

А. Р. Сабиров^{1✉}, М. М. Шляхова¹

Исследование метода семантической сегментации изображений с помощью искусственного интеллекта

¹ *Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: arsen.sabirov.2020@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается задача семантической сегментации изображений, востребованная в сферах геодезии и дистанционного зондирования. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения точности и эффективности анализа аэрофотоснимков с использованием технологий искусственного интеллекта. Целью работы является применения нейросетевых методов и облачных платформ для подготовки данных и сегментации изображений. Анализируются архитектурные особенности моделей, их преимущества и ограничения при обработке изображений различной сложности, а также удобство их применения в рамках единой платформы. Рассматриваются ключевые метрики оценки качества сегментации изображений, такие как Intersection over Union (IoU) и Dice coefficient. Дополнительно обсуждаются вопросы вычислительной сложности, обобщающей способности моделей, а также устойчивости к шумам и искажениям изображений. Результаты работы показывают, что использование Roboflow в сочетании с современными нейросетевыми архитектурами позволяет значительно ускорить процесс разработки и добиться высокой точности сегментации. Подобные решения находят широкое применение в анализе спутниковых изображений, медицинской диагностике и автономном вождении.

Ключевые слова: Семантическая сегментация, нейросети, Roboflow, аэрофотоснимки, БПЛА

A. R. Sabirov^{1✉}, M. M. Shlyakhova

Research on Semantic Image Segmentation Methods using Artificial Intelligence

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: arsen.sabirov.2020@mail.ru

Abstract. The article discusses the problem of semantic image segmentation, which is in demand in the fields of geodesy and remote sensing. The relevance of the research is due to the need to improve the accuracy and efficiency of aerial image analysis using artificial intelligence technologies. The purpose of the work is to apply neural network methods and cloud platforms for data preparation and image segmentation. The architectural features of the models, their advantages and limitations in image processing of various complexity, as well as the convenience of their use within a single platform are analyzed. Key metrics for evaluating the quality of image segmentation, such as Intersection over Union (IoU), and Dice coefficient, are considered. Additionally, issues of computational complexity, generalizing ability of models, as well as resistance to noise and image distortion are discussed. The results show that the use of Roboflow in combination with modern neural network architectures can significantly speed up the development process and achieve high segmentation accuracy. Such solutions are widely used in satellite image analysis, medical diagnostics, and autonomous driving.

Keywords: Semantic segmentation, neural networks, Roboflow, aerial photographs, UAV.

Введение

В условиях стремительного развития технологий компьютерного зрения задача точного и эффективного анализа изображений становится все более востребованной в сферах геодезии и дистанционного зондирования.

Современный метод, основанный на технологиях искусственного интеллекта, в частности обучение такой нейросети, которая предоставляет новые возможности для решения задач семантической сегментации. Использование нейронных сетей, позволяет существенно повысить точность выделения объектов благодаря автоматическому извлечению характерных свойств и способности адаптироваться к различным типам данных. Модель эффективно обрабатывает сложные визуальные структуры (слои, фильтры, пирамиды) и учитывает специфику каждого изображения, что делает его перспективным для практического использования.

В работе представлен обзор платформы Roboflow и её функциональных возможностей для подготовки и обработки изображений. Отдельно рассматривается этап формирования датасетов для задач семантической сегментации.

Методы и исследования

Исследование семантической сегментации изображений на базе искусственного интеллекта считается одной из ключевых задач компьютерного зрения. Данная задача заключается не только в том, чтобы находить объекты на изображении, но и в том, чтобы определять, к какому объекту относиться каждая точка изображения (каждый пиксель). Это делает семантическую сегментацию основой для многих современных приложений, включая системы анализ спутниковых изображений, медицинскую диагностику высокой точности и управления беспилотными автомобилями [1–3]. Системы семантической сегментации, как правило, основаны на глубоких нейронных сетях и включают в себя несколько основных модулей:

- Модуль предварительной обработки данных отвечает за подготовку входных изображений перед их подачей в нейронную сеть. В рамках этого этапа могут выполняться такие операции, как изменение размера изображений, качества, а также применение различных способов изменения, такие как повторы или изменения контрастности, данные способы помогут повысить устойчивость модели. Кроме того, осуществляется приведение разметки данных к требуемому формату. На данном этапе используется платформа Roboflow, которая предоставляет удобные инструменты для загрузки, аннотирования и предварительной обработки датасетов.

- Модуль семантической сегментации, это основа системы. Здесь используются различные архитектуры глубоких нейронных сетей, обученные сопоставлять каждый пиксель изображения с определённым классом. Самые распространенные архитектуры это U-Net (U-shaped Network), FCN (Fully Convolutional Networks), Segment Anything Model (SAM) [4–8].

- Модуль постобработки, который после получения от нейронной сети карты сегментации требует её доработки. Этот модуль отвечает за применение

алгоритмов для сглаживания границ объектов, удаления ложных срабатываний и артефактов [9–12].

Для подготовки специализированного набора данных использовалась платформа Roboflow, это удобный инструмент, который нужен для работы с данными в задачах компьютерного зрения. Платформа позволяет загружать изображения, выполнять их разметку, а также проводить предварительную обработку и аугментацию данных. Кроме того, Roboflow поддерживает экспорт датасетов в различных форматах, которые совместимы с популярными фреймворками глубокого обучения. Использование данной платформы упрощает процесс подготовки данных и делает его более эффективным при разработке моделей, в том числе для задач семантической сегментации изображений [13-15].

На ее основе был разработан алгоритм создания дата сета, который изображен на рис. 1.

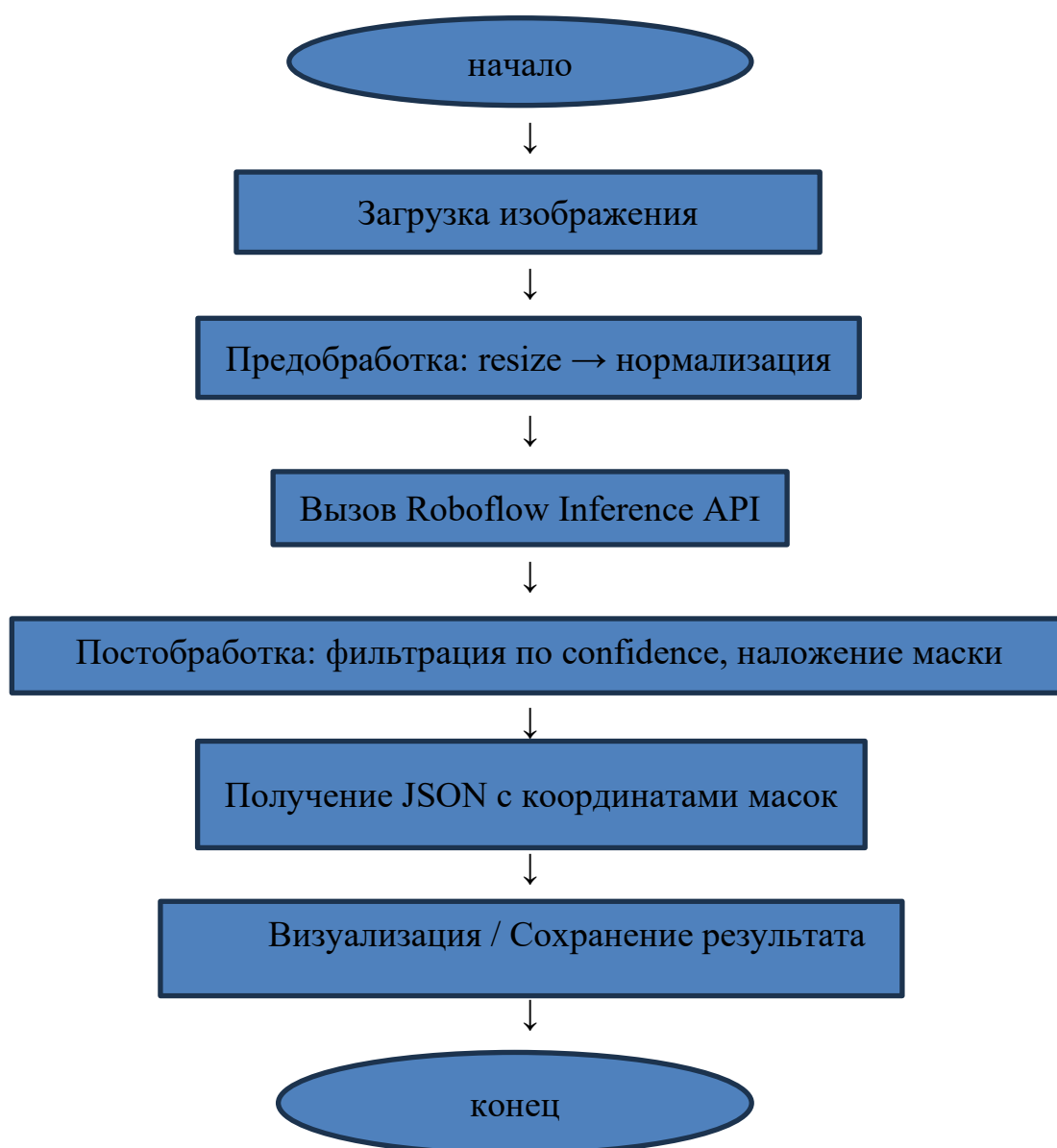


Рис. 1. Алгоритм создания дата сета

Алгоритм создания датасета начинается с загрузки изображения, его предобработки (изменение размера и нормализация) и вызова Roboflow Inference API [16-20]. На следующем этапе система получает JSON-ответ с координатами масок (полигоны или RLE-кодировка) и выполняет постобработку: отбраковку по порогу уверенности (confidence) и наложение маски на исходный снимок. Завершается процесс визуализацией полученной карты сегментации и сохранением результата в файл для последующего использования.

Результаты

Большая часть датасетов была подготовлена с использованием платформы Roboflow показан на рис. 2. В качестве исходных данных использовались аэрофотоснимки высокого разрешения, общее количество которых составило 50 изображений. С целью увеличения объёма выборки каждое изображение было разделено на 9 равных фрагментов с пониженным разрешением, в результате чего общий объём датасета составил около 448 изображений.

Из них 48 изображений были вручную обработаны для формирования обучающей выборки, что является ключевым этапом подготовки данных для последующего обучения нейросетевой модели. В процессе обработки были сформированы группы классов объектов, а также определены эталонные параметры, соответствующие используемым библиотекам. Указанные классы ориентированы на распознавание отдельных категорий объектов.

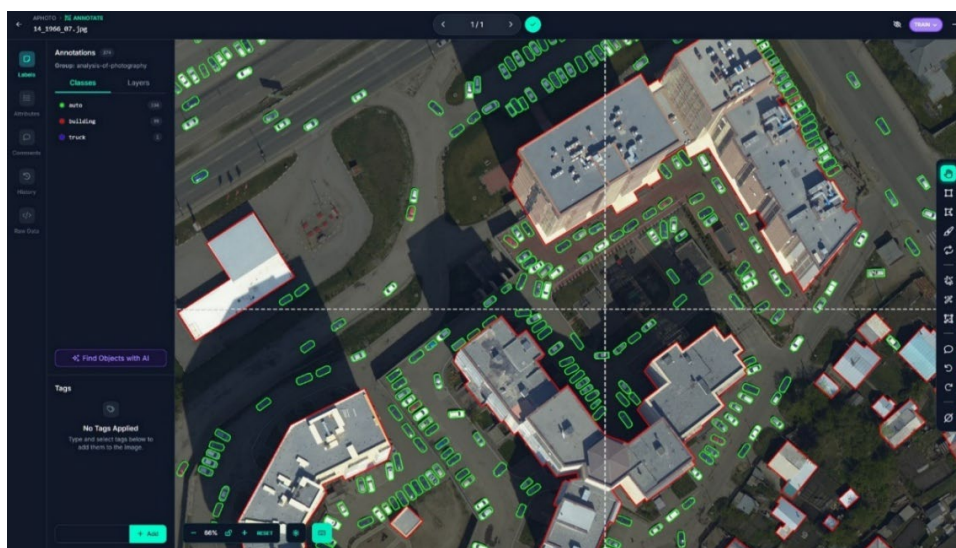


Рис. 2. Дата сет изображений на платформе Roboflow

В ходе разметки объектов было зафиксировано, что время аннотирования одного изображения напрямую зависело от сложности сцены и выбранного метода. Так метод применение инструментов автоматической сегментации на базе SAM (Segment Anything Model) позволил сократить время обработки изображения до 1–2 минут, в то время как ручная корректировка объектов для плотной городской застройки занимала в среднем 5–7 минут [21–25].

Результаты экспорта и последующего обучения моделей показали, что качество итоговой сегментации существенно возросло благодаря большому количеству подготовленных изображений. Из ключевых нюансов, оказавших влияние на финальное качество датасета, следует отметить: человеческий фактор при ручной разметке (точность выделение объектов интереса), исходное качество, разрешение аэрофотоснимков, а также четкость границ искомых объектов на изображениях.

Заключение

В рамках проведенного исследования был изучен метод семантической сегментации изображений с применением технологий искусственного интеллекта. Практическая часть работы была реализована с использованием облачной платформы Roboflow, которая выступила в качестве основного инструмента для подготовки данных, аннотирования, аугментации и экспорта датасета в форматы, совместимые с ведущими фреймворками глубокого обучения.

Результаты исследования показали, что использование платформы Roboflow значительно упрощает рутинные процессы подготовки данных и развертывания моделей. Дальнейшее развитие темы, это дообучение нейронной сети для решения задач автоматического определения и подсчета объектов на изображении. Кроме того, перспективным направлением является разработка графического интерфейса на языке Python, который позволит операторам без специальной технической подготовки выполнять загрузку снимков, запускать процесс сегментации и получать количество объектов на данном изображении в удобном пользовательском окне.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бугакова Т. Ю., Шарапов А. А. Применение интеллектуальных систем для решения задач в области геопространственных технологий и дистанционного зондирования. – Текст: электронный // Научная статья СГУГиТ. – Новосибирск, 2022. – С. 163–168. – URL: <https://gclnk.com/3Gso6DMm> (дата обращения: 14.12.2025).
2. Боков П. А., Кравченя П. Д. Экспериментальный анализ точности и производительности разновидностей архитектур YOLO для задач компьютерного зрения. – Текст: электронный // Программные продукты и системы. – 2020. – № 4. – С. 635–640. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44389741> (дата обращения: 12.12.2025).
3. Валиев В. С., Иванов Д. В. Градиентный алгоритм семантической сегментации изображений земной поверхности и его использование для выделения границ водных объектов. – Текст: электронный // Научный журнал КубГАУ. – 2021. – № 171. – С. 1–17. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gradientnyy-algoritm-semanticheskoy-segmentatsii-izobrazheniy-zemnoy-poverhnosti-i-ego-ispolzovanie-dlya-vydeleniya-granits-vodnyh> (дата обращения: 05.06.2025).
4. Воронов А. В. Обзор методов сегментации и обнаружения объектов на изображениях. – Текст: электронный // Современные инновации, системы и технологии. – 2022. – Т. 2, № 2. – С. 143–151. – URL: <https://oajmist.com/index.php/12/article/download/147/80/351> (дата обращения: 05.06.2025).

5. Денисов А. Р., Петрова Е. Н. Семантическая сегментация в медицинских приложениях. – Текст: электронный // Лучевая диагностика и терапия. – 2023. – № 2. – С. 89–95. – URL: <https://radiag.bmoc-spb.ru/jour/article/view/1074> (дата обращения: 05.06.2025).
6. Егоров А. П. Архитектура MAnet для семантической сегментации органов: обзор и перспективы. – Текст: электронный // Интеллектуальные системы анализа биомедицинских данных. – 2024. – С. 64–79. – URL: https://ssau.ru/storage/pages/6825/file_68ef326a-08fba8.97908556.pdf (дата обращения: 05.06.2025).
7. Захаров С. Г., Широкова В. Н. Исследование применения сверточных нейронных сетей для решения задач семантической сегментации изображений. – Текст: электронный // Системный анализ в науке и образовании. – 2024. – № 2. – С. 50–58. – URL: <https://sanse.ru/index.php/sanse/article/view/616> (дата обращения: 05.06.2025).
8. Иванов В. И., Ильин В. И. Разработка алгоритмов семантической сегментации изображений на основе глубокого обучения. – Текст: электронный // Труды конференции ТПУ. – Томск, 2024. – С. 333–334. – URL: https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/-84292/1/conference_tpu-2024-C136_p333-334.pdf (дата обращения: 05.07.2025).
9. Куликов А. А. Совершенствование топологии нейросетевой модели для сегментации объектов на цифровых снимках на основе сверточных нейронных сетей. – Текст: электронный // Computational Nanotechnology. – 2024. – Т. 11, № 3. – С. 57–63. – URL: <https://urvak.ru/articles/zhu-3552-vypusk-3-sovershenstvovanie-topologii-ney/> (дата обращения: 12.10.2025).
10. Мельников В. А. Исследование методов семантической сегментации для повышения производительности и точности. – Текст: электронный // Магистерская диссертация УрФУ. – Екатеринбург, 2024. – 85 с. – URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/140348/1/m_th_v.a.melnikov_2024.pdf (дата обращения: 11.07.2025).
11. Николаев Н. П., Семенов О. В. Анализ современных методов сегментации изображений на основе ИИ. – Текст: электронный // Экономика и качество систем связи. – 2022. – № 2. – С. 57–65. – URL: <https://journal-ekss.ru/wp-content/uploads/2022/06/57-65.pdf> (дата обращения: 11.11.2025).
12. Сидоров М. В. Разработка алгоритма семантической сегментации данных дистанционного зондирования Земли. – Текст: электронный // Advanced Engineering Research. – 2023. – № 4. – С. 34–41. – URL: <https://www.vestnik-donstu.ru/jour/article/view/2259> (дата обращения: 04.06.2025).
13. Струева А. Я. Редуцирование нейронной сети для семантической и инстанс-сегментации. – Текст: электронный // Выпускная квалификационная работа ЮУрГУ. – Челябинск, 2024. – 60 с. – URL: https://sp.susu.ru/student/masterthesis/2024_229_struevaay.pdf (дата обращения: 01.09.2025).
14. Суворова Е. А. Возможности искусственного интеллекта в сегментации и анализе медицинских изображений. – Текст: электронный // Лучевая диагностика и терапия. – 2023. – № 1. – С. 34–40. – URL: <https://radiag.bmoc-spb.ru/jour/article/view/1074> (дата обращения: 03.09.2025).
15. Широкова В. Н. Нейронные сети и семантическая сегментация. – Текст: электронный // Системный анализ в науке и образовании. – 2024. – № 3. – С. 60–68. – URL: <https://sanse.ru/index.php/sanse/article/view/616> (дата обращения: 04.10.2025).

16. Chen L.-C., Papandreou G., Schroff F., Adam H. DeepLabV3: Rethinking Atrous Convolution for Semantic Segmentation. – Текст: электронный // arXiv preprint arXiv:1706.05587. – 2017. – С. 1–16. – URL: <https://arxiv.org/abs/1706.05587> (дата обращения: 14.12.2025).
17. Long J., Shelhamer E., Darrell T. Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation. – Текст: электронный // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2015. – С. 3431–3440. – URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10075210> (дата обращения: 15.11.2025).
18. He K., Gkioxari G., Dollar P. Mask R-CNN. – Текст: электронный // Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). – 2017. – С. 2961–2969. – URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8958541> (дата обращения: 12.12.2025).
19. Image Segmentation for ML Tasks from LabelMe. – Текст: электронный. – URL: <https://labelme.ru/services/image-segmentation> (дата обращения: 09.11.2025).
20. Zhang R., Zhang J., Zhang T. Image Segmentation Methods: A Review. – Текст: электронный // Journal of Computer Vision. – 2021. – Vol. 10, № 3. – P. 112–120. – URL: <http://exampleurl.com> (дата обращения: 20.11.2025).
21. Mnih V., Hinton G. Machine Learning for Aerial Image Segmentation. – Текст: электронный // Nature. – 2010. – Vol. 466, № 7306. – P. 1051–1058. – URL: <http://exampleurl.com> (дата обращения: 07.11.2025).
22. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. – Текст: электронный // MICCAI. – 2015. – P. 234–241. – URL: <https://arxiv.org/pdf/1505.04597.pdf> (дата обращения: 06.11.2025).
23. Semantic Segmentation Algorithms: Exploring the Top Methods. – Текст: электронный. – URL: <https://keymakr.com.en2ru.search.translate.google/blog/exploring-the-top-algorithms-for-semantic-segmentation/> (дата обращения: 06.11.2026).
24. Simonyan K., Zisserman A. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. – Текст: электронный // ICLR. – 2015. – С. 1–14. – URL: <https://arxiv.org/abs/1409.1556> (дата обращения: 14.12.2026).
25. Technologies of Artificial Intelligence: GOST R 70949-2023. – Текст: электронный. – URL: https://moitvivr.ru/downloads/gost_70949.pdf (дата обращения: 15.12.2026).

© А. Р. Сабиров, М. М. Шляхова, 2026