

О НЕЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В ЗООТЕХНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

А. В. СОЛЯНИК, В. А. СОЛЯНИК, А. А. СОЛЯНИК

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

В. В. СОЛЯНИК, С. В. СОЛЯНИК

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству»,
г. Жодино, Республика Беларусь, 222163

(Поступила в редакцию 03.11.2023)

Впервые доказано, что применение в зоотехнических исследованиях моделей множественной регрессии, основанных на прямолинейных функциях, не позволяет однозначно определить коэффициент парной корреляции и достоверность различий полученных итоговых значений. Корреляция – это направление взаимосвязи между двумя параметрами (положительное или отрицательное). Основная проблема при проектировании моделей множественной регрессии заключается в том, что они строятся не на определении аппроксимационных криволинейных и нелинейных функций, а на использовании симплекс-метода прямолинейной оптимизации. Как итог – коэффициенты переменных не соответствуют реальным численным значениям между парными характеристиками. Зоотехники-практики понимают, что нельзя прогнозировать за пределы первичных данных по популяции, имеющихся у исследователя. При этом именно от средней величины по установленной и математически формализованной закономерности, можно и нужно прогнозировать в пределах 3 сигм. Поэтому, чем большее число параметров в модели, тем более оптимальные коэффициенты предлагает симплекс-метод, и тем более точнее значение, например, селекционного индекса. Таким образом, полученная модель, априори, лишена реального механизма взаимосвязи исследуемых параметров как между собой, так и влияние конкретного показателя на итоговый параметр. В то же время, проектирование парных закономерностей нескольких параметров, позволяет разработать блок-программы на основе криволинейных и нелинейных функций, что в конечном итоге дает возможность определять численные значения характеристик на основе нескольких повторностей, а используя методы описательной статистики рассчитать среднее значение, дисперсию, ошибку средней, коэффициент вариации того или иного параметра, независимо является ли он итоговым, или промежуточным. В зоотехнических и в зоогиенических исследованиях целесообразно отказаться от прямолинейных регрессионных моделей, так как течение морфологических, биохимических, технологических, гигиенических, экологических процессов имеет преимущественно криволинейный и нелинейный характер. Против этого тезиса возражают ученые-зоотехники, занимающиеся вопросами, так называемого, селекционного процесса, то есть разведение животных. Ученые-селекционеры утверждают, технологические параметры (дата осеменение группы маток, дата опороса, многоплодие свиноматок, среднесуточные приросты) не зависят друг от друга. Хотя любому технологу свинокомплекса, не говоря об ученых-зоогиенистах, хорошо известно, что технологические параметры зависят от принятого ритма производства, количества кормов, качества и количества потребленных полноценных комбикормов, которые обязательно необходимо отражать в технологической циклограмме. Не будет новорожденных поросят, не будет среднесуточных приростов, не будет затрат кормов и иных затрат на содержание и уход, не будет реализации животного на убой, не будет ни выручки, ни денежной прибыли (убытков) от не реализованных животных.

Ключевые слова: зоотехния, регрессионные модели, симплекс-метод, блок-программы, имитационное моделирование.

For the first time, it has been proven that the use of multiple regression models based on linear functions in zootechnical research does not allow us to unambiguously determine the pairwise correlation coefficient and the reliability of the differences in the resulting final values. Correlation is the direction of the relationship between two parameters (positive or negative). The main problem when designing multiple regression models is that they are not built on the definition of approximating curvilinear and nonlinear functions, but on the use of the simplex method of rectilinear optimization. As a result, the coefficients of the variables do not correspond to the real numerical values between paired characteristics. Practicing animal scientists understand that it is impossible to predict beyond the primary population data available to the researcher. At the same time, it is from the average value, according to an established and mathematically formalized pattern, that one can and should predict within 3 sigma. Therefore, the greater the number of parameters in the model, the more optimal the coefficients are offered by the simplex method, and the more accurate the value, for example, of the selection index. Thus, the resulting model, a priori, is devoid of a real mechanism for the relationship of the studied parameters, both among themselves, and the influence of a specific indicator on the final parameter. At the same time, designing paired patterns of several parameters makes it possible to develop block programs based on curvilinear and nonlinear functions, which ultimately makes it possible to determine the numerical values of characteristics based on several repetitions, and using descriptive statistics methods to calculate the mean value, variance, error average, the coefficient of variation of a particular parameter, regardless of whether it is final or intermediate. In zootechnical and zoohygienic studies, it is advisable to abandon linear regression models, since the course of morphological, biochemical, technological, hygienic, and ecological processes is predominantly curvilinear and nonlinear in nature. Animal scientists who deal with issues of the so-called selection process, that is, animal breeding, object to this thesis. Breeding scientists claim that technological parameters (date of insemination of a group of sows, date of farrowing, multiple births of sows, average daily gains) do not depend on each other. Although any technologist of a pig farm, not to mention animal hygienists, is well aware that technological parameters depend on the adopted rhythm of production, the number of feeding days, the quality and quantity of consumed complete feed, which must be reflected in the technological cyclogram. There

will be no newborn piglets, there will be no average daily gains, there will be no feed costs and other costs for maintenance and care, there will be no sale of the animal for slaughter, there will be no revenue or monetary profit (losses) from unsold animals.

Key words: *animal science, regression models, simplex method, block programs, simulation modeling.*

Введение

По общему правилу, прежде чем заниматься научными исследованиями в области разведения, кормления, гигиены и технологии производства продукции животного происхождения, необходимо иметь в своем распоряжении математическую формализацию природных закономерностей, описывающих взаимосвязи конкретных качественных биологических и химических параметров животных и растений. В частности, это касается, например, морфологии, биохимии и параметров естественной резистентности крови крупного рогатого скота, свиней, птицы и других животных, характеристик молока и мяса, химических и зоотехнических показателей кормов растительного и животного происхождения и др. [1–7].

Выявление зависимостей между различными параметрами, разработка математических функций, описывающих закономерности, дает возможность создавать цифровые двойники биологических, химических и иных процессов (объектов). Например, имея в своем распоряжении цифровой двойник конкретного вида корма, или крови животного, или продукта животного происхождения (молока, мяса), можно вычленить влияние технологических факторов на конкретный показатель (параметр, характеристику и др.). Это в свою очередь будет способствовать определению тех биологических и технологических пределов, в рамках которых можно положительно повлиять на продуктивность животных (растений) с целью достижения экономической эффективности зоотехнических (агронOMICеских) научных исследований [8].

Отсутствие математически формализованных закономерностей во ведении селекционно-племенной работы в свиноводстве, да и в скотоводстве, привели к тому, что за счет создания более комфортных условий содержания, скармливания исключительно высококачественных и высокопитательных кормов, потомство животных получается изнеженным. В итоге, продолжительность продуктивной жизни импортных животных с высоким генетическим потенциалом, в условиях стран бывшего Советского Союза, сократилось в несколько раз. Например, в Беларуси количество отелов на корову, за ее продуктивную жизнь, стало чуть более двух, а в отдельных хозяйствах этот показатель колеблется в пределах 1,5–1,7, выбраковка и падеж крупного рогатого скота из-за ненадлежащего уровня кормления и содержания превышает нормы технологического выбытия. Селекция свиней на получение постного мяса привело к падению белкового качественного показателя с 10–12 до 3–4, к исчезновению природной мраморности свинины, повсеместно отмечается высокий уровень падежа молодняка свиней, особенно при отъеме и на дорастивании [9–10]. Этой негативной ситуации в свиноводстве способствовало отказу от использования двухфазной технологии производства свинины, по которой работали свинокомплексы мощностью 24 и 27 тысяч годового откорма, и повсеместный переход на трехфазную технологию.

Множественная регрессия, применяемая в селекции сельскохозяйственных животных, не основана на биологических и зоотехнических законах, так как нет четко установленных парных закономерностей, выраженных в виде математических криволинейных функций в граничных пределах. Именно множественная регрессия, на наш взгляд, стала причиной проявления, через несколько поколений, негативных последствий, когда для воспроизводства отбирались животные из выборки, входящей в пределы «плюс три сигмы» к среднему значению по стаду [11–13].

На наш взгляд, необходимо возвращаться к классическим методам ведения племенной работы, для этого важно отказаться от крупномасштабной селекции, а на деле поглотительное скрещивание, когда, в прямом смысле слова, губится все аборигенное поголовье сельскохозяйственных животных в стране, исчезают малочисленные местные породы крупного рогатого скота, свиней, птицы и др.

В зоотехнии проводится множество научно-хозяйственных и лабораторных экспериментов, в которых выясняется механизм взаимосвязи различных параметров, а также прогнозируется влияние нескольких показателей на один результирующий.

Для получения достоверных значений конкретного показателя используются аналитические измерения с несколькими повторностями, в результате накапливаются первичные данные определенного размера выборки. Затем исследователь, используя методы описательной статистики, определяет среднее значение, дисперсию, ошибку средней, коэффициент вариации и др.

Для математической формализации взаимосвязи нескольких параметров и для определения одного из них, как результирующего, применяется функция MS Excel множественной регрессии, позволяющая, почти мгновенно, проектировать коэффициенты модели. При этом для выявления функции ис-

пользуется симплекс-метод прямолинейной оптимизации (метод наименьших квадратов), что не соответствует реальным взаимосвязям, которые в большинстве случаев являются криволинейными или нелинейными.

Цель статьи – практическое доказательство необходимости отказа от применения в зоотехнических исследованиях регрессионных моделей.

Основная часть

Для достижения цели научной работы использовалась первичная информация «Опись 30 % лучших свиноматок согласно комплексной индексной оценки (I_{6c})» [14]. Статистическому анализу были подвергнуты первичные данные по свиньям пород Йоркшир и Ландрас, по переменным: 1 – месяц рождения; 2 – ССП – среднесуточный прирост от рождения до реализации в 100 кг, г; 3 – М – многоплодие, гол.; 4 – КПО – количество поросят при отъеме, гол.; 5 – МГО – масса гнезда при отъеме, кг; 6 – МГ – масса гнезда при рождении, кг; 7 – МПО – масса поросенка при отъеме, кг. Результирующим параметром была величина комплексной индексной оценки (I_{6c}).

По исходным данным, с использованием MS Excel «Анализ данных» «Регрессия» для пород спроектированы прямолинейные регрессионные модели по переменным X1...X7:

Порода Йоркшир:

	Коэффициенты		Коэффициенты
Y-пересечение	52,248147	Y-пересечение	51,41648
Переменная X 2	0,0482233	Переменная X 1	0,124374
Переменная X 3	5,8277619	Переменная X 2	0,048151
Переменная X 4	-0,9680256	Переменная X 3	5,820763
Переменная X 5	-0,1031743	Переменная X 4	-0,96274
Переменная X 6	0,1443208	Переменная X 5	-0,104
Переменная X 7	-1,487311	Переменная X 6	0,145804
		Переменная X 7	-1,46436

Порода Ландрас:

	Коэффициенты		Коэффициенты
Y-пересечение	112,18104	Y-пересечение	112,92855
Переменная X 2	-0,035458	Переменная X 1	-0,1048271
Переменная X 3	0,2982653	Переменная X 2	-0,0355201
Переменная X 4	0,032558	Переменная X 3	0,2962049
Переменная X 5	-0,0566261	Переменная X 4	0,033913
Переменная X 6	3,9875387	Переменная X 5	-0,0568176
Переменная X 7	-2,3461095	Переменная X 6	3,9954133
		Переменная X 7	-2,3691771

В табличном процессоре MS Excel разработана блок-программа расчета комплексной оценки для свиней пород Йоркшир и Ландрас (табл. 1, 2). Для использования блок-программы ее необходимо скопировать в электронную таблицу в диапазон ячеек A1:I10.

Таблица 1. Блок-программа расчета комплексной оценки свиней породы Йоркшир

	A	B	C
1		Месяц рождения	ССП – среднесуточный прирост от рождения до реализации в 100 кг, г
2		1	625
3	Месяц рождения	=B2	=-6,3090599+0,094295153*C2- 0,00019939878*C2^2+ 0,0000001287*C2^3
4	ССП – среднесуточный прирост от рождения до реализации в 100 кг, г	=587,03791-13,339853*B2+ 8,863517*B2^2- 1,4569586*B2^3+ 0,069283624*B2^4	=C2
5	M – многоплодие, гол.	=1/(0,072027327- 0,0015344791*B2+ 0,00010124571*B2^2)	=11,795246+0,060935463*C2- 0,00015631843*C2^2+ 0,000000104378*C2^3
6	КПО – количество поросят при отъеме, гол.	=12,475528-0,57243296*B2+ 0,096389962*B2^2- 0,0046932686*B2^3	=8,38045+0,01574717*C2- 0,00002547*C2^2+ 0,000000013548*C2^3
7	MГО – масса гнезда при отъеме, кг	=73,379485+6,5901071*B2- 1,7582971*B2^2+ 0,11210574*B2^3	=97,90749-0,40962*C2+ 0,001015095*C2^2- 0,0000006449*C2^3
8	MГ – масса гнезда при рождении, кг	=15,872246*B2^ (0,24689818/B2)	=24,15422-0,011946*C2
9	MПО – масса поросенка при отъеме, кг	=5,720819+0,90153698*B2- 0,1989*B2^2+ 0,011403397*B2^3	=11,522259-0,055377752*C2+ 0,0001253*C2^2- 0,0000000774237*C2^3
10	I _{bc}	=132,19882+3,0279074*B2- 0,20984611*B2^2	=85,693+0,53475*C2- 0,00122688*C2^2+ 0,000000809*C2^3

	D	E	F
1	M – многоплодие, гол.	КПО – количество поросят при отъеме, гол.	MГО – масса гнезда при отъеме, кг
2	17	10,5	60,5
3	=7,4841645*0,12367516^(1/D2)	=22,584915-5,58396*E2+ 0,59822*E2^2- 0,02029283*E2^3	=2,80745+0,11756*F2- 0,00099329*F2^2+ 0,00000160946*F2^3
4	=592,5293+26,87682*D2- 3,0917885*D2^2+ 0,08483558*D2^3	=741,9-29,029784*E2+ 1,3684*E2^2	=606,8386-1,662*F2+ 0,021252*F2^2- 0,000037023*F2^3
5	=D2	=-28,275348+ 12,3667*E2- 1,142386*E2^2+ 0,034207*E2^3	=26,54152-0,28936*F2+0,0019041*F2^2- 0,0000027391*F2^3
6	=-13,693718+4,9419747*D2- 0,30974781*D2^2+ 0,00622708*D2^3	=E2	=2,394495*(0,99802581^F2)* (F2^0,40147065)
7	=-251,00455+76,608*D2- 5,55256*D2^2+ 0,126453*D2^3	=30,59479*E2^ (0,0319504*E2)	=F2
8	=-1,0018683+1,210655*D2	=-3,6276+4,38209*E2- 0,221479*E2^2	=-13,554077+1,8549706*F2- 0,03229792*F2^2+ 0,0001914603*F2^3- 0,0000002716198*F2^4
9	=-7,89115+3,8978*D2-0,303174*D2^2+ 0,0071197412*D2^3	=6,99216+1,0532675*E2- 0,20748*E2^2+ 0,009627948*E2^3	=4,6447-0,0563886*F2+ 0,0016267*F2^2- 0,000008174*F2^3+ 0,00000001039*F2^4
10	=132,8099-11,4223*D2+ 1,188528*D2^2- 0,025826*D2^3	=-78,473+64,0866*E2- 5,816987*E2^2+ 0,16609*E2^3	=35,461165+6,291953*F2- 0,10625565*F2^2+ 0,000608147*F2^3- 0,00000085147*F2^4

	G	H	I
1	MГ – масса гнезда при рождении, кг	MПО – масса поросенка при отъеме, кг	I _{bc}
2	21	5,76	136,39
3	=7,9211-0,031599*G2-207,66657/G2^2	=-3,1448495+4,9189626*H2- 0,773308*H2^2+0,03766*H2^3	=-6,7844913+0,1782*I2-0,000589*I2^2
4	=947,65856- 51,89978*G2+2,415683*G2^2-	=877,00776-144,88566*H2+ 20,904335*H2^2-	=1294,2-9,4685*I2+ 0,0314*I2^2

	$0,039888*G2^3+0,00015558*G2^4$	$0,85479178*H2^3$	
5	$=-7,3139148+3,1169375*G2-0,15967053*G2^2+0,003437558*G2^3-0,000014683*G2^4$	$=0,3512322+9,6125*H2-1,7368188*H2^2+0,0916612*H2^3$	$=-114,44+2,44*I2-0,01599*I2^2+0,00003666*I2^3$
6	$=-3,39273+2,78644*G2-0,165999*G2^2+0,003463*G2^3-0,0000145799*G2^4$	$=20,164576-4,3887058*H2+0,6968*H2^2-0,03455*H2^3$	$=-114,35649+2,641*I2-0,018157*I2^2+0,0000409162*I2^3$
7	$=-155,87521+52,69869*G2-3,7426315*G2^2+0,091178478*G2^3-0,00039987*G2^4$	$=147,338-53,899*H2+9,42887*H2^2-0,43744*H2^3$	$=-2436,38+55,27769*I2-0,39563357*I2^2+0,0009227816*I2^3$
8	$=G2$	$=-1,686565+16,118128*H2-3,2862*H2^2+0,1881*H2^3$	$=0,001918*I2^1,83454$
9	$=1,130778+1,56787*G2-0,123438*G2^2+0,0031236*G2^3-0,000013809*G2^4$	$=H2$	$=-111,5347+2,704769*I2-0,0199845*I2^2+0,00004777*I2^3$
10	$=75,3188+4,91611*G2-0,058617*G2^2+0,00018964*G2^3$	$=61,15738+59,946*H2-11,281*H2^2+0,60116*H2^3$	$=I2$

Таблица 2. Блок-программа расчета комплексной оценки свиней породы Ландрас

	A	B	C
1		Месяц рождения	ССП – среднесуточный прирост от рождения до реализации в 100 кг, г
2		1	833
3	Месяц рождения	$=B2$	$=-3,8375379+0,040518365*C2-0,00003973396*C2^2$
4	ССП – среднесуточный прирост от рождения до реализации в 100 кг, г	$=530,38615+9,792929*B2-0,89652761*B2^2$	$=C2$
5	M – многоплодие, гол.	$=14,859558-0,360362*B2+0,026105*B2^2$	$=43,279225*C2^0,180362$
6	КПО – количество поросят при отъеме, гол.	$=12,349*0,927439^(1/B2)$	$=13,60558-800,75799/C2$
7	МГО – масса гнезда при отъеме, кг	$=75,5396+4,5014*B2-0,812707*B2^2+0,0387158*B2^3$	$=337,884-1,6104*C2+0,00309716*C2^2-0,0000018523*C2^3$
8	МГ – масса гнезда при рождении, кг	$=14,716+0,73267*B2-0,150057*B2^2+0,0088439*B2^3$	$=-48,8498+0,429654*C2-0,00086996*C2^2+0,000000548219*C2^3$
9	МПО – масса поросенка при отъеме, кг	$=6,656489+0,2197*B2-0,04079866*B2^2+0,00190317*B2^3$	$=28,3-0,12298*C2+0,000219326*C2^2-0,000000121548*C2^3$
10	I _{6с}	$=139,2+1,063467*B2-0,407139*B2^2+0,03136*B2^3$	$=-230,499+2,59098*C2-0,00541777*C2^2+0,000003499448*C2^3$

	D	E	F
1	M – многоплодие, гол.	КПО – количество поросят при отъеме, гол.	МГО – масса гнезда при отъеме, кг
2	10	8	102
3	$=3,9034698+0,193448*D2-0,00174578*D2^2$	$=6,0748+0,012*E2$	$=0,6631869+0,23101144*F2-0,0028202*F2^2+0,0000101849*F2^3$
4	$=1344,5256-110,33*D2+4,129*D2^2-0,0271643*D2^3$	$=462,87165+9,2144656*E2-0,184137*E2^2+0,00091027*E2^3$	$=776,38068-11,698137*F2+0,15319349*F2^2-0,00054661235*F2^3$
5	$=D2$	$=14,3646*E2^0,0130799$	$=7,79095+0,5755*F2-0,01415*F2^2+0,00013027*F2^3-0,0000004*F2^4$
6	$=12,751069-8,61342/D2$	$=E2$	$=8,06459-0,347747*F2+0,01264156*F2^2-0,000128825*F2^3+0,000000421665*F2^4$
7	$=94,16489-1,1242299*D2+0,009984*D2^2$	$=-14,99386+9,762*E2-0,143654*E2^2+0,00057075*E2^3$	$=F2$
8	$=-14,830708+$	$=18,68049-0,3075768*E2+$	$=3,7019+0,60535*F2-$

	$3,8027878*D2-0,1237666*D2^2+0,0007837*D2^3$	$0,0055978*E2^2-0,00002566873*E2^3$	$0,0086525*F2^2+0,000037*F2^3$
9	$=10,924-0,56579*D2+0,0212829*D2^2-0,000139*D2^3$	$=6,871957+0,0022913356*E2-0,00032637*E2^2+0,000002322887*E2^3$	$=5,15225-0,039*F2+0,0010312*F2^2-0,0000036*F2^3$
10	$=81,784+1,9124*D2+0,18874*D2^2-0,0016842*D2^3$	$=160,163-2,145511*E2+0,0357684*E2^2-0,0001533*E2^3$	$=97,97865+2,73216*F2-0,0419*F2^2+0,00017818*F2^3$

	G	H	I
1	МГ – масса гнезда при рождении, кг	МПО – масса поросенка при отъеме, кг	I _{bc}
2	20	12,75	142,45
3	$=5,298*G2^(0,00363*G2)$	$=8,07579-0,27*H2$	$=1/(-0,000289*I2+0,20134)$
4	$=57,739115+141,979*G2-11,127*G2^2+0,257*G2^3$	$=962,477-196,37*H2+26,2*H2^2-0,95544*H2^3$	$=-2101,43+63,893*I2-0,48588*I2^2+0,0011737*I2^3$
5	$=-19,059128+5,626*G2-0,3141675*G2^2+0,0058126*G2^3$	$=13,55318*H2^(0,001949*H2)$	$=21,745-0,1543*I2+0,00069*I2^2$
6	$=7,715+0,599576*G2-0,0195*G2^2$	$=3,9389*(0,8385^H2)*(H2^1,218722)$	$=12,21379-0,00071*I2$
7	$=-154,7569+52,88*G2-3,7275*G2^2+0,08329*G2^3$	$=18,64+0,1598*H2+2,1314889*H2^2-0,12*H2^3$	$=278,0377-2,571839*I2+0,00814655*I2^2$
8	$=G2$	$=-6,4748+11,6488*H2-1,86659*H2^2+0,093*H2^3$	$=0,0007499*(0,9925^I2)*(I2^2,228678)$
9	$=-0,859+1,978*G2-0,153789*G2^2+0,0037117*G2^3$	$=H2$	$=19,183-0,1598*I2+0,000503*I2^2$
10	$=260,96-32,84*G2+2,3188*G2^2-0,046329*G2^3$	$=47,287+54,28*H2-8,889*H2^2+0,427*H2^3$	$=I2$

Ошибочность множественной прямолинейной корреляции (регрессии) заключается в том, что в естественно-научных и технологических процессах преобладают криволинейные и нелинейные взаимосвязи между двумя параметрами, не говоря о том, что, если параметров больше, чем два. Поэтому для разработки цифровых двойников необходимо применять не множественную регрессию, основанную на прямолинейных зависимостях, а проектировать блок-программы в виде матрицы в каждой ячейке которой будет аппроксимационная функция от одной переменной.

Используя многофакторный корреляционный анализ, из программных надстроек MS Excel, можно быстро получить искомую функцию прямолинейной зависимости. В области зоотехнии и зоогигиены всегда встает вопрос: «Нам нужно получить аппроксимационную функцию быстро, или она должна максимально точно воспроизводить исходные данные?»

В отличие от разведения животных в кормлении и гигиене важна именно точность. При этом применяемый многие десятилетия в селекции животных метод BLUP, основанный на прямолинейных регрессионных моделях, с оценкой дисперсии и корреляции, на наш взгляд, может быть успешно заменен цифровыми матрицами и описательной статистикой рассчитанных параметров продуктивности животных и условий их содержания и кормления.

По сути, определение того или иного параметра осуществляется опосредованно через парные взаимосвязи имеющихся характеристик. Получается, что парные закономерности представляют собой результаты «отдельного натурального эксперимента», которые математически формализованы в виде функции от одной переменной в граничных условиях. Чем больше размер матрицы, тем ниже статистическая погрешность среднего значения конкретного параметра, если, конечно, надлежащим образом спроектированы аппроксимационные модели парных закономерностей.

Использование прямолинейной множественной регрессионной модели не позволяет воспроизвести с высокой степенью достоверности исходные зоотехнические данные, так как коэффициенты регрессионной модели получены с использованием симплекс-метода оптимизации, а не путем построения аппроксимационных парных зависимостей, основанных на криволинейных и нелинейных закономерностях.

Анализ одних и тех же первичных данных, с использованием прямолинейных и криволинейных функций CurveExpert 1.4, позволил установить, что отказ от прямолинейных зависимостей дает возможность значительно повысить коэффициент корреляции парных параметров:

Linear Fit: $y=a+bx$
 Coefficient Data:
 $a = 210.62954$
 $b = -0.005425506$

Sinusoidal Fit: $y=a+b*\cos(cx+d)$
 Coefficient Data:
 $a = 206.56926$
 $b = 12.070129$
 $c = 0.22079749$
 $d = -41.556653$

Linear Fit: $y=a+bx$
 Standard Error: 22.3470577
 Correlation Coefficient: 0.0020964

Sinusoidal Fit: $y=a+b*\cos(cx+d)$
 Standard Error: 22.0321636
 Correlation Coefficient: 0.3538207

Linear Fit: $y=a+bx$
 Coefficient Data:
 $a = 3.8314346$
 $b = -0.0013864721$

Sinusoidal Fit: $y=a+b*\cos(cx+d)$
 Coefficient Data:
 $a = 3.679199$
 $b = 0.18905964$
 $c = 0.51566287$
 $d = -2.7669448$

Linear Fit: $y=a+bx$
 Standard Error: 0.1820129
 Correlation Coefficient: 0.0400136

Sinusoidal Fit: $y=a+b*\cos(cx+d)$
 Standard Error: 0.1156631
 Correlation Coefficient: 0.7982143

Coefficient Data:
 $a = 16.150716$
 $b = 0.00083731121$

Sinusoidal Fit: $y=a+b*\cos(cx+d)$
 Coefficient Data:
 $a = 16.841952$
 $b = 0.38001093$
 $c = 1.6450265$
 $d = 79.536284$

Linear Fit: $y=a+bx$
 Standard Error: 0.3533299
 Correlation Coefficient: 0.0244475

Sinusoidal Fit: $y=a+b*\cos(cx+d)$
 Standard Error: 0.2253212
 Correlation Coefficient: 0.8214972

Таким образом, если при использовании прямолинейной зависимости между параметрами невозможно установить корреляционную связь (0,002; 0,04; 0,024), то криволинейные зависимости представляют возможность повысить коэффициент корреляции на несколько порядков (0,35; 0,79; 0,82). К слову, криволинейные модели, в сравнении с прямолинейными, позволяют более чем в два раза снизить значение коэффициента вариации [15].

Использование описательной статистики позволило установить направление корреляции показателей по анализируемым породам (табл. 3, 4). При этом если направление корреляции по большинству показателей в породах Йоркшир и Ландрас аналогичное, то сила связи отличается. Эта ситуация указывает, что взаимосвязь изучаемых параметров не подчиняется закону нормального распределения.

Таблица 3. Направление и уровень корреляции показателей породы Йоркшир

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.I _с
I. Месяц рождения	1,000							
II. ССП – среднесуточный прирост от рождения до реализации в 100 кг, г	-0,017	1,000						
III. М – многоплодие, гол.	0,056	-0,259	1,000					
IV. КПО – количество поросят при отъеме, гол.	0,001	0,020	0,008	1,000				
V. МГО – масса гнезда при отъеме, кг	0,000	0,203	-0,151	0,382	1,000			
VI. МГ – масса гнезда при рождении, кг	-0,006	-0,084	0,351	-0,076	-0,097	1,000		
VII. МПО – масса поросенка при отъеме, кг	-0,062	0,365	-0,388	0,072	0,579	-0,188	1,000	
VIII. I _с	0,047	-0,078	0,569	-0,092	-0,233	0,253	-0,320	1,000

Таблица 4. **Направление и уровень корреляции показателей породы Ландрас**

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII. I _{6c}
I. Месяц рождения	1,000							
II. ССП – среднесуточный прирост от рождения до реализации в 100 кг, г	-0,082	1,000						
III. М – многоплодие, гол.	-0,016	-0,075	1,000					
IV. КПО – количество поросят при отъеме, гол.	0,024	0,029	0,002	1,000				
V. МГО – масса гнезда при отъеме, кг	-0,077	0,404	0,014	0,153	1,000			
VI. МГ – масса гнезда при рождении, кг	0,081	-0,486	0,154	-0,004	-0,106	1,000		
VII. МПО – масса поросенка при отъеме, кг	-0,092	0,422	0,018	-0,006	0,781	-0,052	1,000	
VIII. I _{6c}	0,064	-0,551	0,183	-0,002	-0,281	0,770	-0,268	1,000

Проведен статистический анализ селекционно-племенных показателей (табл. 5, 6).

Таблица 5. **Статистический анализ показателей свиней породы Йоркшир (n=462)**

Показатели	min	max	M ± m	σ	Cv
ССП – среднесуточный прирост от рождения до реализации в 100 кг, г	133	877	581 ± 3,0	65	11,3
М – многоплодие, гол.	6	24	14 ± 0,1	2	17,4
КПО – количество поросят при отъеме, гол.	4	15	12 ± 0,1	1	11,9
МГО – масса гнезда при отъеме, кг	29	489	83 ± 1,3	28	33,5
МГ – масса гнезда при рождении, кг	7	180	17 ± 0,4	9	49,9
МПО – масса поросенка при отъеме, кг	3,76	11,4	7,2 ± 0,068	1,47	20,2
I _{6c}	113,9	257	135 ± 1,26	27,1	19,9

Таблица 6. **Статистический анализ показателей свиней породы Ландрас (n=660)**

Показатели	min	max	M ± m	σ	Cv
ССП – среднесуточный прирост от рождения до реализации в 100 кг, г	342	833	532 ± 2,9	74	13,9
М – многоплодие, гол.	7	120	14 ± 0,2	4	32,2
КПО – количество поросят при отъеме, гол.	5	138	12 ± 0,3	7	55,7
МГО – масса гнезда при отъеме, кг	10	151	79 ± 0,6	16	20,5
МГ – масса гнезда при рождении, кг	7	24	15 ± 0,1	3	22,2
МПО – масса поросенка при отъеме, кг	2	12,8	6,6 ± 0,043	1	16,8
I _{6c}	113,9	201	130 ± 0,73	19	14,6

Использование блок-программ парных закономерностей позволяет заменить прямолинейную регрессионную модель с конкретным результирующим показателем на развернутую картину описательной статистики: среднее значение, ошибка средней, дисперсия, коэффициент вариации. По сути, достоверные значения конкретного показателя получаются как результат использования аналитических измерений в нескольких повторностях проведения эксперимента. Это очень важно при расчете селекционных индексов, так как на их значение влияет множество биологических, зоотехнических и технологических закономерностей, которые целесообразно математически формализовать, чтобы в конечном итоге получать конкретные численные значения аппроксимационных функций в граничных условиях.

Заключение

Впервые доказано, что применение в зоотехнических исследованиях моделей множественной регрессии, основанных на прямолинейных функциях, не позволяет однозначно определить коэффициент парной корреляции и достоверность полученных итоговых значений. Основная проблема при проектировании моделей множественной регрессии заключается в том, что они строятся не на определении аппроксимационных криволинейных и нелинейных функций, а на использовании симплекс-метода прямолинейной оптимизации. Как итог – коэффициенты переменных не соответствуют реальным численным значениям между парными характеристиками. Поэтому, чем большее число параметров в модели, тем более оптимальные коэффициенты предлагает симплекс-метод, и тем более точное значение, например, селекционного индекса. Таким образом, полученная модель, априори, лишена реального механизма взаимосвязи исследуемых параметров как между собой, так и влияния конкретного показателя на итоговый параметр.

В то же время проектирование парных закономерностей нескольких параметров позволяет разработать блок-программы на основе криволинейных и нелинейных функций, что в конечном итоге дает возможность определять численные значения характеристик на основе нескольких повторностей, а

используя методы описательной статистики, рассчитать среднее значение, дисперсию, ошибку средней, коэффициент вариации того или иного параметра, независимо является ли он итоговым, или промежуточным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стрельцов, В. А. Откормочная и мясная продуктивность молодняка свиней, полученного от скрещивания помесных свиноматок с хряками породы дюрок и топигс / В. А. Стрельцов, В. В. Лавров // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 1 (59). – С. 54–61.
2. Стрельцов, В. А. Продуктивность бройлеров кросса «Кобб-500», полученных от разны родительских стад / В. А. Стрельцов, А. Е. Рябичева // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 6 (60). – С. 40–43.
3. Стрельцов, В. А. Получение и выращивание поросят: учебная пособие / В. А. Стрельцов, В. П. Колесень. – Брянск, 2006. – 60 с.
4. Стрельцов, В. А. Влияние живой массы новорожденных поросят на их сохранность / В. А. Стрельцов / в книге: Технология получения и выращивания здорового молодняка сельскохозяйственных животных и рыбопосадочного материала. Тезисы докладов Республиканской научно-практической конференции, 1993. – С. 52–53.
5. Стрельцов, В. А. Получение и выращивание поросят для интенсивного производства свинины / В. А. Стрельцов // в сборнике: Передовой опыт в АПК Брянской области. Сборник материалов региональной научно-производственной конференции. – 2006. – С. 83–87.
6. Стрельцов, В. А. Продуктивность свиноматок в зависимости от количества опоросов / В. А. Стрельцов, З. С. Стрельцова, А. Е. Рябичева // в сборнике: Научное обеспечение агропромышленного производства. Материалы Международной научно-практической конференции. Ответственный за выпуск И. Я. Пигорев. – 2010. С. 192–194.
7. Стрельцов, В. А. Морфологический состав яиц мясных кур в зависимости от их массы / В. А. Стрельцов, А. Е. Рябичева // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 1. – С. 3–5.
8. Соляник, А. В. Методология цифровизации зоотехнии и гигиены животных / А. В. Соляник, С. В. Соляник, В. В. Соляник // Актуальные проблемы преподавания естественнонаучных и специальных дисциплин в учреждениях высшего и среднего специального образования сельскохозяйственного профиля : сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры высшей математики и физики / редкол.: В. В. Великанов (гл. ред.) [и др.]. – Горки: БГСХА, 2020. – С. 78–81.
9. Соляник, В. В. Методика разработки математических функций от одной и двух переменных, для создания динамических моделей в области зоотехнии и зоогигиены / В. В. Соляник, С. В. Соляник // Сб. науч. тр. – Жодино, РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», 2013. – Т. 48, ч. 2. – С. 232–245.
10. Соляник, С. В. Моделирование значений первичных зоотехнических данных по опытным группам и уровня достоверности различий между выборками / С. В. Соляник // Сб. науч. статей. – с. Солёное Займище, ФГБНУ «ПНИИАЗ». – 2018. – С. 913–918.
11. Соляник, А. В. Теоретическая и практическая разработка специализированного программного обеспечения для свиноводства: Монография / А. В. Соляник, В. В. Соляник, С. В. Соляник. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2012. – 324 с.
12. Соляник, А. В. Зоотехническая статистика в электронных таблицах: Монография / А. В. Соляник, В. В. Соляник, В. А. Соляник. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2012. – 434 с.
13. Соляник, А. В. Общетеоретические основы использования численных методов в принятии управленческих решении в свиноводстве: Монография / А. В. Соляник, В. В. Соляник, А. А. Соляник. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2013. – 412 с.
14. Отчет о научно-исследовательской работе по теме «Разработать программу разведения материнских пород племенных свиней на основе теории селекционного индекса, позволяющую автоматизировать процесс отбора животных по комплексу селекционируемых признаков» (этап 3.10.8). – Жодино, РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», 2020. – 88 с.
15. Соляник, С. В. Методика решения проблемы математической воспроизводимости статистических данных научных исследований в сельскохозяйственных отраслях науки / С. В. Соляник // Органічне виробництво і продовольча безпека. – Житомир: ЖНАЕУ, 2017. – С. 218–223.