

РАСПОЗНАВАНИЕ ОБЪЕКТОВ НА СПУТНИКОВЫХ СНИМКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ: ПРАКТИКА РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ

Л. В. Семененко, Е. Н. Кочик, А. М. Сорока, В. В. Шкабара

*Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем
имени А. Н. Севченко» Белорусского государственного университета (НИИПФП им.
А.Н. Севченко БГУ), Минск, Беларусь
eugene.kochik@gmail.com*

Рассмотрена комплексная методика организации процесса обучения нейронной сети для автоматизации экологического мониторинга. Приведена практика использования данной методики на примере создания информационно-аналитической системы контроля и анализа деятельности в водоохранных зонах.

Ключевые слова: экологический мониторинг; нейронные сети; ДЗЗ; БКСДЗ.

ВВЕДЕНИЕ

Уже много лет для контроля и анализа деятельности в природопользовании используются спутниковые данные. Системы искусственного интеллекта, в первую очередь нейронные сети глубокого обучения, в последние годы открыли широкий спектр новых возможностей по использованию спутниковых данных.

Следует отметить, что большинство разработок в этой области на сегодняшний день носят научно-исследовательский характер и их практическое использование часто представляется проблематичным.

Коллектив лаборатории информационных технологий НИИПФП им. А.Н. Севченко БГУ автоматизировал для Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь процессы экологического мониторинга на основе спутниковых снимков с использованием нейронных сетей глубокого обучения в рамках проектов по созданию информационно-аналитической системы поддержки принятия решений по контролю и анализу деятельности по добыче полезных ископаемых и информационно-аналитической системы контроля и анализа деятельности в водоохранных зонах (ИАС «Водо-охранные зоны»).

В процессе разработки нами был организован поэтапный комплекс работ по обучению нейронных сетей, который предлагается рассмотреть ниже на примере разработки ИАС «Водоохранные зоны».

Комплекс работ включал в себя три больших этапа:

1. Аналитическое изучение предметной области и постановка задачи;
2. Итерационное обучение нейронной сети;
3. Интеграция обученной модели в процесс мониторинга.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ НА КОНТРОЛЬ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ВОДООХРАННЫХ ЗОНАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ И НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

В связи с трудоёмкостью наземного мониторинга актуальной задачей является контроль хозяйственной деятельности в водоохраных зонах с использованием спутниковых снимков, предоставляемых на безвозмездной основе, и нейронных сетей.

Спутниковые данные и нейронные сети имеют ряд ограничений и не могут обеспечить качественного детектирования всех объектов. Поэтому на первом этапе необходимо разработать четкую постановку задачи.

При реализации проекта постановка задачи проводилась пошагово.

На первом шаге проведено изучение систем дистанционного зондирования Земли (далее – ДЗЗ), которые могли быть использованы для контроля хозяйственной деятельности в природных системах. Перспективными были признаны Белорусская космическая система дистанционного зондирования Земли (далее – БКСДЗ) и Sentinel-2.

На втором шаге проведен анализ нормативных документов на предмет выделения состава возможных нарушений и возможностей их контроля на основе спутниковых данных. Был определен предварительный перечень контролируемых объектов.

На третьем шаге проведен анализ актуальности и перспективности нарушений из предварительного перечня. Было проведено визуальное дешифрирование территории водоохраных зон 8-ми районов Минской области на снимках сверхвысокого разрешения. Затем – распознавание обнаруженных объектов на снимках БКСДЗ и Sentinel-2. Принадлежность обнаруженного объекта к виду хозяйственной деятельности определялась на основе информационных ресурсов Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь. Анализ позволил сформулировать итоговую задачу, которой стало выявление новых объектов загрязнения на спутниковых данных БКСДЗ. Это важная задача, которая позволит оптимизировать процесс разработки необходимых природоохранных мероприятий [1].

На четвертом шаге проводилось изучение процесса разработки и актуализации проектов водоохраных зон и прибрежных полос.

На пятом шаге проведено изучение объектов загрязнения. По результатам определен актуальный объект контроля: вновь возникшие здания и сооружения площадью свыше 6 ар, а также места проведения строительных работ.

ИТЕРАЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Задача появления новых объектов загрязнения в водоохранных зонах решается на основе контроля изменений на парах разновременных спутниковых снимков. Предобученные модели нейронных сетей не обеспечивают качественного детектирования на спутниковых снимках БКСДЗ. Поэтому для решения задачи проводилось обучение отобранных моделей нейронных сетей с формированием обучающей выборки. Формальная постановка задачи – семантическая сегментация изображений на два класса: «нет изменений», «есть изменения». В качестве итогового решения была выбрана нейронная сеть SegNeXt [2].

На первом этапе формирования обучающей выборки была реализована разметка на паре снимков за 2019 и 2021 годы. В разметку вошли все объекты интереса и ложные объекты, похожие на объекты интереса по яркостным и семантическим характеристикам (7 типов).

Далее обучающая выборка накапливалась итерационно. Размер выборки на каждом этапе приведен в таблице ниже.

Размер обучающей выборки

	Этап 1	Этап 2	Этап 3	Этап 4	Этап 5	Этап 6	Этап 7
Количество	2445	4005	5365	6550	10027	12114	12798

Между итерациями проводилось обучение нейронной сети с изменением параметров, находились дефекты в протоколе разметки, обновлялась валидационная выборка.

Для оценки итогового качества была использована метрика mIoU, которая рассчитывалась как среднее значение метрики IoU (Intersection over Union) для обоих классов, где сама IoU рассчитывается как отношение площади пересечения двух областей (эталонной и текущей) к общей площади этих областей [3]. Формально, для двух непустых множеств A и B, функция IoU определяется как:

$$IoU(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|};$$

Итоговое значение метрики mIoU – 0,7576.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МОНИТОРИНГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ И НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Обученная модель нейронной сети была встроена в комплекс программных средств обработки данных ДЗЗ ИАС «Водоохранные зоны», который обеспечил автоматизацию следующих процессов:

1. Получение спутниковых данных с FTP-сервера УП «Геоинформационные системы»;
2. Обработка данных нейросетью и формирование заданий на проверку;
3. Заверка заданий оператором ДЗЗ;
4. Анализ сигналов потенциального объекта загрязнения.

Данный комплекс предоставил сотрудникам природоохранного ведомства возможности быстрого анализа появления новых потенциальных объектов загрязнения.

По итогам разработки ИАС «Водоохранные зоны» была проведена обработка снимков БКСДЗ за период с 22.07.2022 по 1.06.2023 (всего 27 снимков, в сумме покрывающих более 80% территории Республики Беларусь).

Нейронной сетью было детектировано 2949 потенциальных объектов нарушения, из них истинными оказалось 119, обладающих схожими с объектами интереса дешифровочными признаками - 1474.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наш опыт использования нейронных сетей глубокого обучения по детектированию объектов на данных ДЗЗ на реальном проекте показал, что обучение модели следует организовывать в виде комплексного поэтапного процесса, в котором особое внимание следует уделить формированию четкой постановки задачи. Обучение следует начинать на небольшой обучающей выборке и проводить ее итерационное наращивание, совместно с которым уточнять и корректировать протокол разметки, проводить оптимизацию параметров нейронной сети.

Часто используемые метрики качества на основании валидационной выборки не гарантируют соответствующего качества в промышленной эксплуатации, в связи с чем необходима разработка метрики, обеспечивающей комплексную оценку работы нейронной сети для автоматизируемого процесса мониторинга.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Гертман Л. Н., Буко И. Ю., Шариков А. П. Из опыта разработки проектов водоохраных зон и прибрежных полос в соответствии с действующим законодательством // Земля Беларуси. 2018. № 2. С. 20-23.
2. SegNeXt: Rethinking Convolutional Attention Design for Semantic Segmentation [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/abs/1511.00561> (дата обращения: 12.09.2023). DOI: 10.48550/arXiv.1511.00561
3. Intersection over Union (IoU) [Электронный ресурс]. URL: <https://wiki.cloudfactory.com/docs/mp-wiki/metrics/iou-intersection-over-union> (дата обращения: 22.03.2023).