

**Двадцать третья международная конференция "СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО  
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА"**

# **Сравнение подходов детекции и сегментации облаков на оптических снимках ДЗЗ на основе YOLO**

Авторы:

Попова С.Д.<sup>1</sup>

Шалеев А.В.<sup>1,2</sup>

1. Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия
2. Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск, Россия

10-14 ноября 2025 года  
г. Москва

# Актуальность

- Облачность — главная преграда для анализа спутниковых ДЗЗ-данных.
- Продвинутое мультиспектральные сенсоры уязвимы к использованию отражательных способностей облаков.
- Недостаток надежного выделения облаков приводит к ошибкам в экологическом мониторинге, контроле водных объектов и изучении землепользования.



# Цель и задачи исследования

**Цель исследования** – разработка и сравнение подходов нейросетевых моделей YOLO для обнаружения облачности на оптических снимках ДЗЗ с помощью методов детекции и сегментации.

## **Задачи исследования:**

1. Сбор, разметка и подготовка данных.
2. Выбор архитектуры нейронной сети.
3. Обучение нейросетевых моделей для методов детекции и сегментации.
4. Тестирование модели на различных данных.

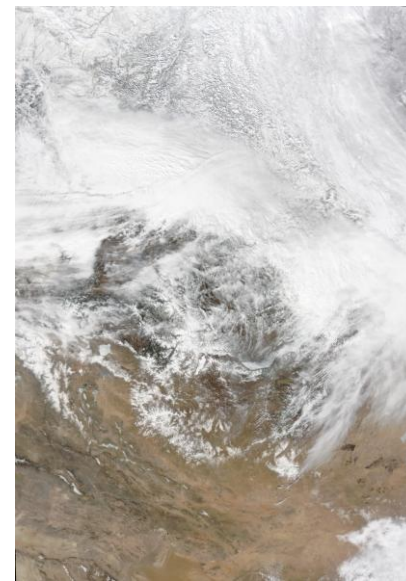
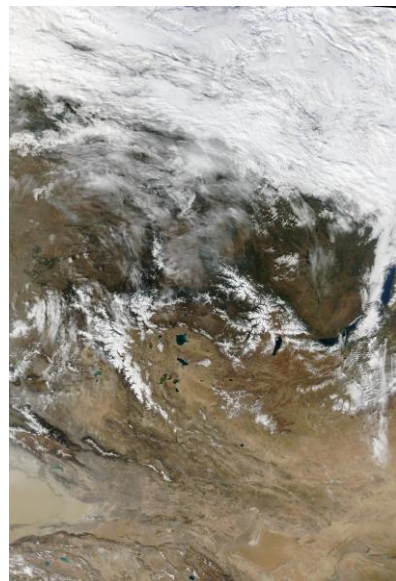
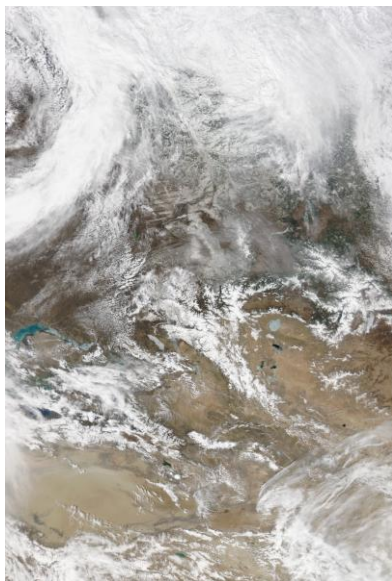
# Детекция, сегментация и Ultralytics YOLO

- **Детекция (детектирование)** — нахождение объектов на изображении и определение их местоположения.
- **Сегментация** — разделение изображения на области, определяя, к какому объекту относится каждый пиксель.
- **Ultralytics YOLO (You Only Look Once)** — это серия систем обнаружения объектов в реальном времени, основанных на свёрточных нейронных сетях.



# Этапы обучения модели YOLO для методов детекции и сегментации

## 1. Подготовка набора данных для разметки.



# Этапы обучения модели YOLO для методов детекции и сегментации

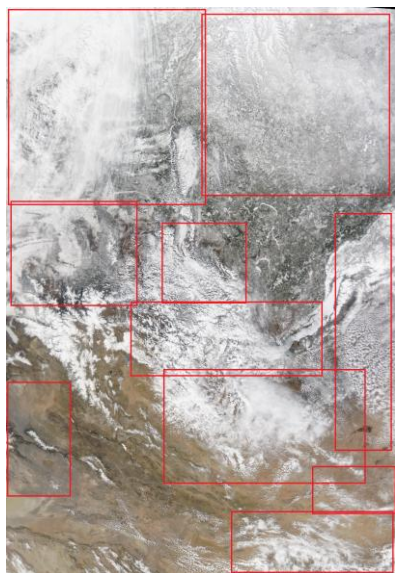
## 2. Ручная разметка оптических снимков ДЗЗ

- Для детекции: аннотация облачных массивов в виде прямоугольников (bounding box'ов);
- Для сегментации: полигональные маски облаков, созданные вручную с использованием инструмента CVAT.

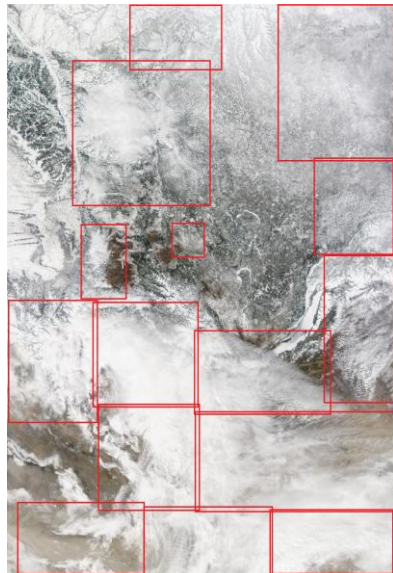
## 3. Обучение нейросетевых моделей

- YOLOv11n (детекция) — обучение на bounding box'ах;
- YOLOv11n-seg (сегментация) — обучение на попиксельных масках.

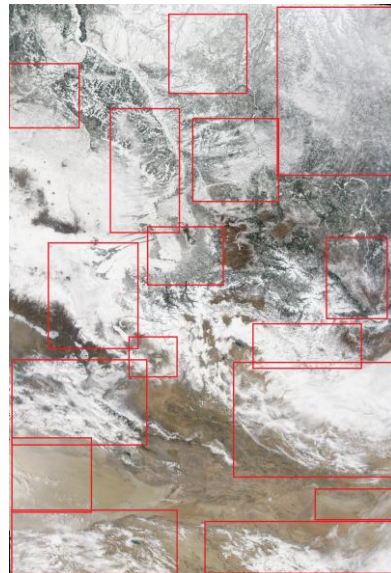




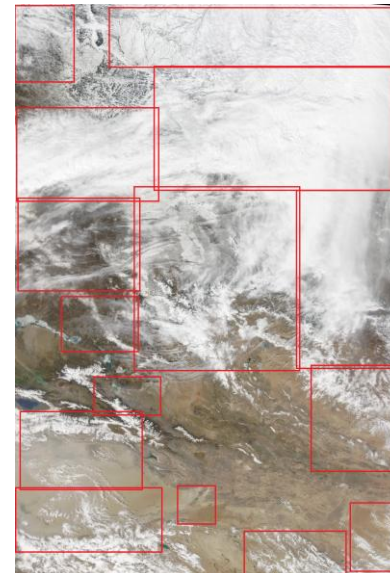
**а)**



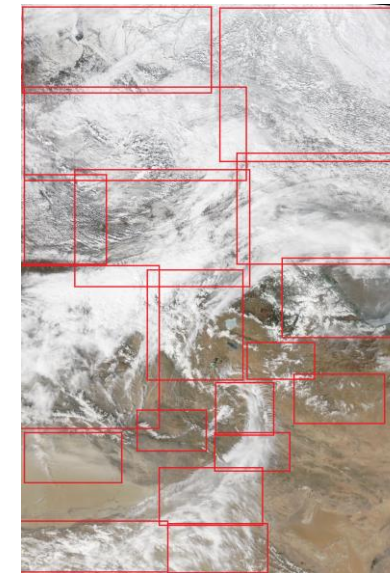
**б)**



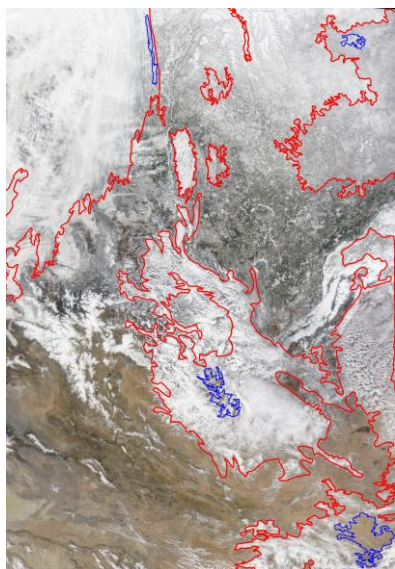
**в)**



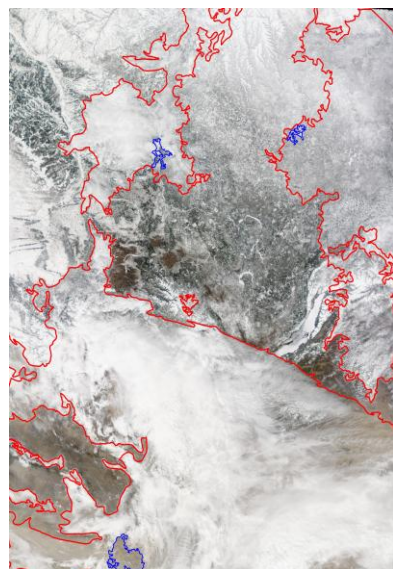
**г)**



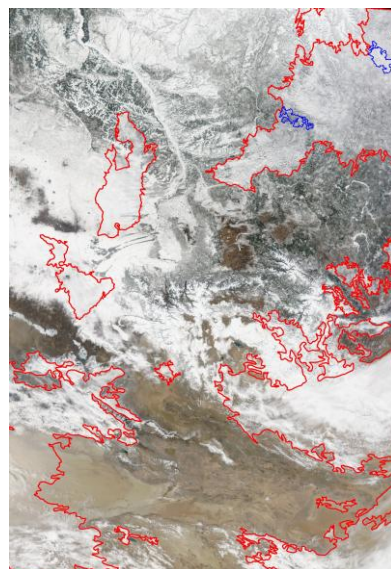
**д)**



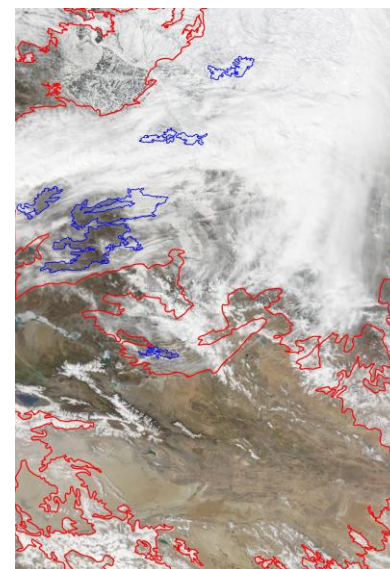
**е)**



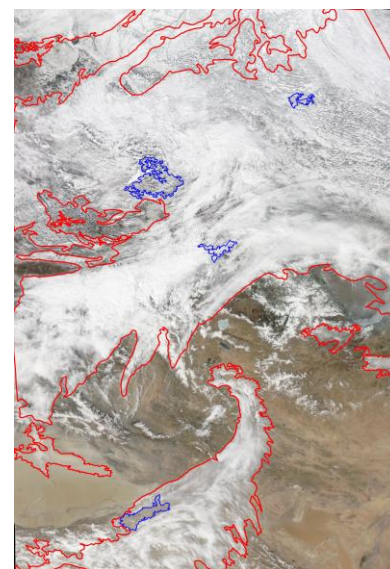
**ё)**



**ж)**



**з)**



**и)**

**Результаты работы обнаружения облачности с помощью обученной сети YOLOv11, где а) – д) метод детекции, е) – и) метод сегментации**

## Таблица — Результаты обучения на основе метрик на валидации для методов детекции и сегментации

Модель	Precision	Recall	F1-score	Скорость инференса, мс
yolo11n	0,278	0,49	0,355	3,7
yolo11n-seg	0,965	0,91	0,937	6,6

1. **Precision (Точность)** показывает, сколько обнаруженных объектов было правильно найдено.
2. **Recall (Полнота)** отражает способность модели находить все объекты на изображении.
3. **F1-score** показывает, как модель хорошо справляется с поставленной задачей и даёт качественные результаты.
4. **Скорость инференса** показывает, насколько быстро модель обрабатывает одно изображение.



# Выводы

1. Полученные результаты показывают, что YOLOv11n в режиме детекции является оптимальным решением для первичной фильтрации больших объёмов данных, когда скорость и полнота обнаружения критически важны. Сегментация модели YOLOv11n-seg оправдана, когда требуется высокая точность маскирования, например, в составе приложений для реконструкции или классификации поверхности.
2. Разработанный подход может быть использован при проектировании адаптивных систем предобработки данных ДЗЗ, где выбор уровня детализации обработки облаков осуществляется на основе доступных данных и требований к выходному продукту.

**Спасибо за внимание!**