
РАЗДЕЛ 2

ЖИВОТНОВОДСТВО

УДК 636.061:004.9

РАННЕЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЖИВОЙ МАССЫ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОМПЛЕКСНОГО ИНДЕКСА ТИПА ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ

Батанов С.Д., Баранова И.А., Старостина О.С.
Удмуртский государственный аграрный университет

Выявление взаимосвязи типа телосложения, генотипических и фенотипических особенностей животного позволит сформулировать комплексную оценку животных по племенной ценности и производственному типу, их здоровью и перспектив использования. В связи с этим важной составляющей комплексной оценки является определение экстерьерных показателей животного. В данной статье представлен новый подход в оценке экстерьера. Суть метода заключена в том, что в условиях фермы при содержании животных в стойлах определяют экстерьерные параметры путем обработки изображений, полученных фотографированием животных или с помощью сенсора глубины Sensors-3D. На основе полученных промеров животного были разработаны формулы вычисления индексов типа телосложения, которые позволяют выявить экстерьерно-конституциональный тип животного. Учитывая высокую степень корреляции между экстерьерными параметрами и молочной продуктивностью, экстерьерными параметрами и живой массой, вычисленные индексы типа телосложения лежат в основе прогнозирования мясной и молочной продуктивности крупного рогатого скота.

Ключевые слова: тёлки, бычки, чёрно-пёстрая порода, тип телосложения, экстерьерный индекс, живая масса, молочная продуктивность.

EARLY PREDICTION OF DAIRY PRODUCTIVITY AND DETERMINATION OF LIVE WEIGHT OF CATTLE USING A COMPLEX INDEX OF BODY TYPE

Batanov S.D., Baranova I.A., Starostina O.S.
Udmurtia State Agrarian University

Identification of the relationship between body type, genotypic and phenotypic characteristics of the animal will allow us to formulate a comprehensive assessment of animals in terms of breeding value and production type, their health and prospects for use. In this regard, an important component of a comprehensive assessment is the determination of the exterior indicators of the animal. This article presents a new approach to assessing the exterior. The essence of the method lies in the fact that under farm conditions, when animals are kept in stalls, exterior parameters are determined by processing images obtained by photographing animals or using the Sensors-3D depth sensor. Based on the obtained measurements of the animal, formulas were developed for calculating body type indices, which make it possible to identify the exterior-constitutional type of the animal. Given the high degree of correlation between conformation parameters and milk productivity, conformation parameters and live weight, the calculated body type indices underlie the forecasting of meat and dairy productivity of cattle.

Key words: heifers, bulls, black-and-white breed, body type, conformation index, live weight, milk production.

Каждый биологический признак представляет собой функцию многих переменных: на него влияют как генетические, так и средовые факторы, что обуславливает изменчивость признаков. В зоотехнической науке и практике животноводства существуют два принципиально различающихся, но взаимосвязанных критерия оценки молочных коров: по молочной продуктивности и по внешнему виду (экстерьеру животного) [1-8]. Селекционерами давно было замечено, что форма и размеры статей животного связаны с направлением его продуктивности[9]. Современное понятие тип животного включает такие элементы, как экстерьер, телосложение, конституция. Тип определяют как предполагаемую связь между телосложением животного и его способностью выполнять определенные функции.

В практике молочного скотоводства, как в нашей стране, так и за рубежом проводится обязательная оценка телосложения и продуктивных качеств племенных животных.

В настоящее время для оценки экстерьера скота существуют контактные и бесконтактные способы получения промеров животных [10-16]. Контактные методы измерения промеров тела животных являются трудоёмким процессом, вызывают стресс у животного и сильно зависят от субъективных причин [17-20].

Бесконтактные дистанционные измерения параметров экстерьера животных представляют для зоотехников наибольший интерес. Они позволяют снизить опасные реакции животных на стресс и существенно сократить время на получение их промеров. В современных исследованиях приведены разные технологии бесконтактных измерений телосложения животных. К бесконтактным способам можно отнести способ получения промеров животных с использованием лазерного дальномера и лазерной указки. Экстерьерные параметры определяют одновременным измерением двумя противоположными дальномерами расстояний до маркеров, установленных на каждой стороне стати животного, с учетом расстояния между дальномерами. Измерения одновременно передают в компьютер для формирования результатов. Устройство содержит станок для фиксации животных и измерительный инструмент. Недостатком этого способа является в дополнительном фиксировании животного, что приводит к возникновению стресса. Установка маркеров на статях тела животного, по которым измеряются промеры лазерными указками, ведет к погрешности измерения и к задаче их корректной установке.

Предлагается получать информацию по экстерьеру животного с использованием технологии LIDAR, которая позволяет построить трехмерную модель животного. В их экспериментах определяются пять промеров тела животного: высота в холке, глубина груди, косяя длина туловища, высота в пояснице, высота в крестце.

На трех животных приводят результаты апробации разработанного алгоритма по обработке трехмерного облака точек для дальнейшей реконструкции поверхности тела.

Однако их алгоритм расчета трехмерной модели животного не подходит для всех возрастных групп крупного рогатого скота (от телят до взрослых особей). Следовательно, требуется разработка другого алгоритма по обработке трехмерного изображения животного. Применение технологии LIDAR позволяет существенно сократить время до 5 минут для получения силуэта коровы и измерения параметров тела. Но для четкого и полного контура крупного рогатого скота требуется общее решение для фильтрации шумов на изображении и качественная калибровка датчика с технологией LIDAR.

Аналогично приведенной разработке является технология применения камеры глубины Kinect, способной получить облако точек для реконструкции 3D поверхности тела животного. Существенным недостатком этой технологии является требование к освещению помещения, где находится исследуемый объект.

Анализируя современные методы получения промеров крупного рогатого скота, можно сделать вывод, что они являются дорогостоящими, требуют использование высокотехнологичного оборудования и не приспособлены к измерению промеров тела в условиях производства. В настоящее время актуальной остается задача поиск новых методов измерения крупного рогатого скота или усовершенствование бесконтактных методов.

Полученные данные по экстерьеру животного позволят оценить конституциональный тип животного. А взаимосвязь типа телосложения коровы и ее молочной продуктивности дает возможность прогнозировать показатели молочной продуктивности молодняка.

Взаимосвязь комплексной оценки типа телосложения, генотипической и фенотипической особенностей животного позволит сформулировать комплексную оценку животных по племенной ценности и производственному типу, их здоровью и перспектив использования.

В связи с этим целью наших исследований являлась разработка способа получения экстерьерных показателей коров для создания математической модели прогноза живой массы и молочной продуктивности коров на ранней стадии развития ремонтного молодняка.

Объекты и методы исследования

Научные экспериментальные исследования проводились в 2019-2021 гг. на коровах черно-пестрой и холмогорской пород в племенных предприятиях Удмуртской Республики. Объем выборочной совокупности животных составил 2000 коров. Животные оценивались в период с 90-го по 150-й день лактации. Нами были выбраны следующие промеры: высота в холке, глубина груди, ширина груди, ширина в маклоках, прямая длина тазобедренной области, прямая длина туловища, обхват пясти. Указанные параметры наиболее точно характеризуют габариты (каркас) животного.

Экстерьерные параметры были получены тремя способами. Первый способ заключается в контактном измерении. В этом случае замеры проводились с помощью измерительных инструментов (мерная лента, мерная палка, циркуль).

Второй способ заключается в определении промеров статей коров по их изображениям, полученным путем фотографирования.

Как известно, для определения размера объекта по снимку L необходимо знать несколько параметров: размер объекта на снимке L' , например, в пикселях, расстояние от камеры до объекта a , расстояние от изображения до линзы фотоаппарата b (рис. 1). Тогда из формул тонкой линзы (1, 2) можно определить L (3):

$$\frac{L}{L'} = \frac{a}{b} \quad (1)$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}, \quad (2)$$

где f – фокусное расстояние линзы.

$$L = \left(\frac{a}{f} - 1\right) \cdot L', \quad (3)$$

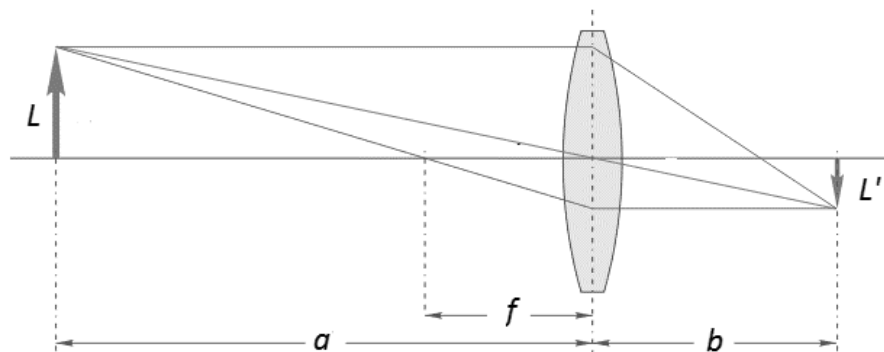


Рис. 1 – схема хода лучей через тонкую собирающую линзу (линзу фотоаппарата)

Размер объекта на снимке задается в пикселях, следовательно, размер предмета получится в пикселях. Для перевода исследуемых параметров в систему СИ необходимо знать линейные размеры пикселей. Сложность задачи определения истинных размеров объекта по фотографии сводится к определению размеров пикселей из данных о матрице используемого фотоаппарата. В паспортных данных объектива матрицы фотоаппарата обычно приводятся два возможных типоразмера, например, 2/3" и 1/2". В зависимости от линейного размера сенсора будет меняться линейный размер пикселя. Таким образом, необходимо указать конкретный размер сенсора. Линейный размер пикселя определяются как:

$$S = 2 \cdot f \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right), \quad (4)$$

где f - фокусное расстояние объектива, α - угол зрения объектива по горизонтали - H или по вертикали - V .

Для более точного измерения размера пикселя рекомендуется сфотографировать тест объект с заведомо известными размерами. Это необходимо для определения фокусного расстояния матрицы, т.к. в паспорте фотоаппарата приводят два размера: передний и задний фокус. Если на разных расстояниях до объекта при одном и том же фокусном расстоянии, принятом как передний фокус, размеры пикселя, полученные по формуле (4) отличаются друг от друга, то скорее всего фокусное расстояние будет приближаться к заднему фокусному расстоянию.

Как видно из описания определения линейных параметров объекта по изображению методом вычисления размера пикселя имеется ряд недостатков:

- неоднозначность величин, требуемых для расчета размера пикселя;
- необходимость проводить тестовые исследования с целью определения параметров матрицы фотоаппарата;
- необходимость замерять расстояния от камеры до объекта.

Указанные недостатки приводят к дополнительным методическим и случайным погрешностям в определении линейных размеров животного по фотографии.

Нами был предложен (использован) метод получения промеров животного по изображению с помощью введения в кадр персептрометра, размеры которого заведомо известны. В качестве персептрометра была применена метровая линейка. Изображение получено на цифровом фотоаппарате, установленном на штативе, с использованием сетки фокусирующего экрана. Указанная функция позволяет выровнять получаемое изображение относительно экрана фотоаппарата. Так, были получены три проекции животного: вид сбоку, сзади и спереди. При снятии первой проекции животное располагалась параллельно экрану фотоаппарата, в двух других случаях – перпендикулярно.

Полученные изображения были обработаны в графическом редакторе (Autodesk, AutoCAD, Paint) следующим образом. На изображении были определены границы персептрометра и исследуемых параметров, затем между ними проведена линия (рис. 2).

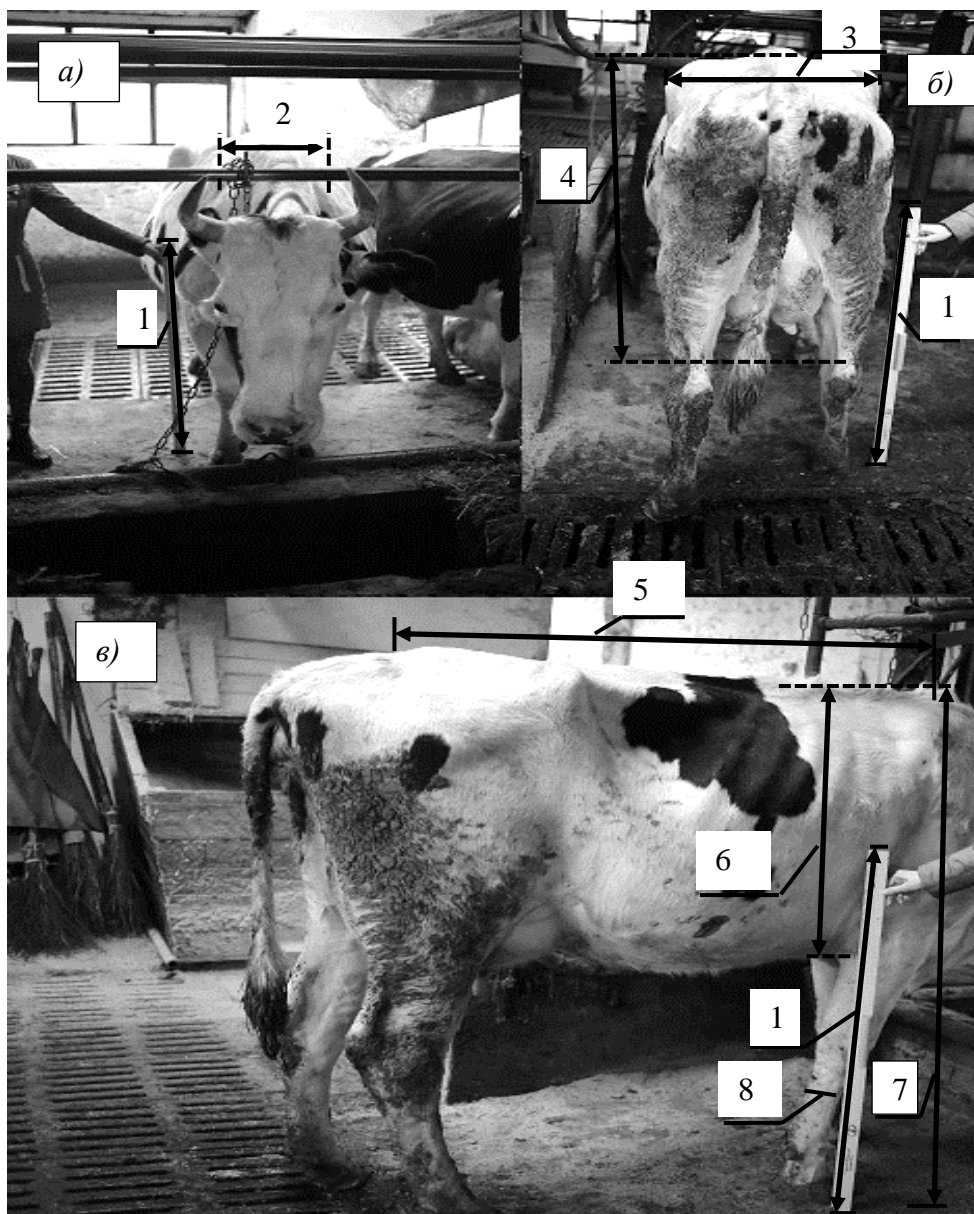


Рис. 2 – схема снятия промеров по изображениям животных: а) – вид спереди, б) – вид сзади, в) – вид сбоку; где 1 – перспектроскоп, 2 - ширина груди, 3 – ширина в маклоках, 4 – длина тазобедренной области, 5 – прямая длина туловища, 6 – глубина груди, 7 – высота в холке, 8- обхват пясти

Таким образом, были найдены интересующие нас размеры в пикселях. Истинные размеры экстерьерных параметров животных были вычислены по формуле:

$$L = \frac{s_2 \cdot l}{s_1}, \quad (5)$$

где l – длина перспектроскопа, см; s_1 – размер перспектроскопа в пикселях; s_2 – размер объекта в пикселях. Длина линии в пикселях вычислена как гипотенуза прямоугольного треугольника, катеты которого составляют длину и ширину выделенной области при определении того или иного промера по изображению.

Нами был предложен (использован) третий способ определения экстерьерных параметров метод обработки изображений, полученных с помощью сенсора глубины– Structure-Sensor 3D [13]. Сенсор глубины представляет собой камеру, которая крепится к планшетному устройству и позволяет захватывать трехмерное изображение объектов. Кроме самой камеры в устройстве используется инфракрасный лазер, сенсор и специальная подсветка. Инфракрасный лазер наносит невидимый для человеческого глаза точечный узор на объекты в пределах 3,5 метров, одновременно с ним инфракрасный сенсор регистрирует искажения узора. Таким образом, создается карта глубин для сцены и объектов внутри нее. Узор дополняется изображением с обычной камеры, в результате чего получается трехмерные модели предметов или окружающего пространства. Программное обеспечение для сенсора (StructureSensorScanner, M3DScan, ItSeez3D, StructureSensorRoomCapture) позволяет получать информацию о расстоянии между объектами, расстояние от камеры до объекта и определять любой линейный размер самого объекта в режиме реального времени. Основное весомое преимущество использования сенсора глубины заключается в возможности в ускоренном режиме определения размеров объекта без применения перспектрометра и привлечения минимального количества людей и стрессового воздействия на животных. Из полученной модели животного можно определить все необходимые и исследуемые экстерьерные параметры в достаточно большом количестве.

В режиме онлайн были определены все исследуемые экстерьерные параметры (рис. 3-5).

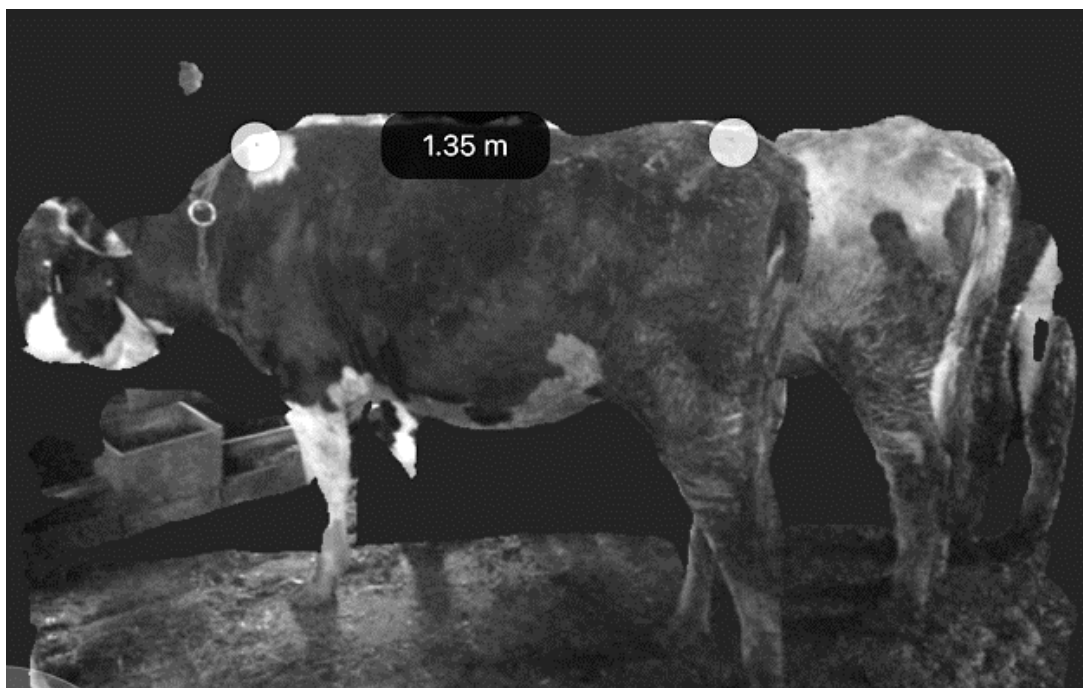


Рис.3 – определение промера – прямая длина туловища



Рис.4 – определение промера – высота в холке



Рис.5 – определение промера – ширина в маклоках

Результаты и их обсуждение

Характеристика исследований популяции коров по экстерьерным показателям, полученные тремя вышеописанными способами, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Величина экстерьерных параметров, полученных тремя различными способами

| Показатель | $\bar{x} \pm \Delta\bar{x}$ | Lim min-max | Cv, % |
|---|-----------------------------|-----------------|-------|
| Контактный метод (Взятие промеров) | | | |
| Высота в холке | 138.70±0.66 | (131.00-148.00) | 3.60 |
| Прямая длина туловища | 147.40±0.93 | (132.00-172.00) | 4.70 |
| Глубина груди | 84.30±0.62 | (75.00-94.00) | 5.54 |
| Ширина груди | 52.40±0.31 | (46.00-57.00) | 4.60 |
| Ширина в маклоках | 67.60±0.59 | (60.00-79.00) | 6.74 |
| Прямая длина тазобедренной области | 113.20±0.61 | (99.00-119.00) | 4.23 |
| Обхват пясти | 20.40±0.11 | (19.00-22.00) | 3.90 |
| Метод обработки изображений, полученных путем фотографирования | | | |
| Высота в холке | 141.80±0.69 | (130.50-151.00) | 3.69 |
| Прямая длина туловища | 145.86±0.91 | (127.10-160.00) | 4.69 |
| Глубина груди | 82.18±0.59 | (72.40-92.30) | 5.47 |
| Ширина груди | 51.20±0.47 | (44.40-59.00) | 6.86 |
| Ширина в маклоках | 65.90±0.74 | (54.50-79.00) | 8.42 |
| Прямая длина тазобедренной области | 111.40±0.92 | (96.40-129.30) | 6.23 |
| Обхват пясти | 21.30±0.16** | (16.70-24.20) | 5.80 |
| Метод обработки изображений, полученных с помощью сенсора глубины | | | |
| Высота в холке | 141.10±0.67 | (130.20-148.50) | 3.56 |
| Прямая длина туловища | 145.72±0.87 | (135.30-162.00) | 4.50 |
| Глубина груди | 81.60±0.77 | (71.20-89.60) | 7.19 |
| Ширина груди | 50.50±0.50 | (44.00-57.00) | 7.58 |
| Ширина в маклоках | 66.00±0.81 | (55.80-77.00) | 8.87 |
| Прямая длина тазобедренной области | 112.10±0.60 | (107-120.00) | 3.99 |
| Обхват пясти | 21.10±0.23* | (17.90-24.00) | 8.27 |

* P < 0.05; ** P < 0.01

В целом оценивая экстерьер животных необходимо отметить, что коровы имеют крепкое и глубокое туловище, хорошие параметры развития тела в высоту, правильно поставленные передние и задние конечности. Животные отличались хорошей приспособленностью к промышленной технологии. Развитие экстерьерных особенностей коров анализируемой популяции имеет достаточно выровненный характер и изменчивость изучаемых признаков варьировала от 3,56% до 8,87%. Вместе с тем следует отметить, что по всем показателям оценки экстерьера коров достоверных различий по величине признаков, полученных разным способом не выявлено за исключением промера «обхват пясти» разница по которому составила 4,4 % (P<0,01) и 3,4%(P<0,05) (таблица 1).

Промер «обхват пясти» характеризует степень развития костяка и в плане его определения является одним из самых «неудобных» промеров и, следовательно, полученные результаты имеют достаточно высокую погрешность (4,41 % и 3,43 %).

По остальным изучаемым признакам экстерьера погрешность по величине полученных результатов между 1 и 2 способами варьировалась от 1,04 % до 2,51 %, а между 1 и 3 способами соответственно от 0,97 % до 3,62 % (табл. 2).

Из анализа таблицы 2 видно, что погрешность измерений между контактным способом и методом обработки изображений, полученных путем фотографирования, а также между контактным способом и методом получения промеров с помощью сенсора глубины не превышает 5%.

Таблица 2

Относительная погрешность определения величины экстерьерных параметров, полученных контактным способом, методом обработки изображений и с помощью сенсора глубины (2000 коров)

| Параметр | Относительная погрешность величины экстерьерных параметров, полученных контактным способом и методом обработки изображений, % | Относительная погрешность экстерьерных параметров, полученных контактным способом и с помощью сенсора глубины, % |
|------------------------------------|---|--|
| Высота в холке | 2.24 | 1.73 |
| Прямая длина туловища | 1.04 | 1.14 |
| Глубина груди | 2.51 | 3.20 |
| Ширина груди | 2.29 | 3.62 |
| Ширина в маклоках | 2.51 | 2.37 |
| Прямая длина тазобедренной области | 1.59 | 0.97 |
| Обхват пясти | 4.41 | 3.43 |

Полученные результаты по экстерьеру крупного рогатого скота были статистически обработаны (среднее значение, ошибка средней, коэффициент вариации, среднее квадратическое отклонение, коэффициент корреляции) для разработки формулы экстерьерного индекса (6) и тазобедренного индекса (7):

$$ИТ = \frac{\sqrt[4]{V_{\text{корпус животного}} \cdot ОП}}{ВХ} \quad (6),$$

где объем корпуса животного определяется по формуле усеченной пирамиды:

$$V_{\text{корпус животного}} = \frac{1}{3} \cdot ПДТ \cdot \left((ШМ \cdot ДТОБ) + \sqrt{ГГ \cdot ШГ \cdot ШМ \cdot ДТОБ} + (ШГ \cdot ГГ) \right),$$

где ИТ – индекс телосложения; ПДТ – прямая длина туловища, ШМ – ширина в маклоках, ДТОБ – длина тазобедренной области, ГГ – глубина груди, ШГ - ширина груди, ОП- обхват пясти, ВХ – высота в холке, см.

Для разработки формулы тазобедренного индекса были получены дополнительные промеры, такие как длина крестца (ДК), глубина туловища в пояснице (ГП), ширина зада в седалищных буграх (ШЗ).

$$ИТОБ = \frac{\sqrt[3]{V_{\text{тазобедренной области}}}}{ПДТ} \quad (7),$$

где объем тазобедренной области животного определяется также по формуле усеченной пирамиды:

$$V_{\text{тазобедренной области}} = \frac{1}{3} \cdot ДК \cdot \left((ШМ \cdot ГП) + \sqrt{ШЗ \cdot ДТОБ \cdot ШМ \cdot ГП} + (ШЗ \cdot ДТОБ) \right).$$

Разработанные формулы по определению экстерьерных индексов животного наиболее полно и в комплексе характеризуют его тип телосложения и позволяют выявить экстерьерно-конституциональный тип животного [14, 15].

По отработанной ранее методике получения промеров тела животного с использованием сенсора глубины были оценены по экстерьеру 253 головы молодняка (в возрасте 18 месяцев) разного происхождения: 128 бычков, выращиваемых на мясо и 125 телок выращиваемых на ремонт стада. Все животные были распределены на три группы в зависимости от происхождения: 1 группа - бычки и телочки черно-пестрой породы; 2 группа – бычки и телочки абердин-ангусской породы; 3 группа – помесные бычки и телочки первого поколения, полученные при скрещивании коров черно-пестрой породы с быками-производителями абердин-ангусской породы. В качестве экстерьерных показателей были выбраны: прямая длина туловища, глубина груди, ширина груди, ширина зада в седалищных буграх, прямая длина тазобедренной области, обхват пясти. Промер обхват пясти введен в формулу для учета развития костной системы.

По определенному соотношению величин этих экстерьерных показателей был рассчитан индекс туловища (ИТул) и определен индекс массы тела (ИМТ) по формуле.

$$\text{ИТул} = \sqrt{\frac{V_{\text{туловища}}}{\text{ОП}}}, \quad (8)$$

где $V_{\text{туловища}} = 1/3 \cdot \text{ПДТ} \cdot \left(\text{ГГ} * \text{ШГ} + \sqrt{(\text{ГГ} * \text{ШГ} * \text{ДТОБ} * \text{ШЗ})} + \text{ДТОБ} * \text{ШЗ} \right)$,

$$\text{ИМТ} = \frac{\text{ИТ}}{m}, \quad (9)$$

где m – живая масса, кг.

Признаки экстерьера, живая масса и интенсивность роста скота характеризуются определенной взаимосвязью между собой. Полученный расчетным путем индекс массы тела используется как коэффициент прогноза живой массы животного.

Способ позволяет повысить эффективность проведения зоотехнических мероприятий по учету живой массы крупного рогатого скота, не используя при этом трудоемкий процесс взвешивания.

Выводы

Сравнительный анализ бесконтактных способов получения промеров тела крупного рогатого скота показывает, что они имеют недостатки, и, следовательно, появляется необходимость в усовершенствовании этих методов или в создании новых. В качестве приоритетного способа получения промеров животных был использован способ для измерения экстерьерных показателей животных с помощью сенсора глубина SstructureSensor 3D. С его помощью были измерены до 10 параметров экстерьера за короткое время. Погрешность измерения не превышает 3 %. Была разработана формула индекса типа телосложения для выявления экстерьерно-конституционального типа животного. Благодаря высокой корреляционной взаимосвязи экстерьера и продуктивности коров индекс типа телосложения позволяет прогнозировать показатели молочной продуктивности телок на ранней стадии развития. Разработанный индекс массы тела, основываясь на тесной взаимосвязи экстерьерных параметрах и массы тела животного, позволяет прогнозировать живую массу молодняка.

Таким образом, разработанные индексы и их обоснованная взаимосвязь позволяют создать математическую модель по прогнозированию молочной и мясной продуктивности скота на ранней стадии развития.

Список литературы

1. Совершенствование бестужевского и черно-пестрого скота на Южном Урале А.М. Белоусов, В.И. Косилов, Р.С. Юсупов и др. Учебники и учебные пособия для высших сельскохозяйственных учебных заведений / Оренбург, 2004. 134с.
2. Сенченко О.В., Миронова И.В., Косилов В.И. Молочная продуктивность и качество молока-сырья коров-первотёлочек чёрно-пёстрой породы при скармливании энергетика Промелакт//Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 1 (57). С. 90-93.
3. Косилов В.И., Кадралиева Б.Т., Бабичева И.А. Технологические свойства молока коров-первотёлочек разных генотипов при его сепарировании и выработке масла//Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 6 (98). С. 266-271.
4. A study on milk productivity of black-and-white cows considering genotypes of dna markers csn2, lgb, crh, stat1, tfam1, and tfam2 / О.А. Выкова, О.С. Chechenikhina, А.В. Stepanov et al. // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. 2022. Т. 13. № 3. Р. 13А3J
5. The influence of reproductive functions on productivity of cows of various live weight/ О.В. Gorelik, А.С. Gorelik, P.S. Galushina et al. //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Krasnoyarsk, Russian Federation, 2021. p. 12062.
6. Variability of genetic parameters for linear type traits in russian black-and-white cattlepopulation/ А.Ф. Conte, S.N. Kharitonov, А.А. Sermyagin et al. //J. of Dairy and Beef Cattle Breeding. 2017; 8: 3-9.
7. Brade W. Bodysize of Holstein cows – A critical analysis from the point of view of breeding and animal welfare. *Berichte über Landwirtschaft*. 2017; 95.
8. Бабайлова Г.П., Березина Т.И. Молочная продуктивность и пожизненный удой коров черно-пестрой породы разных типов телосложения // Зоотехния. 2014. № 2. С. 15 – 17.
9. Арзумян Е.А. Основы экстерьера крупного рогатого скота. М.: Сельхозиздат, 1957. 305 с.
10. Патент № 2629282 С Российская Федерация, МПК А01К 29/00. Способ и устройство проведения измерений сельскохозяйственных животных: № 2016145267: заявл. 18.11.2016: опубл. 28.08.2017 / Ю. А. Цой, В. И. Черноиванов, В. В. Танифа [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ).
11. Non-Contact Body Measurement for Qinchuan Cattle with LiDAR Sensor/ L.W.Huang, S.Q.Li, A.Q. Zhu et al. // *Sensors*. 2018; 18(9): 3014. <https://doi.org/10.3390/s18093014>.
12. Huang L., Guo H., Rao Q. Body dimension measurements of qinchuan cattle with transfer learning from liDAR sensing. *Sensors*. 2019;19(22): 5046. <https://doi.org/10.3390/s19225046>.
13. Ruchay A.N., Dorofeev K.A., Kolpakov V.I. Fusion of information from multiple kinect sensors for 3d object reconstruction. *Computer Optics*. 2018, 42(5): 898-903. <https://doi.org/10.18287/2412-6179-2018-42-5-898-903>.
14. Cow Body Shape and Automation of Condition Scoring. / I. Halachmi, P. Polak, D.J. Roberts et al. // *J. of Dairy Science*. 2008, 91: 4444-4451. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0785>.
15. Shi C., Zhang J.L., Teng G.H. Mobile measuring system based on LabVIEW for pig body components estimation in a large-scale farm. *Computers and electronics in agriculture*. 2019, 156:399-405. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.11.042>.
16. Popescu C R, Lungu A. Real-Time 3D Reconstruction Using a Kinect Sensor. *Computer Sci. and Information Technology*. 2014, 2(2): 95-99. <https://doi.org/10.13189/csit.2014.020206>.
17. Ивченко В. В. К анализу модели тонкой оптической линзы // Физическое образование в ВУЗах. 2012. Т. 18. № 1. С. 81 – 86.
18. Определение числовых значений экстерьера с использованием мобильных систем и информационных технологий/ И.А. Баранова, С.Д. Батанов, О.С. Старостина и др. // Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 3(47). С. 16 – 20. <https://doi.org/10.51794/27132064-2022-3-16>.
19. Молочная продуктивность коров разных экстерьерно-конституциональных типов/ С.Д. Батанов, И.А. Амерханов, И.А. Баранова и др. // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2021. № 2. С. 102 – 113. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2021-2-102-113>.
20. Патент № 2764307 С1 Российская Федерация, МПК А01К 67/00, А01К 67/02. Способ определения комплексного индекса телосложения и экстерьерно-конституционального типа животных: № 2020144096: заявл. 29.12.2020: опубл. 17.01.2022 / С. Д. Батанов, И. А. Баранова, О. С. Старостина; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ижевская государственная сельскохозяйственная академия".

Батанов Степан Дмитриевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Удмуртский государственный аграрный университет
426069, РФ, г. Ижевск, Студенческая ул., д.11
Телефон: +7 (3412) 59-24-95
E-mail: stepanbatanov@mail.ru

Баранова Ирина Андреевна, кандидат физико-математических наук, доцент, Удмуртский государственный аграрный университет
426069, РФ, г. Ижевск, Студенческая ул., д.11
Телефон: +7 (3412) 59-24-95
E-mail: zykina_i@mail.ru

Старостина Ольга Степановна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Удмуртский государственный аграрный университет
426069, РФ, г. Ижевск, Студенческая ул., д.11
Телефон: +7 (3412) 59-24-95
E-mail: starostinao.starostinat@yandex.ru