

УДК 620.4, 528.7

**МОНИТОРИНГ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК С ПОМОЩЬЮ
БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
MONITORING OF PHOTOVOLTAIC UNITS USING
UNMANNED AIRCRAFT**

А.А. Кожух, М.Ю. Нагорнюк

Научный руководитель – С.А. Качан, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Kozhykh, M. Nagornyuk

Supervisor – S. Kachan, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: показано, что срок службы и рентабельность солнечной фотоэлектрической электростанции зависит от регулярного и эффективного технического обслуживания. Перечислены особенности и преимущества использования для инспекции и наблюдения беспилотных летательных аппаратов. Рассмотрен алгоритм для отслеживания линии компьютерного зрения на фотоэлектрических установках с использованием беспилотных летательных аппаратов.

Abstract: it has been shown that the service life and profitability of a solar photovoltaic power plant depends on regular and effective maintenance. The features and advantages of using unmanned aerial vehicles for inspection and surveillance are listed. An algorithm for computer vision line tracking on photovoltaic installations using unmanned aerial vehicles is considered.

Ключевые слова: фотоэлектрический модуль, беспилотный летательный аппарат, инспекция, поиск дефектов.

Keywords: photovoltaic module, unmanned aerial vehicle, inspection, defect detection.

Введение

За последние десятилетия в фотоэлектрическом секторе наблюдался очень быстрый рост производительности благодаря сочетанию экономических стимулов, предлагаемых многими странами, и общего внимания мирового рынка к возобновляемым источникам энергии. Срок службы солнечной фотоэлектрической электростанции зависит от регулярного и эффективного технического обслуживания, которое оказывает ключевое влияние на рентабельность фотоэлектрических установок.

Основная часть

Исследования показывают весьма высокую повреждаемость фотоэлектрических модулей. Так, по данным [1], влияние дефектов на фотоэлектрические модули может увеличить нормированную стоимость энергии примерно на 5%. При этом среди всех возможных дефектов наиболее распространены поверхностные [1].

Одни из первых тестов, который был введен для поиска дефектов – это визуальный осмотр, который может обнаруживать расслоения, коррозию, повреждение стекла и другое.

Визуальный осмотр, проводимый экспертом эффективен, но, поскольку солнечные панели используют большие площади земли, проверки могут занимать длительный период времени и требовать значительных затрат, однако можно существенно сократить расходы на инспекции и наблюдение за счет использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Во время проверки солнечных панелей сервисная группа должна охватить всю территорию фотоэлектрической электростанции с помощью портативных камер, что является утомительной и трудоемкой задачей. При использовании БПЛА с камерой на борту можно обеспечить тот же осмотр всей солнечной электростанции, оставаясь в одном месте (или сменив всего несколько мест) (рисунок 1) [2].



Рисунок 1 – Использование БПЛА для проверки фотоэлектрических панелей [2]

Автономный контроль таких систем является многообещающей технологией, особенно для крупных электростанций.

Основным преимуществом применения БПЛА является очень малое время, необходимое для сбора данных, но при этом создается большой их объем, который необходимо обработать.

Применяя БПЛА можно получить изображение фотоэлектрического модуля в видимом спектре света, а также в инфракрасном излучении. Последнее активно используется для диагностики, поскольку помогает обнаруживать более широкий спектр дефектов [1].

Тепловизоры способны заметить повышение температуры фотоэлектрического модуля всего в несколько десятых градуса и передать соответствующие GPS-координаты в компьютер [2], что позволяет бригадам

технического обслуживания получать информацию практически в режиме реального времени и оперативно устранять недостатки.

Изображения, полученные с БПЛА, могут обрабатываться как опытным пользователем, так и с помощью вычислительных методов постобработки изображений, которые позволяют быстро и эффективно обрабатывать большие объемы данных, обеспечивая конкурентоспособность всего процесса.

Передовые методы обработки данных касаются анализа состояния работоспособности каждого модуля. Этот анализ может быть выполнен с использованием детерминированных алгоритмов или методов искусственного интеллекта, таких как глубокое обучение.

При использовании автоматизированной обработки изображений необходимо учитывать следующее:

- во-первых, для крупных фотоэлектрических установок доступ к окончательной информации может быть очень затруднен и, таким образом, может замедлить общие операции по техническому обслуживанию. Для преодоления этой проблемы внедряются передовые методы обработки для автоматического индексирования информации в базе данных фотоэлектрической установки и для обеспечения лучшего пользовательского интерфейса;
- во-вторых, полет БПЛА должен четко соответствовать требованиям с точки зрения точности и разрешения этапа постобработки. В частности, изображения должны быть правильно ориентированы и получены в заданном диапазоне высот. Система управления полетом БПЛА должна позволять получать точные изображения в визуальном и тепловом спектре воспроизводимым и эффективным способом.

Требуемое разрешение для постобработки является ключевым фактором для разработки правильного плана полета: для достижения разрешения, необходимого для обнаружения дефектов, необходим правильный компромисс между высотой полета и точностью датчика БПЛА.

Как правило, предпочтительна малая высота полета, что создает проблемы при планировании траектории движения БПЛА.

Представляют интерес исследования по управлению полетом.

Например, в [1] разработана методика коррекции в реальном времени траектории полета мультироторного БПЛА для осмотра фотоэлектрических установок с использованием информации, поступающей от дополнительных датчиков, в частности камер. Разработанный и протестированный в соответствующей среде моделирования алгоритм наведения на основе зрения показал способность восстанавливать расстояние со средней ошибкой 5 см.

Задача управления транспортным средством или, вообще, роботом с использованием информации обратной связи, поступающей от датчика зрения, называется визуальным сопровождением.

Для отслеживания линии компьютерного зрения на фотоэлектрических установках с использованием БПЛА, обычно применяют следующий алгоритм:

- Захват изображения. Сначала БПЛА делает фотографию области с фотоэлектрической установкой, используя встроенную камеру или

- специальную камеру с высоким разрешением.
- Предварительная обработка. Полученное изображение подвергается предварительной обработке, включая сжатие, улучшение контраста и устранение шума для повышения качества данных.
 - Сегментация изображения. Линии, которые нужно отслеживать, выделяются от фона. Это может быть достигнуто с использованием методов бинаризации, фильтрации по цвету или использованием сверточных нейронных сетей.
 - Отслеживание движения. Для отслеживания линий на последовательных кадрах, применяют алгоритмы отслеживания движения, которые могут определять перемещение линий и их изменение во времени.
 - Оценка положения линий. На этом этапе определяется точное положение линий на изображении. Для поиска линий можно использовать такие методы, как преобразование Хафа.
 - Коррекция ошибок. Иногда линии могут быть неверно обнаружены из-за шума или других факторов, поэтому важно реализовать механизм коррекции ошибок, чтобы убедиться, что линии правильно отслеживаются.
 - Управление. После определения положения линий, БПЛА может корректировать свое положение и ориентацию, чтобы поддерживать нужное положение относительно фотоэлектрической установки. Это может включать в себя регулировку высоты, направления и скорости полета.

Описанный алгоритм обычно выполняется в цикле на каждом новом кадре, что позволяет БПЛА непрерывно отслеживать и корректировать свое положение.

Заключение

Отметим, что по данным [1] стоимость автоматической проверки по сравнению с производством энергии фотоэлектрической установкой мощностью более 4 МВт полностью окупается за один год, учитывая всего 1,5% отказов фотоэлектрических модулей.

Литература

1. A Computer Vision Line-Tracking Algorithm for Automatic UAV Photovoltaic Plants Monitoring Applications / G. Roggi, A. Niccolai, F. Grimaccia, M. Lovera. – 14 February 2020. – Energy 13(4):838.
2. Умные дроны на солнечных электростанциях: инновационная проверка солнечных панелей от ДТЭК ВИЭ [Электронный ресурс] / Сегодня. Новости экономики. – Режим доступа: <https://economics.segodnya.ua/economics/enews/umnye-drony-na-solnechnyh-elektrostantsiyah-innovacionnaya-proverka-solnechnyh-paneley-ot-dtek-vie-1492353.html> /. – Дата доступа: 08.10.2023.