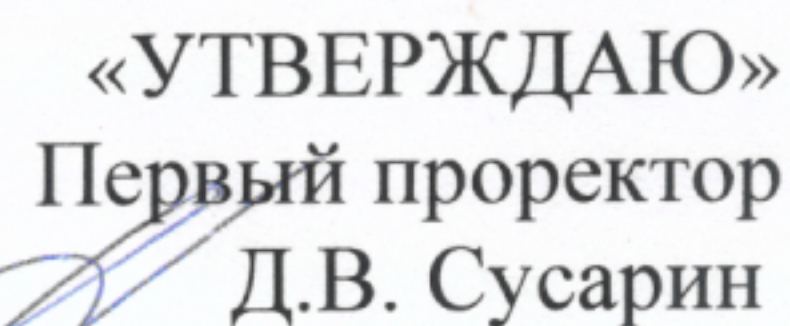




Диссертационная работа Сохинова Д.Ю. является завершённой научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная задача

разработки и научного обоснования методов повышения эффективности процесса автоматизированной сортировки плодов применением интеллектуальной системы. Сформулированы и решены задачи построения математической модели косвенной оценки объема повреждения плода по площади поверхностного дефекта, создания алгоритмического и программного обеспечения, а также экспериментальной проверки предложенных решений в условиях, приближенных к промышленным. Результаты работы имеют существенное значение для повышения производительности сортировочных линий.

Личный вклад соискателя заключается в разработке математической модели, устанавливающей зависимость между площадью повреждения поверхности яблока и предполагаемым объемом внутреннего поражения плода; модели нечеткой логики с приоритетной иерархией правил для классификации яблок по категориям качества; алгоритмического и программного обеспечения системы автоматизированной сортировки плодов на основе данных системы технического зрения; математической модели зависимости показателей эффективности системы автоматизированной сортировки от технологических факторов, полученная с использованием теории планирования многофакторного эксперимента.

Степень достоверности результатов проведенных исследований обеспечена применением высокоточной измерительной аппаратуры и приборов, стандартных методик исследований, обработкой экспериментальных данных методами математической статистики, сходимостью результатов теоретического и экспериментального исследований ошибки оценки качества плодов, подтверждением результатов при практической реализации разработок в лабораторных условиях.

Технические возможности и эффективность автоматизированной сортировки плодов с использованием интеллектуальной системы признаны важными и внедрены в производство в ООО «Русь» (г. Энгельс, Саратовская область); К(Ф)Х «Хамзат» (Шалинский район, Чеченская Республика); ООО «Агрос» (Турковский район, Саратовская область) (акты внедрения прилагаются к диссертации).

Новизна диссертационного исследования заключается в разработке математической модели, связывающей площадь повреждения плода с его объемом на основе аппроксимации формы плода сферой, а области повреждения – средним между полусферой и сектором, учитывающей эмпирические данные распространения гнили внутри плода, позволяющей косвенно оценивать объем повреждения на основе данных, полученных системой технического зрения; в разработке алгоритма косвенной оценки объема повреждения плодов на основе системы нечеткой логики, в которой реализована приоритетная иерархическая структура правил принятия решений, позволяющая повысить точность классификации яблок по категориям качества; в реализации комплексного алгоритма автоматизированной сортировки яблок, включающего, в том числе, сегментацию с использованием сверточной нейронной сети, отслеживание

объектов в видеопотоке, оценку площади и объема повреждения, а также управление исполнительными механизмами на базе программируемого логического контроллера; в обосновании математической модели, описывающей взаимосвязь между наиболее значимыми факторами системы технического зрения и параметрами эффективности сортировки плодов.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в разработке математической модели, связывающей площадь повреждения плода с его объемом; в разработке алгоритма косвенной оценки объема повреждения плодов на основе системы нечеткой логики; в реализации комплексного алгоритма автоматизированной сортировки яблок; в обосновании математической модели описывающей взаимосвязь между наиболее значимыми факторами системы технического зрения; в разработке интеллектуальной системы автоматизированной сортировки яблок; в создании аппаратно-программного комплекса автоматизированной сортировки яблок, в применении результатов исследований в учебном процессе образовательных заведений при чтении лекций, проведении лабораторных и практических занятий по вопросам проектирования интеллектуальных автоматизированных систем.

Ценность научных работ соискателя. Основные положения диссертационного исследования опубликованы в научных работах соискателя и обсуждены на международных и всероссийских научно-практических конференциях. В этих работах отражены основные идеи и принципы диссертационного исследования, которые полностью отражают научные положения, выводы и практические рекомендации.

Полнота изложенных материалов диссертации в опубликованных соискателем работах. Материалы диссертационного исследования Сохинова Д.Ю. изложены в 24 научных работах, включая 3 статьи в изданиях, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

Публикации в изданиях, включенных в Перечень ВАК РФ:

1. Каргин В.А., Сохинов Д.Ю., Усанов К.М., Мокрушин С.А., Кротов И.В. Интеллектуальная автоматизированная система управления сортировкой фруктов // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2024. – Т. 71, № 2(55). – С. 100-106. DOI: 10.22314/2658-4859-2024-71-2-100-106.
2. Сохинов Д.Ю., Каргин В.А., Назойкин Е.А., Кравченко Р.А. Интеллектуальная управляющая система для косвенной оценки объема повреждения плодоовощной продукции // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 8. – URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2025/10270> (дата обращения: 12.09.2025).
3. Каргин В.А., Кравченко Р.А., Сохинов Д.Ю., Усанов К.М. Система интеллектуального контроля качества плодов в промышленном плодоовощеводстве // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2025. – Т. 72, № 1(58). – С. 90-96. DOI: 10.22314/2658-4859-2025-72-1-90-96.

Научные публикации в прочих изданиях:

4. **Сохинов Д.Ю., Сыч С.В., Тарола А.А., Пестова Е.В.** Автоматизация сортировки фруктов с использованием технического зрения и алгоритмов машинного обучения // Проблемы и перспективы развития энергетики, робототехники и электротехнологий : Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 23 декабря 2024 года. – Саратов: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова", 2025. – С. 294-300.
5. **Сохинов Д.Ю.** Нейро-нечеткий подход к классификации яблок с учетом внешних дефектов // Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами : сборник научных докладов Всероссийской конференции с международным участием, Москва, 11 декабря 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2025. – С. 299-303.
6. **Сохинов Д.Ю., Сыч С.В., Тарола А.А., Зудина Т.В.** Разработка интеллектуальной системы сортировки пищевой продукции на основе технического зрения и сверточных нейронных сетей // Проблемы и перспективы развития энергетики, робототехники и электротехнологий : Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 23 декабря 2024 года. – Саратов: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова", 2025. – С. 300-306.
7. **Сохинов Д.Ю.** Экспериментальные исследования автоматизированной системы сортировки яблок на основе физической модели стенда // Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами : сборник научных докладов Всероссийской конференции с международным участием, Москва, 11 декабря 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2025. – С. 304-308.
8. **Сохинов Д.Ю., Зудина Т.В., Тарола А.А., Пестова Е.В.** Повышение эффективности процесса сортировки плодов применением алгоритмов нечеткой логики // Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами : сборник научных докладов Всероссийской конференции с международным участием, Москва, 11 декабря 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2025. – С. 309-313.
9. **Сохинов Д.Ю., Пестова Е.В., Тарола А.А., Зудина Т. В.** Автоматизированная идентификация гнили яблок на основе технического зрения и глубокого обучения // Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами : сборник научных докладов Всероссийской конференции с международным участием, Москва, 11 декабря 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2025. – С. 313-317.

10. **Сохинов Д.Ю.**, Тарола А.А., Зудина Т.В., Пестова Е.В. Анализ современных методов и технических средств для автоматизированной оценки качества плодов // Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами : сборник научных докладов Всероссийской конференции с международным участием, Москва, 11 декабря 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2025. – С. 317-321.
11. **Сохинов Д.Ю.**, Тарола А.А., Зудина Т.В., Пестова Е.В. Программная реализация алгоритма управления процессом сортировки яблок // Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами : сборник научных докладов Всероссийской конференции с международным участием, Москва, 11 декабря 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2025. – С. 321-326.
12. **Сохинов Д.Ю.** Интеллектуальная система сортировки фруктов на базе технического зрения // Фабрика будущего: переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам для отраслей пищевой промышленности : сборник научных докладов V Международной конференции, Москва, 30 апреля 2024 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 313-318.
13. **Сохинов Д.Ю.** Применение сверточных нейронных сетей в интеллектуальной системе сортировки фруктов // Фабрика будущего: переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам для отраслей пищевой промышленности : сборник научных докладов V Международной конференции, Москва, 30 апреля 2024 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 318-323.
14. Каргин В.А., **Сохинов Д.Ю.**, Кишко В.В., Каверзин И.В. Разработка и оценка нейронной сети для оценки качества яблок // Современные проблемы автоматизации технологических процессов и производств : сборник научных докладов научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения Игоря Константиновича Петрова, Москва, 11 октября 2023 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2023. – С. 205-211.
15. Кравченко Р.А., Бею В.В., **Сохинов Д.Ю.**, Сармаев А.В. Выбор программируемых управляющих устройств для автоматизации процессов пищевого производства // Фабрика будущего: переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам для отраслей пищевой промышленности : Сборник научных докладов IV Международной специализированной конференции-выставки, Москва, 26 апреля 2023 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», 2023. – С. 238-243.
16. **Сохинов Д.Ю.**, Кравченко Р.А., Кишко В.В. Анализ роботизированных систем для сортировки плодов на пищевом производстве // Актуальные

проблемы энергетики АПК : Материалы XIV Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 28 апреля 2023 года / Под общей редакцией С.М. Бакирова. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2023. – С. 271-277.

17. **Сохинов Д.Ю.**, Кишко В.В., Каверзин И.В., Сармаев А.В. Анализ и выбор нейронной сети для оценки качества яблок // Современные проблемы автоматизации технологических процессов и производств : сборник научных докладов научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения Игоря Константиновича Петрова, Москва, 11 октября 2023 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2023. – С. 297-301.
18. **Сохинов Д.Ю.**, Кравченко Р.А., Кишко В.В., Борисевский А.М. Основные рыночные решения искусственного интеллекта для реализации процесса обучения нейронных сетей // Интеллектуальные автоматизированные управляющие системы в биотехнологических процессах : сборник докладов всероссийской научно-практической конференции, Москва, 29 марта 2023 года. – Москва: РОССИЙСКИЙ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ; ЗАО «Университетская книга», 2023. – С. 300-306.
19. Каргин В.А., **Сохинов Д.Ю.**, Кишко В.В., Сыч С.А. Оценка перспектив использования роботизированных систем для сортировки фруктов // Инновационное техническое обеспечение агропромышленного комплекса : Материалы научно-технической конференции с международным участием имени А.Ф. Ульянова, Саратов, 03 октября 2023 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. – С. 308-313.
20. **Сохинов Д.Ю.**, Кравченко Р.А., Кротов И.В. Роботизированные системы для сортировки фруктов в пищевой промышленности // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве : Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко, Саратов, 22 декабря 2023 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. – С. 339-343.
21. **Сохинов Д.Ю.**, Кравченко Р.А., Логачева О.В. Рекомендации по подготовке dataset для машинного обучения // Роговские чтения : сборник докладов научно-практической конференции с международным участием, Москва, 16 декабря 2022 года. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 368-373.
22. **Сохинов Д.Ю.**, Волынский Е.В., Курбанов А.Р. Методы оптимизации процесса сортировки яблок с использованием программных и аппаратных средств // Роговские чтения. Секция "Автоматизация технологических процессов и производств": сборник докладов научно-практической конференции с международным участием, Москва, 30 ноября 2023 года. –

Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 393-399.

23. **Сохинов Д. Ю.**, Казарин С.А., Резенов Е.Р. Использование нейронной сети для сортировки и упаковки продукции пищевой промышленности // Роговские чтения. Секция "Автоматизация технологических процессов и производств": сборник докладов научно-практической конференции с международным участием, Москва, 30 ноября 2023 года. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 400-405.
24. Каргин В.А., Кишко В.В., Усанов К.М., **Сохинов Д.Ю.** Результаты создания интеллектуальной системы с использованием нейросетевых технологий для оценки качества яблок при сортировке // Вавиловские чтения - 2022 : Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 135-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова, Саратов, 22–25 ноября 2022 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2022. – С. 710-715.

Диссертационная работа «Совершенствование процесса автоматизированной сортировки яблок применением интеллектуальной системы» Сохинова Дмитрия Юрьевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

Заключение принято на расширенном заседании кафедры автоматизированных систем управления биотехнологическими процессами ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет». На заседании присутствовало 13 чел.

Результаты голосования: «за» – 13 чел., «против» – 0 чел., «воздержались» – 0 чел. Протокол № 2 от «3» сентября 2025 г.

Заведующий кафедрой «Автоматизированные системы биотехнологическими процессами»,
Заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор

Благовещенская М.М.