

П.А. Протас, доц., канд. техн. наук;
 А.А. Беляков, зав. лабораторией;
 И.А. Евкович, асп.
 (БГТУ, г. Минск)

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММИРУЕМЫХ КВАДРОКОПТЕРОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПОВРЕЖДЕННЫХ ЛЕСОНАСАЖДЕНИЙ

Проблема стихийных бедствий в лесном фонде (ветровалы, буреломы) становится в последние годы все более актуальной и требует проведения исследований с целью разработки эффективных методов и средств для ликвидации их последствий.

Наиболее разрушительный ветровал в Беларуси произошел в 2016 году, в результате которого площадь поврежденных лесонасаждений с различной степенью интенсивности составила 110 тыс. га, а объем поврежденной древесины – около 6 млн м³ или 25% от годового объема заготовки лесоматериалов в стране. За 2024 год ущерб от ветровалов составил в общем объеме более 6,5 млн м³ поврежденной древесины на площади 100 тыс. га.

Основные сведения по годам о повреждении лесных насаждений неблагоприятными факторами окружающей среды приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Повреждение насаждений ветровалами

Год	Повреждено всего		Фактически проведены всего	
	га	т. кбм		
	га	т. кбм		
Ветровалы по РБ				
2012	43601,8	993,24	—	—
2013	40024,3	656,63	39886,7	649,27
2014	62607,5	1402,36	62170,5	1388,08
2015	66115,2	1149,58	65580,4	1140,23
2016	110684,8	5905,95	95402,2	5426,22
2017	37677,3	1064,01	37227,7	1028,56
2018	21895,0	429,89	21866,9	426,95
2019	37718,1	1122,80	37640,7	1112,90
2020	52770,0	1327,04	52522,2	1314,75
2021	46317,2	1034,01	46156,3	1013,20
2022	89216,9	5434,06	85722,3	5131,39
2024	100000,0	6500,00	90000,0	6000,00

Сегодня в виду проблем стихийных бедствий, ветровалов и буреломов для оперативного освоения лесфонда, отвода его в рубку,

уборки захламленности, необходимо проводить мониторинг поврежденных лесных насаждений в короткие сроки и с соответствующим качеством. Наземные способы и средства определения границ поврежденных участков, используемые при отводе поврежденных лесных насаждений, а также оценки степени и характеристик повреждения являются малоэффективными и сопряжены с повышенным риском для работников лесного хозяйства.

Для разработки мероприятий по ликвидации последствий стихийных бедствий в лесхозах требуется оперативное обследование поврежденных участков с их оценкой по ряду параметров.

Выходом из данной ситуации может служить аэрофотосъемка с использованием БПЛА, позволяющих оперативно и со сравнительно низкой себестоимостью произвести качественную съемку высокого разрешения с применением приборов геопозиционирования с последующим созданием фотоплана и его обработкой в геоинформационной системе (ГИС) для планирования мероприятий по ликвидации последствий негативного воздействия.

Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в лесном хозяйстве сегодня широко практикуется в лесохозяйственных учреждениях Республики Беларусь. При этом, воздушный мониторинг леса представляет собой систему регулярных наблюдений за состоянием лесов с целью оценки и прогноза его изменения. Регулярный мониторинг лесных земель помогает актуализировать электронную документацию и сопоставить ее с прогнозируемыми ранее результатами.

В текущее время широкое распространения для решения подобных задач используются такие БПЛА как: DJI Matrice 300 RTK Combo, Hubsan Ace Pro RTF 64GB, Walkera QR X350 Pro с передатчиком Devo 10, DJI Phantom 4 RTK SE Combo, DJI P4 Multispectral, Mavic2 Enterprise.

Однако выполненный анализ показал, что применение таких БПЛА требует больших капитальных вложений. Например, один из самых популярных на рынке БПЛА DJI Phantom 4 RTK SE Combo в комплекте стоит 29400,00 белорусский рублей. При этом есть необходимость в покупке дополнительных аккумуляторов. Кроме того, для мониторинга ветровало-буреломных участков лесфонда требуется большое количество действий с участием оператора, что снижает эффективность и усложняет процесс освоения таких участков.

Одним из способов повышения эффективности с меньшими капитальными вложениями применения БПЛА является использование для данных целей программируемых квадрокоптеров. Например, стоимость ARA EDU варьируется от 7000,00 до 10000,00 белорусских

рублей. При этом, с данным типом БПЛА для автоматизации полетов есть возможность применять следующие нейронные сети:

- YOLO (You Only Look Once). Сеть для обнаружения объектов в реальном времени, которая может быть полезна для распознавания объектов во время полета;

- Сети глубокого обучения с подкреплением (Reinforcement Learning). Используются для обучения квадрокоптера выполнять задачи, такие как автономная навигация и управление полетом;

- Рекуррентные нейронные сети (RNN). Могут быть применены для анализа временных рядов, таких как данные с сенсоров квадрокоптера;

- Конволюционные нейронные сети (CNN). Используются для обработки изображений и видео. Например, для распознавания объектов или навигации по визуальным данным.

Применение подобных нейронных сетей в области квадрокоптеров представляет собой значительный шаг вперед в автоматизации, обработке данных и оптимизации их функциональных возможностей. Ниже приведены ключевые аспекты, подчеркивающие преимущества внедрения нейросетевых технологий в данную сферу:

1. Автономная навигация.

Нейронные сети могут быть эффективно использованы для повышения точности и надежности систем автономной навигации квадрокоптеров. Они способны обрабатывать многомодальные данные с различных датчиков (например, камер и лидаров) в реальном времени, что позволяет дрону эффективно идентифицировать и избегать препятствий, а также оптимизировать маршруты.

2. Обработка изображений.

С применением нейронных сетей квадрокоптеры получают возможность анализировать изображения и видеопотоки, полученные в процессе полета. Это позволяет осуществлять детекцию объектов, таких как деревья, линий электропередач или люди, а также проводить классификацию и сегментацию изображений для мониторинга состояния экосистем и инфраструктуры.

3. Улучшение качества данных.

Нейронные сети могут быть использованы для фильтрации и улучшения качества данных, получаемых от сенсоров квадрокоптеров. Это включает в себя процессы коррекции искажений изображений и повышения разрешения, что значительно улучшает точность анализа.

4. Анализ данных в реальном времени.

Благодаря высокой скорости обработки больших объемов ин-

формации нейронные сети позволяют квадрокоптерам выполнять анализ данных в реальном времени. Это особенно актуально в сценариях, требующих оперативного реагирования, таких как поисково-спасательные операции или мониторинг чрезвычайных ситуаций (лесные пожары).

5. Прогнозирование и моделирование.

Нейронные сети могут быть применены для прогнозирования изменений в окружающей среде на основе собранных данных. Например, они могут предсказывать распространение лесных пожаров или динамику состояния экосистем, что способствует принятию проактивных мер по предотвращению негативных последствий.

6. Обучение на основе опыта.

Нейронные сети обладают способностью к обучению на основе предыдущего опыта, что позволяет квадрокоптерам адаптироваться к различным условиям полета и специфическим задачам. Это делает их более универсальными и эффективными в разнообразных сценариях применения.

7. Интеграция с IoT.

Квадрокоптеры, оснащенные нейронными сетями, могут быть интегрированы в экосистемы Интернета вещей (IoT), что обеспечивает обмен данными с другими устройствами и системами. Это способствует повышению эффективности операций и улучшению качества принятия решений.

8. Снижение затрат.

Автоматизация процессов анализа и навигации с использованием нейронных сетей может существенно сократить операционные расходы за счет уменьшения необходимости в человеческом вмешательстве и ускорения выполнения задач.

Таким образом, внедрение нейросетевых технологий в управление квадрокоптерами открывает новые возможности для их эффективного использования в различных областях, включая лесное хозяйство, мониторинг окружающей поврежденных лесонасаждений, безопасность и транспортировку.

Это позволит повысить эффективность и безопасность освоения таких участков, а также обеспечить прогрессивные организационные меры по их транспортной доступности.