

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ БОЛОТНЫХ ГЕОСИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Аннотация. В представленном исследовании анализируется потенциал использования архитектуры глубокого обучения YOLO11 для автоматизированной сегментации и классификации болотных массивов Тюменской области на основе мультиспектральных спутниковых снимков.

Ключевые слова: компьютерное зрение, сегментация, мультиклассовая классификация, YOLO11, спутниковый снимок, дистанционное зондирование Земли, экологический мониторинг.

Введение. Болотные массивы представляют собой уникальные природные комплексы, выполняющие ключевые функции в сохранении биологического разнообразия, климатической стабилизации. Мониторинг этих экосистем с применением технологий дистанционного зондирования дает возможность оперативно отслеживать их состояние, фиксировать трансформации, вызванные естественными процессами или деятельностью человека, а также моделировать потенциальные экологические изменения. Современные методы искусственного интеллекта, в частности алгоритмы компьютерного зрения, такие как YOLOv11 [1, 6, 7], открывают новые возможности для автоматизированного картографирования болотных геосистем. Эти модели демонстрируют высокую эффективность в обработке спутниковых данных, что подтверждается исследованиями по классификации водно-болотных угодий [2]. Болота Западной Сибири, обладающие уникальными биохимическими и ландшафтными особенностями [3–5], требуют точного мониторинга. Применение ИИ позволяет ускорить дешифрирование болотных массивов, минимизируя субъективные ошибки ручного анализа.

Проблема исследования. В настоящее время практически отсутствуют модели для распознавания болотных массивов. В ходе разработки и создания модели могут возникнуть такие проблемы, как сложная структура болотных массивов, затрудняющая их классификацию, недостаточность данных, необходимых для обучения модели. В связи с этим необходимо разработать модель для картографирования болотных геосистем и сравнить ее результаты с традиционным картографированием.

Материалы и методы. Для выполнения поставленной задачи была использована модель YOLO11. Для обучения модели требуется набор данных, соответствующий формату. Данные в наборе представляют собой пары изображений и текстовых файлов, описывающие метки объектов на изображениях. В качестве исходных данных было получено 52 изображения болотных массивов, в рамках предобработки данных применялась аугментация к этим изображениям, ограниченная случайным поворотом. В ходе примененной аугментации появилось 624 изображения. Для выявления оптимальных параметров обучения исследованы различные архитектуры моделей YOLO, которые обучались на разнообразных наборах данных. Эти наборы данных в свою очередь варьировались по таким характеристикам, как размерность изображений, степень и типы примененных аугментаций к этим изображениям. В ходе тестирования рассматривались такие модели YOLO11, как small, medium, large.

Результаты. Все модели правильно определили тип болотного массива, но результаты сегментации оказались совершенно разными. Самый точный результат в совокупности сегментации и классификации показала архитектура модели YOLO Large (рис. 1).

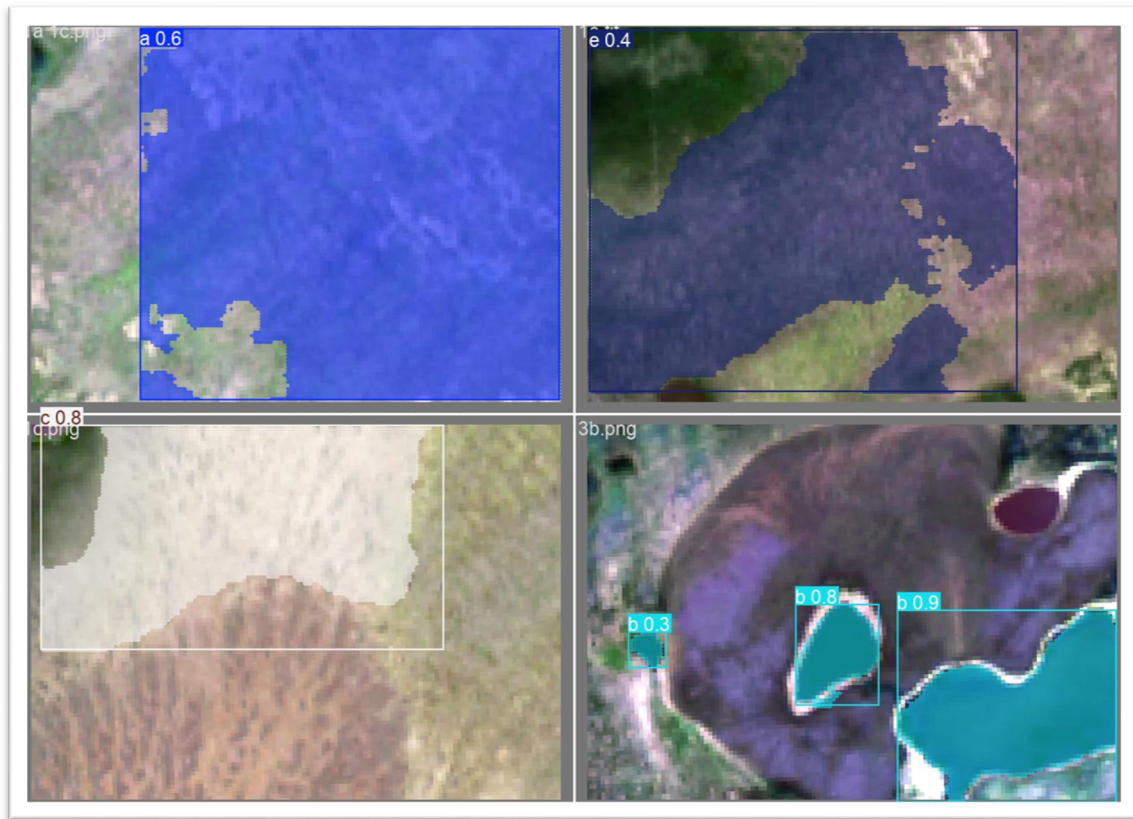


Рис. 1. Результаты обучения модели YOLO11 Large

На рис. 2 представлены графики обучения модели YOLO Large, проведенной на 300 эпохах.

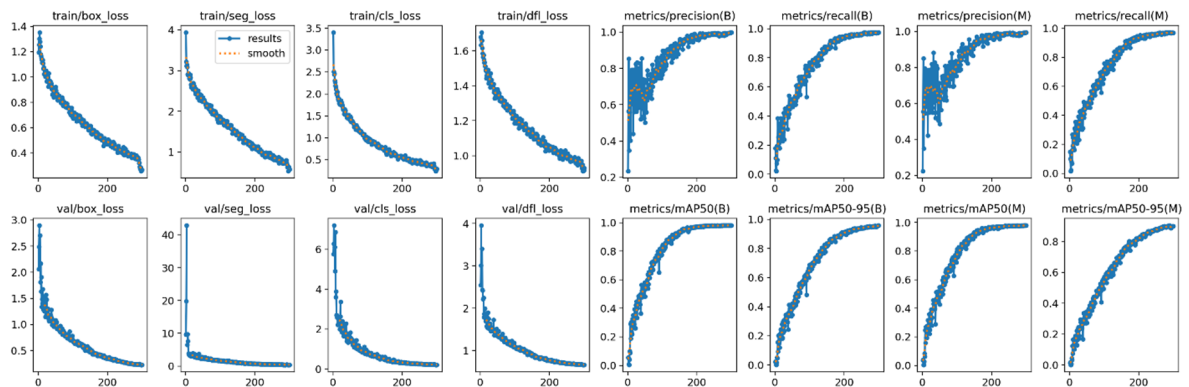


Рис. 2. Графики результатов обучения модели YOLO11 Large

Плавный и устойчивый спад метрики `cls_loss` свидетельствует о стабильном и качественном обучении модели в задаче классификации. При этом точность предсказаний после-

довательно увеличивается и достигает высоких значений. На основании представленных графиков можно сделать вывод, что модель демонстрирует успешное обучение, эффективно снижая ошибку прогнозирования.

Заключение. В ходе исследования для решения задач сегментации и классификации болотных массивов на спутниковых снимках была разработана и обучена модель YOLOv11 Large. Применение данной модели позволит эффективно обрабатывать большие объемы данных дистанционного зондирования, обеспечивая автоматизацию экологического мониторинга болотных экосистем. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования современных архитектур компьютерного зрения для анализа природных ландшафтов. Это все может быть полезно в экологических исследованиях, картографии и управлении природными ресурсами.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта "Искусственный интеллект" (FEWZ-2024-0052).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузин А. А., Тимошин А. В., Касаткин М. Н. Исследование возможностей применения современных компактных моделей YOLOv8 и YOLOv11 в задаче детектирования пищевых продуктов / Телекоммуникации и информационные технологии. 2024. — № 2. С. 60 — 71.
2. Куен Динь Туен, Малинников В. А., Фам Чи Конг. Разработка методики определения типов прибрежных водно-болотных угодий по космическим изображениям PlanetScope с использованием метода глубокого обучения (на примере национального парка Муй Камау, Вьетнам) // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. — 2023. — Т. 67, № 6. — С. 109–122.
3. Новохатин В. В. Мелиорация болотных ландшафтов Западной Сибири. — Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2008. — С. 87-97.
4. Лисс О., Абрамова Л., Аветов Н., Березина Н., Инишева Л., Курнишкова Т., Слукa З., Толпышева Т., Шведчикова Н. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. — Тула: Гриф и Ко, 2001. — 584 с.
5. Москвиченко Д. В. Биохимические особенности верховых болот Западной Сибири // География и природные ресурсы. 2006. — № 1. — С. 63-70.
6. Ultralytics YOLOv11 // DOCS.ULTRALYTICS.COM : сайт. — URL: <https://docs.ultralytics.com/models/yolov11> (дата обращения: 13.03.2025).
7. YOLOv11: The Next Leap in Real-Time Object Detection // ANALYTICSVIDHYA.COM : сайт. — URL: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2024/10/yolov11> (дата обращения: 10.04.2025).