

Заключение

В процессе тестирования функциональности разработанной системы контроля и управления доступом в помещение было установлено, что система демонстрирует более высокую точность распознавания лиц при естественном освещении, как иллюстрируется на рисунке 5. Это явление можно объяснить тем, что боковое освещение способствует более равномерному распределению светового потока по поверхности лица посетителя, что, в свою очередь, улучшает фокусировку и детализацию изображения. В условиях искусственного освещения точность работы алгоритма снижается, что, вероятно, обусловлено влиянием верхнего источника света, создающего тени и ухудшающего восприятие лицевых признаков системой. Кроме того, было установлено, что среднее время обработки запроса на доступ составляет примерно 17 секунд. Этот показатель является приемлемым для индивидуального пропуска посетителей. Однако в условиях повышенной нагрузки, например, при массовом скоплении людей, данный временной интервал может быть неудобным, что приведет к снижению пропускной способности системы и возможным задержкам в процессе входа.

Список литературы

1. Шоланов К.С. Основы мехатроники и робототехники : учебник для студентов технических специальностей вузов Казахстана. – Алматы : издательство «ЭВЕРО», 2015. – С. 13–23;
2. ГОСТ Р 51241-2008 – «Средства и системы контроля и управления доступом. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний».
3. Андреев В.В., Ульянов А.А. Детали машин и основы конструирования. Курсовое проектирование: учеб. пособие – изд. 5-е. – Н. Новгород : НГТУ им Р.Е. Алексеева, 2019. – 270 с.

Мачука Мендоса Кристиан Родриго (Эквадор)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Марков Николай Григорьевич, д.т.н., профессор ОИТ, ИШИТР

ОБНАРУЖЕНИЕ ОЧАГОВ СТВОЛОВЫХ ВРЕДИТЕЛЕЙ ДЕРЕВЬЕВ ПИХТЫ ПРИ ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ

Аннотация: Предложена методика оперативного выявления очагов уссурийского полиграфа в пихтовых лесах на основе анализа изображений лесов высокого разрешения. Методика включает ряд этапов, начиная с мультиклас-

сификации деревьев пихты по степени повреждения на изображениях и выявления возраста деревьев по площади крон на маске сегментации изображений и заканчивая этапом принятия решения о наличии очага уссурийского полиграфа на исследуемом участке пихтового леса.

Ключевые слова: лесопатологический мониторинг хвойных лесов, дистанционное зондирование, методика оперативного выявления очагов уссурийского полиграфа, сверточная нейронная сеть, анализ изображений

Введение

Распространение уссурийского полиграфа в пихтовых лесах России сегодня приобрело характер экологической катастрофы. Действительно, по последним данным Рослесхоза, опубликованным в 2023 г., этот опасный стволовой вредитель уже нанес непоправимый ущерб более чем 300 тысячам гектаров ценных лесных массивов пихты [1]. Существующие методы мониторинга хвойных лесов, основанные преимущественно на наземных обследованиях, имеют ряд серьезных ограничений. Прежде всего, они требуют значительных временных и трудовых затрат и позволяют выявлять очаги поражения деревьев только на поздних стадиях, когда значительная часть древостоя уже не подлежит восстановлению [2]. В сложившейся ситуации особую актуальность приобретает разработка и внедрение современных автоматизированных систем раннего обнаружения очагов вредителей, основанных на передовых методах и технологиях дистанционного зондирования Земли. Такие методы и системы позволят не только оперативно выявлять очаги, но и существенно повысят эффективность всего комплекса лесозащитных мероприятий.

Целью данной работы является разработка методики оперативного выявления очагов уссурийского полиграфа в пихтовых лесах на основе анализа изображений высокого разрешения, полученных с помощью фотоаппаратуры, установленной на беспилотном летательном аппарате (БПЛА).

Методика обнаружения очагов уссурийского полиграфа

В основу нашего исследования положен комплексный подход, сочетающий методы дистанционного зондирования лесных массивов и компьютерного зрения для оперативного выявления очагов размножения уссурийского полиграфа в пихтовых лесах. В рамках этого подхода разработана оригинальная методика выявления очагов уссурийского полиграфа. Она включает три ключевых этапа. Этап мультиклассификации пораженных вредителем деревьев пихты на изображениях с БПЛА проводится с помощью разработанной нами ранее модели полносверточной нейронной сети Res-Mo-U-Net [3]. В результате классификации на изображениях высокого разрешения (0,1 м) с БПЛА с помощью этой модели выделяются четыре класса состояния здоровья (степени поражения вредителем) деревьев пихты: «Здоровое», «Отмирающее», «Свежий сухостой» и «Старый сухостой».

На втором этапе сначала происходит вычисление по полученной при классификации маске сегментации площади кроны каждого дерева пихты. Для точного расчета площади кроны при частичном перекрытии крон недостающая часть контура кроны перекрытого дерева пихты достраивается с помощью сплайн-интерполяции. Затем выполняется отнесение каждого дерева в зависимости от площади его кроны к одной из трех возрастных категорий: молодые деревья, средневозрастные и приспевающие/спелые/перестойные деревья. Для учета категории их возраста используются предварительно установленные интервалы площади кроны, с которыми сравнивается площадь кроны каждого дерева.

На третьем этапе методики по результатам выполнения первого и второго этапов принимается решение о наличии очага уссурийского полиграфа на исследуемом участке пихтового леса площадью 1 га. Оно принимается в соответствии с известной методикой обнаружения очагов стволовых вредителей в хвойных лесах [4]. Согласно этой методике, решение о наличии очага вредителей будет положительным, если относительное количество пораженных хвойных деревьев одного возраста на исследуемом участке площадью 1 га (отношение в % числа пораженных деревьев рассматриваемой породы и одного возраста к количеству деревьев этого возраста и рассматриваемой породы) выше пороговых значений отпада деревьев этого возраста в любом из следующих случаев: ≥ 5 % для молодых по возрасту деревьев, ≥ 3 % для средневозрастных и ≥ 2 % для приспевающих/спелых/перестойных деревьев. Отметим, что в случае деревьев пихты пораженными являются как деревья класса «Отмирающее», так и деревья класса «Свежий сухостой». Это означает, что в соответствии с предлагаемой трехэтапной методикой можно проводить анализ и принимать решение о наличии очага как в случае пораженных деревьев класса «Отмирающее», так и в случае пораженных деревьев класса «Свежий сухостой». То есть можно использовать результаты любого из двух вариантов вычислений.

Рассмотрим разработанный алгоритм, реализующий эту методику.

Начало

Шаг 1. Выбор участка леса для исследования и ввод данных

- Выбирается участок пихтового леса площадью 1 га (10 000 м²) на изображении, вводятся его координаты.
- Загружаются результаты мультиклассификации пораженных деревьев пихты для изображения, полученные с помощью нейросетевой модели (маска сегментации, класс каждого дерева, общее количество деревьев пихты M).
- Вводится значение N – процент естественного отпада деревьев для данной местности.

Шаг 2. Определение возрастных категорий деревьев

Задаются интервалы (границы) площади крон (в пикселях):

- S_0 – минимальная площадь кроны для молодых деревьев (1-я категория),
- S_1 – максимальная площадь кроны для молодых деревьев,
- S_2 – максимальная площадь кроны для средневозрастных деревьев (2-я категория). Если площадь кроны $> S_2$, дерево относится к 3-й категории (приспевающие, спелые, перестойные).

Шаг 3. Классификация деревьев по возрасту

Для каждого i -го дерева ($i = 1, 2, \dots, M$):

1. Вычисляется площадь кроны S_i (с учетом сплайн-интерполяции, если часть кроны перекрыта кроной другого дерева).
2. Дерево распределяется в одну из категорий:
 - 1-я категория (молодые): $S_0 \leq S_i \leq S_1$,
 - 2-я категория (средневозрастные): $S_1 < S_i \leq S_2$,
 - 3-я категория (приспевающие/спелые/перестойные): $S_i > S_2$.
3. Формируются списки деревьев каждой категории, подсчитывается их количество (L_1, L_2, L_3).

Шаг 4. Анализ состояния деревьев и выявление очага вредителя

Для каждой возрастной категории ($j = 1, 2, 3$):

4. Подсчитывается количество деревьев:
 - K_{j2} – деревья класса «Отмирающее» (2-й класс здоровья),
 - K_{j3} – деревья класса «Свежий сухостой» (3-й класс здоровья).
5. Проверяются критерии по порогу отпада и принимается решение:

Для молодых деревьев пихты (1-я категория):

- Если $[(K_{j2} / L_j) \times 100 - N] \geq 5 \%$ → вывод: «Очаг вредителей молодых деревьев пихты (1-й вариант расчетов)».
- Если $[(K_{j3} / L_j) \times 100 - N] \geq 5 \%$ → вывод: «Очаг вредителей молодых деревьев (2-й вариант расчетов)».

Для средневозрастных деревьев пихты (2-я категория):

- Если $[(K_{j2} / L_j) \times 100 - N] \geq 3 \%$ → вывод: «Очаг вредителей средневозрастных деревьев пихты (1-й вариант)».
- Если $[(K_{j3} / L_j) \times 100 - N] \geq 3 \%$ → вывод: «Очаг вредителей средневозрастных деревьев (2-й вариант)».

Для приспевающих, спелых и перестойных деревьев пихты (3-я категория):

- Если $[(K_{j2} / L_j) \times 100 - N] \geq 2 \%$ → вывод: «Очаг вредителей приспевающих, спелых и перестойных деревьев (1-й вариант)».
- Если $[(K_{j3} / L_j) \times 100 - N] \geq 2 \%$ → вывод: «Очаг вредителей приспевающих, спелых и перестойных деревьев (2-й вариант)».

Конец

На выходе алгоритма появляются сообщения - выводы о наличии или отсутствии очага вредителей на исследуемом участке для каждой возрастной категории деревьев. Для повышения достоверности результатов в алгоритме используются два варианта оценки – по классам деревьев «Отмирающее» и «Свежий сухостой».

Результаты и их обсуждение

Предложенная модель нейронной сети Res-Mo-U-Net и разработанный алгоритм принятия решения о наличии очага программно-реализованы на языке Python 3 с использованием фреймворка PyTorch.

Для апробации предложенной методики обнаружения очага уссурийского полиграфа был выбран опытный участок пихтового леса площадью 1 га, на котором находятся деревья пихты, пораженные этим стволовым вредителем. Для этого участка имеется RGB-изображение высокого разрешения (рис. 1, а), полученное с использованием БПЛА и приведенное в [3]. В результате мультиклассификации этого изображения с помощью модели Res-Mo-U-Net получена маска сегментации (рис. 1, б).

Из 209 обнаруженных и классифицированных по степени поражения деревьев пихты на опытном участке анализировалось 207, поскольку два дерева не относятся к основному пологу. Затем был проведен анализ маски сегментации изображения участка и рассчитана площадь кроны каждого дерева пихты. Для Томской области ранее выявлены следующие интервалы площади крон: молодые деревья [56,1310] пикселей, средневозрастные [1311,3914] пикселей и приспевающие/спелые/перестойные более 3914 пикселей.

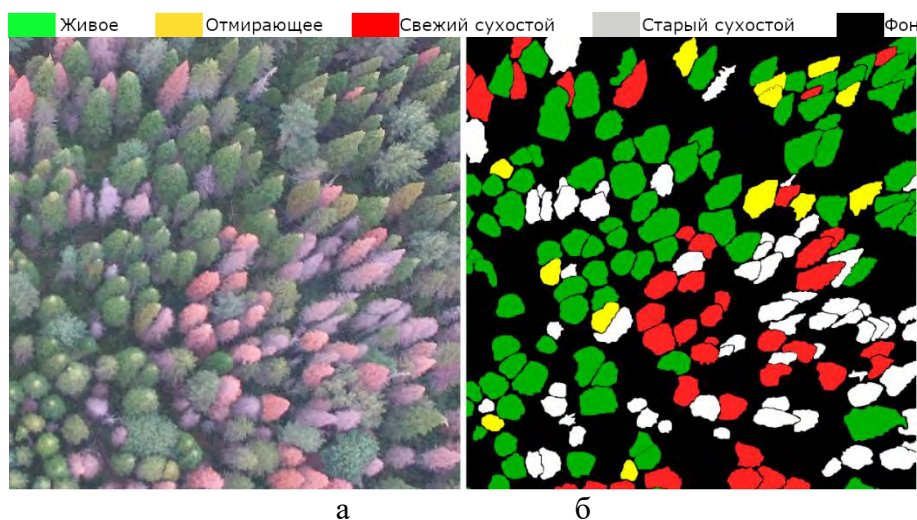


Рис. 1. Результаты мультиклассификации изображения опытного участка, полученные с помощью модели Res-Mo-U-Net; а - исходное изображение опытного участка; б – полученная с помощью модели Res-Mo-U-Net маска сегментации изображения

При этом для этого региона естественный отпад $N = 1\%$. Это позволило отнести каждое дерево к той или иной категории по возрасту. Сделаны расчеты по отпаду деревьев каждой категории возраста и применены соответствующие

решающие правила. При этом получено превышение естественного отпада ($N = 1\%$) по всем трем возрастным категориям и в случае каждого варианта расчетов. Так, из табл. 1 следует, что при учете деревьев только класса «Отмирающее» (первый вариант расчета) фактический отпад составил 8,8 % (молодые деревья, при пороге 5 %), 4,9 % (средневозрастные деревья, порог 3 %) и 2,3 % (приспевающие, спелые и перестойные деревья, порог 2 %). Каждый из этих результатов подтвердил наличие очага. Из табл. 1 следует, что результаты вычислений по второму варианту, то есть в случае деревьев класса «Свежий сухой», для всех категорий деревьев по возрасту только усиливают выводы о наличии очага.

Таблица 1

Результаты выявления очага уссурийского полиграфа на опытном участке

Категория деревьев пихты по возрасту	Количество деревьев пихты по классам состояния здоровья				Всего деревьев по категориям	$\frac{Kj_2}{Lj} * 100 - N, (\%)$	$\frac{Kj_3}{Lj} * 100 - N, (\%)$
	Живое	Отмирающее	Свежий сухой	Старый сухой			
Первая	18	4	11	8	41	8.8	25.8
Вторая	60	8	23	45	136	4.9	15.9
Третья	14	1	5	10	30	2.3	15.7
Всего	92	13	39	63			

Заключение

Разработана и апробирована на опытном участке пихтового леса оригинальная методика оперативного выявления очагов размножения уссурийского полиграфа в пихтовых лесах. Она включает три ключевых этапа: проведение мультиклассификации пораженных вредителем деревьев пихты на изображениях с БПЛА с помощью модели глубокого обучения, вычисление по полученной при классификации маске сегментации площади крон деревьев для отнесения их к определенной категории по возрасту и принятие решения о наличии очага поражения уссурийским полиграфом.

Нетрудно видеть, что данная методика может применяться при проведении лесопатологического мониторинга с целью оперативного выявления очагов других стволовых вредителей иных пород хвойных деревьев.

Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды 2023» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecostr.ru/novosti/gosdoklad-o-sostoyanii-i-ob-ohrane-okruzhayushhej-sredy-2023/> (дата обращения 28.03.2025).
2. Технология мониторинга пихтовых лесов в зоне инвазии уссурийского полиграфа в Сибири [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.imces.ru/media/uploads/tmplziups.pdf> (дата обращения 28.03.2025).
3. Марков Н.Г., Мачука К.Р. Модели и методы глубокого обучения для решения задач дистанционного мониторинга лесных ресурсов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2024. – Т. 335, № 6. – С. 55–74. DOI: 10.18799/24131830/2024/6/4600
4. Маслов А.Д. Методические рекомендации по надзору, учету и прогнозу массовых размножений стволовых вредителей и санитарного состояния лесов. Пушкино: ВНИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства. – 2006. – 68 с.

Нгуен Хоанг Тиен (Вьетнам)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Филипас Александр Александрович канд. техн. наук, доцент

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРОМ KUKA YOUNOT С ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ ПОДХОДОМ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ КИНЕМАТИКИ С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ

Аннотация: Содержание работы посвящено разработке алгоритма решения обратной кинематики мобильного манипулятора KUKA youBot, учитывающего физические ограничения шарнира и исключающего проблему избыточности для задачи управления с 6 параметрами степеней свободы. Предложенный алгоритм обеспечивает новый подход, основанный на геометрических методах, для решения проблемы избыточности без использования дополнительных параметров.

Ключевые слова: обратная кинематика, управление, манипулятор, KUKA youBot, геометрический подход

Введение

Мобильные манипуляторы всегда привлекают повышенное внимание благодаря своей гибкости и возможности применения в различных задачах, вклю-