

УДК 636.082

DOI: 10.33284/2658-3135-104-1-20

Метод племенной оценки быков-производителей мясных пород на основе BLUP

В.Ю. Хайнацкий

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург)

Аннотация. Повышение эффективности селекционно-племенной работы возможно только на основе использования точных методов оценки племенной ценности, позволяющих с высокой долей достоверности определить генетический потенциал продуктивности животных и прогнозировать продуктивность их потомства. Возникает потребность в разработке соответствующих статистических методов, которые на основе продуктивности потомков давали бы возможность прогнозирования племенной ценности их отцов.

Для оценки племенной ценности производителей мясных пород определены наиболее значимые селекционные признаки, приведён алгоритм расчёта племенной ценности производителей по живой массе потомства. Показан порядок построения линейных биометрических моделей, преобразование уравнений наименьших квадратов в уравнения смешанной модели; решение уравнений смешанной модели, получение матриц, определение оценки племенной ценности производителей и расчёт точности проведённой оценки.

Ключевые слова мясной скот, прогнозируемая племенная ценность, метод наилучшего линейного несмещенного прогноза – BLUP, селекционные признаки, биометрическая модель.

UDC 636.082

BLUP Method of breeding assessment of beef sires

Valery Yu Haynatsky

Federal Research Centre of Biological Systems and Agricultural Technologies of Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia)

Summary. The efficiency improving of selection and breeding work is possible only based on the use of accurate methods for assessing the breeding value. It allows to determine the genetic potential of animal productivity and predict the productivity of their progeny with a high degree of confidence. There is a need to develop appropriate statistical methods, which based on the productivity of descendants, would make it possible to predict the breeding value of their fathers.

To assess the breeding value of beef sires, the most significant breeding characteristics are determined. An algorithm for calculating the breeding value of producers by the offspring live weight is given. The procedure for constructing linear biometric models, converting the least squares equations into mixed model equations, solving the mixed model equations, obtaining matrices, determining the evaluation of breeding value, and calculating the accuracy of the evaluation is shown.

Key words: beef cattle, predicted breeding value, the method of the best linear unbiased forecast – BLUP, selectional feature, biometric model.

Введение.

Конкурентоспособность отечественной селекции и снижение импортозависимости в области генетического потенциала крупного рогатого скота специализированных мясных пород во многом обусловлены уровнем организации племенной работы и применением методов оценки племенной ценности животных.

Повышение генетического потенциала продуктивности животных достигается кропотливой селекционной работой, основанной на точном учёте, объективной оценке уровня продуктивности, обеспечения последовательного, в ряде поколений жёсткого отбора по комплексу признаков, объединяющем в себе наиболее важные по экономической значимости и целям селекции признаки.

Поскольку племенную ценность животных нельзя измерить, то возникает потребность в разработке соответствующих статистических методов, которые на основе продуктивности потомков давали бы возможность прогнозирования племенной ценности их отцов (Кузнецов В.М. и др., 1987).

Использование традиционных методов селекции при разведении мясного скота в Российской Федерации не привело к прорыву в этом направлении, наоборот, мы отстали от своих зарубежных коллег и, к сожалению, не на одно десятилетие. В основе зарубежных систем оценки лежит расчёт значений прогнозируемой племенной ценности (EBV) с использованием метода наилучшего линейного несмещённого прогноза (BLUP). Фенотип животного обусловлен несколькими факторами – его генотипом и условиями окружающей среды. Поэтому для объективной оценки генотипа необходимо, чтобы различия в условиях окружающей среды, в которых оно находится, были максимально минимизированы или исключены из фенотипической составляющей (Кузнецов В.М., 2003; Амерханов Х.А. и Зиновьева Н.А., 2008).

Под племенной ценностью животного (EBV) подразумевается его прогнозируемая племенная ценность, выраженная отклонением относительно среднего значения популяции. Метод BLUP – это метод статистического анализа и оценки общей племенной ценности сельскохозяйственных животных, позволяющий прогнозировать племенной потенциал животного и определять его способность передавать наследственные качества потомству.

Процедура наилучшего линейного несмещённого прогноза (BLUP – Best Linear Unbiased Prediction), в основе которой лежат линейные статистические модели смешанного типа, разработана в США профессором Хендерсоном в середине прошлого века, наиболее полно отвечает требованиям оценки племенной ценности животных и поэтому нашла широкое применение в селекции (Кузнецов В.М., 2003).

Аббревиатура BLUP отражает основные статистические свойства метода. Best (лучший) означает, что ошибка в оценке племенной ценности животного незначительна. Linear (линейный), что статистическая модель описывается линейным уравнением. Unbiased (несмещённый) показывает на неискажённость значения племенной ценности. Prediction обозначает прогнозирование (Зиновьева Н.А. и др., 2014).

По методу BLUP в отечественной литературе публикаций довольно мало, наиболее полно этот вопрос раскрыт В.М.Кузнецовым (Зональный НИИСХ Северо-Востока, г Киров). При его участии ВНИИРГЖ издал методические рекомендации по использованию BLUP для оценки племенной ценности быков-производителей (Кузнецов В.М. и др., 1987), в которых даны функциональная схема и тексты программ, способствующие освоению этого современного метода оценки генотипа производителей. Данный подход повышает результативность селекции при меньших затратах, в отличие от традиционных методов.

Метод BLUP – это статистический метод расчёта, учитывающий в оцениваемых значениях влияние причинных факторов. Модель используется для описания данных, включая причинные факторы, оказывающие влияние на продуктивность (Кузнецов В.М., 2003).

Для расчётов применяют несколько моделей, одна из которых, так называемая отцовская модель, разрабатывалась для оценки производителей по качеству потомства. Усовершенствованной её формой стала модель с матрицей родства, учитывающая информацию о ближайших родственниках производителя и степень их родства. Наиболее совершенная форма BLUP-оценки – модель животного. Аббревиатура – BLUP AM. Для каждого животного выводят своё уравнение, что позволяет более полно использовать имеющуюся информацию и полностью исключает её искажение, связанное с различным генетическим уровнем спаривания.

Для использования метода BLUP в отечественной подотрасли мясного скотоводства, на наш взгляд, более приемлема именно отцовская модель метода как наиболее простая и доступная для производства, способная реализоваться в современных условиях. Более сложные модели требуют качественного племенного учёта и наличия базы данных на племенное поголовье, которыми на настоящий момент не располагают в достаточном объёме племенные организации.

Метод BLUP учитывает как паратипические, так и генетические факторы, оказывающие влияние на изменчивость изучаемых признаков. Путём одновременной оценки этих факторов достигается достоверный, несмещённый прогноз оценки племенной ценности быков и, соответственно, повышается вероятность отбора производителей с лучшими наследственными качествами.

Расчёт проводится отдельно по каждому селекционному признаку. По окончании расчётов получают полную информацию о качестве племенных животных по изученным признакам. Полученную информацию используют для планирования племенной работы, основываясь уже на объективных данных племенной ценности животных (Кузнецов В.М., 2003).

Цель исследования.

Изучить возможность использования метода BLUP при селекции мясного скота, понять смысл и разобраться в сущности его использования, определить основные принципиальные подходы к использованию метода при оценке племенной ценности производителей по продуктивным качествам потомства.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Метод BLUP при селекции мясного скота.

Схема исследования. В основе BLUP лежит уравнение смешанной модели. Её формирование и решение проводилось в следующей последовательности: составление списка элементов модели и суммарной продуктивности по каждому показателю, формирование уравнений наименьших квадратов и уравнений смешанной модели, решение уравнений смешанной модели.

Результаты исследования.

Для отрасли наибольшее значение представляют такие группы селекционных признаков как: показатели роста, воспроизводства, качества туш. Поэтому для организации оценки племенной ценности животных специализированных мясных пород, в том числе и производителей методом BLUP, необходимо иметь полную информацию о продуктивности как самих быков, так и их потомков.

На первом этапе, на наш взгляд, достаточным будет данных по показателям: живая масса при рождении, в 205 дней, в возрасте года (365 дней), в 15 мес., в 3 года, в 5 лет; наивысшая живая масса; интенсивность роста с 8 до 15 мес. (244 сут); прижизненная оценка мясных форм в 15 мес.; высота в крестце в 15 мес.; живая масса тёлочек при первом осеменении; кратность осеменений; балл за лёгкость отёлов первотёлок (5-балльная система); обхват мошонки бычков в 15 мес.; толщина подкожного жира в 15 мес.; площадь мышечного глазка в 15 мес.; сохранность телят к отёму; межотёльный период матерей; межотёльный период дочерей. Возможна корректировка по числу этих показателей как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения.

В дальнейшем по результатам оценок этих показателей будут конструироваться требуемые селекционные индексы.

Так, на основании показателей роста (живой вес при рождении, при отёме, в возрасте 12 и 15 мес., интенсивность роста в подсосный период и за период испытания с 8 до 15 мес., высота в крестце, живая масса коров и быков во взрослом состоянии) можно построить несколько селекционных индексов, вернее субиндексов, в том числе и по интенсивности роста.

Из субиндексов, например, плодовитости, молочности, интенсивности роста, убойных качеств и др. можно сформировать необходимую индексную оценку племенной ценности производителя, учитывающую характерные особенности, присущие породе.

Выбор биометрической модели является ключевой проблемой BLUP. От правильного решения зависит величина ошибки прогноза генотипа животных.

Для наглядности приведём пример оценки племенной ценности трёх производителей, обозначенных символами s_1 , s_2 , s_3 по живой массе потомства в возрасте 15 мес. с использованием метода BLUP SM, проведённой в двух хозяйствах – h_1 и h_2 (табл. 1, 2, 3).

Таблица 1. Распределение потомков быков по стадам
Table 1. Distribution of bull descendants by herd

Хозяйство/ <i>Farm</i>	Быки/ <i>Bulls</i>			Итого/ <i>Total</i>
	1 (s_1)	2 (s_2)	3 (s_3)	
1 (h_1)	10	10	10	30
2 (h_2)	13	12	12	37
Итого/ <i>Total</i>	23	22	22	67

Таблица 2. Распределение живой массы потомков по отцам и стадам, кг
Table 2. Distribution of live weight of descendants by fathers and herds, kg

Хозяйство/ <i>Farm</i>	Быки/ <i>Bulls</i>					
	1 (s_1)		2 (s_2)		3 (s_3)	
1 (h_1)	424	425	384	420	382	386
	393	386	380	380	383	382
	411	424	383	425	384	380
	427	380	420	384	416	414
	385	426	382	414	419	380
2 (h_2)	473	455	482	475	461	470
	455	470	485	470	472	460
	460	470	481	471	465	475
	445	460	485	485	470	480
	460	459	475	478	468	479
	478	470	485	479	488	487
	446					

Таблица 3. Суммарная живая масса потомков в 15 мес., кг по отцам и стадам
Table 3. Total live weight of progeny at 15 months, kg by fathers and herd

Хозяйство/ <i>Farm</i>	Быки/ <i>Bulls</i>			Итого/ <i>Total</i>
	1 (s_1)	2 (s_2)	3 (s_3)	
1 (h_1)	4081	3972	3926	11979
2 (h_2)	6001	5751	5675	17427
Итого/ <i>Total</i>	10082	9723	9601	29406

С помощью решения линейных уравнений смешанной модели, учитывающих как фиксированные факторы, в данном случае – стадо, так и рандомизированные – влияние быков и неучтённые факторы, определяли влияние фиксированных эффектов и прогноз передающей способности быков.

Данная модель показывает, какие факторы (независимые переменные – в данном случае эффект стада, эффект отца и остаточный эффект), влияют на зависимую переменную – в данном случае на живую массу. Модель описывает ситуацию в популяции, насколько полно она учитывает влияние на изучаемый показатель факторов внешней среды и наследственности, настолько будет зависеть её эффективность.

Данная модель описывается следующим образом:

$$y_{inp} = \mu + h_i + s_n + e_{inp},$$

где: μ – общая средняя;

h – эффект стада – хозяйства;

s – эффект отца, равный $\frac{1}{2} A_{отца}$;

e – остаточный эффект, i – шифр стада 1 и 2; n – шифр быка 1, 2, 3; p – шифр потомка от 1

до 8.

В соответствии с данной моделью продуктивность потомков оцениваемых производителей была записана следующим образом:

$$\begin{aligned} 424 &= \mu + h_1 + s_1 + e_{111} \\ 393 &= \mu + h_1 + s_1 + e_{112} \\ 411 &= \mu + h_1 + s_1 + e_{113} \\ 427 &= \mu + h_1 + s_1 + e_{114} \\ 385 &= \mu + h_1 + s_1 + e_{115} \\ 425 &= \mu + h_1 + s_1 + e_{116} \\ 386 &= \mu + h_1 + s_1 + e_{117} \\ 424 &= \mu + h_2 + s_1 + e_{118} \\ 380 &= \mu + h_2 + s_1 + e_{119} \\ 426 &= \mu + h_2 + s_1 + e_{1110} \\ 473 &= \mu + h_2 + s_1 + e_{211} \\ 455 &= \mu + h_2 + s_1 + e_{212} \\ 460 &= \mu + h_1 + s_2 + e_{213} \\ 445 &= \mu + h_1 + s_2 + e_{214} \\ 460 &= \mu + h_1 + s_2 + e_{215} \\ 478 &= \mu + h_1 + s_2 + e_{216} \\ 446 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{217} \\ 455 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{218} \\ 470 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{219} \\ 470 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{2110} \\ 460 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{2111} \\ 459 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{2112} \\ 470 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{2113} \\ 384 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{121} \\ 380 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{122} \\ 383 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{123} \\ 420 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{124} \\ 382 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{125} \\ 420 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{126} \\ 380 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{127} \\ 425 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{128} \\ 384 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{129} \\ 414 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{1210} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 482 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{221} \\ 485 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{222} \\ 481 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{223} \\ 485 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{224} \\ 475 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{225} \\ 485 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{226} \\ 475 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{227} \\ 470 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{228} \\ 471 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{229} \\ 485 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{2210} \\ 478 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{2211} \\ 479 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{2212} \\ 382 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{131} \\ 383 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{132} \\ 384 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{133} \\ 416 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{134} \\ 419 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{135} \\ 386 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{136} \\ 382 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{137} \\ 380 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{138} \\ 414 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{139} \\ 380 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{1310} \\ 461 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{231} \\ 472 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{232} \\ 465 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{233} \\ 470 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{234} \\ 468 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{235} \\ 488 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{236} \\ 470 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{237} \\ 460 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{238} \\ 475 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{239} \\ 480 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{2310} \\ 479 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{2311} \\ 487 &= \mu + h_2 + s_2 + e_{2312} \end{aligned}$$

Данный метод позволяет дать оценку племенной ценности проверяемых производителей, несмотря на имеющиеся паратипические различия в стадах, где выращено их потомство. Уравнение по прогнозу племенной ценности производителей в матричной форме можно представить в следующем виде:

$$Y = X\beta + Zu + e, \text{ где } \beta = \begin{pmatrix} \mu \\ h_1 \\ h_2 \end{pmatrix} \quad u = \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \end{pmatrix},$$

где Y – вектор наблюдений (в данном случае – живая масса бычков в возрасте 15 мес.);

X и Z – соответствующие матрицы плана, определяющие структуру набора данных, который используется для оценки быков (матрица X отражает структуру данных – показывает, к какой градации (группе) относится соответствующее наблюдение, то есть распределение потомства бычков по стадам – матрица фиксированных эффектов; матрица Z отражает, к каким производителям относится соответствующее наблюдение, то есть распределение потомства по отцам – матрица рандомизированных эффектов);

β – вектор неизвестных фиксированных эффектов; u – вектор случайных неизвестных аддитивных генетических эффектов отцов;

e – вектор случайных эффектов неучтённых факторов (табл. 4, 5).

Таблица 4. Список элементов модели и расчёт суммарной продуктивности по каждому элементу
Table 4. List of model elements and calculation of total productivity for each element

Элементы модели/Model elements	Потомки/Descendants	Сумма/Sum	Символ/Symbol
μ	67	29406	Y...
h1 – стадо 1/herd 1	30	11979	Y1..
h2 – стадо 2/herd 2	37	17427	Y2..
S1 – бык 1/bull 1	23	10082	Y.1.
S2 – бык 2/bull 2	22	9723	Y.2.
S3 – бык 3/bull 3	22	9601	Y.3.

Таблица 5. Запись уравнения для каждого элемента модели
Table 5. The equation recording for each model element

Символ/Symbol	μ	h1	h2	S1	S2	S3	Сумма/Sum
Y...	67	30	37	23	22	22	29406
Y1..	30	30	0	10	10	10	11979
Y2..	37	0	37	13	12	12	17427
Y.1.	23	10	13	23	0	0	10082
Y.2.	22	10	12	0	22	0	9723
Y.3.	22	10	12	0	0	22	9601

Под матрицей понимается математический объект, записываемый в виде прямоугольной таблицы, представляющей собой совокупность строк и столбцов, на пересечении которых находятся её элементы.

Обратная матрица – это матрица, при умножении на которую исходная матрица преобразуется в единичную матрицу.

Систему линейных уравнений смешанной модели можно представить в следующем виде:

$$\begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'X \dots X'Z \\ Z'X \dots Z'Z + 1\lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X'\bar{y} \\ Z'\bar{y} \end{bmatrix},$$

где: $X'X$ – распределение животных по хозяйствам;

$Z'X$; $X'Z$ – распределение животных в пределах хозяйств;

$Z'Z$ – число записей на животное;

$X'Y$ – сумма живой массы по всем животным из хозяйств;

$Z'Y$ – сумма живой массы потомков оцениваемых быков;

1λ – отношение остаточной дисперсии к отцовской, которая рассчитывается из коэффициента наследуемости признака.

$$X^1 \cdot X = \begin{pmatrix} 67 & 30 & 37 \\ 30 & 30 & 0 \\ 37 & 0 & 37 \end{pmatrix} \quad Z^1 \cdot X = \begin{pmatrix} 23 & 10 & 13 \\ 22 & 10 & 12 \\ 22 & 10 & 12 \end{pmatrix} \quad X^1 \cdot Z = \begin{pmatrix} 23 & 22 & 22 \\ 10 & 10 & 10 \\ 13 & 12 & 12 \end{pmatrix}$$

$$Z^1 \cdot Z = \begin{pmatrix} 23 & 0 & 0 \\ 0 & 22 & 0 \\ 0 & 0 & 22 \end{pmatrix} \quad X^1 \cdot Y = \begin{pmatrix} 29406 \\ 11979 \\ 17427 \end{pmatrix}$$

$$Z^1 \cdot Y = \begin{pmatrix} 10082 \\ 9723 \\ 9601 \end{pmatrix}$$

В результате ряда преобразований: преобразование уравнений наименьших квадратов в уравнения смешанной модели; решения уравнений смешанной модели получаем новую матрицу, которая может быть инвертирована (преобразована).

$$\begin{pmatrix} \hat{\mu} \\ \hat{h}_1 \\ \hat{h}_2 \\ \hat{s}_1 \\ \hat{s}_2 \\ \hat{s}_3 \\ \text{ML} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 67 & 30 & 37 & 23 & 22 & 22 & 1 \\ 30 & 30 & 0 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 37 & 0 & 37 & 13 & 12 & 12 & 0 \\ 23 & 10 & 13 & 23 & 0 & 0 & 0 \\ 22 & 10 & 12 & 0 & 22 & 0 & 0 \\ 22 & 10 & 12 & 0 & 0 & 22 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} 29406 \\ 11979 \\ 17427 \\ 10082 \\ 9723 \\ 9601 \\ 0 \end{pmatrix}$$

После инверсии матрицы коэффициентов и умножения её на вектор правой стороны системы уравнений получим необходимые нам оценки.

	μ	0,00
	h_1	399,3
	h_2	471,03
Результат	S_1	-1,15
	S_2	2,68
	S_3	-1,53

h_1 и h_2 – оценка средней живой массы потомков оцениваемых производителей в первом и втором хозяйствах;

s_1, s_2, s_3 – передающая способность соответственно 1-го, 2-го и 3-го производителя по живой массе потомков в возрасте 15 мес.

Оценка племенной ценности проверяемых производителей по живой массе потомства в возрасте 15 мес. вычисляется путём умножения показателя передающей способности быка на коэффициент 2, поскольку он передаёт потомству только половину своей наследственности.

$$\text{ОЦП}_1 = 2 \times (-1,15) = -2,29$$

$$\text{ОЦП}_2 = 2 \times (2,68) = 5,35$$

$$\text{ОЦП}_3 = 2 \times (-1,53) = -3,06$$

– отклонения от средних показателей

ОЦП – наилучшие несмещённые оценки.

Данные оценки племенной ценности проверяемых быков показывают, на какую величину вероятный генотип проверяемых производителей отклоняется по изучаемому признаку от средней генетической ценности остальных быков, задействованных в оценке.

Таким образом, из оценённых производителей наивысшая оценка племенной ценности по живой массе сыновей в возрасте 15 мес. была у 2-го быка. По этому показателю он превосходил других быков на 5,35 кг, соответственно ранги быков распределились следующим образом: первое место – у 2-го производителя, второе – у 1-го и третье – у 3-го быка.

Обсуждение полученных результатов.

Многими учёными признано, что метод BLUP перспективен и объективно оценивает племенную ценность животных. Он позволяет дать оценку племенной ценности проверяемых производителей, несмотря на имеющиеся паратипические различия в стадах, где выращено их потомство.

В Российской Федерации метод BLUP эффективно используется в молочном скотоводстве (Титова С.В., 2008; Болгов А.Е. и Романова Е.Ю., 2002; Иванов Ю.А., 2005; Матюков В.С. и др., 2004; Тимкина Е.Ю., 2002; Племяшов К.В. и др. 2016; Мельникова Е.Е. и др. 2016), свиноводстве (Амерханов Х.А. и Зиновьева Н.А., 2008; Чинаров Ю.И. и др. 2007; Храмченко Н.М. и Романенко А.В., 2019), овцеводстве (Кудрик Н.А. и др. 2013) и коневодстве (Корнилова В.А. и др., 2012), но, к большому сожалению, он не нашёл применения в мясном скотоводстве. Во многом это объясняется организационными вопросами, ограниченным использованием искусственного осеменения, низкой достоверностью происхождения, неудовлетворительным учётом и отсутствием соответствующих баз данных. В перспективе этот метод планируется распространить и на мясную подотрасль скотоводства.

Племенная ценность, рассчитанная методом BLUP, показывает, на какую величину вероятный генотип проверяемых производителей отклоняется по изучаемому признаку от средней генетической ценности остальных быков, задействованных в оценке.

Решение статистической модели обеспечивает получение наилучшего несмещённого линейного прогноза передающей способности и ожидаемой оценки племенной ценности производителей (Кузнецов В.М., 1995а,б; Москаленко Л.П. и Бушкарева А.С., 2008; Зиновьева Н.А. и др., 2014).

Нами предприняты шаги по изучению методики BLUP, сделана попытка адаптации метода применительно к отрасли мясного скотоводства, разбора его сущности и эффективности, определения основных принципиальных подходов к использованию метода при оценке племенной ценности производителей по качеству потомства. Просчитан алгоритм действия. Разрабатывается программа BLUP SM. Прорабатываются вопросы по оптимальному числу подконтрольных стад, количеству потомков оцениваемых быков и сравниваемых с ними сверстников, уровню точности и до-

стоверности, возможности уточнения оценки племенной ценности быков данными повторных испытаний.

Адаптация к российским условиям и внедрение в селекционный процесс методики BLUP обеспечит более совершенный подход к анализу и планированию племенной работы и повысит результативность работы.

В настоящее время разрабатывается программа, предусматривающая построение линейных биометрических моделей, преобразование уравнений наименьших квадратов в уравнения смешанной модели; решения уравнений смешанной модели, получение матриц и их решение, определение оценки племенной ценности производителей и расчёта точности проведённой оценки.

Выводы.

Данный пример, основанный на показателях живой массы сыновей в 15-месячном возрасте по методу BLUP, наглядно показал возможности и способность метода при расчёте таких параметров, как передающая способность быков и оценка племенной ценности. Проведение аналогичного расчёта по всем параметрам, определённым для отрасли мясного скотоводства, даст полную картину племенной ценности производителя по качеству потомства и его значимость для племенного использования.

Повышение эффективности селекционно-племенной работы невозможно без использования современных методов оценки племенной ценности, позволяющих с высокой долей достоверности установить их племенную ценность и прогнозировать продуктивные качества потомства. Поэтому данный метод BLUP SM должен быть положен в основу оценки племенной ценности производителей и использован в селекционной работе с мясным скотом.

Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2021-2023 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0526-2021-0001)

Литература

1. Амерханов Х.А., Зиновьева Н.А. Анализ национальных регистрационных сертификатов и введение в систему генетической оценки свиней США: метод. рекомендации. М.: МСХ РФ, 2008. 62 с. [Amerkhanov KhA, Zinov'eva NA. Analiz natsional'nykh registratsionnykh sertifikatov i vvedenie v sistemu geneticheskoi otsenki svinei SShA: metod. rekomendatsii. Moscow: MSKh RF; 2008:62 p. (*In Russ*)].
2. Биотехнологические методы в зоотехнии и ветеринарии: монография / Н.А. Зиновьева, П.М. Кленовицкий, Е.А. Гладырь, Л.Г. Моисейкина, О.Б. Генджиева. Элиста: ЗАОр «НПП «Джангар», 2014. 256 с. [Zinov'eva NA, Klenovitskii PM, Gladyr'EA, Moiseikina LG, Gendzhieva OB. Biotekhnologicheskie metody v zootekhnii i veterinarii: monografiya. Elista: ZAOр «NPP «Dzhangar»; 2014:256 p. (*In Russ*)].
3. Болгов А.Е., Романова Е.Ю. Оценка быков айрширской породы методом наилучшего линейного несмещенного прогноза // Сельскохозяйственная биология. 2002. № 4. С. 30-32. [Bolgov AE, Romanova EYu. Otsenka bykov airshirskoi porody metodom nailuchshego lineinogo nesmeshchennogo prognoza. Agricultural Biology (Sel'skokhozyaistvennaya biologiya). 2002;4:30-32. (*In Russ*)].
4. Иванов Ю.А. Оценка племенных качеств быков – производителей методом BLUP // Зоотехния. 2005. № 6. С. 9-10. [Ivanov YuA. Sires' valuation by BLUP-metod. Zootechniya. 2005;6:9-10. (*In Russ*)].
5. Использование метода BLUP Animal Model в определении племенной ценности голштинизированного скота Ленинградской области / К.В. Племяшов, В.В. Лабинов, Е.И. Сакса, М.Г. Смарагдов, А.А. Кудинов, А.В. Петрова // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 1. С. 2-5. [Plemyashov KV, Labinov VV, Saksa EI, Smaragdov MG, Kudinov AA, Petrova AV. Trial using of BLUP animal model approach in livestock of Leningrad region. Dairy And Beef Cattle Farming. 2016;1:2-5. (*In Russ*)].

6. Корнилова В.А., Бородкин М.В., Сизов Е.Ф. Оценка племенной ценности спортивных лошадей русской верховой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 2(34). С. 114-117. [Kornilova VA, Borodkin MV, Sizov YF. Pedigree value assessment of race horses of the russian saddle breed. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2012;2(34):114-117. (*In Russ*)].

7. Кузнецов В.М. Генетическая оценка молочного скота методом BLUP // Зоотехния. 1995а. № 11. С. 8-15. [Kuznetsov VM. Geneticheskaya otsenka molochnogo skota metodom BLUP. *Zootechniya*. 1995a;11:8-15. (*In Russ*)].

8. Кузнецов В.М. Методы племенной оценки животных с введением в теорию BLUP. Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока. 2003. 368 с. [Kuznetsov VM. *Metody plemennoi otsenki zhivotnykh s vvedeniem v teoriyu BLUP*. Kirov: Zonal'nyi NIISKh Severo-Vostoka; 2003:368 p. (*In Russ*)].

9. Кузнецов В.М. Эффективность различных моделей BLUP для оценки быков по качеству потомства // Сельскохозяйственная биология. 1995б. № 2. С. 110-116. [Kuznetsov VM. *Effektivnost' razlichnykh modelei BLUP dlya otsenki bykov po kachestvu potomstva*. *Agricultural Biology (Sel'skokhozyaistvennaya biologiya)*. 1995b;2:110-116. (*In Russ*)].

10. Кузнецов В.М., Шестиперов А.А., Егорова В.Н. Методические рекомендации по использованию метода BLUP для оценки племенной ценности быков-производителей. Л., 1987. 69 с. [Kuznetsov VM, Shestiperov AA, Egorova VN. *Metodicheskie rekomendatsii po ispol'zovaniyu metoda BLUP dlya otsenki plemennoi tsennosti bykov-proizvoditelei*. Leningrad; 1987:69 p. (*In Russ*)].

11. Матюков В.С., Пяткова З.А., Кузнецов В.М. Оценка племенной ценности быков-производителей методом наилучшего линейного несмещенного прогноза (BLUP) в республике Коми // Сельскохозяйственная биология. 2004. № 2. С. 28-37. [Matyukov VS, Pyatkova ZA, Kuznetsov VM. *Estimation of bull-breeder by a method of the best linear unbiased pognos (BLUP) in republic of Komi*. *Agricultural Biology (Sel'skokhozyaistvennaya biologiya)*. 2004;2:28-37. (*In Russ*)].

12. Москаленко Л.П., Бушкарева А.С. Современные методы анализа и планирования селекции в молочные скотоводства. Вестник АПК Верхневолжья. 2008. № 1(1). С. 35-38. [Moskalenko LP, Bushkaryova AS. *Modern methods of analysis and planning selection in a dairy herd*. *Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald*. 2008;1(1):35-38. (*In Russ*)].

13. Оценка баранов-производителей методом BLUP SM / Н.А.Кудрик, А.И. Горлов, Е.А. Ивина, И.А. Мокеев, М.В. Шульга // Сборник научных трудов ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. 2013. Т. 1. № 6. С. 64-68. [Kudrik NA, Gorlov AI, Ivina EA, Mokeev IA, Shul'ga MV. *Otsenka baranov-proizvoditelei metodom BLUP SM*. *Sbornik nauchnykh trudov stavropol'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva i kormoproizvodstva*. 2013;1(6):64-68. (*In Russ*)].

14. Тимкина Е.Ю. Эффективность метода BLUP при оценке быков по потомству в стадах холмогорской породы: дис. ... канд. с.-х. наук. Киров, 2002. 120 с. [Timkina EYu. *Effektivnost' metoda BLUP pri otsenke bykov po potomstvu v stadakh kholmogorskoj porody*. [dissertation] Kirov; 2002:120 p. (*In Russ*)].

15. Титова С.В. Адаптация метода BLUP для оценки быков-производителей в Республике Марий-Эл: дис. ... канд. с.-х. наук. Саранск, 2008. 155 с. [Titova SV. *Adaptatsiya metoda BLUP dlya otsenki bykov- proizvoditelei v Respublike Marii-El*. [dissertation] Saransk; 2008:155 p. (*In Russ*)].

16. Храмченко Н.М., Романенко А.В. Анализ изменений точности прогноза генетической ценности по различным статистическим моделям и при различном соотношении вариантов // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2019. № 22-1. С. 76-84. [Khramchenko NM, Romanenko AV. *Analiz izmenenii tochnosti prognoza geneticheskoi tsennosti po razlichnym statisticheskim modelyam i pri razlichnom sootnoshenii varians*. *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva*. 2019;22-1:76-84. (*In Russ*)].

17. Чинаров Ю.И., Зиновьева Н.А., Эрнст Л.К. Метод племенной оценки свиней на основе BLUP // Животноводство России. 2007. № 2. С. 45-46. [Chinarov YuI, Zinov'eva NA, Ernst LK. Metod plemennoi otsenki svinei na osnove BLUP. Animal Husbandry of Russia. 2007;2:45-46. (*In Russ*)].

18. Эффективность определения генетических качеств коров на основе метода BLUP / Е.Е. Мельникова, И.Н. Янучков, Н.А. Зиновьева, С.Н. Харитонов // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 11. С. 94-96. [Mel'nikova EE, Yanchukov IN, Zinovieva NA, Kharitonov SN. Efficiency of estimations of cow's genetic properties based on BLUP procedures. Achievements of Science and Technology of AICis. 2016;30(11):94-96. (*In Russ*)].

References

1. Amerkhanov KhA, Zinovieva NA. Analiz of national registration certificates and introduction to the system of genetic evaluation of pigs in the USA: method. recommendations. Moscow: Ministry of Agriculture of the Russian Federation; 2008:62 p.

2. Zinovieva NA, Klenovitskiy PM, Gladyr EA, Moiseikina LG, Gendzhieva OB. Biotechnological methods in zootechnics and veterinary medicine: monograph. Elista: ZAO «NPP «Dzhangar»; 2014:256 p.

3. Bolgov AE, Romanova EYu. Evaluation of Ayrshire bulls by the method of the best linear unbiased forecast. Agricultural Biology (Sel'skokhozyaistvennaya biologiya). 2002;4:30-32.

4. Ivanov YuA. Sires' valuation by BLUP-metod. Zootechniya. 2005;6:9-10.

5. Plemashov KV, Labinov VV, Saksa EI, Smaragdov MG, Kudinov AA, Petrova AV. Trial using of BLUP animal model approach in livestock of Leningrad region. Dairy And Beef Cattle Farming. 2016;1:2-5.

6. Kornilova VA, Borodkin MV, Sizov YF. Pedigree value assessment of race horses of the russian saddle breed. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2012;2(34):114-117.

7. Kuznetsov VM. Genetic evaluation of dairy cattle by BLUP method. Zootechniya. 1995a;11:8-15.

8. Kuznetsov VM. Methods of breeding evaluation of animals with an introduction to the theory of BLUP. Kirov: Zonal Research Institute of the North-East; 2003:368 p.

9. Kuznetsov VM. The effectiveness of various BLUP models for evaluating bulls on the quality of offspring. Agricultural Biology (Sel'skokhozyaistvennaya biologiya). 1995b;2:110-116.

10. Kuznetsov VM, Shestiperov AA, Egorova VN. Methodological recommendations on the use of the BLUP method for assessing the breeding value of breeding bulls. Leningrad; 1987:69 p.

11. Matyukov VS, Pyatkova ZA, Kuznetsov VM. Estimation of bull-breeder by a method of the best linear unbiased pognos (BLUP) in republic of Komi. Agricultural Biology (Sel'skokhozyaistvennaya biologiya). 2004;2:28-37.

12. Moskalenko LP, Bushkaryova AS. Modern methods of analysis and planning selection in a dairy herd. Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald. 2008;1(1):35-38.

13. Kudrik NA, Gorlov AI, Ivina EA, Mokeev IA, Shulga MV. Evaluation of sheep producers by the BLUP SM method. Collection of scientific works of the Stavropol Scientific Research Institute of Animal Husbandry and Feed Production. 2013;1(6):64-68.

14. Timkina EYu. The effectiveness of the BLUP method in evaluating bulls by offspring in herds of the Kholmogorskaya breed. [dissertation] Kirov; 2002:120 p.

15. Titova SV. Adaptation of the BLUP method for evaluating bull producers in the Republic of Mari-El [dissertation] Saransk; 2008:155 p.

16. Khranchenko NM, Romanenko AV. Analysis of changes in the accuracy of the forecast of genetic value according to various statistical models and with a different ratio of variants. Actual Problems of Intensive Development of Animal Husbandry. 2019;22-1:76-84.

17. Chinarov YuI, Zinov'eva NA, Ernst LK. Method of breeding evaluation of pigs based on BLUP. Animal Husbandry of Russia. 2007;2:45-46.

18. Mel'nikova EE, Yanchukov IN, Zinovieva NA, Kharitonov SN. Efficiency of estimations of cow's genetic properties based on BLUP procedures. Achievements of Science and Technology of AICis. 2016;30(11):94-96.

Хайнацкий Валерий Юрьевич, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории «Управление проектами», Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9-го Января, 29, тел.: 89225336759

Поступила в редакцию 12 марта 2021 г.; принята после решения редколлегии 15 марта 2021 г.; опубликована 31 марта 2021 г. / Received: 12 March 2021; Accepted: 15 March 2021; Published: 31 March 2021