

EDN: SKBDLJ

DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-1-101-107



Научная статья

УДК 631.171



## Работоспособность элементов макета системы оценки коров в создаваемых условиях внешней среды

**Сергей Сергеевич Юрочка,**

кандидат технических наук,

старший научный сотрудник,

e-mail: yssvim@yandex.ru;

**Игорь Мамедяревич Довлатов,**

кандидат технических наук, научный сотрудник,

e-mail: dovlatovim@mail.ru;

**Артем Рустамович Хакимов,**

младший научный сотрудник,

e-mail: arty.hv@gmail.com;

**Илья Владимирович Комков,**

магистрант, специалист,

e-mail: ilyakomkov10@yandex.ru;

**Дмитрий Юрьевич Павкин,**

кандидат технических наук,

старший научный сотрудник,

e-mail: dimqaqa@mail.ru;

**Савр Олегович Базаев,**

кандидат сельскохозяйственных наук,

научный сотрудник,

e-mail: sbazaeff@yandex.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-10041, <https://rscf.ru/project/23-76-10041/>.*

**Реферат.** Оценка фенотипа является неотъемлемой частью работы по улучшению генетического потенциала отечественных пород крупного рогатого скота. Проводятся исследования по цифровизации и автоматизации фенотипирования с использованием оптических систем распознавания и оценки линейных параметров животных. Разрабатывается макет бесконтактной системы мониторинга показателей фенотипа скота. Перемещение животных внутри макета (лабораторного измерительного стенда) ограничивается специальным прозрачным стеклом из полиэтилентерефталата, что позволяет получать трехмерные снимки экстерьеров животных. Для подтверждения пригодности стекла к эксплуатации проведены лабораторные испытания. *(Цель исследования)* Определение степени влияния загрязнения стекла на точность работы оптической системы распознавания животных. *(Материалы и методы)* Приведены характеристики лабораторного стенда, объекта и оборудования, методика и условия эксперимента. Вероятность определения степени загрязнения стекла выражалось в пределах 0-1 (0,78 – высокая вероятность определения). *(Результаты и обсуждение)* Исследование показало, что система определения линейных параметров животных способно стабильно работать при загрязнении ограждающего стекла до 30 процентов включительно. При загрязнении 50 процентов и некачественной очистке стекла возможность распознавания точек интереса снижается в 1,625 раза, а при загрязнении 80 процентов качественный сбор данных невозможен, в виду того, что камера не способна определить объект. При некачественной очистке стекла система работает нестабильно. *(Выводы)* Оптическая система позволяет распознавать и проводить оценку линейных параметров животных при загрязнении ограждающего стекла лабораторного стенда не более 50 процентов и при условии его качественной очистки. При загрязнении стекла до 30 процентов данные оценки выше на 2,6-38 процента по сравнению с другими уровнями загрязнения.

**Ключевые слова:** животноводство, фенотипирование, бонитировка, линейная оценка экстерьера, бинокулярная стереопара, искусственный интеллект, полиэтилентерефталат.

■ **Для цитирования:** Юрочка С.С., Довлатов И.М., Хакимов А.Р., Комков И.В., Павкин Д.Ю., Базаев С.О. Работоспособность элементов макета системы оценки коров в создаваемых условиях внешней среды // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2024. Т. 18. №1. С. 101-107. DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-1-101-107. EDN: SKBDLJ.

Scientific article

## Performance of Cow Evaluation System Elements in Simulated Environmental Conditions

**Sergey S. Yurochka,**

Ph.D.(Eng.), senior researcher,

e-mail: yssvim@yandex.ru;

**Igor M. Dovlatov,**

Ph.D.(Eng.), researcher,

e-mail: dovlatovim@mail.ru;

**Artem R. Khakimov,**  
junior researcher,  
e-mail: arty.hv@gmail.com;

**Ilya V. Komkov,**  
master's student, specialist,  
e-mail: ilyakomkov10@yandex.ru;

**Dmitry Yu. Pavkin,**  
Ph.D.(Eng.), senior researcher,  
e-mail: dimqaqa@mail.ru;

**Savr O. Bazaev,**  
Ph.D. (Agri), researcher,  
e-mail: sbazaeff@yandex.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

**Abstract.** Animal phenotype assessment plays a crucial role in enhancing the genetic potential of domestic breeds. Currently, research is underway to digitize and automate phenotyping through optical systems, enabling the recognition and evaluation of animals' linear parameters. A prototype of a non-contact monitoring system for livestock phenotype indicators is currently under development. The movement of animals within the model (a laboratory measuring stand) is restricted by a specially designed transparent barrier made of polyethylene terephthalate, enabling the capture of three-dimensional photographs of the animals' exterior. To validate the suitability of glass for this purpose, laboratory tests were conducted. (*Research purpose*) The research aims to determine the degree of relationship between protective glass contamination and the accuracy of the optical animal recognition system. (*Materials and methods*) The paper outlines the specifications of the laboratory stand, facilities, and equipment used, along with the methods employed and experimental conditions. The probability of determining the degree of protective glass contamination was quantified on a scale of 0 to 1, with a value of 0.78 indicating a high likelihood of accurate determination. (*Results and discussion*) The findings reveal that the system for determining the linear parameters of animals can operate reliably even when the protective glass is contaminated up to 30 percent. When the contamination reaches 50 percent due to inadequate glass cleaning, the system's ability to recognize points of interest reduces by a factor of 1.625. Furthermore, at 80 percent contamination, achieving high-quality data collection becomes unfeasible as the camera fails to recognize the object. Proper cleaning of the glass is imperative to maintain the system stability. (*Conclusions*) The optical system enables the recognition and evaluation of animals' linear parameters, provided that the protective glass of the laboratory stand is contaminated by no more than 50 percent and undergoes high-quality cleaning. At lower levels of glass contamination, up to 30 percent, these estimates exhibit a 2.6-38 percent increase compared to other contamination levels.

**Keywords:** livestock breeding, phenotyping, grading, linear assessment of exterior, binocular stereo pair, artificial intelligence, polyethylene terephthalate

**For citation:** Yurochka S.S., Dovlatov I.M., Khakimov A.R., Komkov I.V., Pavkin D.Yu., Bazaev S.O. Performance of cow evaluation system elements in simulated environmental conditions. *Agricultural machinery and technologies*. 2024. Vol. 18. N1. 101-107 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-1-101-107. EDN: SKBDLJ.

Использование цифровых и интеллектуальных технологий потенциально позволяет достигать высоких показателей товарного производства и улучшений в части содержания сельскохозяйственных животных [1]. В России существует значительный потенциал развития сельского хозяйства, но реализовать имеющийся потенциал можно, если повысить эффективность аграрного производства путем создания и внедрения средств автоматизации, роботизации, цифровых технологий, искусственного интеллекта [2]. Приоритетами становятся создание систем мониторинга и оптимизации в области селекции и генетики, управления, планирования, прогнозирования в растениеводстве и животноводстве.

К важным направлениям деятельности государственных организаций, научных коллективов, а также частных компаний относится улучшение генетического потенциала отечественных пород крупного рогатого скота. Такая деятельность базируется на получении верифицированных данных о здо-

ровье, экстерьере, продуктивности, наследственности животных. Фенотипирование и генотипирование поголовья крупного рогатого скота (КРС) составляют основу качественной селекционной работы.

Сбор данных о фенотипе животных, в том числе линейных показателей экстерьера, преимущественно проводится вручную путем обмеров туловища. Человеческий фактор может влиять на достоверность получаемых данных о животных, что приводит к экономическим потерям и нецелевому расходованию ресурсов. Решением проблемы служит создание интеллектуальной системы бесконтактной цифровой оценки экстерьера крупного рогатого скота с точностью до 99%. При этом не обязательно останавливать животных в измерительной камере, оценку можно проводить в потоке икратно снизить трудоемкость процессов.

Использование систем видеонаблюдения открывает широкие возможности сбора и накопления информации о животном: его идентификации, местоположении, биофизиологических особенностях,

хронологии жизненного цикла, контролировать работу персонала фермы, оценивать прием и поедание корма, приращение объема и массы, следить за моционом и поведением, проводить бонитировку, диагностику заболеваний, другие ветеринарные и профилактические мероприятия [3]. Интеграция и интерпретация соответствующей сенсорной информации позволяет управлять животным посредством мониторинга в реальном времени состояния здоровья, поведения, продуктивности, воспроизводства, воздействия на окружающую среду [4]. Использование бесконтактного способа идентификации животных позволяет решать частные задачи.

Показана возможность измерения с помощью трехмерных камер массы тела и упитанности животных с вероятностью соответственно 0,89 и 0,63 [5]. Адекватный доступ к данным о весе является ключевым подходом к мониторингу здоровья скота и оценке производственных показателей [6].

При множестве известных методов взвешивания в настоящее время нет стандартизированного способа оценки, поэтому используются наиболее подходящие варианты под конкретные задачи и вид животных. Подтверждена возможность измерения массы тела животных с помощью бесконтактной технологии обработки трехмерных карт [7]. Мониторинг массы имеет первостепенное значение в принятии решений по управлению фермой, поскольку этот показатель напрямую связан с ростом, состоянием питания и здоровьем дойных коров.

Бесконтактная система, как правило, основывается на получении трехмерных карт глубины, которые описывают животное, для построения модели изображения. Ряд карт создается облаком точек, где каждая точка содержит в себе пиксел с данными по  $\{X, Y, Z\}$  относительно трехмерной камеры. Подтверждена возможность использования облака точек для бесконтактного автоматического проведения бонитировочных работ [8]. В этом случае уменьшается ошибка измерений, вызванная движением животных в момент бонитировки. Установлено, что автоматическая система оценки состояния тела крупного рогатого скота может считаться точной [9]. Современные качественно обученные модели позволяют проводить оценку каждой коровы в пределах 0,25 балла упитанности по 5-балльной шкале, более точную по сравнению с рутинным способом.

Ранее авторами разработана система оценки упитанности с применением трехмерной камеры на основе времяпролетной (*ToF*) технологии [10]. Базовыми алгоритмическими элементами являлись распознавание областей интереса на спине животного и расчет линейных параметров. Бесконтактные датчики, такие как оптическая камера и *LiDAR*, относятся к недорогим, простым, бесстрессовым и не-

инвазивным методам. Более того, датчики можно адаптировать к измерениям как в помещении, так и на улице разных видов животных и их естественных особенностей (например, форма, окрас, характер движения) для мониторинга поведения [11].

Поскольку бесконтактные датчики могут работать непрерывно без участия оператора, обычно считается, что они способны с большей точностью количественно оценивать поведение животного в рамках заранее определенного процесса, который существенно не меняется [12]. Но бесконтактные датчики лишь позволяют получить трехмерные карты, а для проведения цифровой бонитировки необходимы обученные нейросети. Для обучения нейросетей цифровой бонитировке животных нужны большие массивы данных. Однако, фермерские и другие коммерческие организации редко публикуют такую информацию в открытом доступе из-за ценности данных [13].

Оценка фенотипа является частью разработки селекционных индексов животных и оценки признаков продуктивности, здоровья и экстерьера. Так, характеристики вымени, копыт и крупа относятся к важным показателям продуктивности, фертильности и здоровья, индикаторы двигательной активности коррелируют с потреблением сухого вещества и тепловым стрессом, а также связаны с продуктивностью и воспроизводством [14]. Важные данные о параметрах тела животных часто недостаточно измеряются в реальных условиях, что отражается на организации процессов разведения, откорма и в целом на успехе точного животноводства. Цифровая реконструкция морфометрии тела с помощью бесконтактного метода измерения (2D или 3D-изображения) и автоматическое определение размеров тела могут эффективно решить эти проблемы [15].

Вопросами разработки селекционных индексов занимается, в том числе И.М. Дунин [16]. Метод селекционных индексов дает возможность в каждом поколении отбирать животных с лучшим сочетанием продуктивных признаков, ранжировать их по величине и формировать высокопродуктивные группы животных с заданными параметрами продуктивности. На сегодняшний день необходимо автоматизировать весь процесс получения параметров здоровья, продуктивности и экстерьера.

Для широкого использования существующих данных, знаний и моделей необходимо разработать практическую систему, удовлетворяющую требованиям применения в условиях коммерческой фермы [17]. Для разработки селекционных индексов и улучшения генетического потенциала сельскохозяйственных животных необходимо создать автоматическую систему оценки экстерьера на основе оптических технологий, в частности 3D-камер.

Разработан макет интеллектуальной системы бесконтактной оценки экстерьерных показателей КРС с возможностью прогнозирования. Лабораторный измерительный стенд представляет собой бонитировочный станок, огражденный со стороны расположения 3D-камер прозрачной стенкой из специализированного стекла (полиэтилентерефталата), через которое осуществляется сканирование размеров животного.

**ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ** – определение влияния загрязнения стенки из полиэтилентерефталата на точность работы системы распознавания животных.

В задачи исследования входило изучение качества измерения размерных параметров коров с помощью модуля камер через прозрачную стенку при разной степени ее загрязнения.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Использовался бонитировочный станок длиной без ножек 3060 мм, шириной 1806 мм, высотой без модуля для расположения камер сверху 2171 мм. Ширина внутри станка, куда заходят коровы, варьируется: 1150, 1000, 850, 700 мм. Камеры расположены на расстоянии 1000 мм от коровы и 896-946 мм от прозрачной стенки (рис. 1).

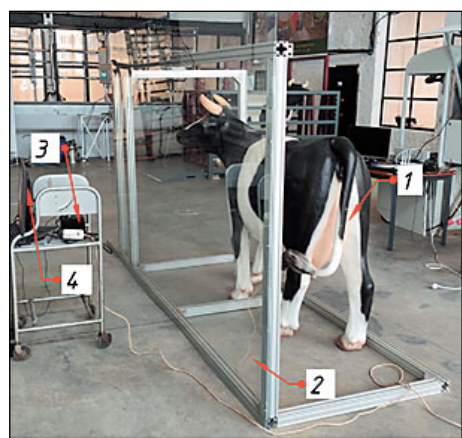
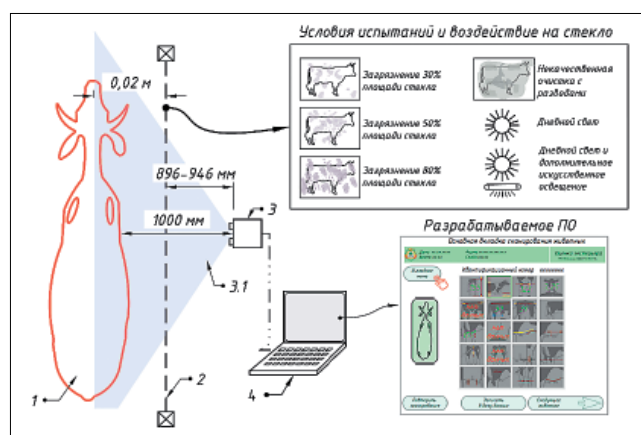


Рис. 1. Схема лабораторного стенда: 1 – корова; 2 – стенка из прозрачного полиэтилентерефталата; 3 – камера; 3.1 – область обзора камеры; 4 – компьютер  
Fig. 1. The laboratory stand layout: 1 – cow; 2 – PET barrier; 3 – camera; 3.1 – camera viewing area; 4 – computer

Использовался модуль из бинокулярных камер. Стереопара из двух объективов 3-Inch CMOS OV4689 (4 Мп) расположена на одной плате на расстоянии 6,3 см друг от друга. Найденные объекты определялись с вероятностью от 0 до 1 (например, 0,74 для случаев высокой вероятности определения объекта). Разрешение 3840 Н × 1520 В, поле зрения 110 градусов, динамический диапазон до 64,6 дБ, тип фокусировки – ТФ, формат вывода MJPEG, YUV2, частота кадров – 30/1 в секунду в зависимости от формата вывода. Условия работы: температура воздуха от –20 до +70°C, относительная влажность воздуха 80-85%.

В эксперименте использовали датасет EasyPortrait, содержащий разметку 40 тысяч лиц с метками для определения частей лица (рот, брови, глаза). Поскольку необходимо определять конкретные точки на туловище КРС и/или сосков вымени был выбран аналог для используемых датасета и нейросети – поиск рта. YOLO v8 – наиболее точная нейросеть для поиска и определения объектов на изображении, которая поддерживает семантическую сегментацию. После обучения нейросеть способна отмечать контур рта на снимке, в качестве начальной искомой точки был выбран левый угол рта.

Прозрачная стенка лабораторного модуля изготовлена из полиэтилентерефталата: ее длина 3000 мм, высота 2000 мм, толщина 4 мм, светопропускание до 90% (глянцевая поверхность). Характеристики ПЭТ сохраняются от низких (–40°C) до высоких (+75°C) значений температуры. Этот полимер проявляет высокую химическую стойкость к бензину, маслам, жирам, спиртам, эфиру, разбавленным кислотам и щелочам.

В помещении, где содержатся коровы, стенка бонитировочной камеры может испытывать воздействие, приводящее к нарушению ее свойств. Это механические удары и скрежет рогами, толкание, а также загрязнение стекла от тела коров, размазывания хвостом грязи, следов насекомых, попадание брызг воды и проч., что сказывается на точности видеосканирования размеров животных.

Изучены свойства стекла при загрязненности в диапазоне от 30 до 80%, а также при некачественной очистке (мутное). Под загрязненностью стекла подразумевается то, насколько нарушается из-за внешних воздействий зрительное восприятие человеком объекта за стеклом.

Выявление объекта на изображении проводилось при дневном свете: без дополнительного освещения; с включенным общим светом в помещении; с дополнительным светом и дополнительной лампой на полу. Также отличалась загрязненность стекла: малая – покрыто грязью около 30% площади; средняя – покрыто грязью около 50% площади; сильная – по-

крыто грязью около 80% площади; без капель грязи с полным покрытием стекла остатками загрязнения (симуляция некачественной очистки стекла).

Перед началом испытаний модуль подключается к системе электропитания. Камеры устанавливаются на необходимом расстоянии перед стеклом, проверяется уровень заряда каждой камеры или подключение к электросети. Проводится поиск объекта через стекло, не подвергшееся воздействию загрязнения или повреждению (0% загрязненности). Затем наносятся повреждения и загрязнения на площадь до 30, до 50 и до 80% поверхности стекла и проводится поиск объекта. Данные сравниваются (рис. 2, таблица) и формируется понимание, при каком уровне загрязнения и повреждения возможно использовать камеры для замера коров.

**Результаты и обсуждение.** Определение проводилось стереопарой 1/3-Inch CMOS OV4689 (4 Мп). Было выбрано определение рта, который можно считать аналогом поиска сосков на вымени и/или определенных точек на туловище, так как цвет искомого объекта сочетается с остальной поверхностью кожных покровов.



Загрязненность 30% Загрязненность 80% Некачественная очистка

Рис. 2. Изображения при разной загрязненности стекла  
Fig. 2. Images with varying levels of protective glass contamination

Результаты, представленные в таблице, демонстрируют в каких условиях загрязненности нейросеть перестанет определять объекты на изображении (П и Л – правая и левая камера оптопары). Данные по замерам при отсутствии загрязнения в таблицу не вносились, так как определение происходило в штатном режиме.

Система определения животных будет стабильно работать до загрязнения 30% поверхности стекла включительно. При 50% загрязнения и некачественной очистке стекла возможность проведения замеров снижается в 1,625 раза, а при 80% камера неспособна определить объект и качественный сбор данных невозможен. При мутном стекле система работает нестабильно.

| Уровень загрязненности | Дневной свет |      | Общий свет |      | Лампа на полу |      | Общий свет и лампа на полу |      |
|------------------------|--------------|------|------------|------|---------------|------|----------------------------|------|
|                        | П            | Л    | П          | Л    | П             | Л    | П                          | Л    |
| 30%                    | 0,78         | 0,78 | 0,74       | 0,74 | 0,67          | 0,61 | 0,62                       | 0,76 |
| 50%                    | 0,59         | 0,74 | 0,62       | 0,52 | –             | –    | 0,46                       | –    |
| 80%                    | –            | –    | –          | –    | –             | –    | –                          | –    |
| Мутное                 | 0,78         | 0,76 | 0,46       | 0,54 | –             | –    | –                          | 0,49 |

Наиболее подходящим для определения объекта сквозь стекло является освещение дневным светом без дополнительного источника и совместно с общим включенным светом. Вариант с напольной лампой менее пригоден, объект определяется только при малом загрязнении.

Исследована ударная прочность ограждения из термополимера путем нанесения повреждений рогом разной силы и частоты. Установлено, что полиэтилентерефталат устойчив к такому механическому воздействию. Могут появиться царапины, поддающиеся шлифовке, после затирания качество приближается к исходному значению. Наблюдалось небольшое повреждение материала при высокой температуре.

**Выводы.** Установлена возможность определения объекта камерой при загрязнении до 50% включительно поверхности стекла и после его некачественной очистки. Наиболее точное определение при загрязнении до 30% включительно. Качество изображения выше на 2,6-38% в зависимости от загрязнения и типа освещения. При высокой степени загрязнения (80%) нет возможности определения объекта.

Наиболее подходящим при определении объекта сквозь стекло является дневной свет без дополнительного источника или дневной совместно с общим светом в помещении. Качество определения по сравнению с другими типом освещения при 30% загрязнения выше на 6-21%.

Использование лампы на полу и дневного света позволяет определить объект только при загрязнении до 30%, что на 75% хуже по сравнению с другими типами освещения для определения.

При использовании общего света и лампы на полу с дневным светом возможно определение при загрязненности 30, 50% и некачественной очистки, но возможна некорректная работа одной из двух камер (невозможность определения).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ценч Ю.С. Научно-технический потенциал как главный фактор развития механизации сельского хозяйства // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. N2. С. 4-13. DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-2-4-13.
2. Лобачевский Я.П., Дорохов А.С. Цифровые технологии и роботизированные технические средства для сельского хозяйства // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021. Т. 15. N4. С. 6-10. DOI: 10.22314/2073-7599-2021-15-4-6-10.
3. Королев В.А., Башилов А.М. Видеоцифровое системно-метрическое управление агротехнологическими процессами // *Вестник аграрной науки Дона*. 2019. N4(48). С. 68-75.
4. Buller H., Blokhuis H., Lokhorst K. et al. Animal welfare management in a digital world. *Animals*. 2020. N10. 1779. doi.org/10.3390/ani10101779.
5. Martins B.M., Mendes A.L.C., Silva L.F. et al. Estimating body weight, body condition score, and type traits in dairy cows using three dimensional cameras and manual body measurements. *Livestock Science*. 2020. Vol. 236. 104054. doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104054.
6. Zhao Y., Xiao Q., Li J., et al. Review on image-based animals weight weighing. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2023. N215. 108456. doi.org/10.1016/j.compag.2023.108456.
7. Bi Ye, Campos L.M., Wang J., Yu H. Depth video data-enabled predictions of longitudinal dairy cow body weight using thresholding and Mask R-CNN algorithms. *Smart Agricultural Technology*. 2023. N6. 100352. doi.org/10.1016/j.atech.2023.100352.
8. Li J., Ma W., Bai Q. et al. A posture-based measurement adjustment method for improving the accuracy of beef cattle body size measurement based on point cloud data. *Biosystems Engineering*. 2023. N230. С. 171-190. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2023.04.014.
9. Zhao K.X., Shelley A.N., Lau D.L. et al. Automatic body condition scoring system for dairy cows based on depth-image analysis. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2020. N13(4): 45–54. DOI: 10.25165/j.ijabe.20201304.5655.
10. Yurochka S.S., Dovlatov I.M., Pavkin D.Yu. et al. Technology of automatic evaluation of dairy herd fatness. *Agriculture*. 2023. N13(7). 1363. DOI: 10.3390/agriculture13071363.
11. Tsai D.M., Huang C.Y. A motion and image analysis method for automatic detection of estrus and mating behavior in cattle. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2014. 104. 25-31. DOI: 10.1016/j.compag.2014.03.003
12. Xue T., Qiao Y., Kong H. et al. One-shot learning-based animal video segmentation. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 2021. DOI: 10.1109/TII.2021.3117020.
13. Jones J.W., Antle J.M., Basso B. et al. Toward a new generation of agricultural system data, models, and knowledge products: State of agricultural systems science. *Agricultural Systems*. 2017. 155. 269-288. DOI: 10.1016/j.agry.2016.09.021
14. Charfeddine N., Pérez-Cabal M.A. Effect of claw disorders on milk production, fertility, and longevity, and their economic impact in Spanish Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 2017. (1):653-665. doi:10.3168/jds.2016-11434.
15. Qiao Y., Kong H., Clark C. et al. Intelligent perception-based cattle lameness detection and behaviour recognition: A Review. *Animals*. 2021. 11. 3033. https://doi.org/10.3390/ani11113033.
16. Дунин И.М., Павлов М.Б., Белик Н.И., Сердюков И.Г. Использование селекционных индексов в тонкорунном овцеводстве. *Зоотехния*. 2020. N2. С. 30-32. DOI: 10.25708/ZT.2020.33.25.010.
17. Bahlo C., Dahlhaus P., Thompson H., Trotter M. The role of interoperable data standards in precision livestock farming in extensive livestock systems: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. 156. 459-466. DOI: 10.1016/j.compag.2018.12.007

## REFERENCES

1. Tsench Yu.S. Scientific and technological potential as the main factor for agricultural mechanization development. *Agricultural machinery and technologies*. 2022. Vol. 16. N2. 4-13 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-2-4-13. EDN: WLFWZG.
2. Lobachevsky Ya.P., Dorokhov A.S. Digital technologies and robotic devices in the agriculture. *Agricultural machinery and technologies*. 2021. Vol. 15. N4. 6-10 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2021-15-4-6-10. EDN: YFRZDV.
3. Bashilov A.M., Korolev V.A. Video-digital system-metric management of agrotechnological processes. *Don agrarian science bulletin*. 2019. N4(48). 68-75 (In Russian).
4. Buller H., Blokhuis H., Lokhorst K., et al. Animal welfare management in a digital world. *Animals*. 2020. N10. 1779 (In English). doi.org/10.3390/ani10101779.
5. Martins B.M., Mendes A.L.C., Silva L.F., et al. Estimating body weight, body condition score, and type traits in dairy cows using three dimensional cameras and manual body measurements. *Livestock Science*. 2020. Vol. 236. 104054 (In English). doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104054.
6. Zhao Y., Xiao Q., Li J., et al. Review on image-based animals weight weighing. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2023. N215. 108456 (In English). doi.org/10.1016/j.compag.2023.108456.
7. Bi Ye, Campos L.M., Wang J., Yu H. Depth video data-enabled predictions of longitudinal dairy cow body weight using thresholding and Mask R-CNN algorithms. *Smart Agricultural Technology*. 2023. N6. 100352 (In English). doi.org/10.1016/j.atech.2023.100352.

8. Li J., Ma W., Bai Q., et al. A posture-based measurement adjustment method for improving the accuracy of beef cattle body size measurement based on point cloud data. *Biosystems Engineering*. 2023. N230. 171-190 (In English). DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2023.04.014.
9. Zhao K.X., Shelley A.N., Lau D.L. et al. Automatic body condition scoring system for dairy cows based on depth-image analysis. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2020. N13(4). 45-54 (In English). DOI: 10.25165/j.ijabe.20201304.5655.
10. Yurochka S.S., Dovlatov I.M., Pavkin D.Yu. et al. Technology of automatic evaluation of dairy herd fatness. *Agriculture*. 2023. N13(7). 1363 (In English). DOI: 10.3390/agriculture13071363.
11. Tsai D.M., Huang C.Y. A motion and image analysis method for automatic detection of estrus and mating behavior in cattle. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2014. 104. 25-31 (In English). DOI:10.1016/j.compag.2014.03.003.
12. Xue T., Qiao Y., Kong H., et al. One-shot learning-based animal video segmentation. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 2021. DOI: 10.1109/TII.2021.3117020.
13. Jones J.W., Antle J.M., Basso B. et al. Toward a new generation of agricultural system data, models, and knowledge products: State of agricultural systems science. *Agricultural Systems*. 2017. 155. 269-288 (In English). DOI: 10.1016/j.agsy.2016.09.021.
14. Charfeddine N., Pérez-Cabal M.A. Effect of claw disorders on milk production, fertility, and longevity, and their economic impact in Spanish Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 2017. (1). 653-665 (In English). doi:10.3168/jds.2016-11434.
15. Qiao Y., Kong H., Clark C. et al. Intelligent perception-based cattle lameness detection and behaviour recognition: A Review. *Animals*. 2021. 11. 3033 (In English). <https://doi.org/10.3390/ani11113033>.
16. Dunin I.M., Pavlov M.B., Belik N.I., Serdyukov I.G. Use of selection indices in thin-rune sheep farming. *Zootechniya*. 2020. N2. 30-32 (In Russian). DOI: 10.25708/ZT.2020.33.25.010. EDN: YPJZV.
17. Bahlo C., Dahlhaus P., Thompson H., Trotter M. The role of interoperable data standards in precision livestock farming in extensive livestock systems: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. 156. 459-466 (In English). DOI: 10.1016/j.compag.2018.12.007.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

### Заявленный вклад соавторов:

Юрочка С.С. – научное руководство, формулирование основных направлений исследования, проведение экспериментального исследования, формирование текста;  
 Довлатов И.М. – обработка результатов исследования, доработка текста и общих выводов;  
 Хакимов А.Р. – литературный анализ, обработка результатов исследования, формирование текста;  
 Комков И.В. – проведение экспериментального исследования, формирование текста;  
 Павкин Д.Ю. – формулирование основных направлений исследования;  
 Базаев С.О. – литературный анализ, обработка результатов исследования.

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

### Coauthors' contribution:

Yurochka S.S. – scientific supervision, formulating the main research concepts, conducting the experimental research, working on the manuscript;  
 Dovlatov I.M. – research result processing, finalizing the manuscript and general conclusions;  
 Khakimov A.R. – literature review, research result processing, working on the manuscript;  
 Komkov I.V. – conducting the experimental study, working on the manuscript;  
 Pavkin D.Yu. – formulating the main research concepts;  
 Bazaev S.O. – literature review, research result processing.  
*The authors read and approved the final manuscript.*

Статья поступила в редакцию  
 Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on  
 The paper was accepted for publication on

10.01.2024  
 29.02.2024