

УТВЕРЖДАЮ

Ректор

Федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Воронежский государственный
лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»



М.В. Драпалюк

«12» 03 2025 года

ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» на диссертационную работу **Рогачева Дмитрия Игоревича** «Повышение технологической эффективности лесосечных работ с помощью системы поддержки принятия решений оператора валочно-сучкорезно-раскряжевой машины» представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.4. Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины

Представленная на отзыв диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, общих результатов и выводов, списка литературы и трех приложений. Работа изложена на 216 листах машинного текста, содержит 132 рисунка, 26 таблиц. Список литературы содержит 186 наименований.

Актуальность темы диссертационной работы

Актуальность диссертационной работы «Повышение технологической эффективности лесосечных работ с помощью системы поддержки принятия решений оператора валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины» обусловлена тем, что, несмотря на технологическое совершенство ВСРМ, значительная часть времени тратится на операции, зависящие от квалификации и опыта оператора, такие как наведение манипулятора и перемещение между деревьями. В условиях растущей конкуренции и необходимости снижения себестоимости древесины, повышение эффективности работы оператора ВСРМ становится критически важным. Предлагаемая концепция системы поддержки принятия решений, основанная на использовании машинного зрения для извлечения таксационных параметров дерева (угол наклона, масса, пространственное положение), и последующем определении допустимых зон валки, направлена на оптимизацию позиционирования ВСРМ и сокращение времени, затрачиваемого на манипуляции. Это не только повысит производительность, но и снизит утомляемость оператора, улучшит условия труда и повысит безопасность работ. Тем самым, диссертация предлагает решение, способное значительно повысить производительность лесозаготовительных работ за счет уменьшения влияния человеческого фактора и рационального выбора места технологической остановки, что делает ее исследование востребованным и актуальным, а также перспективным с точки зрения внедрения в практику лесозаготовительных предприятий. В условиях все более жестких требований к экологичности лесозаготовок, оптимизация работы ВСРМ также способствует снижению потребления топлива и минимизации воздействия на окружающую среду.

Основные научные результаты и их значимость для науки и производства.

Основные научные результаты

1. Разработана математическая модель для аналитической оценки количества лучей лазерного сканера LiDAR, пересекающих ствол дерева, данная модель служит теоретической основой для обоснования возможности применения

сканера LiDAR в целях автоматизации и информатизации управления лесозаготовительной машиной, отличающаяся учётом характеристик образующей древесного ствола и местоположения сканера на базовой машине.

2. Разработан алгоритм фильтрации шумов облака точек, полученного при наземном лазерном сканировании участка леса, с целью повышения точности работы неразрушающих методов оценки древесины, отличающийся применением последовательности фильтров, анализирующих цветовые пространства YCbCr и Lab, а также локальную кривизну точек.

3. Разработана методика создания библиотеки синтетических данных LiDAR, предназначенной для обучения нейронной сети, выполняющей сегментацию стволов деревьев в облаке точек, полученном посредством наземного лазерного сканирования участка леса, отличающаяся моделированием деревьев с учётом характеристик образующей древесного ствола.

Значимость работы для науки заключается в разработке и обосновании концепции системы поддержки принятия решений для операторов ВСПМ, основанной на машинном зрении и оптимизации, что вносит вклад в развитие теории автоматизации лесозаготовительных процессов.

Значимость для производства состоит в создании прототипа системы поддержки принятия решений для оператора ВСПМ, включающей в себя алгоритмы фильтрации данных LiDAR для повышения точности определения параметров древостоя, математическую модель для оценки эффективности использования LiDAR в лесозаготовке, а также методику создания синтетических данных LiDAR для обучения нейронных сетей, осуществляющих сегментацию деревьев. Эти разработки позволят интегрировать систему в существующую лесозаготовительную технику, оптимизировать процесс валки и раскряжевки, повысить производительность и снизить затраты на лесозаготовку за счет автоматизации принятия решений оператором.

Полученные результаты работы внедрены в предприятие ООО «ЛЕСТЕХ-ФИНАНС» и в учебном процессе МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана при подготовке бакалавров и магистров.

Степень обоснованности и достоверности научных положений.

Достоверность результатов, представленных в диссертационной работе, обосновывается разработанными математическими моделями взаимодействия LiDAR с древостоем, проверенными алгоритмами фильтрации шумов облака точек и создания синтетических данных, а также использованием методов машинного обучения для сегментации деревьев и оптимизации параметров работы ВСРМ.

Основные положения и результаты диссертационной работы заслушивались и обсуждались на научно-технических конференциях МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана Мытищи 2021-2024; на Всероссийской научно-практической конференции «Современный лесной комплекс страны: актуальные векторы развития» Воронеж 2023; на VIII Всероссийской научной-технической конференция «Леса России: политика, промышленность, наука, образование» Санкт-Петербург 2023; на XVIII Международном лесном форуме и выставке техники и оборудования для лесного комплекса «Российский лес 2023» Вологда 2023.

Полнота опубликованных результатов.

По материалам диссертации опубликовано 12 работ, в т. ч. 3 публикации в изданиях, рекомендованных ВАК, 7 публикаций по материалам международных и всероссийских конференций, 2 программы для ЭВМ.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Результаты диссертационного исследования рекомендуется использовать производителям лесозаготовительной техники при разработке и совершенствовании систем управления ВСРМ, интегрирующих данные LiDAR и алгоритмы машинного зрения. Также, результаты могут быть использованы в учебном по направлениям подготовки бакалавриата 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» и магистратуры 15.04.02 «Технологические машины и оборудование», 35.04.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств»

Лесозаготовительным предприятиям рекомендуется использовать разработанную систему для оптимизации лесосечных работ, повышения производительности и снижения затрат, а также для улучшения условий труда операторов ВСРМ.

Общие замечания по диссертации.

1. В работе поставлены шесть научных задач, выделено три научных новизны и на защиту выносятся три положения. Обычно поставленные задачи решаются в диссертации и выносятся как положения на защиту и по каждой задаче присутствует новизна, однако в данной работе новизна и положения, выносимые на защиту объединены, что затрудняет её восприятие.

2. В первой задаче диссертации указано, что планируется провести анализ оптимального размещения лазерного сканера, однако в выводах по разделам четко не выделены результаты этого анализа.

3. В пятой задаче указано, что будет разработана математическая модель для визуализации мест, однако в содержании работы используется другой термин - математическая модель карты местности. Обычно придерживаются одинаковой терминологии.

4. Из диссертации неясно, как конструктивные особенности валочно-сучкорезно-раскряжёвочной машины (ВСРМ), местность и погода влияют на выбор оптимального места установки LiDAR, и как минимизировать негативное воздействие этих факторов.

5. Как правило повышение эффективности лесосечных работ обосновывается технико-экономическим расчетом, в диссертации приведен расчет производительности, но отсутствует экономическая составляющая.

6. Процесс получения информации с использованием LiDAR и последующая фильтрация, демонстрируемая на рисунке 3.4 "Работа фильтров", очевидно, представляет из себя результат камеральной обработки данных после завершения сканирования, однако в реальных условиях обработка должна

происходит в автоматическом режиме, и не ясно хватит ли производительности оборудования для осуществления работы представленных алгоритмов в режиме реального времени непосредственно на бортовом компьютере ВСРМ.

7. Использованное в диссертационной работе программное обеспечение MatLab обладает значительной стоимостью для коммерческого применения и предполагает обработку данных на персональном компьютере, что значительно сужает возможность масштабирования и интеграции разработанных алгоритмов в оборудование ВСРМ.

Заключение о соответствии диссертации критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней»

Диссертация Рогачева Дмитрия Игоревича выполнена на актуальную тему. Материалы, представленные в диссертационной работе, соответствуют ее названию, изложены грамотно, логично и последовательно. Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертации. Отмеченные в отзыве замечания носят, в основном, рекомендательный характер и не снижают научной ценности диссертационной работы.

Диссертационная работа соответствует п. 1 «Параметры и показатели предмета труда в лесном хозяйстве и лесной промышленности как объекта обработки (технологических воздействий); создание информационных баз»; п.6 «Автоматизация, роботизация, информатизация управления машинами и системами лесного хозяйства и лесной промышленности»; п.12 «Неразрушающие методы и квалитметрическая оценка древесины на корню, в сортиментах, в конструкциях из древесины и древесных материалов» паспорта специальности 4.3.4 - Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины (технические науки).

Диссертация Рогачева Дмитрия Игоревича на тему «Повышение технологической эффективности лесосечных работ с помощью системы поддержки принятия решений оператора валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины», представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой представлены научно обоснованные решения по автоматизации и

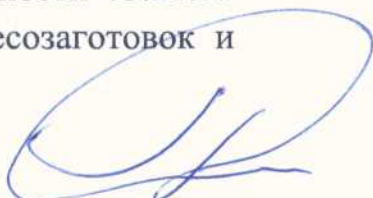
оптимизации лесозаготовительных работ, имеющие значительный потенциал для повышения эффективности лесного комплекса, что соответствует требованиям параграфа 2 п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Рогачев Дмитрий Игоревич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 4.3.4 - Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины (технические науки).

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Лесной промышленности, метрологии, стандартизации и сертификации» ФГБОУ ВО «ВГЛТУ» протокол №6 от 12.03.2025 г.

Заведующий кафедрой «Лесной промышленности, метрологии, стандартизации и сертификации» ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», кандидат технических наук, доцент (защита по специальности 05.21.01 – Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства)

Телефон: +7(4732)538004

e-mail: as-umu@mail.ru



Черных Александр Сергеевич

Адрес организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» (ФГБОУ ВО «ВГЛТУ»)

394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, дом 8



12.03.2025