

Разработка системы для мониторинга охранной зоны линий электропередач на основе графических данных с БПЛА

Багманов Р. И.¹

Научный руководитель – Шматков В. Н.¹

¹Университет ИТМО
rushat.bagmanov@mail.ru

Введение

Расширение энергетической инфраструктуры формирует устойчивый спрос на автоматизацию контроля линий электропередачи (ЛЭП). По оценке Fortune Business Insights, мировой рынок дронов для коммунального сектора в 2025 году составил 1 017,4 млн долл. США, с прогнозом роста до 3 156,3 млн долл. США к 2034 году [1]. Сегмент видеонаблюдения и инспекций БПЛА в энергетике оценивается в 297,1 млн долл. США. (2025 г.) с прогнозом до 794,9 млн долл. США к 2034 году [2]. Использование БПЛА позволяет сократить затраты на обследование на 50% по сравнению с консервативными методами. Например, при проверке 10 000 миль ЛЭП экономика может получить до 1,7 млн долл. США. в год за счет перехода от пилотируемых вертолетов к беспилотным решениям [3].

В России около 75% линий и подстанций уже выработали свой ресурс. Высокий износ приводит к потерям энергии до 25% и сбоям в снабжении до 70 часов в год. Ситуация осложняется отсутствием резервирования на магистралях и климатическими угрозами - до 44% разрушений опор, вызванных ветровыми нагрузками [4]. При этом программные комплексы зачастую ограничены возможностями сбора и хранения данных без применения интеллектуального анализа изображений. Традиционные методы контроля характеризуются высокой уязвимостью и критической зависимостью от человеческого фактора. Целью работы является разработка программной системы для автоматизации мониторинга охранной зоны ЛЭП с использованием нейросетевой модели объектной детекции и данных, полученных с БПЛА.

Основная часть

На основании проведенного анализа предметной области были сформулированы требования к системе, определены ее функции и обоснован выбор технологической базы. В качестве основного инструмента анализа изображений выбрана современная модель семейства YOLO, обеспечивающая высокую скорость обработки и достаточную точность детекции объектов [5].

Для достижения поставленной цели выполнены задачи, связанные с анализом типовых нарушений охранной зоны, подготовкой и разметкой обучающей выборки, проектированием архитектуры системы, а также реализацией серверной и клиентской частей. Подготовка данных включала сбор изображений, их аннотирование и проведение процедур аугментации, что позволило повысить устойчивость модели к различным условиям съемки.

Разработанная система представляет собой веб-приложение, включающее модуль загрузки и предварительной обработки изображений, модуль нейросетевого анализа, модуль хранения результатов и пользовательский интерфейс. Обработка графических данных осуществляется в автоматизированном режиме. В результате формируются области обнаруженных объектов, относящихся к потенциальным нарушениям, после чего информация сохраняется в базе данных и доступна для последующего анализа.

Архитектура системы предусматривает возможность масштабирования и интеграции с другими информационными решениями. Проведенное тестирование

показало устойчивое обнаружение объектов, представляющих потенциальную угрозу для безопасной эксплуатации ЛЭП, а также сокращение времени анализа по сравнению с традиционными методами контроля.

Выводы

В результате исследования разработана программная система для автоматизированного мониторинга охранной зоны ЛЭП на основе анализа графических данных БПЛА. Обоснован выбор нейросетевой модели объектной детекции, выполнено проектирование архитектуры и реализован программный продукт, обеспечивающий выявление нарушений в автоматическом режиме.

Предложенное решение способствует повышению оперативности контроля, снижению влияния человеческого фактора и может быть использовано энергетическими компаниями для повышения эффективности мониторинга протяженных инфраструктурных объектов.

Литература

1. Utility Drones Market Size, Share & Industry Analysis, By End-Use Industry (Energy & Power, Oil & Gas, Telecommunications, and Utilities), By Payload Capacity (Lightweight, Medium Weight, and Heavyweight), By Drone Type (Fixed-wing, Rotary-wing, and Hybrid), By Application (Power Line Inspection, Substation Inspection, Vegetation Management, and Others), and Regional Forecast, 2026-2034. - Текст: электронный // Fortune Business Insights: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/utility-drones-market-113345> (дата обращения: 20.02.2026)
2. Drone Surveillance Market for Energy & Power Industry Size, Share & Industry Analysis, By Type (Multicopter, Fixed Wing, and Hybrid), By Application (Pipeline Monitoring and Inspection, Offshore Platform Inspection, Wind Turbine Inspection, Power Plant Inspection, Solar Panel Inspection, and Others), and Regional Forecast, 2026-2034. - Текст: электронный // Fortune Business Insights: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/drone-surveillance-market-100511> (дата обращения: 21.02.2026).
3. Calandrillo, S. Deadly Drones? Why FAA Regulations Miss the Mark on Drone Safety / S. Calandrillo, J. Oh, A. Webb. - Текст: электронный // Stanford Technology Law Review: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://law.stanford.edu/wp-content/uploads/2020/03/2020-04-07_Calandrillo_Final.pdf (дата обращения: 20.02.2026).
4. Чернов, О. И., Елисеева, Е. А. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ РОССИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ [Текст] / О. И. Чернов, Е. А. Елисеева // Academy. 2021. № 7 (70). С. 20–22.
5. Md. Ahasan Atick Faisal a b , Imene Mecheter b , Yazan Qiblawey b , Javier Hernandez Fernandez b , Muhammad E.H. Chowdhury a , Serkan Kiranyaz a Deep learning in automated power line inspection: A review [Текст] / Md. Ahasan Atick Faisal a b , Imene Mecheter b , Yazan Qiblawey b , Javier Hernandez Fernandez b , Muhammad E.H. Chowdhury a , Serkan Kiranyaz a // Applied Energy. — 2025. — № 10.1016/j.apenergy.2025.125507.