

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора технических наук, профессора Иващук Ольги Александровны на диссертационную работу Абдрахимова Даниила Александровича на тему: «Система идентификации сельскохозяйственных животных на основе искусственного интеллекта и инфракрасной системы детекции», представленную к публичной защите в диссертационный совет 35.2.030.03 при ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1 Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Актуальность темы исследования. В настоящее время применение современных цифровых технологий позволяет эффективно решать проблемные задачи в различных сферах агропромышленного комплекса (АПК), учитывая такие его особенности, как необходимость обработки больших объёмов множественных и разнородных данных, а также необходимость обеспечения результативного взаимодействия машин, оборудования и живых организмов на базе инфокоммуникационных систем. В частности, к подобным задачам относится актуализация объективного автоматизированного мониторинга состояния сельскохозяйственных животных на основе перспективных методов их детекции и идентификации, для решения которой автор разрабатывает специализированную интеллектуальную систему с интегрированным применением ИК-технологии и аппарата искусственных нейронных сетей. Это крайне актуально в целом для повышения эффективности контроля и развития автономных систем управления в сельскохозяйственном производстве.

Общая характеристика работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения, а также приложений, где можно ознакомиться с актами о внедрении результатов диссертационного исследования, свидетельствами о госрегистрации программ для ЭВМ и дипломами победителя научных конкурсов.

Во введении обоснована актуальность разработки интеллектуальной системы идентификации сельскохозяйственных животных в условиях цифровизации АПК. Сформулированы цель и задачи исследования, определены объект и предмет, описана научная новизна, практическая значимость, методологический аппарат и положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена анализу состояния и перспектив развития технологий идентификации животных. Показано, что традиционные методы маркировки, в том числе современные бирковые и RFID-методы, обладают рядом ограничений и не обеспечивают высокой точности и оперативности учёта, обосновывается необходимость перехода к неинвазивным интеллектуальным системам мониторинга на основе инфракрасной детекции. Подробно изложены физические основы тепловизионного анализа, особенности спектральных диапазонов, возможности интеграции тепловизионных сенсоров с алгоритмами компьютерного зрения. Описываются современные архитектуры нейросетевых моделей, включая YOLO, EfficientDet и Faster R-CNN, применяемые в задачах распознавания, и подчёркивается потенциал использования сочетания инфракрасных технологий и искусственного интеллекта для повышения точности и оперативности мониторинга животных.

Во второй главе приведено теоретическое обоснование построения интеллектуальной системы идентификации и разработка её математико-алгоритмического обеспечения. Рассмотрены принципы формирования обучающего

датасета на основе тепловых изображений, представлены критерии и методы предварительной обработки данных, включая аугментацию и обеспечение устойчивости моделей к внешним воздействиям. Подробно анализируются нейросетевые архитектуры, проводится сравнение их эффективности, описывается процесс дистилляции моделей для оптимизации вычислительных ресурсов. Разработана система количественных метрик, позволяющая комплексно оценивать точность, полноту и устойчивость алгоритмов в условиях реальной эксплуатации.

Третья глава содержит описание экспериментальной части исследования и разработку прототипов программно-аппаратного комплекса. Приведены конструктивные варианты устройств, использованных в экспериментах, детализированы условия испытаний, включая характеристики температуры, освещённости и расстояний. Описана архитектура системы, объединяющая инфракрасные сенсоры, видеомодули, нейросетевую подсистему обработки данных и клиентское приложение. Представлены методики калибровки, сценарии экспериментальных тестов и анализ ошибок, выполнена оценка устойчивости системы, а также разработан адаптивный интерфейс для производственных испытаний.

В четвёртой главе изложены результаты экспериментальных и производственных исследований. Проведено нагрузочное тестирование системы, определены предельные показатели стабильности работы и выявлены особенности функционирования при различной плотности объектов. Проанализировано влияние внешних факторов, таких как освещённость, загрязнение сенсоров и наложение объектов, на точность и производительность алгоритмов. Испытания в условиях реального предприятия подтвердили высокую устойчивость и стабильность системы, обеспечивающей точность идентификации на уровне 90–92% при работе в режиме реального времени. Рассмотрены показатели масштабируемости системы, её доступности и возможности интеграции в существующую цифровую инфраструктуру животноводческих комплексов.

Пятая глава посвящена технико-экономической оценке разработанной системы и анализу эффективности её внедрения. Представлены результаты исследования влияния разрешения видеопотока, угла наклона камеры, частоты кадров и условий освещения на производительность и точность детекции. Выполнены сравнительные расчёты экономического эффекта при различных сценариях интеграции системы в производственные процессы. Показано, что комплексная интеграция позволяет существенно снизить удельные годовые затраты на идентификацию и мониторинг животных и обеспечить высокий уровень рентабельности проекта. Рассматриваются перспективы применения системы в рамках цифровой трансформации аграрного сектора.

В заключении сформулированы основные выводы исследования, подтверждающие достижение поставленных целей и эффективность предложенного подхода. Обобщены результаты разработки интеллектуальной системы идентификации животных на основе инфракрасной детекции и искусственного интеллекта, подтверждена её высокая точность, производственная устойчивость и экономическая целесообразность внедрения. Указаны направления дальнейших исследований, включающие расширение функциональности, масштабирование системы, интеграцию в облачные платформы и подключение дополнительных модулей мониторинга физиологического состояния животных.

Новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций заключается в следующем:

- в предложенном и обоснованном подходе синтезированного применения ИК-технологий и искусственных нейронных сетей, обеспечивающем возможность высокоточной детекции и идентификации сельскохозяйственных животных, а также проведения эффективного неинвазивного мониторинга их состояния;

- в разработке автоматизированной интеллектуальной системы для идентификации и отслеживания состояния сельскохозяйственных животных, работа которой основана на использовании предложенного подхода и внедрение которой обеспечивает снижение влияния человеческого фактора, повышает качество контроля за динамикой физиологических и поведенческих параметров отдельных особей.

Практическая значимость обосновывается тем, что предложенный прототип автоматизированной системы прошёл как лабораторные, так и производственные испытания, продемонстрировал успешное функционирование в реальной среде сельскохозяйственного производства. Важным практическим результатом является возможность интеграции с ERP-платформами и системами автоматического кормления. Экономический анализ демонстрирует снижение затрат на бирки, повышение точности учёта и снижение ошибок персонала, что делает систему готовой к коммерческому внедрению.

По результатам исследования опубликованы 4 научные статьи, среди которых 2 в изданиях, рекомендованных ВАК, 2 – публикации в сборниках по материалам научно-практических конференций; получено 3 свидетельства о госрегистрации программ для ЭВМ.

Замечания по диссертационной работе. Диссертация не лишена недостатков, в качестве которых необходимо отметить следующие замечания:

1. Автор не обосновывает применимость разработанной системы, и разработанных методов и подходов для других видов сельскохозяйственных животных, например КРС и МРС, которые имеют принципиально иную тепловую сигнатуру из-за густого шёрстного покрова, блокирующего ИК-излучение.

2. Из схемы рисунка 3.3 «Схема работы системы идентификации» не ясно, каким образом используются результаты работы блоков «Инфракрасная модель» и «Модель YOLO».

3. В диссертации говорится о проведении неинвазивного мониторинга после размещения ИК метки на теле животного, проводится лабораторное тестирование, однако, нигде нет информации о том, как она крепиться. Это крайне важно, так, например, при внешнем креплении в условиях реального содержания животных возникают проблемы всех меток: повреждение, отгрызание, загрязнение и т.д. Кроме того, не указан ресурс автономной работы метки. В условиях фермы замена батареек у тысяч голов скота может значительно снизить преимущества автоматизированного процесса.

4. На рисунке 4.7 «Влияние количества объектов на точность при использовании минимальных вычислительных мощностей» видно резкое падение точности (ниже 86-87%) уже при количестве объектов более 12-14 голов в кадре. Для промышленных свинокомплексов такая деградация точности может быть стать критическим недостатком системы. Автор не предлагает решений для работы в условиях окклюзии.

5. При оценке экономической эффективности автор сравнивает расходы на сбор, отладку и установку системы с уменьшением затрат на перерасход кормов (15-20%), сокращение времени учёта (70%), снижение падежа (на 2,5%) и др. Откуда автор берет эти проценты? Не проведено сравнение с затратами при использовании других меток, например, RFID, которые стоят дешево и долговечны.

Заключение. Диссертационная работа Абдрахимова Даниила Александровича «Система идентификации сельскохозяйственных животных на основе искусственного интеллекта и инфракрасной системы детекции» представляет собой законченное исследование, имеющее ценность для агропромышленного комплекса, и по степени актуальности, полноте проведённых исследований и обоснованности полученных результатов соответствует требованиям пункта 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор работы, Абдрахимов Даниил Александрович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1 «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса».

заведующий кафедрой информационных и робототехнических систем
Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский
университет» (НИУ «БелГУ»)

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский
университет»

тел.: +7(4722) 30-12-11, E-mail: info@bsuedu.ru, сайт: <https://bsuedu.ru/bsu/>

Е-mail оппонента: ivaschuk@bsuedu.ru

Докторская диссертация по специальности 05.13.06 — Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

