

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук Галактионов Олег Николаевич – на диссертацию Рогачева Дмитрия Игоревича на тему «Повышение технологической эффективности лесосечных работ с помощью системы поддержки принятия решений оператора валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 4.3.4 «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины (технические науки)»

Общая характеристика диссертации

Представленная на отзыв диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем диссертации составляет 216 страниц, из которых 186 страниц основного текста и 30 страниц списка литературы и приложений. Работа включает 132 рисунка, 26 таблиц и 186 использованный источник, 71 из которых иностранные. Диссертация и автореферат представлены оппоненту в сроки, установленные Положением о присуждении учёных степеней.

Актуальность темы диссертационной работы

Операторы лесозаготовительных машин сталкиваются с высокой когнитивной нагрузкой, принимая решения в сложных и постоянно меняющихся условиях природной среды, что потенциально является причиной снижения производительности и приводит к ошибкам. Разработка и внедрение систем поддержки принятия решений, использующих данные об окружающей лесной среде и параметрах отдельных ее элементов, полученные с помощью современных технологий, таких как LiDAR и машинное зрение, позволяет автоматизировать рутинные задачи, повысить точность оценки параметров леса и визуализировать информацию для оператора. Это позволит существенно улучшить эффективность и безопасность проведения лесозаготовительных работ, повысить эффективность использования лесных ресурсов, снизить негативное воздействие на окружающую среду, в частности, повреждаемость оставляемого на доращивание древостоя. Кроме того, тематика исследования лежит в русле перехода к интенсивному лесопользованию на основе внедрения принципов "Индустрии 4.0" в лесную отрасль, основываясь и поддерживая разработку и применение интеллектуальных систем управления и автоматизации технических систем.

Поэтому тема диссертации Д.И. Рогачева, посвящённая повышению технологической эффективности лесосечных работ с помощью системы

поддержки принятия решений оператора валочно-сучкорезно-раскряжёвочной машины, является актуальной.

Новизна научных положений и заключения

– Разработана математическая модель оценки количества пересекающих ствол дерева лучей лазерного сканера LiDAR, учитывающая характеристики образующей древесного ствола и местоположение сканера на базовой машине.

– Способ наземного лазерного сканирования участка леса с применением вновь разработанного алгоритма фильтрации шумов облака точек, основанный на последовательном применении фильтров цветового пространства YCbCr и Lab.

– Разработана методика сегментации стволов деревьев в облаке точек, отличающаяся моделированием деревьев с учётом характеристик образующей древесного ствола с использованием библиотеки синтетических данных LiDAR для обучения нейронной сети.

– Разработана математическая модель для визуализации рабочих стоянок лесозаготовительной машины, из которых возможно производить валку дерева на основе данных, полученных с помощью лазерного сканера LiDAR при наземном сканировании участка леса.

– Предложена концепция системы поддержки принятия решений оператора валочно-сучкорезно-раскряжёвочной машины, основанная на интеграции данных LiDAR и алгоритмов машинного зрения.

– Обоснована целесообразность применения LiDAR сканирования для автоматизации лесозаготовительных процессов.

– Методика создания библиотеки синтетических данных LiDAR позволяет формировать обучающие выборки для нейронных сетей, выполняющих сегментацию стволов деревьев, и может быть использована для повышения эффективности автоматизированных систем управления лесозаготовительных машин.

– Разработанная математическая модель для визуализации мест, пригодных для валки деревьев, позволяет оптимизировать рабочий процесс и повысить производительность оператора лесозаготовительной машины.

– Результаты моделирования показали, что предложенная СППР позволяет повысить производительность оператора ВСПМ на 9,6% за счёт оптимизации выбора мест технологических остановок и уменьшения непроизводительных временных затрат.

Теоретическая и практическая значимость работы

– Работа формирует новые представления об использовании данных LiDAR в задачах принятия решений операторами лесозаготовительной

техники, детализируя роль этих данных в повышении эффективности и адаптивности лесозаготовительных процессов.

– Предложенная математическая модель количественной оценки взаимодействия лазерных лучей со стволом дерева способствует формированию теоретической базы для проектирования и оптимизации систем LiDAR, предназначенных для работы в лесных условиях.

– Разработанный алгоритм фильтрации шумов облака точек расширяет арсенал методов обработки данных дистанционного зондирования для лесного хозяйства, обеспечивая повышение точности и надежности результатов анализа.

– Методика генерации синтетических данных LiDAR предоставляет новые возможности для применения методов машинного обучения в задачах лесного хозяйства, позволяя создавать контролируемые и реалистичные наборы данных для обучения нейронных сетей.

– Предложенная математическая модель визуализации зон валки деревьев способствует развитию теории оптимального планирования лесозаготовительных операций, учитывая ограничения, накладываемые техническими характеристиками машин и особенностями древостоев.

– Концепция системы, представленная в диссертации, может служить основой для разработки коммерчески доступных систем поддержки принятия решений для операторов лесозаготовительной техники, повышая их продуктивность и снижая риски.

– Алгоритм фильтрации шумов облака точек может быть интегрирован в существующее программное обеспечение для обработки данных LiDAR, используемое лесными предприятиями и организациями, занимающимися лесоустройством.

– Методика генерации синтетических данных LiDAR может использоваться разработчиками систем управления лесозаготовительной техникой для создания и тестирования алгоритмов машинного обучения, адаптированных к различным условиям работы в лесу.

– Математическая модель визуализации расположения рабочих стоянок, пригодных для валки деревьев, может быть реализована в виде пользовательского интерфейса, предоставляющего оператору лесозаготовительной машины наглядную информацию о пространственном расположении объектов и возможностях маневрирования.

– Результаты моделирования позволяют оценить экономический эффект от внедрения предложенной СППР на лесозаготовительных предприятиях и обосновать объем инвестиций в разработку и внедрение таких систем.

Степень достоверности и обоснованности научных положений

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов обеспечиваются комплексным подходом, включающим аналитические расчёты, компьютерное моделирование и экспериментальные исследования.

Экспериментальные исследования проводились с использованием современного оборудования, такого как LiDAR-сканер Livox Mid-70 и цифровая камера GoPro HD HERO3 Edition, с соблюдением установленных методик и требований к точности измерений. Статистическая обработка данных проводилась с использованием специализированного программного обеспечения (Matlab), что обеспечило корректность и надёжность полученных результатов.

Личный вклад соискателя

Автором диссертационного исследования лично сформулирована цель и задачи работы, определены объект и предмет исследования. Автором проведён всесторонний анализ существующих подходов к автоматизации процессов лесозаготовок, обработке данных LiDAR и машинному обучению. Лично разработаны математические модели, алгоритмы фильтрации облака точек и методика генерации синтетических данных. Проведены экспериментальные исследования и обработка полученных результатов с использованием специализированного программного обеспечения. Автором выполнены все расчёты, построены графики и диаграммы, сформулированы выводы и рекомендации. Автором подготовлены публикации по теме диссертации, отражающие основные результаты исследования.

Оценка содержания диссертационной работы

Диссертационная работа представляет собой целостное и логически завершённое исследование, посвящённое актуальной и практически значимой задаче повышения эффективности лесозаготовительных работ.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулирована цель и задачи исследования, определены объект и предмет, представлены научная новизна и практическая значимость.

Первая глава посвящена обзору современного состояния вопроса, определены цели и задачи исследования. В главе рассмотрены аспекты работы оператора ВСРМ, системы поддержки принятия решений, цифровизация лесного комплекса, элементы машинного зрения и методы определения таксационных параметров деревьев.

Во второй главе рассмотрены вопросы интеграции данных LiDAR в систему поддержки принятия решений оператора. Представлена концепция системы поддержки принятия решений оператора ВСРМ, обоснованы выбор лазерного сканера и методики определения диаметра поперечного сечения ствола дерева с учётом его наклона.

В третьей главе рассмотрены вопросы обработки данных LiDAR, обеспечивающие эффективное функционирование СППР. Описаны фильтры

шумов облака точек, методики создания библиотеки синтетических данных LiDAR для обучения нейронных сетей и формирования математической модели карты местности.

В четвертой главе представлена валидация и оценка эффективности разработанной СППР. Описаны приборы исследования, калибровка камеры и лазерного сканера, сбор данных, оценка работы фильтров, точность сегментации деревьев и оценка производительности.

Общие выводы и заключения, представленные в конце работы, логично вытекают из результатов проведённых исследований и подтверждают достижение поставленной цели и решение сформулированных задач.

Соответствие автореферата диссертации

Автореферат, представленный на 16 страницах, и научные труды соответствуют содержанию работы, позволяют оценить её суть, научную новизну, практическую значимость и экономическую эффективность от внедрения результатов исследования.

По диссертации Рогачева Дмитрия Игоревича имеются следующие замечания:

1. По результатам анализа проведенного в первой главе поставлены задачи с большой долей информационной проблематики – необходимо разъяснить этот акцент исследования.
2. Стр. 59, 1 абзац. Уменьшится ли количество перемещений лесозаготовительной машины? Параметры размещения волоков и необходимость проведения заданной выборки деревьев останутся теми же, при прочих равных условиях.
3. Рис. 36. Учитывается ли при разработке системы поддержки решения вероятность падения дерева в произвольную сторону?
4. Подраздел 2.2.4 и 2.3. Необходимо пояснить – как происходит определение реального диаметра наклоненного дерева. Ответ на этот вопрос важен особенно и потому, что из-за неровного рельефа лесосеки и наклона машины, большинство диаметров деревьев будут определяться как эллиптические.
5. Подраздел 3.1. Насколько целесообразно использовать полное сканирование древостоя? На мой взгляд, для целей оценки диаметра ствола и положения дерева, достаточно полосы точек на уровне расположения сканера.

6. В работе используется термин «кривизна точки», например, абзац 2 на стр. 99. Он требует разъяснения.
7. Рис. 79. Данные для построения указанного графика получены в результате натурных исследований или аппроксимированы данные паспортной характеристики.
8. Рис. 84. Блок-схема включает пункт «Система работает?». Какова его практическая ценность в данной блок-схеме?
9. Стр. 116. В последнем абзаце вывод о причинах роста производительности на 9 % недостаточно раскрыт.
10. Стр. 228. В первом абзаце говорится о ручном выделении точек относящихся к шуму. На каких основаниях точка относилась к шуму или к реальному объекту, особенно с учетом их большого количества?
11. По всему тексту диссертации масса несогласованных предложений. Пример на стр. 97 *«3) По среднему во всем массиве. Для каждой точки определяется n – количество ближайших точек и определяется расстояние до них, затем значение расстояние усредняется. Если среднее расстояние выборки n больше среднего значения расстояния во всем облаке точек то рассматриваемая точка относится к шуму.»*

Несмотря на наличие ряда дискуссионных замечаний, связанных с большим объемом задач, охваченных диссертацией, они не снижают её общей научной и практической ценности и могут быть проработаны в процессе защиты.

Заключение

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация Рогачева Дмитрия Игоревича «Повышение технологической эффективности лесосечных работ с помощью системы поддержки принятия решений оператора валочно-сучкорезно-раскряжевой машины» является законченным самостоятельным научно квалификационным трудом автора.

Полученные в диссертации научные результаты соответствуют пункту 6. «Автоматизация, роботизация, информатизация управления машинами и системами лесного хозяйства и лесной промышленности» паспорта специальности 4.3.4. «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины».

Представленная к защите диссертация соответствует требованиям п. 9 действующего «Положения о присуждении учёных степеней», предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а её автор Рогачев Дмитрий Игоревич заслуживает присуждения учёной степени кандидата

технических наук по специальности 4.3.4. «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины».

Официальный оппонент:

Галактионов Олег Николаевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии лесного комплекса и ландшафтной архитектуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петрозаводский государственный университет». 185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, просп. Ленина, д. 33, ПетрГУ

<https://petrsu.ru/>. Тел. +78142782170. E-mail: galakt@petrsu.ru

14.04.25



О.Н. Галактионов



Галактионов О.Н.

ЗАВЕРЯЮ

14 04 2025

Мышина Е.Ю.