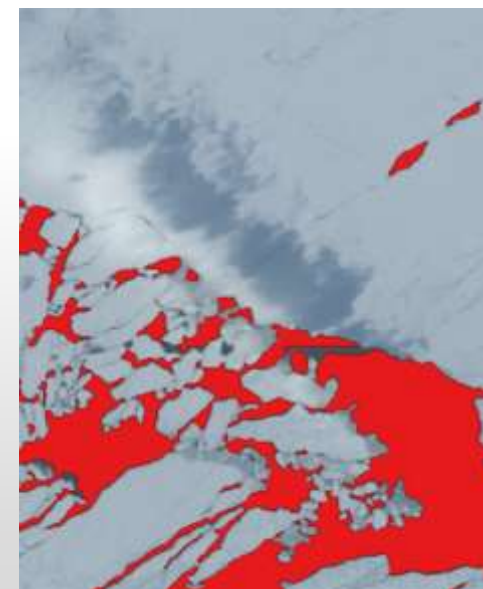
Результаты сегментации

Пример полученных обученной нейросетью нарушений сплошности ледяного покрова на основе фрагментов композитного изображения Landsat-8



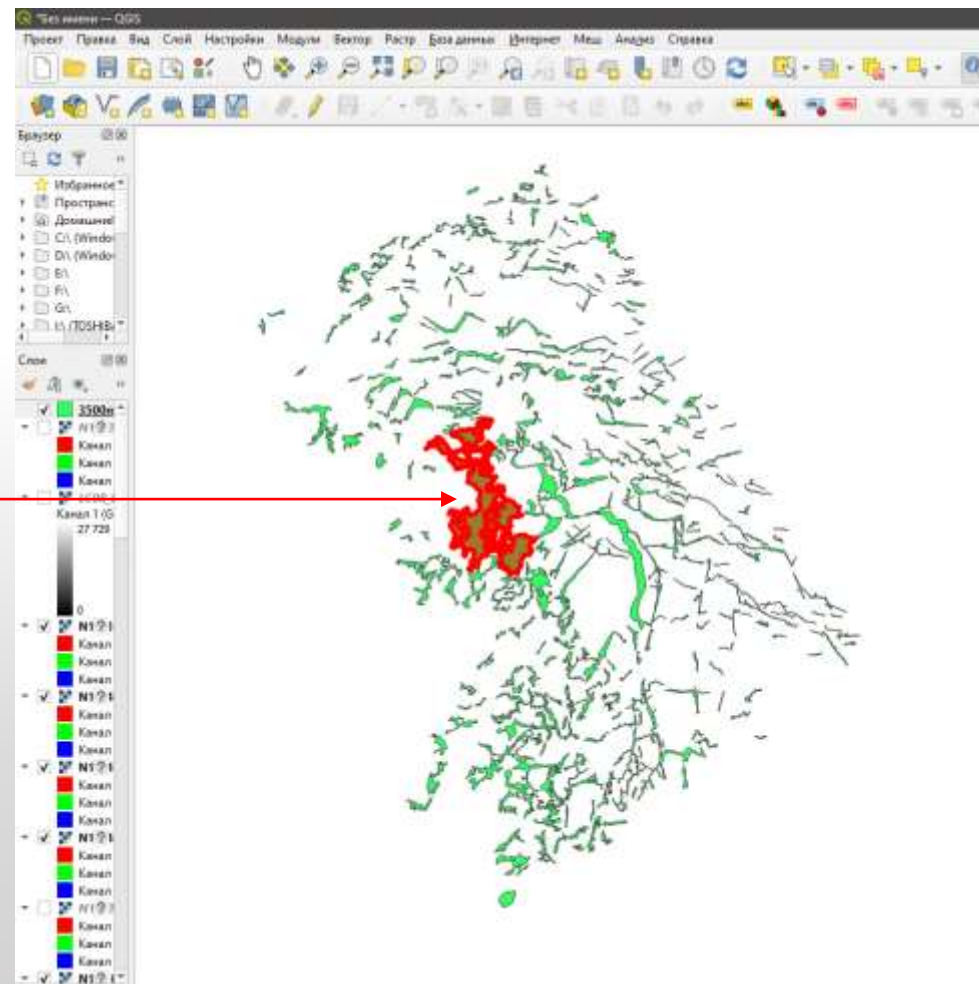
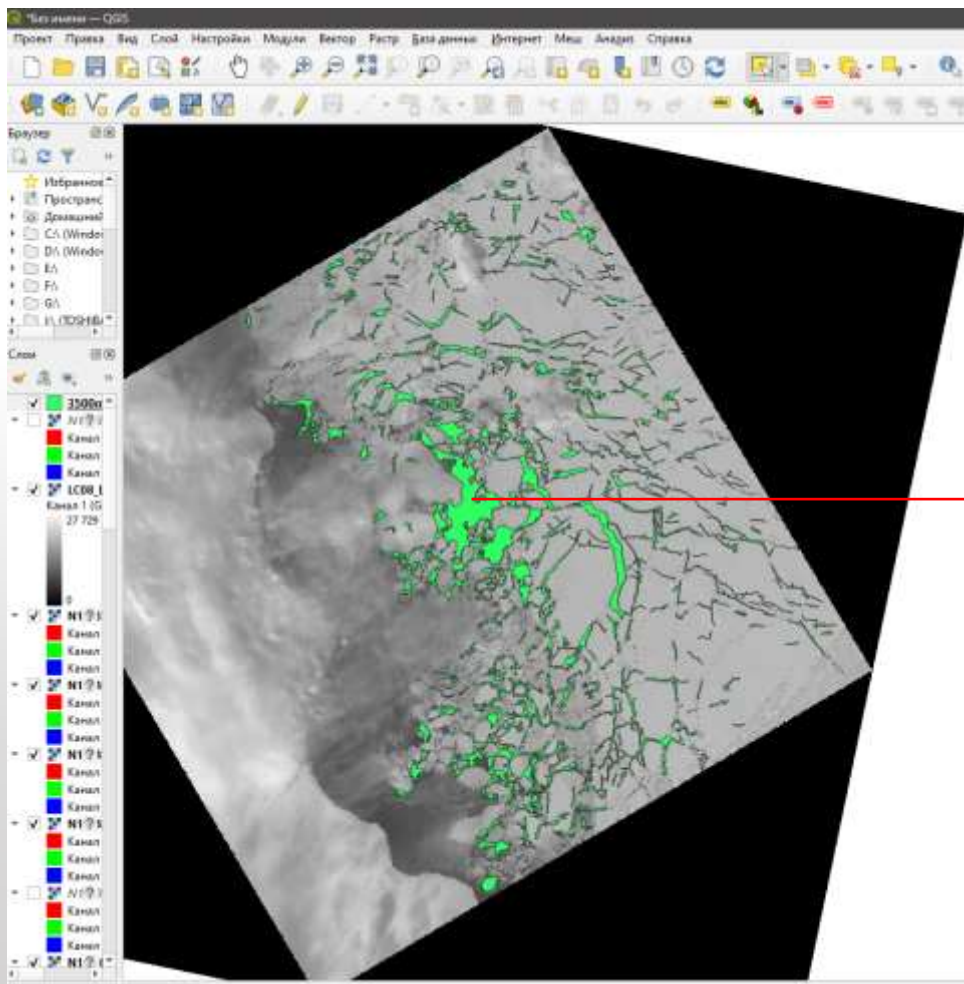
Слева: Фрагмент RGB-изображения Landsat-8, 30 апреля 2019г, море Лаптевых.

Справа: то же изображение с нанесенными полигонами, полученными на основе контуров, определенных нейросетью.



Слева: Фрагмент RGB-изображения Landsat-8, 30 апреля 2019г, море Лаптевых.

Справа: то же изображение с нанесенными полигонами, полученными на основе контуров, определенных нейросетью.



Конвертирование полученных обученной нейросетью нарушений сплошности ледяного покрова (разводий) в векторные шейпфайлы. Визуализация в программе QGIS.

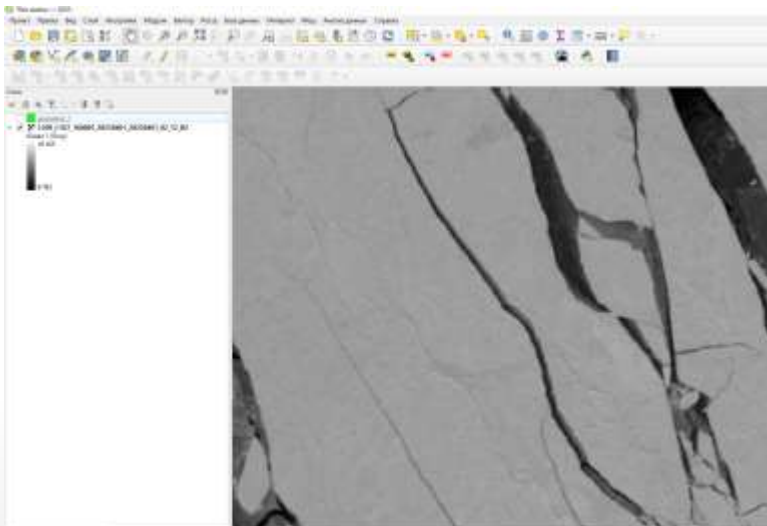


ААНИИ

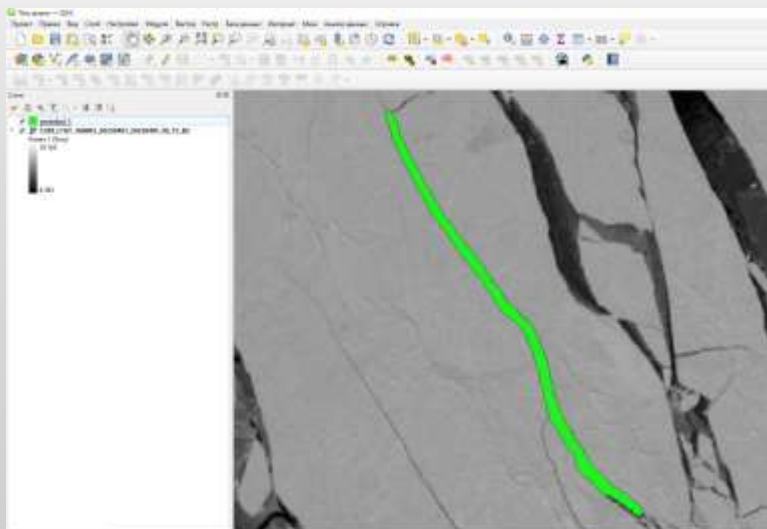
Арктический
и антарктический
научно-исследовательский
институт

Расстояние по формуле Haversine:

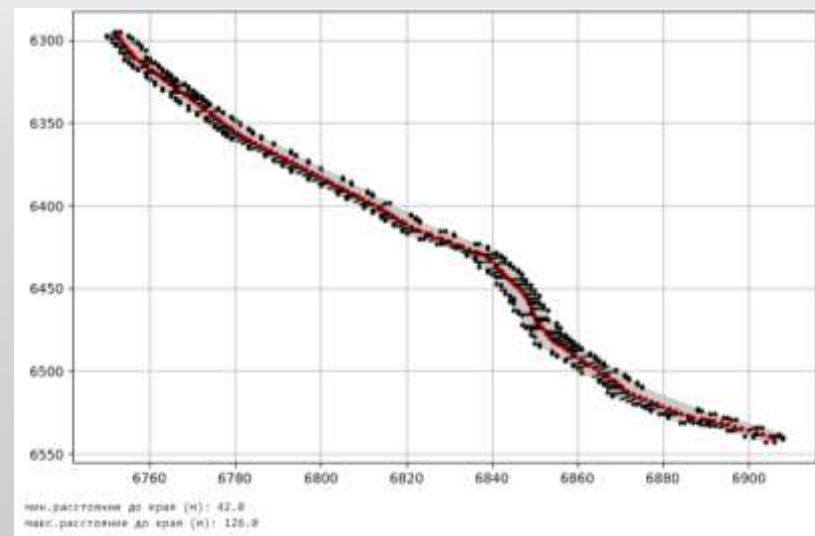
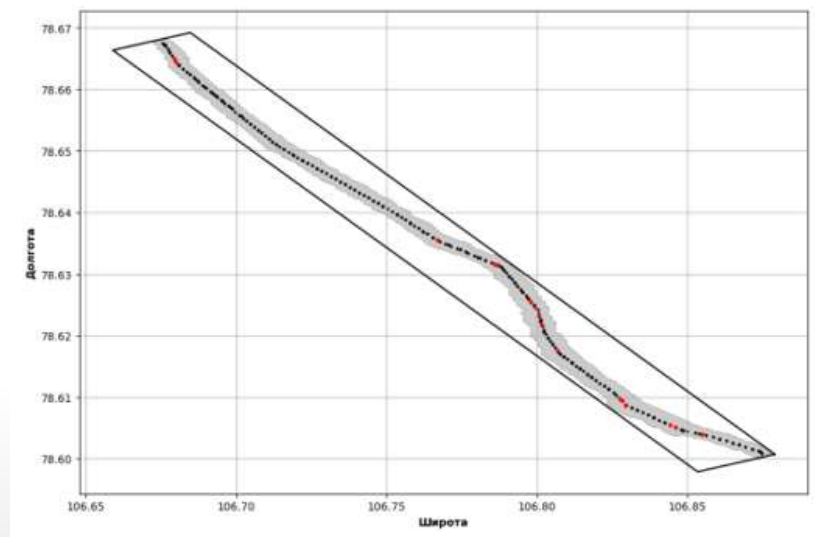
$$d = 2R \cdot \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\Delta\phi}{2} \right) + \cos(\phi_1) \cdot \cos(\phi_2) \cdot \sin^2 \left(\frac{\Delta\lambda}{2} \right)} \right)$$



Фрагмент снимка Landsat-8 (канал 2), 1 апреля 2023 г.



Фрагмент снимка Landsat-8 (канал 2) за 1 апреля 2023 г.
+ выбранный полигон, полученный на основе контуров,
определенных нейросетью.





ААНИИ

Арктический
и антарктический
научно-исследовательский
институт

Заключение

Оценка эффективности модели: Разработанная нейросетевая модель на основе архитектуры U-Net показала высокую эффективность в задаче сегментации разводий на изображениях. Модель успешно выделяет разводья, что подтверждается хорошими результатами на тестовом наборе данных.

Качество сегментации в различных условиях: Несмотря на хорошие результаты в общих случаях, модель испытывает трудности при сегментации в условиях облачности, где наблюдается снижение точности. Это открывает возможности для дальнейшего улучшения модели, особенно в сложных атмосферных условиях.

Вклад модели в решение задачи: Модель может быть использована для автоматической сегментации разводий на спутниковых снимках, что открывает возможности для мониторинга и анализа состояния моря Лаптевых.



Перспективы дальнейших исследований и возможные улучшения:

- 1. Увеличение датасета:** Для повышения обобщающей способности модели необходимо расширить датасет, включая большее количество изображений с разнообразными условиями (например, изображения с различными уровнями облачности). Это улучшит способность модели работать в различных условиях.
- 2. Оптимизация сегментации в условиях облачности.**
- 3. Переход к многоклассовой сегментации:** выполнение многоклассовой сегментации, где будут выделяться несколько типов объектов, например, вода и возрастные градации льда. Это позволит улучшить точность классификации и расширить возможности применения модели.
- 4. Использование других нейросетевых архитектур.**
- 5. Интеграция с дополнительными источниками данных.**



ААНИИ

Арктический
и антарктический
научно-исследовательский
институт

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Арктический и антарктический
научно-исследовательский институт (ААНИИ)
Россия, г. Санкт - Петербург,
ул. Беринга, д.38
e-mail: kgkortikova@aari.ru
<https://www.aari.ru/>