

6. Васютинский, С.Б. Вопросы теории и расчета трансформаторов / С.Б. Васютинский. – Л.: Энергия, 1970. – 432 с.

7. Прищепов, М.А. Особенности преобразования электрической энергии в трансформаторе со схемой соединения обмоток «звезда – двойной зигзаг с нулевым проводом» / М.А. Прищепов, В.М. Збродыга, А.И. Зеленькевич // *Агропанорама*. – 2017. – № 5. – С. 16–25.

8. Прищепов, М.А. Работа трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда – двойной зигзаг с нулевым проводом» при несимметричной нагрузке / М.А. Прищепов, В.М. Збродыга, А.И. Зеленькевич // *Агропанорама*. – 2018. – № 6. – С. 25–31.

9. Прищепов, М.А. Работа трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда – двойной зигзаг с нулевым проводом» при нелинейном характере нагрузки / М.А. Прищепов, В.М. Збродыга, А.И. Зеленькевич // *Агропанорама*. – 2018. – № 1. – С. 9–19.

10. Прищепов, М.А. Экспериментальные исследования работы трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда – двойной зигзаг с нулевым проводом» при несимметричной нагрузке / М.А. Прищепов, А.И. Зеленькевич, В.М. Збродыга // *Агропанорама*. – 2019. – № 5. – С. 38–41.

11. Зеленькевич, А.И. Снижение несинусоидальности и несимметрии напряжений в сельских электрических сетях применением трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом»: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02/ А.И. Зеленькевич. – Минск, 2022. – 25 с.

УДК 631.171:65.011.56

**Сеньков¹ А.Г., к.т.н., доцент, Гируцкий² И.И., д.т.н., доцент,
Матвейчук² Н.М., к.ф.-м.н., доцент**

¹*ГП «Центр радиотехники Национальной академии наук Беларуси»,
г. Минск*

²*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск*

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

С развитием технологий искусственного интеллекта (ИИ) решения на их основе внедряются в различные сферы нашей жизни, в том числе, в сельское хозяйство. На сегодняшний день не сущест-

вует единого стандартного определения понятия ИИ: известно более семидесяти определений ИИ, на которые ссылаются специалисты из разных сфер и отраслей современного научного знания [1]. Применение ИИ в агропромышленном секторе осуществляется в двух основных вариантах: как программное обеспечение и как роботизированные системы. Современные сельскохозяйственные системы ИИ классифицируются как «слабый ИИ», так как предназначены для решения специфических конкретных узких задач управления отдельными производственными процессами [2]. Их внедрение даже в наиболее развитых странах мира все еще находится на стадии зарождения. Большинство сельскохозяйственных роботов с ИИ все еще являются экспериментальными моделями, проходящими стадию испытаний, организованных научно-исследовательскими центрами в рамках различных исследовательских проектов.

В данной работе описаны перспективные направления использования технологий ИИ в сельском хозяйстве Республики Беларусь, работы по которым ведется на кафедре «Автоматизированные системы управления производством» УО БГАТУ.

Прогнозирование погоды.

Промышленные теплицы больших размеров имеют большую протяженность подающих и обратных трубопроводов в системе трубного надпочвенного обогрева. Это является причиной значительного транспортного запаздывания в цепи управления в системе автоматического регулирования (САР) температуры воздуха и почвы, что значительно ухудшает качество регулирования и устойчивость САР.

Для преодоления этой проблемы в работе [3] предлагается использовать данные краткосрочного почасового прогноза погоды, позволяющие с достаточно большой точностью прогнозировать изменения наружной температуры воздуха на сутки вперед (рис.1).

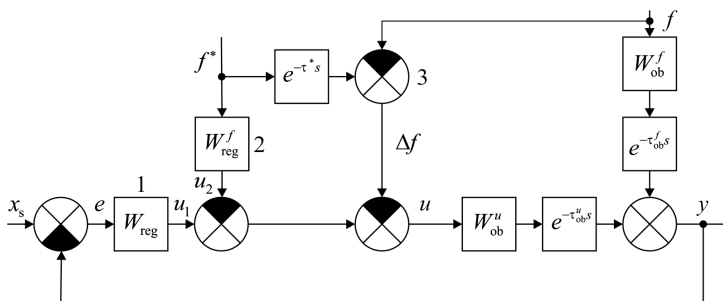


Рис. 1. Структурная схема САР температуры в теплице с учетом прогноза погоды

Проверка эффективности предложенного подхода, выполненная автором с помощью компьютерного моделирования, показала, что перерегулирование в САР температуры может быть уменьшено в четыре раза по сравнению с базовым вариантом САР с ПИД-регулированием по отклонению.

Обнаружение мастита у молочных коров.

Перспективным направлением решения актуальной проблемы раннего обнаружения мастита у молочных коров является термографический метод, основанный на регистрации и анализе инфракрасных изображений вымени и сосков. Основа термографии – изменение интенсивности инфракрасного излучения патологического очага: увеличение вследствие усиления кровоснабжения и метаболических процессов или уменьшение в областях с пониженным региональным кровотоком. Достоинством метода тепловидения является возможность быстрого (длительность времени сканирования не более 3,2 сек.) бесконтактного получения изображения зон аномальной температуры молочной железы; при этом он может быть использован на большом количестве животных. Так, в работе [4] авторами сформулирована математическая задача многогипотезного обнаружения субклинического и клинически выраженного мастита у молочных коров по получаемым в результате цифровой обработки тепловых изображений вымени максимальным значениям температуры вымени. В работах [5,6] обоснованы конструктивно-технологическая схема размещения тепловизионных камер в доильном зале для получения и обработки инфракрасных изображений вымени коров.

Алгоритм решения указанной задачи обнаружения мастита коров по тепловым изображениям вымени включает в себя поштучное поступление коров в зону видеоконтроля, обнаружение наличия коровы на кадрах видеопотока и выделение области видеокadra, соответствующей изображению вымени (рис.2).

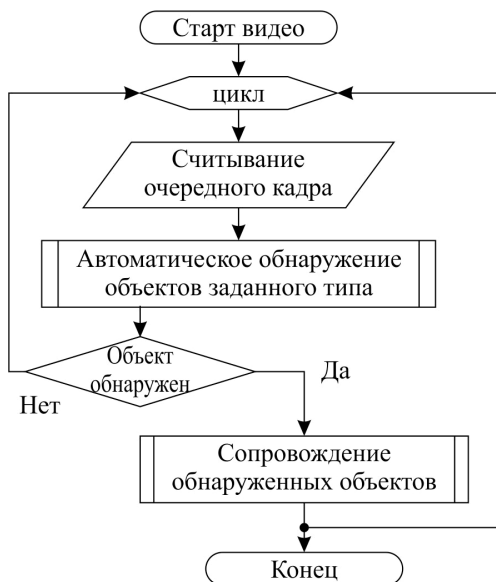


Рис. 2. Алгоритм сопровождения объекта, наблюдаемого видеоскамерой

Данную подзадачу можно отнести к классу задач детектирования объектов (в том числе, движущихся) на изображении, для чего в настоящее время широко используются интеллектуальные методы компьютерного зрения на основе сверточных нейронных сетей (СНС). Так, при выполнении на кафедре «Автоматизированные системы управления производством» УО БГАТУ научно-исследовательской работы по заданию 1.3.4 «Робастное интеллектуальное управление в мехатронных технических и биотехнических системах» ГПНИ «Цифровые и космические технологии, безопасность человека, общества и государства» на 2021-2025 гг. авторами предложено использовать для этой цели готовые СНС с открытым исходным кодом (GoogLeNet, YOLO v2, ...) с предварительной разметкой собственного обучающего множества изображений коров и переобучением нейронной сети на выделение в кадре области изображения головы коровы, вымени, сосков вымени (рис.3).

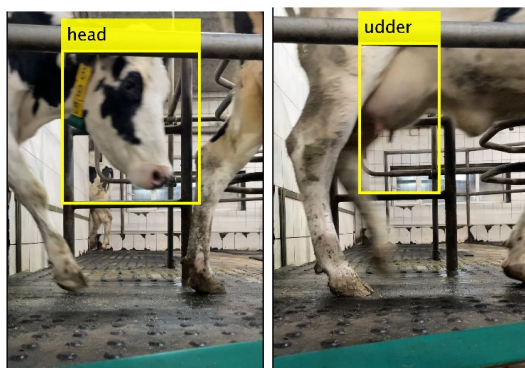


Рис. 3. Результат детектирования изображения головы и вымени коровы в кадре

Экспериментальная проверка, выполненная в среде Matlab, подтвердила принципиальную реализуемость и эффективность предлагаемого подхода. Для повышения точности распознавания изображений головы и вымени коров необходимо увеличить размер обучающего набора изображений, для которых выполняется семантическая разметка. Для работы алгоритма в режиме реального времени требуется достаточно мощный компьютер, что является общим требованием для систем компьютерного зрения.

Энегосберегающий потенциал раздачи жидких кормов на свиноводческих комплексах.

Особенность сельскохозяйственного производства, заключающаяся в непрерывном характере протекания биологических процессов и возможности современных средств интеллектуального управления создают принципиально новые подходы к проектированию технологий. Так, исключение оператора из управления в технологическом процессе приготовления и раздачи жидких кормов на свиноводческих комплексах, т.е. интеллектуальная роботизация, позволяет осуществлять круглосуточное кормление животных. При этом снижается производительность, энергозатраты и металлоемкость технологического оборудования [7].

Таким образом интеллектуализация управления и развитие оптико-электронных методов позволяют учитывать биологическое разнообразие и особенности биотехнических систем сельскохозяйственного производства.

Список использованных источников

1. Legg S., Hutter M. A collection of definitions of intelligence. URL: <https://arxiv.org/abs/0706.3639> (accessed: 02.09.2022).
2. Бадмаева М.Х. К вопросу об особенностях и проблемах применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве // Вестник Бурятского государственного университета. Философия. 2022. Вып. 3. С. 75–82.
3. Сеньков А.Г. Автоматическое регулирование температуры воздуха в теплице с учетом данных прогноза погоды / А. Г. Сеньков // Информатика. – 2021. – Т. 18, № 3. – С. 59–67. <https://doi.org/10.37661/1816-0301-2021-18-3-59-67>.
4. Гируцкий И.И. Статистический алгоритм обработки термографических снимков вымени коровы для диагностики мастита с использованием критерия Байеса / И.И. Гируцкий, А.Г. Сеньков, Ю.А. Ракевич // Научно-технический журнал «Системный анализ и прикладная информатика». – 2023. – № 1. – С. 42–46.
5. Ракевич Ю.А. Выбор конструктивно-технологической схемы термографирования вымени коров / Ю.А. Ракевич, И.И. Гируцкий, А.Г. Сеньков // Агропанорама. 2023. № 5. – С. 7–13.
6. Патент 24653. Республика Беларусь, МПК А 61В 5/01 (2006.01) Способ диагностики мастита дойных коров: № а 20230244: заявл. 11.10.2023, опубл. 20.05.25 / Гируцкий И.И., Сеньков А.Г., Ракевич Ю.А., Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный аграрный технический университет" (BY). 6 с.
7. Girutski, I.I. Energy saving on distribution of liquid animals' feeds at pigsty farms / I.I. Girutski, A.G. Senkov, N.M. Matsveichuk // Journal of Agricultural Science and Technology A, USA, volume 5, number 7, July 2015. – pp. 626– 631.