



Мониторинг состояния виброгасителей, изоляторов и траверсов

Разработка модели компьютерного зрения для автоматизированного анализа состояния критически важных элементов линий электропередачи
- виброгасителей, изоляторов (стеклянных и полимерных) и траверс
- на основе фотографии с дрона или аэрофотосъёмки.

Организация:

Федеральное государственное автономное учреждение «Цифровые индустриальные технологии»
ФГАУ «ЦИТ»

<https://cit.gov.ru/>

Сфера деятельности организации:

Деятельность ЦИТ направлена на ускорение цифровой трансформации российской промышленности и снижение барьеров, мешающих внедрению современных технологических решений, в том числе искусственного интеллекта. ЦИТ способствует активному развитию и интеграции цифровых инструментов в ключевые отрасли экономики, создавая условия для повышения эффективности и технологической независимости отечественного производства.

Тематика кейса:

Мониторинг состояния виброгасителей, изоляторов и траверсов линий электропередачи с целью обеспечения своевременного производства или ремонта оборудования.

Краткое описание кейса

Разработка модели компьютерного зрения для автоматизированного анализа состояния критически важных элементов линий электропередачи – виброгасителей, изоляторов (стеклянных и полимерных) и траверс – на основе фотографии с дрона или аэрофотосъёмки.

Цель

Раннее выявление повреждений и дефектов для планирования профилактического обслуживания и предотвращения аварий.

Расширенное описание кейса:

Линии электропередачи (ЛЭП) являются ключевой инфраструктурой энергетического сектора. Их надёжность напрямую зависит от состояния компонентов, таких как виброгасители (предотвращают усталостные повреждения проводов), изоляторы (обеспечивают электрическую изоляцию) и траверсы (несущие конструкции опор). Традиционный осмотр ЛЭП - трудоёмкий, опасный и дорогостоящий процесс, часто требующий участия высококвалифицированного персонала и отключения участков сети.

В рамках кейса предлагается разработать модель машинного обучения на основе датасета, содержащего более 38 000 аннотированных объектов на 7988 изображениях. Модель должна уметь:

- Обнаруживать и классифицировать 6 типов объектов (включая отдельные категории повреждённых изоляторов).
- Оценивать техническое состояние компонентов (например, наличие трещин, отсутствие элементов, деформации).
- Интегрироваться в системы автоматизированного мониторинга на основе дронов или стационарных камер.

Решение позволит энергетическим компаниям перейти от реактивного ремонта к проактивному обслуживанию, повысить безопасность, снизить эксплуатационные расходы и минимизировать риски отключений.

Целевая аудитория и пользовательские сегменты и объем рынка

Государственные и частные инжиниринговые центры, занимающиеся диагностикой и техническим аудитом

Производители и поставщики оборудования для ЛЭП (виброгасителей, изоляторов, траверс) – для мониторинга эксплуатационных характеристик продукции

Энергетические компании – сетевые и распределительные организации (ФСК Россети, МРСК, Ленэнерго и др.)

Сервисные компании, оказывающие услуги по инспекции ЛЭП с использованием дронов и компьютерного зрения

Проблематика кейсового задания

Дефицит автоматизации

Большинство энергокомпаний до сих пор полагаются на визуальный осмотр с земли или с борта вертолёта, что не позволяет выявлять мелкие дефекты и требует значительных ресурсов.

Неоднородность и сложность данных

Изображения получены в различных условиях освещения, погоды и ракурсов; объекты могут быть частично закрыты, малы по размеру или находиться на большом расстоянии.

Дисбаланс классов

Некоторые категории (например, повреждённые изоляторы) представлены значительно реже здоровых аналогов, что затрудняет обучение моделей без специальных техник балансировки.

Необходимость высокой точности

Ложные срабатывания или пропуски дефектов могут привести к серьёзным последствиям - от простоев до аварий на сетях.

Диагностика проблемы, определение главной и второстепенных проблем

Отсутствие масштабируемого, безопасного и объективного инструмента для раннего выявления дефектов критически важных компонентов линий электропередачи (ЛЭП) – виброгасителей, изоляторов и траверс – что приводит к запаздыванию в ремонте, увеличению риска аварий и необоснованным затратам на экстренное восстановление. Высокая трудоёмкость и стоимость традиционных методов инспекции (наземные обходы, пилотируемые вертолёты), требующих участия квалифицированного персонала и временного отключения участков сети. Субъективность оценки состояния оборудования - решение о ремонте часто зависит от опыта и внимательности инспектора, что ведёт к пропуску дефектов или ложным срабатываниям. Отсутствие единых цифровых данных о состоянии инфраструктуры, затрудняющее прогнозирование сроков службы и планирование капитальных вложений.

Как решается проблема сейчас?

В настоящее время инспекция ЛЭП осуществляется в основном тремя способами:

- Наземные обходы – инженеры визуально осматривают опоры с земли с помощью биноклей или фото/видеотехники. Метод медленный, требует больших трудозатрат и не позволяет детектировать мелкие повреждения на высоте.
- Воздушные патрулирования на вертолётах – обеспечивают более полный обзор, но крайне дороги (от 150 000 ₽/час полёта), зависят от погодных условий и несут риски для экипажа.
- Дрон-инспекции без ИИ-анализа – всё чаще используются как альтернатива, однако полученные изображения анализируются вручную, что не устраняет человеческий фактор и остаётся узким местом по скорости обработки (сотни часов на тысячу опор).

Необходимые входные данные для решения кейса

Датасет детекции дефектов виброгасителей, изоляторов и траверсов линий электропередачи:
<https://nextcloud.vizorlabs.ru/s/xyXtRRd9DJFbqak>

Сценарий использования результата:

Оператор дрона выполняет полётную съёмку участка ЛЭП согласно маршруту. Полученные изображения автоматически загружаются в облачную платформу, где запускается ИИ-модель. Система детектирует и классифицирует объекты (виброгасители, траверсы, гирлянды изоляторов), а также идентифицирует признаки дефектов – отсутствие элементов, трещины, перекосы, разрушение арматуры и т.д.

Инженер по диагностике получает уведомление о критических находках и может:

- просмотреть аннотированные снимки с масштабированием и историей изменений по объекту,
- назначить заявку в системе технического обслуживания,
- согласовать необходимость выезда бригады или запланировать ремонт в рамках графика профилактики.

Требования к результату

Детекция и классификация 6 категорий объектов с точностью ($mAP@0.5$) $\geq 0.7+$

Веб-интерфейс с возможностью загрузки данных и вывода результата

Идеальное решение:

Детекция и классификация 6 категорий объектов с точностью ($mAP@0.5$) $\geq 0.85+$

Каким представляют результат заказчики?

1. Модуль ИИ-детекции объектов на изображениях ЛЭП

- Обнаружение и классификация 6 категорий: vibration_damper, festoon_insulators, traverse, bad_insulator, damaged_insulator, polymer_insulators.
- Поддержка входных форматов: JPG, PNG, TIFF (разрешение до 8K), а также RAW-данные с дронов (DJI, Autel и др.).
- Точность модели: $mAP@0.5 \geq 0.85$ на валидационном наборе, включая устойчивость к теням, бликам, частичным перекрытиям и малым объектам (< 30 пикселей).
- Вывод результатов: bounding box, класс, уверенность, признаки дефекта (например, «отсутствует», «трещина», «перекос»). Возможность дообучения модели под специфику региона или типа опор (передача весов, few-shot learning).

2. Веб-интерфейс аналитики и визуализации

Загрузка изображений или пакетов (до 10 ГБ за сессию) через drag & drop или интеграцию по API.