

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук, Танрывердиева Ильи Оруджевича на диссертационную работу «Повышение технологической эффективности лесосечных работ с помощью системы поддержки принятия решений оператора валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины», представленную Рогачевым Дмитрием Игоревичем на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.4. «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины»

Актуальность темы исследования

Диссертационная работа направлена на повышение технологической эффективности лесосечных работ, что, согласно стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года является одной из важнейших задач в развитии лесопромышленных технологий и соответствует требованиям стратегии по внедрению цифровой трансформации в технологические процессы в лесопромышленном комплексе.

Повышение технологической эффективности лесосечных работ является многофакторной задачей. В настоящее время существует противоречие между достаточно высокой расчётной производительностью современных валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин и значительно меньшей их производительностью в реальных производственных задачах. Исследователи отмечают, что это противоречие объясняется сложностью процессов человеко-машинного взаимодействия в процессе выполнения технологических операций в составе технологического процесса лесозаготовительных работ, высокой когнитивной нагрузкой оператора и недостаточностью теоретической и практической подготовки операторов.

В диссертационной работе автор разрабатывает модели, методы, техническое обеспечение по внедрению системы поддержки принятия решений оператором, что способно значительно снизить когнитивную нагрузку оператора, исключить часть операторских функций в процессе выполнения технологических операций путем

их полной автоматизации, что приведет к повышению эффективности работы оператора, а значит, и к повышению эффективности всей системы человек-машина-окружающая среда в процессе выполнения лесосечных работ.

Таким образом, тема диссертационного исследования соответствует потребностям лесного комплекса Российской Федерации и является актуальной научно-технической задачей.

Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Анализ диссертации и опубликованных научных работ автора показывает, что в них содержится новые научно-технические результаты по специальности 4.3.4. «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины».

Научный уровень диссертации отличается достаточной глубиной теоретических разработок, обширным экспериментальным материалом, комплексным подходом к разработке новых методов обработки данных наземного лазерного сканирования рабочей области лесозаготовительной машины и генерации обучающих выборок для обучения нейронных сетей задаче сегментации стволов деревьев.

Достоверность научных результатов и выводов, полученных в ходе диссертационного исследования, подтверждена проведением натурного эксперимента, согласованностью полученных данных с известными теоретическими и экспериментальными данными. Автор проводит статистическую обработку данных дистанционного измерения параметров деревьев, вычисляет погрешности измерений в экспериментальном исследовании путем сравнения результатов с эталонными, полученными путем измерения параметров деревьев мерной вилкой, использует широкую вариацию параметров деревьев в экспериментальном исследовании, что также подтверждает достоверность полученных данных.

Обоснованность выводов и рекомендаций подтверждена корректностью применения апробированного в научной практике исследовательского и аналитического аппарата, проверкой полученных выводов и закономерностей, а также, обсуждением результатов исследования на международных и всероссийских конференциях.

Научная новизна полученных результатов

Автором проведен анализ профессиональной деятельности оператора валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины, обоснована значимость фактора расположения машины относительно предмета труда, разработана концепция системы поддержки принятия решений на основе автоматического наземного лазерного сканирования рабочей области ВСРМ и расчета допустимой зоны валки дерева в режиме реального времени. Таким образом, в диссертации представлены следующие положения, обладающие научной новизной:

1. Математическая модель для аналитической оценки количества лучей лазерного сканера LiDAR, пересекающих ствол дерева, отличающаяся учётом характеристик образующей древесного ствола и местоположения сканера на базовой машине;
2. Алгоритм фильтрации шумов облака точек, полученного при наземном лазерном сканировании участка леса, отличающийся применением последовательности фильтров, анализирующих цветные пространства YCbCr и Lab, а также локальную кривизну точек;
3. Методика создания библиотеки синтетических данных LiDAR, отличающаяся моделированием деревьев с учетом характеристик образующей древесного ствола.

Значение полученных результатов для теории и практики

Теоретическая значимость работы заключается в разработанной математической модели аналитической оценки количества лучей лазерного сканера LiDAR, пересекающих ствол дерева, отличающаяся учётом характеристик

образующей древесного ствола и местоположения сканера на базовой машине. Данная модель теоретически обосновывает применение технологий лазерного сканирования в задаче автоматизации и интеллектуализации позиционирования ВСРМ на лесосеках относительно предмета труда. Кроме того, теоретической значимостью обладает разработанная автором методика создания библиотеки синтетических данных LiDAR для обучения нейронных сетей, поскольку она в значительной мере расширяет теоретические знания о подготовке наборов данных (обучающих выборок, датасетов) для обучения нейронных сетей в задачах распознавания образов лесных культур.

Практическая значимость полученных результатов заключается в:

1. разработке модели, которая позволяет обосновать расположение чувствительных элементов лазерного сканера на ВСРМ;
2. разработке алгоритма фильтрации шумов облака точек, полученных в результате наземного лазерного сканирования рабочей области ВСРМ и позволяющего повысить точность методов неразрушающего и дистанционного контроля параметров древесины;
3. разработке методики создания библиотеки синтетических данных LiDAR, позволяющей нейросетевыми методами выполнять сегментацию стволов деревьев в данных наземного лазерного сканирования.

Теоретическая и практическая значимости диссертационной работы подтверждены соответствующими актами внедрения в учебный процесс кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства и кафедры транспортно-технологических средств и оборудования лесного комплекса МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, и в производство ООО «ЛЕСТЕХ-ФИНАНС».

Полнота изложения результатов диссертационного исследования в работах, опубликованных соискателем

Основные научные положения диссертационного исследования опубликованы автором в 12 научных работах, из них 3 статьи опубликованы в

рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ, что соответствует п.11 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

Анализ содержания диссертации

Диссертация написана на высоком научно-техническом уровне, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвинутые для публичной защиты и свидетельствует о личном вкладе автора в науку (п.10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней»). Объем и структура диссертации соответствуют требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, оформление работы также соответствует ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Тема диссертационного исследования и основные научные положения соответствуют пунктам: «1 – Параметры и показатели предмета труда в лесном хозяйстве и лесной промышленности как объекта обработки (технологических воздействий); создание информационных баз»; «6 – Автоматизация, роботизация, информатизация управления машинами и системами лесного хозяйства и лесной промышленности»; «12 – Неразрушающие методы и квалитетрическая 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».

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, общих результатов и выводов, списка литературы и трех приложений. Работа изложена на 225 листах машинного текста, содержит 132 рисунка, 26 таблиц. В тексте работы автор указывает на все источники заимствования и ссылается на авторов используемых цитирований.

В результате анализа научно-технических результатов диссертационного исследования выделены следующие вопросы, замечания и недостатки диссертационной работы:

1. В разделе 2.2.1 на с. 82 – 83 автор рассматривает возможные области расположения чувствительных элементов лазерного сканера на

лесозаготовительной машине. При этом автор рассуждает с точки зрения обеспечения максимальных углов обзора лазерного сканера, что, безусловно, справедливо. Однако, с точки зрения практики, при проведении различных экспериментальных исследований в условиях реальных лесосечных работ отмечается, что лесозаготовительная машина подвержена множеству механических повреждений. Особенно это проявляется при рубке сухих деревьев при проведении санитарных рубок, где в процессе рубки дерево часто разрушается, а падающие ветки способны повредить технологическое оборудование. Также следует учесть фактор загрязнения лазерного сканера, что резко снизит точность лазерного сканирования. Возможно, в качестве предложения, следует рассмотреть установку лазерных сканеров внутри кабины оператора с целью защиты их от механических повреждений и загрязнений.

2. В разделах 2.3.1 – 2.3.3 на с. 98 – 107 достаточно полно и подробно описываются методы определения наклона стволов растущих деревьев. Следует пояснить, каким образом при реализации этих методов будет оцениваться положение в пространстве самого лазерного сканера (т.е. положение машины), поскольку это явно влияет на точность измерения. Также следует пояснить важность этого параметра для реализации вывода системы поддержки принятия решений. Возможно, этот параметр не является важным при поиске оптимальной точки технологической остановки лесозаготовительной машины.

3. В разделе 3.1 на с. 109 – 115 автором разработаны фильтры облаков точек, полученных в результате лазерного сканирования рабочей области ВСРМ. При этом не указано, учитывают ли эти фильтры помехи и шумы в измерениях, вызванные атмосферными осадками, загрязнениями смотрового окна лазерного сканера или просто случайными ошибками измерений. Возможно, ли перед применением разработанных фильтров на полученных данных применить методы фильтрации атмосферных помех, например, методами кластеризации (HDBSCAN – кластеризация и подобное), либо в этом нет необходимости?

4. В разделе 4.5 на с. 157 приводятся результаты оценки точности сегментации деревьев при экспериментальных исследованиях. Следует пояснить,

проводились ли оценки точности сегментации в условиях различной освещенности, особенно, в условиях наличия прямых солнечных лучей в рабочей области ВСРМ (в области сканирования), поскольку технология лазерного сканирования может быть чувствительна к их наличию и демонстрировать существенное снижение точности в данных условиях.

5. В разделе 4.6.4 на с. 171 приводится рисунок 4.43 – графическая интерпретация выбора места остановки. Следует пояснить значения графиков (не ясны значения mas_0 , mas_1) и в целом пояснить работу алгоритма выбора точки технологической остановки на этом примере.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Автореферат полностью отражает основные положения диссертации, научные выводы, рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы, а также основные положения, выносимые на защиту.

Заключение

Анализ диссертационной работы, автореферата и публикаций автора Рогачева Дмитрия Игоревича показывает, что выполненные исследования отвечают установленным требованиям ВАК в п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней». Высказанные замечания, вопросы и предложения являются дискуссионными, не снижают общей ценности и значимости работы и могут быть обсуждены в процессе публичной защиты диссертации.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация Рогачева Дмитрия Игоревича является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные методы поддержки операторской деятельности в процессе выполнения лесозаготовительных работ, внедрение которых имеет существенное значение для развития лесного комплекса Российской Федерации.

Н. Княз / Исполнение Н. А.
14.04.2025