

вать методы искусственного интеллекта для анализа и интерпретации ДДЗ для целей лесного хозяйства.

Список использованных источников

1. Дешифрование аэроснимков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.derev-grad.ru/lesoustroistvo/deshifirovanie-aerosnimkov.html>. – Дата обращения: 16.01.2026.
2. Кугаевских, А. В. Классические методы машинного обучения : учебное пособие / А. В. Кугаевских, Д. И. Муромцев, О. В. Кирсанова. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2022. – 53 с.
3. Филанович, К. Н. Метод глубокого обучения / К. Н. Филанович // Электронные системы и технологии : сборник тезисов докладов 56-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 18–20 мая 2020 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2020. – С. 505–506.
4. Гумеров, А. Ф. Использование платформы Google Earth Engine для мониторинга агроэкосистем / А. Ф. Гумеров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса : материалы 21-й Международной конференции. – Москва : ИКИ РАН, 2023. – С. 359. – DOI 10.21046/21DZZconf-2023a.
5. Dzetsaka plugin for QGIS [Electronic resource] / GitHub. – Mode of access: <https://github.com/nkarasiak/dzetsaka/>. – Дата обращения: 16.01.2026.

УДК 630*578.5

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА ЛЕСОВ**

Шульга Е. А.

аспирант кафедры лесоустройства,
Белорусский государственный технологический университет

Шумченя К. Д.

студент лесохозяйственного факультета,
Белорусский государственный технологический университет

Толкач И. В.

доцент кафедры лесоустройства, канд. с.-х. наук,
Белорусский государственный технологический университет

Введение. Лесное хозяйство Беларуси, успешно реализуя принципы неистощимого многоцелевого лесопользования, имеет важное значение для стабильного функционирования лесного сектора страны, вносит весомый вклад в выполнение подписанных нашей страной международных договоров глобального уровня в сфере охраны окружающей среды.

Лесные богатства Республики Беларусь требует постоянных мероприятий по охране и защите леса, проведение которых невоз-

можно без авиации. К лесоавиационным работам относятся: авиационная охрана (патрулирование) лесов от пожаров и тушение их с применением авиации; аэрофотосъемка лесов; аэротаксация лесов; лесопатологическое обследование; фенологические наблюдения; авиационно-химические работы по борьбе с вредителями лесов, нежелательной древесно-кустарниковой растительностью; аэросев леса; авиаобслуживание лесной промышленности, лесозаготовок и лесосплава [1].

Беспилотные летательные аппараты широко используются в лесном хозяйстве, но на сегодняшний день существует ряд трудностей. Это связано с большой стоимостью летательного аппарата, недостатком операторов, осуществляющих управление с БЛА, устаревшие нормативно-правовые акты, регулирующие использование БЛА [2]. Также следует отметить, что применение БЛА в практике лесного хозяйства не имеет серьезной теоретической базы, учитывающей особенности техники, оптимизацию режимов полетов и необходимое количество аппаратов, что существенно снижает их практические возможности и результативность. БЛА должны рассматриваться как элементы единой информационной системы совместно с действующими в лесном хозяйстве информационными системами [3].

Основная часть. Состояние и продуктивность лесных насаждений в значительной степени зависят от негативного воздействия многих неблагоприятных факторов окружающей среды. С целью контроля качества окружающей среды и оценки ее влияния на состояние лесных экосистем в Республике Беларусь с 1989 года начаты работы по организации и внедрению лесопатологического мониторинга лесов.

Основной целью лесопатологического мониторинга является своевременное обнаружение неблагополучных по состоянию участков леса, раннее выявление случаев массового ослабления и усыхания насаждений под влиянием стихийных бедствий (засух, пожаров, буреломов и ветровалов, промышленных выбросов), очагов вредных насекомых и грибных болезней, других неблагоприятных явлений природного и антропогенного характера, получение достоверной информации о санитарном состоянии лесов для принятия организационных, лесозащитных и других решений [4].

В настоящее время имеется проблема оперативного мониторинга состояния лесного фонда на контрольных участках. Требуется обеспечение периодичности осмотра нескольких десятков участков, расположенных в удаленных труднодоступных районах

по территории региона (субъекта) с целью своевременного выявления отрицательных лесопатологических тенденций.

Решение технологических задач включает проведение автоматического полета по заданному маршруту с удалением свыше 100 км от точки старта; выполнение полетов по маршруту в воздушном пространстве; проведение аэрофотосъемки в контрольных точках с требуемыми характеристиками. В связи с этим актуальной становится задача применения беспилотных летательных аппаратов для лесопатологического мониторинга состояния участков лесного фонда. Поставленные задачи могут быть решены БЛА среднего и большого класса.

Это позволит заблаговременно выявлять районы с негативными лесопатологическими тенденциями, снизить затраты на проведение планового мониторинга состояния лесов, адресное использование ресурсов служб по защите леса, предотвратить возможного ущерба за счет своевременности реализации лесозащитных мероприятий. Полеты по оценке лесопатологического и санитарного состояния лесов выполняются на высоте 600–800 м.

Для мониторинга местности применяются следующие бортовые целевые нагрузки: видеокамеры оптического диапазона; фотоаппараты оптического диапазона. В процессе полета, после взлета и набора высоты, оператор путем просмотра видеоизображения, передаваемого с БЛА в режиме реального времени, ведет наблюдение за пролетаемой местностью.

Также с применением беспилотных летательных технологий выполняют определенный тип съемки, дальнейшая обработка материалов которой позволяет выполнить анализ полученных данных с определением лесопатологического состояния лесных насаждений на аэрофотоснимке, космическом снимке или ортофотоплане. По полученным данным анализа съемки выполняется полевое обследование и назначаются лесозащитные мероприятия.

Достоинствами использования съемки лесов с БЛА перед традиционными дистанционными методами являются:

1. Высокое пространственное разрешение. Применение БЛА позволяет получить аэрофотоснимки с разрешением до 1 см на пиксель и стереопары снимков очень высокого разрешения для создания цифровых моделей местности высокой точности;

2. Оперативность БЛА можно использовать для проведения съемки, где и когда необходимо. Кроме того, они могут работать по

фрагментированным участкам. Подготовка БЛА к вылету занимает от 3 до 10 мин. Получить и обработать снимки на любую территорию можно через 30 мин после появления необходимости съемки территории и прибытия на место;

3. Независимость от облачности. Получение снимков под облаками возможно и в облачные дни. При этом системы космической съемки должны работать месяцами для получения четкой информации о необходимом участке без облаков, что особенно актуально для северных регионов. Аэрофотосъемка территории с применением БЛА дает возможность выбора погодных условий и времени суток для проведения работ;

4. Относительное снижение стоимости работ. По сравнению с использованием пилотируемой авиации и космических спутников применение БЛА является менее затратным мероприятием. Экономически выгодно использовать БЛА малых классов (менее 20 кг) в течение короткого периода времени. Применение более крупных и дорогих БЛА с большим потреблением топлива влечет за собой увеличение расходов на содержание и обслуживание техники и перестает быть преимуществом с экономической точки зрения, уступая пилотируемой авиации и в производительности [5].

Кроме указанных достоинств беспилотников и преимуществ использования БЛА перед традиционными дистанционными методами существуют и недостатки. Широкое применение БЛА связано с рядом проблем:

1. Согласование полетов и аэрофотосъемочных работ. Маршрут полетов нужно согласовать. Необходимо запрашивать разрешение у диспетчера УВД на начало работ за час до вылета и докладывать о ходе работы и окончании полетов. Для проведения аэрофотосъемочных работ необходимо получить разрешение на проведение съемок на определенной территории, иметь в наличии соответствующие лицензии, в том числе лицензию на осуществление работ, связанных с использованием сведений, составляющих государственную тайну;

2. Необходимость надежного канала связи. Использование видеорежима в реальном времени требует надежного канала радиосвязи. Несмотря на значительную дальность полета, у большинства БЛА радиус действия в режиме трансляции видеоинформации ограничен, увеличить который можно путем усложнения и удорожания комплекса;

3. Ограничения по выбору места запуска. В таежных условиях даже вертолетная площадка для транспортного воздушного судна

типа Ми-8 может быть не пригодна для старта высокотехнологичного беспилотника;

4. Зависимость от погодных условий. Запускать БЛА можно при скорости ветра на старте до 10 м/с. В сильный дождь использование БЛА не представляется возможным. У большинства коптеров производители заявляют минимальную температуру эксплуатации 0°C;

5. Небольшая площадь съемки. Ограничивающим фактором применения БЛА является небольшая площадь съемки по сравнению с материалами съемки Земли из космоса [5].

Обработка данных с БЛА производится в несколько этапов. В качестве программного обеспечения используются такие продукты, как Pix4Dcapture, Agisoft Metashape и другие.

Agisoft PhotoScan позволяет автоматически создавать высококачественные 3D модели объектов на основе цифровых фотографий. PhotoScan способен обрабатывать любые фотографии, снятые любым цифровым фотоаппаратом, с любых ракурсов. Главное, чтобы каждый элемент реконструируемого объекта был виден хотя бы с двух позиций съемки. Процесс обработки фотографий полностью автоматизирован и не требует предварительной калибровки камер или ручной маркировки фотографий [6].

Для данных аэрофотосъемки используется программное обеспечение ArcGis. ArcGIS представляет собой полную систему, которая позволяет собирать, организовывать, управлять, анализировать, обмениваться и распределять географическую информацию [7].

В ПО ArcGis можно выполнить анализ с визуальным определением участков повреждений на снимке (ветровалов, усыханий), сформировав их в отдельном слое или провести анализ и отметить участки повреждений на бумажной выкопировке и использовать ее при полевом обследовании.

После этапов обработки и анализа материалов аэрофотосъемки, полученных с БЛА, по лесопатологическому состоянию лесных насаждений планируются работы по полевому обследованию, где формируется маршрут обследования с посещением всех выявленных на материалах съемки повреждений. При посещении участка в натуре назначают санитарно-оздоровительное мероприятие.

Заключение. Республика Беларусь обладает обширными лесными богатствами, требующими постоянных мероприятий по охране и защите леса. Беспилотные системы для лесной отрасли уже не

являются чем-то новым и непривычным. Их активно применяют во многих регионах для решения различных лесохозяйственных задач. Таким образом, направление развития БЛА идет от «универсальности» в сторону «специализации» беспилотных аппаратов и самих комплексов на «унифицированных» платформах управления, т. е. комплексы, в перспективе, будут создаваться исключительно под целевые требования заказчика. Данный подход позволяет снизить стоимость как самого комплекса, так и удельные затраты в период его эксплуатации за счет оптимизации выполнения полетов.

Список использованных источников

1. Мяков Д. Ю., Могилянец Р. И. Применение беспилотных летательных аппаратов для мониторинга состояния лесного хозяйства // Труды БГТУ. – Минск: БГТУ, 2013. – №2 Лесопромышленный комплекс. Транспортно-технологические вопросы. – С. 89–92.
2. Костин П. И. Применение беспилотных летательных аппаратов в лесном // Вестник науки и образования. 2022. №1-2 (121). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-vlesnom-hozyaystve> – Дата обращения: 22.01.2026.
3. Моисеев В. С. Основы теории эффективного применения беспилотных летательных аппаратов: моногр. Казань: Школа, 2015. – 444 с.
4. Инструкция по организации и ведению лесопатологического мониторинга в лесах Республики Беларусь. – Минск: Комитет лесного хозяйства при Совете министров РБ, 2002. 23.
5. Богданов А. П. Аэрокосмические методы и геоинформационные системы в лесном деле: учебное пособие / А.П. Богданов, С.В. Третьяков; Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. Ломоносова. – Архангельск: САФУ, 2021. – 129 с.
6. Руководство пользователя Agisoft PhotoScan Professional Edition, версия 0.9.0 [Электронный ресурс] – <http://poleos.ru/up/one/one87.pdf> – Дата обращения: 22.01.2026.
7. ArcGIS Resources [Электронный ресурс] – <https://resources.arcgis.com/ru/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm> – Дата обращения: 22.01.2026.

УДК 004.056:02

МЕТОДЫ АНОНИМИЗАЦИИ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ БИБЛИОТЕК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Юнчик К. Г.

библиотекарь Белорусской сельскохозяйственной библиотеки
им. И. С. Лупиновича Национальной академии наук Беларуси

На современном этапе технологического прогресса, в узкой и специализированной области библиотечно-информационной сферы особое значение приобретает вопрос защиты персональных данных пользователей. Современные библиотеки активно внедряют и используют в своей деятельности интеллектуальные сервисы: элек-