

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБНАРУЖЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ НА ЛЭП С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ**

**Воюш Н.В., Сухобоков А.А.**

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Задача оперативного выявления неисправностей на линиях электропередач представляет собой одну из важнейших для бесперебойной работы энергетических систем. Ручные осмотры столбов ЛЭП требуют значительных затрат времени и привлечения квалифицированных специалистов в полевых условиях. С целью оптимизации и упрощения мониторинга разработан вариант автоматизации, основывающийся на нейронных сетях, способных выявлять дефекты изоляторов и несоответствия в элементах крепления. Такое решение не только повышает точность проверок, но и снижает затраты, увеличивая надежность электроснабжения. Предлагается использовать предобученную модель для обнаружения объектов-дефектов на фотографиях опор, полученных в результате съемок отдельных линий.

Данные для обучения были собраны на основе фотографий, сделанных в ходе облетов трех линий электропередач Центром промышленных беспилотных решений Copter.by. В итоге было получено около 4500 изображений в высоком разрешении (5280×3956), каждую опору снимали с четырех различных ракурсов. Разметка выполнялась вручную с использованием инструмента LabelImg [1]. Для каждого изображения были выделены следующие отметки:

Изоляторы – с тремя видами дефектов (скол, загрязнение, трещина) и без дефектов (два вида исполнения).

Элементы крепления (вязка) – корректная, отсутствующая или неправильная.

Опоры – как сложные, так и одностоечные (в качестве дополнительного объекта).

В качестве детектора была выбрана модель YOLOv11[2]. Данный подход ориентирован на высокую скорость обработки и удобство интеграции в реальные системы, что позволяет эффективно работать с большими объемами данных. Настройка параметров производилась с учетом доступных вычислительных мощностей. Для обучения использовалось 10 эпох, размер мини-батча – 4. Фотографии были разделены на «тайлы» размером 1024×1024 с помощью инструмента SANI[3] (Slicing Aided Hyper Inference) – утилиты, которая автоматизирует процесс нарезки крупных изображений на квадраты определённого размера, что упрощает обучение и улучшает точность детекции мелких объектов. Валидационная выборка (1000 изображений) была отделена от обучающей, для объективной оценки работы модели. Оценка качества

проводилась по основным метрикам: precision, recall, mAP@50 и mAP@50-95 на основе результатов обучения (Рис. 1)

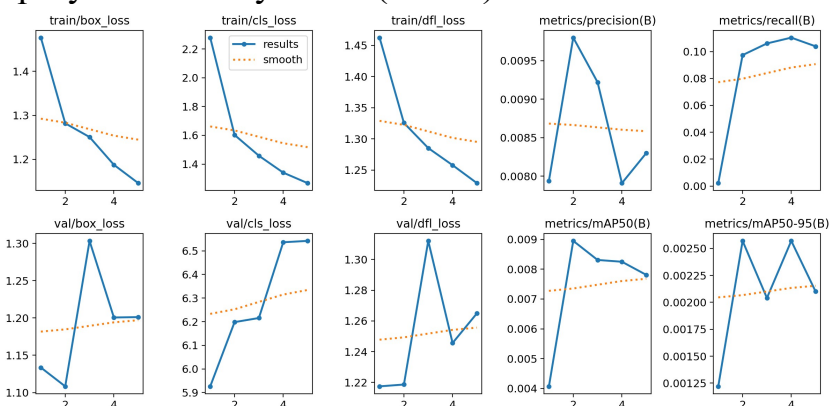


Рис. 1 Метрики оценивающие процесс обучения, представленные в виде графиков

Потери на тренировочной выборке снижаются, что указывает на прогресс в обучении. На валидационной выборке тем не менее также присутствуют колебания, характерные для начальных этапов обучения, хотя в целом наблюдается тенденция к снижению. Precision и Recall пока имеют невысокие и нестабильные показатели, но наблюдается положительная динамика роста. Recall. mAP (как на уровне 0.5, так и среднее mAP@50-95) начинает плавно расти от почти нулевых значений к более высоким, что говорит о том, что модель постепенно учится успешно идентифицировать объекты нужных классов.

Предлагается следующая интеграция в рабочий процесс: осуществить плановый облёт необходимой для мониторинга линии электропередач. Полученные изображения передать модели для детекции, а результаты выборки отправить специалистам на подтверждение или опровержение наличие дефектов.

Предварительные результаты демонстрируют, что использование модели YOLOv11 для автоматического обнаружения дефектов на линиях электропередач имеет потенциал для создания полноценной системы мониторинга. Наблюдаемая тенденция улучшения показателей с возрастанием количества эпох обучения говорит о перспективах метода. В будущем планируется расширение процесса обучения на полный объем данных, увеличение функционала системы, а именно внедрение сегментации и реализации "дообучения" на новых обработанных данных и более глубокая валидация совместно со специалистами. Такой подход существенно сократит время и расходы на инспекции, сделав эксплуатацию и обслуживание ЛЭП более эффективными и безопасными.

1. LabelImg [Электронный ресурс] – URL: <https://github.com/HumanSignal/labelImg> (дата обращения 1.02.2025)
2. YoLov11 документация [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.ultralytics.com/ru/models/>