

Сервисы на основе технологий ДЗЗ и искусственного интеллекта для мониторинга состояния ВЛ

Калинников Владислав Валерьевич
Руководитель отдела геонаучного консалтинга
АНО ВО «Университет Иннополис»



2023 / 5–6 июля

Москва / Конгресс-центр ЦМТ



VIII Международная
научно-техническая конференция

«Развитие и повышение надежности
распределительных электрических сетей»

ОРГАНИЗАТОРЫ



Структура и направления разработок

18 лабораторий

 Машинного обучения и представления данных	 Облачных систем и технологий виртуализации	 Методов обработки естественного языка в программной инженерии
 Когнитивных робототехнических систем	 Операционных систем, языков программирования и компиляторов	 Гуманитарных наук
 Дизайна электронных систем и автоматизации	 Взаимодействия человека и компьютера	 Киберфизических систем
 Анализа данных и машинного обучения в нефтегазовой отрасли	 Искусственного интеллекта в разработке игр	 Социальных наук
 Интеллектуальных робототехнических систем	 Анализа данных и биоинформатики	 Программной инженерии
 Сетей и блокчейн-технологий	 Промышленной разработки ПО	 Информационной безопасности

9 центров

 Центр технологий компонентов робототехники и мехатроники	 Центр информационной безопасности	 Центр нефтегазовых технологий
 Межотраслевой центр трансфера технологий	 Центр геоинформационных систем	 Центр энергетики
 Исследовательский центр в сфере искусственного интеллекта	 Лидирующий исследовательский центр в области систем распределённого реестра	 Центр разработки программного обеспечения

Направления:

- искусственный интеллект, большие данные и машинное обучение
- новые решения для мониторинга и диагностики оборудования
- беспроводные системы передачи данных для промышленного интернета вещей
- повышение наблюдаемости и управляемости электросетевого оборудования
- высокоточные системы определения мест повреждения и локализации аварийных участков сети/контроль гололедообразования
- параллельная работа сети и ВИЭ
- виртуальная/дополненная реальность
- системы накопления электроэнергии
- зарядная инфраструктура
- блокчейн/умные контракты
- кибербезопасность
- роботехника и беспилотная авиация: диагностика и мониторинг, геоинформационные системы
- системы сбора и передачи информации на базе технологий GPON
- УФ диагностика состояния ВЛ
- расчёт режимных параметров
- цифровой двойник систем электроснабжения
- верификация, валидация парниковых газов

Факторы, влияющие на снижение надежности (ПАО «Россети»)

1. **Негативная динамика старения оборудования** в распределительной сети является следствием недофинансирования предприятий по замене и реконструкции

Электросетевое оборудование, выработавшее нормативный срок службы:

67% 0,4-10 кВ

84% 35 кВ

74% 110 кВ

2. **Недостаточность ширины просек ВЛ 6-10 кВ**, проходящих по лесным массивам, выполненных «ГОЛЫМ» проводом

3. **Рост числа воздействий опасных метеорологических явлений**

Распределение класса напряжения оборудования, отключение которого пришло к нарушению электроснабжения потребителей:

7,8%
0,4 кВ

78,9%
6-10 кВ

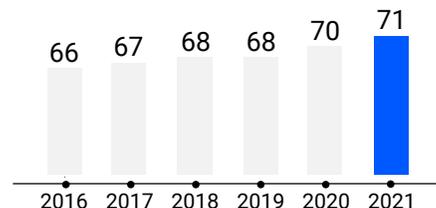
13,3%
35 кВ и выше

- Наибольшая аварийность с обесточиванием потребителей происходит в сети 6-10 кВ
- Тренд на продолжение старения парка оборудования

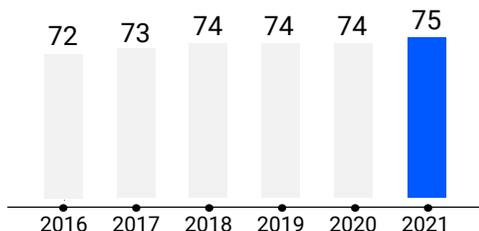
- Основные причины аварий в сети 6-10 кВ:
- 47% — природное воздействие
- 33% — недостатки эксплуатации (в т.ч. старение)

Доля оборудования со сверхнормативным сроком службы

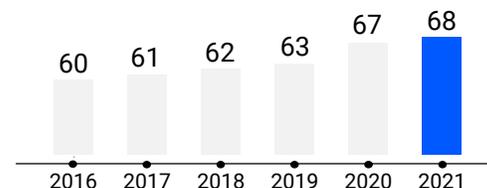
Всего по парку оборудования, %



Трансформаторы 110 кВ и выше (> 25 лет), %



Воздушные ЛЭП 35 кВ и выше (> 35 лет), %



Отмечается устойчивый рост доли оборудования со сверхнормативным сроком службы (на 1-2% в год)

Опыт разработки решений для мониторинга состояния ВЛ



Технологии инспекции линейных объектов на основе беспилотного самолета вертикального взлета и посадки (VTOL) с обеспечением автопилотирования, обхода препятствий и автоматического выбора посадки на основе методов искусственного интеллекта



Алгоритмы и нейросетевые модели на основе данных космической съемки и воздушной съемки с БПЛА для:

- распознавания опор ВЛ
- выявления нарушений в охранных зонах ВЛ (ДКР, наличие несанкционированных объектов капстроительства)
- обнаружения дефектов ВЛ



Технологии создания автоматических цепочек обработки данных космической и аэрофотосъемки для построения ортофотопланов и ЦММ территории с интеграцией цепочек обработки в облачную геоинформационную платформу

Описание решения для выявления дефектов и нарушений в охранной зоне ВЛ с использованием данных, получаемых с БПЛА

Перечень фиксируемых нарушений и дефектов

Изоляторы и ДКР

- наличие ДКР в охранной зоне ВЛ
- излом/разрушение/срыв/отсутствие тарелки изолятора

Состояние проводов и тросов

- определение повреждения, расплетения, обрыва
- изменение стрел провеса и расстояний от проводов ВЛ до земли
- определение наличия грозотросов, габаритов
- обледенение ВЛ, оперативное обнаружение места повреждения

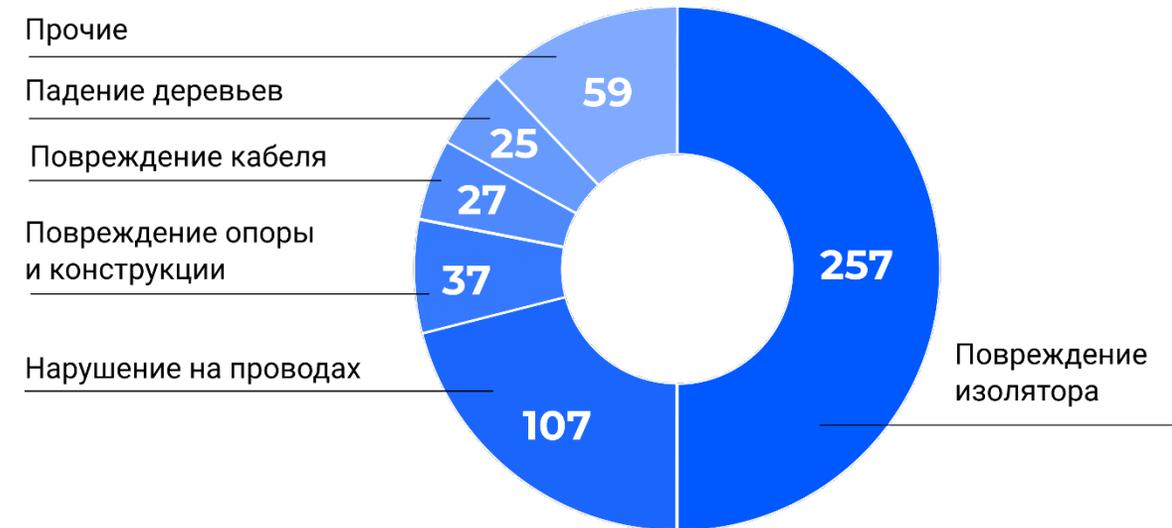
Состояние опор и траверс

- разрушение
- определение состояния металлоконструкций
- наличие на опорах птичьих гнезд и других посторонних предметов
- наклон опор вдоль или поперек линии сверх допустимых норм
- деформация, изгиб, срыв крепления траверсы

Мониторинг трассы ВЛ

наличие строений, складирования материала и проведения работ в охранных зонах ВЛ

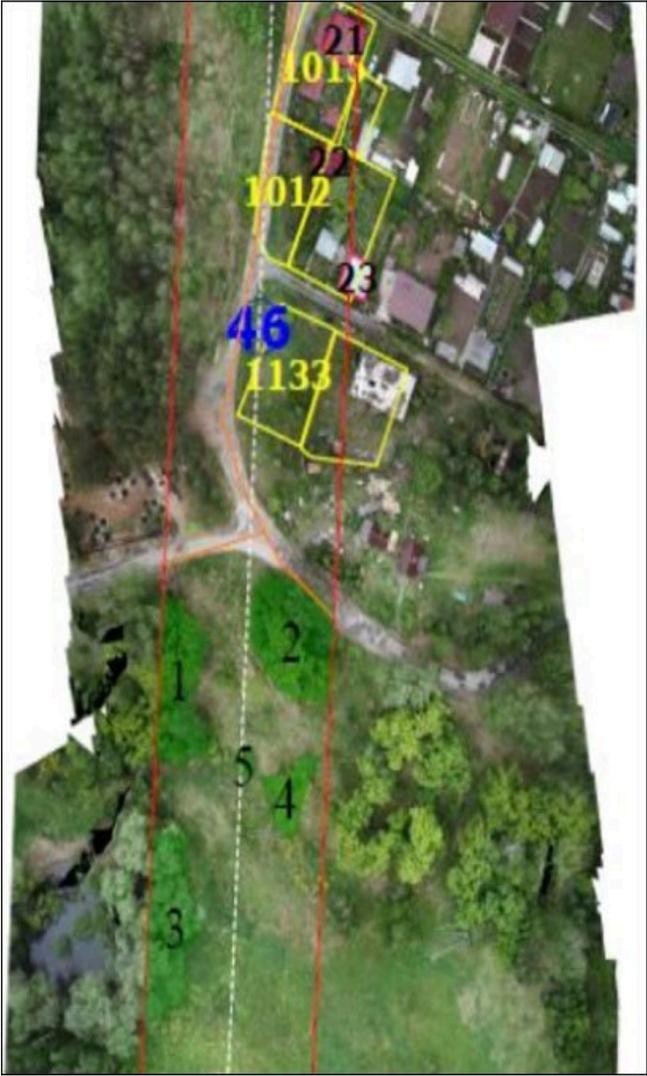
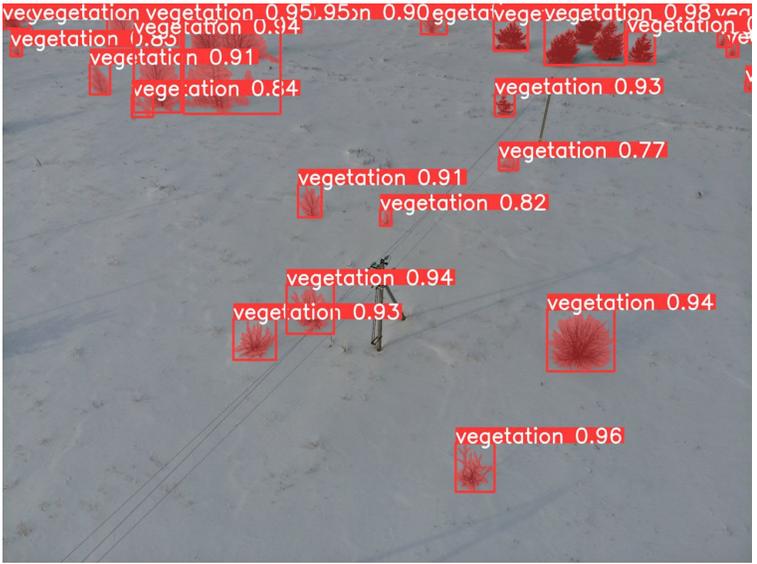
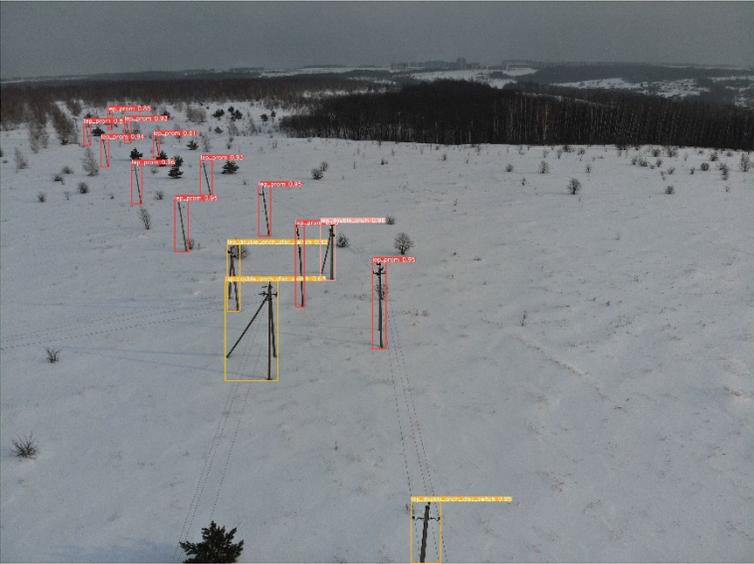
Распределение причин отказов на ВЛ на примере компании из нефтегазового сектора



Разрабатываемое решение позволяет обеспечить раннее выявление 55 % причин отказов в сети

Перспектива - 83 % причин отказов с точностью 90%

Примеры реализации решения по выявлению дефектов на ВЛ и охранных зонах



Направления развития продукта

Использование данных ДЗЗ из космоса для оценки зарастания трасс ВЛ древесно-кустарниковой растительностью и качества их расчистки

Ожидаемые результаты

Повышение эффективности диагностики зарастания трасс ВЛ древесно-кустарниковой растительностью за счет комплексирования космических и воздушных средств съемки, применения технологий искусственного интеллекта

Типовой сценарий работы геосервисов с использованием данных ДЗЗ из космоса

1. Определение с помощью космической съемки зон интереса для проведения детального обследования трасс ВЛ с БПЛА

2. Детальное обследование с использованием БПЛА участков с нарушениями охранных зон ВЛ, выявленных космической съемкой

3. Контроль качества расчистки трасс ВЛ на основе космической съемки

Использование космической съемки для задач по мониторингу ВЛ

Преимущества использования данных ДЗЗ из космоса по сравнению со съемкой с БПЛА:

- регулярность получения информации с высокой частотой ее обновления
- обширный охват исследуемой территории
- оперативное получение данных по удаленным и труднодоступным территориям
- возможность быстрого перенацеливания на требуемые объекты съемки
- высокая производительность съемки, достигающая 1 млн кв. км в сутки для современных спутников ДЗЗ, что недоступно для аэрофотосъемки
- актуальность получаемой видеоинформации за счет ее мгновенной передачи на пункты наземного приема

Рекомендуемые характеристики данных ДЗЗ из космоса для задач по мониторингу ВЛ:

- пространственное разрешение 0,3 – 1,0 м/пиксел
- радиометрическое разрешение 10-11 бит/пиксел
- спектральные диапазоны: RGB, NIR, панхром



Реализованные нейросетевые модели распознавания по данным ДЗЗ из космоса



Детекция опор ВЛ



Классификация видов насаждений:

- лес
- низкий лес
- редколесье



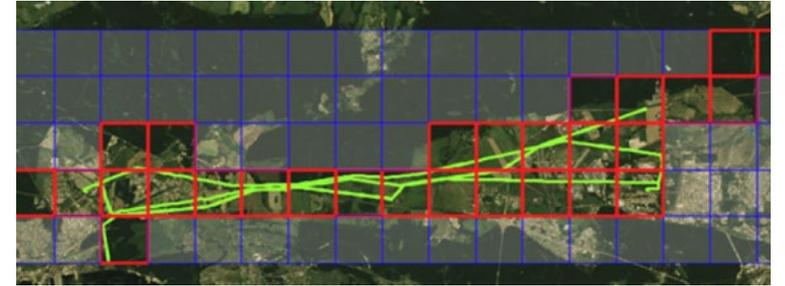
Классификация видов зарастания ВЛ:

- боковое зарастание
- низовая поросль

Основные процессы сбора и анализа данных

1. Определение с помощью космической съемки зон интереса для проведения детального обследования трасс ВЛ с БПЛА

- а. Проведение ежегодной космической съемки для:
- определения зон зарастания, динамики зарастания, прежде всего в удаленных или малодоступных районах (выявление с использованием технологий ДЗЗ и ИИ участков, в пределах которых необходимо осуществлять расчистку территорий)
 - выявление опор ВЛ с целью привязки трасс ВЛ и построения маршрута облета БПЛА, а также инвентаризации ВЛ на удаленных и труднодоступных территориях, в новых субъектах РФ
- б. Предварительное планирование объемов работ по вырубке ДКР



Основные процессы сбора и анализа данных

2. Детальное обследование с использованием БПЛА участков с нарушениями охранных зон ВЛ, выявленных космической съемкой

- а. Построение маршрута движения для автоматического полета вдоль исследуемого объекта
- б. Автоматизированный облет трассы ВЛ с применением БПЛА включает в себя:
 - Облет БПЛА трассы и охранной зоны ВЛ
 - Автоматизированное построение ортофотопланов по результатам облета
 - Распознавание опор на ортофотоплане, определение координат опор ВЛ
 - Построение цифровой модели трассы ВЛ
 - Выявление ДКР и угрожающих деревьев
 - Актуализация цифрового паспорта ВЛ в части наличия ДКР в охранной зоне ВЛ и угрожающих деревьев за пределами охранной зоны ВЛ (ГОСТ Р 58087-2018)



Основные процессы сбора и анализа данных

2. Детальное обследование выявленных участков с использованием БПЛА

с. Детальная оценка объема работ по вырубке и расчистке ДКР (в соответствии с типовой методикой)

d. Сопутствующие результаты работ по данным облета БПЛА:

- Инвентаризация ВЛ (работы по паспортизации и учету для удаленных и труднодоступных территорий, новых субъектов РФ)
- Выявление нарушений в охранных зонах ВЛ (контроль незаконного строительства)
- Фото и видео фиксация опор, проводов, изоляторов и вспомогательной арматуры ВЛ, выявление дефектов ВЛ



Основные процессы сбора и анализа данных

3. Контроль качества расчистки трасс ВЛ на основе данных космической съемки

- а. Проведение космической съемки непосредственно после выполнения работ по расчистке просек ВЛ подрядными организациями
- б. Оценка выполненных работ по вырубке ДКР и очистке просеки ВЛ от порубочных остатков



Функционал разрабатываемых геосервисов

Пакетная загрузка массивов данных различных видов съемки, выполняемой с космических аппаратов и БПЛА

Предварительная обработка данных ДЗЗ с автоматическим формированием ортофотопланов и ЦММ

Выгрузка данных для структурных подразделений, отвечающих за ликвидацию нарушений, и подразделений, контролирующих выполнение работ

Комплексный анализ получаемых геоданных и паспортных данных ВЛ, формирование настраиваемой отчетности по запросам пользователей, а также оповещений для специалистов по техническому обслуживанию ВЛ

Автоматическое определение и классификация зарастания охранных зон ВЛ и дефектов ВЛ с использованием математических моделей нейронных сетей

Регистрация, хранение и учет данных о зарастании охранных зон ВЛ и дефектах ВЛ

Заполнение и актуализация форм электронного паспорта ВЛ в соответствии с ГОСТ Р 58087-2018

Интеграция программного комплекса с корпоративной информационной системой (ГИС/SAP) сетевой организации с обеспечением экспорта в КИС результатов геоаналитики, отчетов и импорта из КИС справочников (НСИ), а также информации о результатах устранения зарастания охранных зон ВЛ и дефектов ВЛ

Спасибо за внимание!

Контактная информация:

Низамова Диана

Руководитель центра ГИС

+7 (987) 222-50-62
d.nizamova@innopolis.ru
Telegram: @DianaNizamova

Мисбахов Ринат

Руководитель центра энергетики

+7 (917) 222-87-87
r.misbakhov@innopolis.ru
Telegram: @zerdex_energy

