УДК/UDC 636

Применение методов математического моделирования в животноводстве

Закурдаева Наталья Сергеевна
студентка экономического факультета
Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина
г. Краснодар, Россия
e-mail: miss.nat5@yandex.ru

Соколова Ирина Владимировна
кандидат педагогических наук, доцент ВАК, доцент кафедры высшей математики
Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина
г. Краснодар, Россия
e-mail: irin-sokolova@yandex.ru
SPIN-код: 4183-6277
AuthorID: 213568

Аннотация

Разработка критериев раннего прогнозирования продуктивных качеств животных является одним из перспективных направлений в селекционной работе животноводства. Математическое моделирование позволяет более точно исследовать процессы, уменьшая тем самым объем экспериментов и снижая их трудоемкость. В работе рассмотрены понятия математической модели, виды математических моделей. В качестве аппарата математического обеспечения проведенных исследований был использован метод наименьших квадратов для прогнозирования мясных качеств бычков. В работе указано, что повышение мясной продуктивности крупного рогатого скота в животноводстве может быть обеспечено только при целенаправленной селекционной работе. Аналитическими формами для поддержки этого процесса служат линейная и нелинейная математические модели. Проводился пошаговый многофакторный регрессионный анализ, результатом которого стали линейная и гиперболическая модели для определения массы туши в зависимости от обхвата груди за лопатками, полуобхвата зада и косой длины туловища. Экспериментально были выявлены три промера статей, статистически значимо влияющих на массу туши, на базе которых построена полная гиперболическая модель для прогнозирования оценки массы туши. Применение современных методов математического моделирования открывает

широкие возможности для оценки и прогнозирования уровня продуктивности всего животноводства в целом.

Ключевые слова: методы прогнозирования, математическая модель, метод наименьших квадратов, регрессионный анализ, гиперболическая модель, мясные качества коров, уровень продуктивности.

Application of Methods of Mathematical Modelling in Livestocking Agriculture

Zakurdayeva Natalya Sergeyevna
student of the Faculty of Economics
Kuban State Agrarian University
Krasnodar, Russia
e-mail: miss.nat5@yandex.ru

Sokolova Irina Vladimirovna
Candidate of Pedagogical Sciences, VAK assistant professor, assistant professor of the Department of Higher Mathematics
Kuban State Agrarian University
Krasnodar, Russia
e-mail: irin-sokolova@yandex.ru
SPIN Code: 4183-6277
AuthorID: 213568

Abstract

Development of criteria for early prediction of productive qualities of animals is one of the promising areas in the breeding work of livestock. Mathematical modelling allows more accurate study of processes, thereby reducing the amount of experiments and reducing their complexity. The paper deals with the concept of a mathematical model, types of mathematical models. The least squares method was used as the apparatus of mathematical support of the research to predict the meat qualities of bulls. It is indicated in the work that the increase in meat productivity of cattle in animal husbandry can be provided only with targeted breeding work. Analytical forms to support this process are linear and non-linear mathematical models. A step-by-step multivariate regression analysis was carried out, which resulted in linear and hyperbolic models to determine the mass of the carcass depending on the girth of the chest behind the shoulder blades, half-girth of the back and oblique length of the trunk. Three measurements of articles

were experimentally revealed, which significantly affect the mass of the carcass, on the basis of which a complete hyperbolic model was built to predict the mass of the carcass. Application of modern methods of mathematical modelling opens wide opportunities for an assessment and forecasting of level of productivity of all animal husbandry in general.

Key words: forecasting methods, mathematical model, least squares method, regression analysis, hyperbolic model, meat quality of cows, productivity level.

Одним из перспективных направлений селекционной работы в животноводстве является разработка критериев раннего прогнозирования продуктивных качеств крупного рогатого скота. Современные исследования предполагают использование математических моделей для определения констант роста животных в возрастном аспекте, а также для прогнозирования уровня продуктивности в последующие периоды онтогенеза, основываясь на данных о начальной живой массе [1].

Математическая модель — это система математических отношений, которые описывают с требуемой точностью в прогнозируемых или реальных условиях изучаемый объект и его поведение. Главной целью моделирования является исследование объектов, а также предсказывание результатов будущих наблюдений [2].

Математическая модель может быть построена в виде формулы, которая устанавливает количественную связь функции с независимыми аргументами.

В отличие от естественных экспериментов, математическая модель позволит более точно описать исследуемые процессы. Она делает данное описание наиболее удобным и обозримым для последующего анализа, а также дает возможность снизить трудоемкость и объем натуральных экспериментов.

Универсальным для практического использования является метод наименьших квадратов, который обеспечивает формирование функций, у которых квадраты отклонения от эмпирических дают меньшую сумму. Алгоритм применения данного метода зависит от количества независимых аргументов и числа искомых параметров.

Метод наименьших квадратов широко применяется в животноводстве, так как позволяет установить зависимость между различными промерами статей тела, мясной продуктивностью и линейными промерами вымени у разных видов животных [3].

Так, например, при построении функции связи обхвата вымени, весьма сложного для натурного измерения промера, появляется возможность в определенных случаях отказаться от измерений указанного параметра [4].

Вышеназванный метод решено было апробировать на зоотехнических показателях сельскохозяйственного животного. Объектом исследований, являлись коровы, у которых брали промеры вымени и изучали мясные качества.

Обхват вымени статистически достоверно взаимосвязан с молочной продуктивностью коров. По данным ряда авторов, коэффициент корреляции по отдельным популяциям крупного рогатого скота колеблется от 0,4 до 0,7, причем, результаты регрессионного анализа показывают, что увеличение обхвата вымени на 10 см позволяет получить прибавку к удою за лактацию от 100 товаров до 500 кг молока. Однако взятие данного промера сопряжено для исследователя с определенным риском, вызванным работой вблизи животного, значительными затратами труда и времени, а также большими погрешностями при измерении. Для того чтобы свести деятельности к минимуму количество измерений, был проведен анализ взаимосвязи отдельных легко определяемых промеров вымени — длины x и ширины y с его обхватом Z. Уравнения регрессии [5] имеют следующий вид:

$Z=1{,}96x+40{,}6$ и $Z=3{,}15y+19$,

где 1,96; 40,6; 3,15 и 19 — весовые коэффициенты (см).

Ниже приводится пример применения расчетных параметров регрессивной связи для выбранной случайным образом коровы Перемены 1055 холмогорской породы, принадлежащей Славянской птицефабрике Краснодарского края. Показатели промеров обхвата, длины и ширины вымени, взятые у нее на 80-й день после отела, равнялись, соответствен-

но, 97, 29 и 26 см.

Введение в уравнение регрессии значения длины приводит к следующей расчетной величине обхвата вымени

Z =1,96*29 внешней+40,6=97,4 (см).

Аналогичным образом используется и промер ширины вымени

Z =3,15*26 +19=100,9 (см).

Расчетный показатель обхвата вымени, как средняя арифметическая двух вычисленных значений, составил 99 см, в данном случае расхождение не превышает 2%.

Наряду с традиционным подходом была предпринята попытка применить аппарат метода наименьших квадратов для случая многопараметрической зависимости. Это подтверждает правомерность использования методов наименьших квадратов при моделировании сопряженных промеров.

В частности, для обсуждаемого признака обхвата вымени (Z) построена аналитическая зависимость, устанавливающая функциональную связь между искомым промером и основными линейными промерами —длиной x производитель и шириной y:

$$Z = -0,019^2 + 0,224 + 0,22y^2 - 0,22 - 2,7.$$

С целью сравнительного анализа предлагаемых вариантов аналитической оценки обхвата вымени значение этого показателя с использованием двухпараметрической зависимости вычислено для тех же измерений:

$$Z = -0,019292 + 0,224 * 29 + 0,22 * 262 - 0,22 * 26 - 2,7 = 95,7$$ (см).

Отличие данного расчетного значения от экспериментального не превышает 1,3%.

Из этого следует, что с использованием указанных выше аналитических приемов точность определения обхвата вымени достаточно высокая: расхождение не превышает 1-2%. При этом при натурных измерениях ошибка часто превышает 5%. Таким образом, использование вышеуказанных методов в практической работе облегчит ручной труд зоотех-

нических работников и повысит точность проведенных измерений.

Повышение продуктивности в мясной продукции крупного рогатого скота может быть обеспечено только при целенаправленной селекционной работе. Следует отметить, что эффективность будет выше, если в качестве основного показателя мясной продуктивности скота принять массу туши.

Сложность данного подхода связана с возможностью статистически достоверного прогнозирования этого показателя при жизни животного. До настоящего времени отсутствуют какие-либо математические модели, которые бы характеризовали эту взаимосвязь.

Несмотря на то что на сегодняшний день не существует формальных общих приемов оптимизации математической модели, отражающей исходную многомерную зависимость, в качестве аналитических форм используют три нелинейные (мультипликативную, гиперболическую, экспоненциальную) и одну линейную модели [4].

Для решений поставленных задач применяли вышеуказанную программу и алгоритм.

С помощью алгоритма и программы реализовался аппарат пошагового регрессионного анализа в линейной и нелинейной постановках. Качество приближения каждой из сопоставляемых моделей оценивается по трем основным статистическим показателям: критерию Фишера, индексу множественной корреляции и средней относительной ошибке.

С увеличением количества промеров, которые используются в математической модели, должна возрастать точность прогнозирования массы туши.

Для изучения этой закономерности в рамках линейной формы проводился многофакторный пошаговый регрессионный анализ с исключением переменных признаков. Его суть заключается в том, что для исходного варианта регрессионной модели, которая включает, допустим, 11 промеров, проводят ранжирование признаков по критерию достоверности Стьюдента. При переходе к следующей модели исключался признак с максимальным значением критерия. Вычисленный процесс повторялся

до тех пор, пока не оставался один промер.

Эмпирический результат позволит прийти к выводу, что количество учитываемых промеров противоречиво этапом влияет на массу туши. Так, уменьшение их числа от 11 до 5 приводит к резкому, а затем к постепенному повышению точности приближения. Дальнейшее исключение промеров из модели снижает точность приближения. К промерам, влияющие статистически на массу туши и исключение каждого из которых ухудшает качество ее прогнозирования, относят: косую длину туловища и зада, обхват груди за лопатками, ширину груди, полуобхват зада.

Выявленная эффективная модель с полным набором промеров сложна для практического применения, поэтому возможно применение других моделей со всеми возможными комбинациями из пяти промеров. К сравнительному анализу привлекали 30 различных вариантов для каждой из четырех рассматриваемых аналитических форм [1].

Полученные результаты позволили прийти к выводу, что из всех вариантов с неполным набором признаков модели на базе трех промеров (полуобхват зада и косая длина туловища, обхват груди за лопатками) (рисунок 1) по точности прогнозирования достаточно близки к полной модели.

Промеры животного

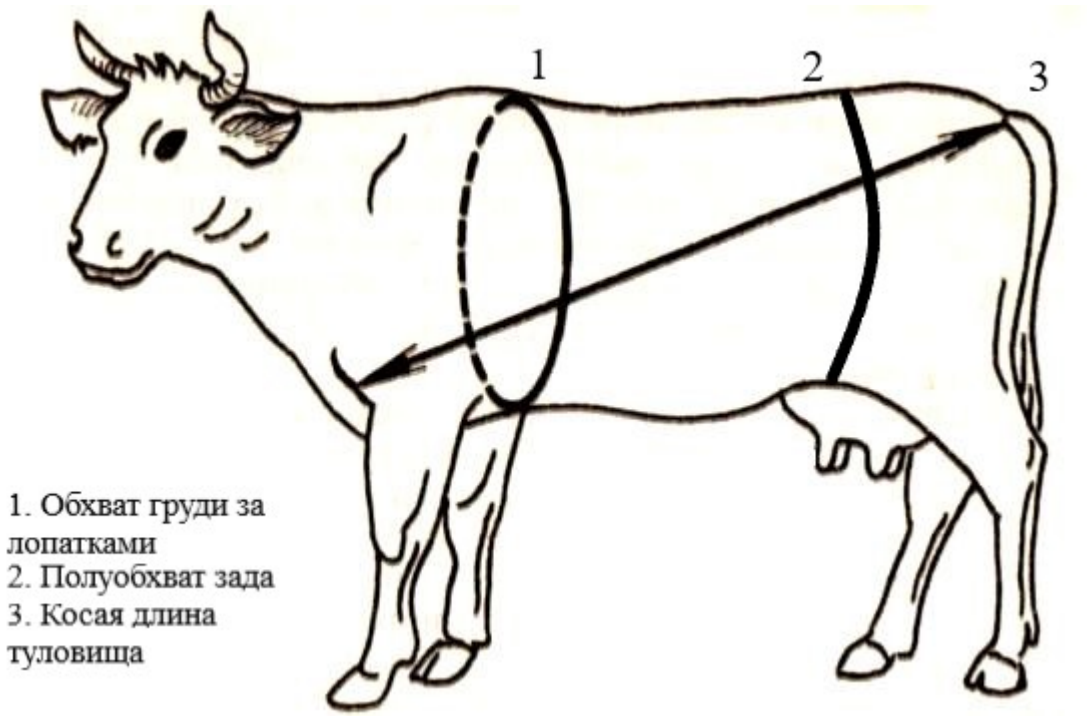


Рисунок 1

Наиболее простой структурой характеризуются линейная (1) и гиперболическая модели (2) [1]:

$$Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 \qquad (1)$$

$$Y = a_0 \cdot 10^{-2} - a_1 \cdot 10^{-5}x_1 - a_2 \cdot 10^{-4}x_2 - a_3 \cdot 10^{-5}x_3, \qquad (2)$$

Рисунок 2

где Y — масса туши, кг; $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ - весовые коэффициенты; x_1 - обхват груди за лопатками; x_2 - полуобхват зада; x_3 - косая длина туловища [6].

Таким образом, выявлены три промера статей, значительно влияющие статистически на на массу туши. На базе данных статей построена полная гиперболическая модель для прогнозирования оценки массы туши со средней погрешностью 3,5% и упрощенная линейная модель с погрешностью 5%.

Сформированные упрощенные зависимости выгодно отличаются от полной модели тем, что позволяют определять массу туши по трехпа-

раметрическим расчетным таблицам, построенным с помощью соответствующих формул и исключить ручные расчеты.

Список литературы

1. Федосеев В. В. Экономико-математические методы и модели в сельском хозяйстве / В. В. Федосеев. М., 2014. 260 с. 2. Кузнецов Б. Т. Математическая экономика: Учебное пособие / Б. Т. Кузнецов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. 343 с. 3. Кундиус В. А. Математические методы в экономике и моделирование социально-экономических процессов в АПК / Учебное пособие. 2-ое изд., перераб. и доп. М.: Колос, 2016. 214 с. 4. Гатауллин А. М. Математическое моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве / А. М. Гатауллин, В. Г. Гаврилов, Т. А. Сорокина. М.: Агропромиздат, 2015. 232 с. 5. Ефимов И. А. Применение математических методов в селекции животных / И.А. Ефимов. М.: РГАЗУ, 2016. 53 с. 6. Жоробаев, М. Г. Экономико-математическое моделирование прогнозирование затрат в животноводстве / М. Г. Жоробаев, Г. М. Маматурдиев // Синергия. 2016. № 1. 47–48 с.