

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ СЕЛЕКЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ОТБОРА ЖИВОТНЫХ ПО КОМПЛЕКСУ ПРИЗНАКОВ

П.И. Отраднов

ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, Дубровицы, Россия, e-mail: deriteronard@gmail.com

***Аннотация.** Была проведена апробация количественного метода подсчёта корреляционных взаимосвязей селекционных признаков на генетическом и фенотипическом уровне для формирования оптимальной структуры уравнения селекционного индекса. Объектом исследования являлись свиньи породы ландрас и коровы черно-пестрой и голштинской пород. Была выявлена целесообразность применения предлагаемого подхода.*

***Ключевые слова:** селекционный индекс, оценка племенной ценности, крупный рогатый скот, молочная продуктивность, воспроизводство, продуктивное долголетие, свиньи, откормочная продуктивность, конверсия корма, кормовое поведение.*

Введение. Селекционный индекс – математический инструмент, использующийся для комплексной оценки продуктивных животных. Уравнение селекционного индекса представляет собой совокупность весовых коэффициентов, присваиваемых каждому селекционному признаку [2, 4]. В этих коэффициентах учитываются как генетические и фенотипические взаимосвязи комплекса исследуемых признаков, так и их экономическая составляющая. Экономический компонент может представлять собой как стоимость реализации единиц измерения продукции, таких, как килограммы молока и мяса, так и относительную важность каждого из исследуемых признаков в рамках селекционной программы. Индексная оценка, получаемая в результате применения уравнения, является критерием отбора животных, обладающих наиболее оптимальным соотношением оценок племенной ценности по каждому из исследованных признаков.

Таким образом, составление селекционных индексов является неотъемлемой частью племенной работы при генетическом совершенствовании популяции по комплексу признаков.

В рамках исследования был апробирован подход к составлению селекционных индексов, связанный с выбором «ключевых» признаков из изучаемого комплекса по принципу наибольшего количества коэффициентов корреляции, чьи значения превышают определенный порог. Для наглядности, метод был апробирован на двух видах животных – крупном рогатом скоте и свиньях.

Материалы и методы. Материалом исследования были 45225 коров чёрно-пёстрой и голштинской породы, являвшихся дочерьми 763 быков, содержавшихся в хозяйствах Московской и Вологодской областей с 2005 по 2016 гг. Материал был получен из региональной СУБД «СЕЛЭКС. Молочный Скот». В выборке крупного рогатого скота исследовались признаки молочной продуктивности и воспроизводства: удой за 305 дней лактации (Y305, кг.), содержание жира (FC, %) и белка (PC, %) в молоке, выход жира (FA, кг.) и белка (PA, кг.), возраст 1-го отёла (AFC, мес.), лёгкость отёла (CE, балл), кратность осеменений (IF, шт.).

Также материалом исследований были свиньи породы Ландрас в количестве 581 гол, являвшиеся потомками 164 хряков и проходившие откорм на автоматических кормовых станциях фирмы Schauer в ООО «СГЦ» в 2020-2021 гг. В выборке свиней исследовались признаки кормового поведения, эффективности использования корма и откормочной продуктивности: время, затрачиваемое на потребление корма в сутки (TPD, мин.), количество съеденного корма в сутки (ADFI, г.), число посещений кормовой станции (NVD, шт.), длительность приёма пищи за посещение (TPV, мин.), скорость потребления корма (FR,

г./мин.), количество съеденного корма за посещение (FPV, г.), живая масса при постановке (BW₀, кг.) и при снятии с откорма (BW₁, кг.), конверсия корма (FCR, кг./кг.), среднесуточный прирост живой массы (ADG, г.).

Животные в обеих выборках были оценены с применением методологии BLUP по всем перечисленным признакам. Были получены коэффициенты генетической и фенотипической корреляции, генетическая и фенотипическая ковариация. Весовые коэффициенты селекционного индекса рассчитывались, как сумма членов вектора-столбца Q':

$$Q'_j = P^{-1} * G_j * w_j,$$

Где P₀⁻¹ – обратная матрица фенотипических коварианс,

G_j – вектор-столбец генетических коварианс j-го признака,

w_j – экономический вес признака.

Итоговое уравнение селекционного индекса имеет вид:

$$I = \sum_{j=1}^t EBV_j Q_j = EBV'Q,$$

Где EBV_j – значение оценки племенной ценности j-го признака,

Q_j – экономический весовой коэффициент j-го признака,

EBV', Q – вектора значений оценок племенной ценности животного и весовых коэффициентов, соответственно.

Результаты. Для выявления «ключевых» признаков – признаков, описывающихся наибольшим числом корреляционных взаимосвязей, превышающих порог в $r = \pm 0,10$ – были рассчитаны значения коэффициентов корреляции исследованных массивов на генетическом (оценочном и прогнозном) и фенотипическом (наблюдаемом) уровне. Такой подход позволяет определить признаки, при использовании которых в качестве критерия селекции, производится улучшение или ухудшение взаимосвязанных признаков. Так, например, у крупного рогатого скота признак «Выход жира», являясь производным от значений признака «удой за 305 дней» и «содержание жира в молоке», будет демонстрировать взаимосвязи с этими двумя признаками, вследствие чего является допустимым использование этого признака в качестве критерия отбора для улучшения популяции как по удою, так и по содержанию молочного жира. Включение же подобных признаков в уравнение селекционного индекса позволяет существенно облегчить процедуру его построения. Полученные массивы корреляций представлены в формате тепловых карт на рисунках 1 и 2.

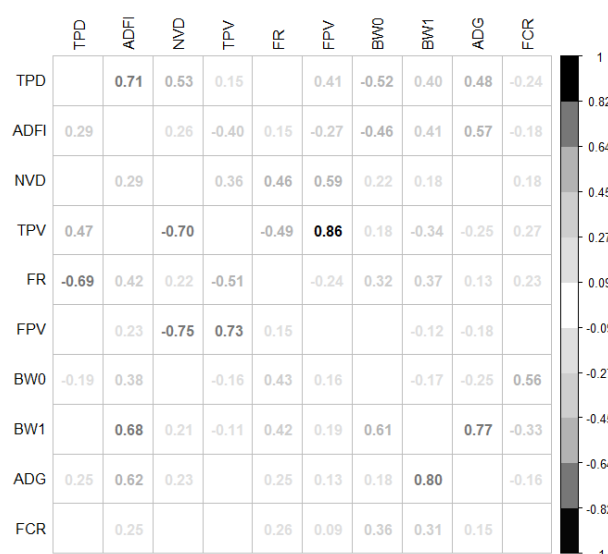


Рисунок 1 Корреляционные взаимосвязи исследованных признаков свиней (выше диагонали – генетические, ниже – фенотипические)

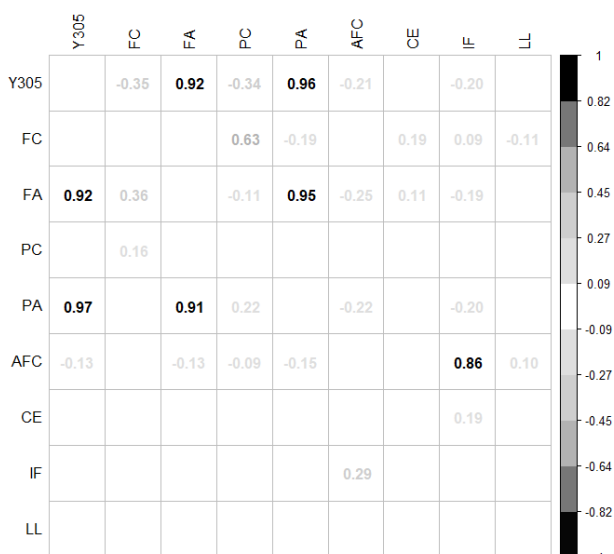


Рисунок 2 Корреляционные взаимосвязи исследованных признаков крупного рогатого скота (выше диагонали – генетические, ниже – фенотипические)

Так, для построения селекционных индексов свиней были выбраны следующие признаки: ADFI (8 корреляций), FR (8 корреляций), BW0 (8 корреляций), BW1 (9 корреляций) и ADG (8 корреляций). Имевший 8 корреляций признак FPV не был включен в индекс, т.к. его экономическая значимость несёт дискуссионный характер. Конверсия корма, будучи также своего рода индексной характеристикой, в дальнейшем выступала как сравнительный критерий отбора, а также была включена в расчёт отдельного уравнения индекса.

Для построения же селекционного индекса крупного рогатого скота были выбраны признаки FA (3 корреляции), PA (4 корреляции), AFC (4 корреляции), IF (5 корреляций). Для формирования сравнительных групп в качестве критерия отбора были выбраны признак Y305 и индекс, рассчитанный по «ключевым» признакам воспроизводства (AFC и IF).

Итоговые уравнения селекционных индексов свиней имели вид:

$$I = -0,087ADFI + 0,146FR + 7,473BW_0 + 5,645BW_1 + 55,188ADG \quad (1)$$

$$I_{FCR} = -0,002ADFI + 0,664FR + 224,7BW_0 + 80,85BW_1 + 39,67ADG - 188,57FCR \quad (2)$$

Итоговые уравнения селекционных индексов крупного рогатого скота имели вид:

$$I_{\text{общ.}} = 133,147FA + 158,463PA - 21,547AFC - 11,472IF \quad (3)$$

$$I_{\text{воспр.}} = -20,476AFC - 11,042IF \quad (4)$$

С целью определения эффективности ведения индексной селекции, были отобраны 10% животных, имевших самые высокие значения по выбранным критериям. Так, для свиней были сформированы группы, отобранные по оценкам племенной ценности FCR и по обеим индексным оценкам (рисунок 1), а для крупного рогатого скота – отобранные по оценкам племенной ценности Y305 и также по обеим индексным оценкам (рисунок 2).

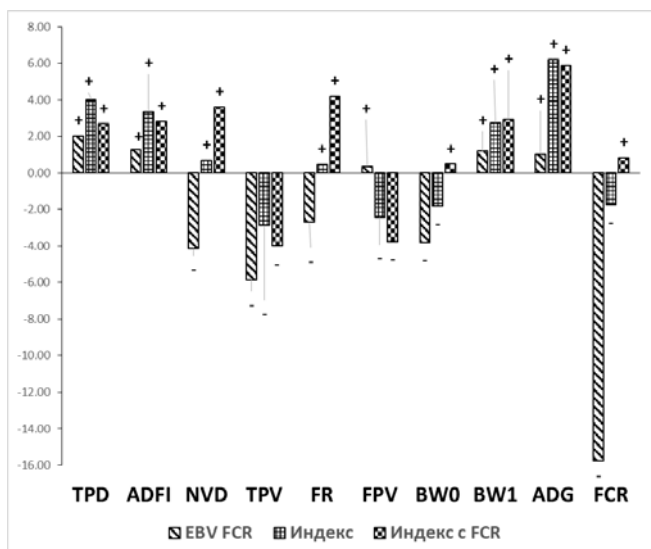


Рисунок 1 Относительные значения EBV у 10% свиней, отобранных по селекционным индексам и по EBV конверсии корма

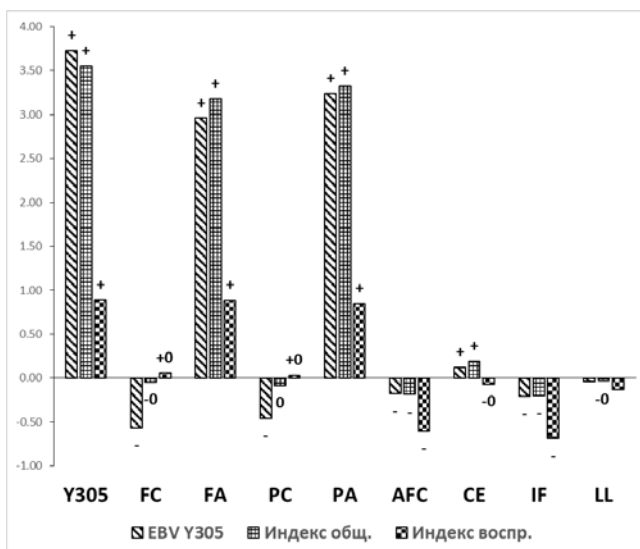


Рисунок 2 Относительная племенная ценность 10% коров, отобранных по индексным оценкам и по EBV удоя за 305 дней лактации

Свиньи, отобранные по оценкам племенной ценности FCR, демонстрируют, очевидно, наилучший результат прогнозируемого генетического прогресса по этому признаку (снижение коэффициента конверсии корма является желательным, т.к. свидетельствует об уменьшении потребляемого корма на 1 кг прироста живой массы), сопровождающийся нежелательным ростом среднесуточного потребления корма (ADFI), снижением скорости потребления корма (FR), снижением живой массы при постановке на откорм (BW₀), ростом живой массы при снятии с откорма (BW₁) и незначительным ростом среднесуточного прироста (ADG). Отбор по индексным оценкам, не учитывавшим в своём расчёте FCR (1), демонстрируют более сбалансированную картину: отобранная группа животных показала племенную ценность FCR с более умеренными значениями, всё ещё находящимися в желательной области, при этом FR имеет среднюю оценку племенной ценности около нуля,

что является желательным, снижение BW_0 не такое значительное, как при отборе по FCR, BW_1 демонстрирует большее значение, ADG также демонстрирует существенный рост, однако также растёт и ADFI, что не является желательным с производственной точки зрения. Отбор по индексу, включающему FCR в расчёт (2) продемонстрировал незначительный положительный прогноз генетического прогресса по FCR, рост ADG, рост BW_1 и незначительный рост BW_0 , по FR также прогнозируется рост, как и по ADFI.

Крупный рогатый скот, отобранный по удою за 305 дней лактации (Y305), демонстрировал очевидный прогнозируемый рост этого показателя, рост выхода молочного жира (FA) и белка (PA), существенное падение содержания молочного жира (FC) и белка (PC), околонулевое падение возраста 1-го отёла (AFC) и кратности осеменения (IF), околонулевой рост лёгкости отёла (CE), прогноз изменения продуктивного долголетия (LL) также находился в околонулевой области. Отбор по индексным оценкам, включавшим в свой расчёт как признаки молочной продуктивности, так и признаки воспроизводства (3), продемонстрировал схожую картину, отличавшуюся только меньшим прогнозом падения FC и PC. Индекс, учитывавший только признаки воспроизводства (4), продемонстрировал сравнительно более сбалансированное соотношение прогнозных значений эффективности селекционной работы: сравнительно меньший рост Y305, FA и PA не сопровождался падением FC и PC, эти признаки характеризовали околонулевые положительные значения; AFC и IF, являвшиеся основой этого уравнения индекса, снижались на более значительные величины, однако нежелательным моментом здесь видится снижение прогноза лёгкости отёла и продуктивного долголетия.

Обсуждение. Использование селекционных индексов несколько облегчает ведение селекционной работы в популяции одновременно по нескольким признакам, однако зачастую не позволяет в полной мере нивелировать нежелательные тенденции, выраженные во взаимосвязанности этих признаков. Так, анализ прогнозируемого генетического прогресса у свиней по признакам эффективности использования корма выявил, что при снижении коэффициента конверсии корма, падает живая масса при постановке на откорм. Это говорит о том, что больший временной промежуток будет уходить на дорастивание поросят до необходимых кондиций. Это, конечно, компенсируется ростом живой массы, достигаемой за тот же промежуток времени при откорме на кормовых станциях, однако, практическая значимость такой селекции не выглядит очевидной. В то же время, индексный отбор также демонстрирует негативную тенденцию в виде увеличения количества потребляемого в сутки корма, что не изменилось при включении в расчёт уравнения FCR. Более того, это внесло некий элемент дисбаланса в уравнение, что привело к нивелированию прогноза какого-либо генетического прогресса по этому признаку. Однако, положительным моментом явился положительный прогноз для BW_0 и BW_1 , что на практике выражается в меньших сроках выращивания молодняка и сроков откорма. Практическая же значимость признаков кормового поведения (TPD, NVD, TPV, FPV, FR), как сравнительно недавно появившихся в селекционном дискурсе и, как следствие, «желательность» или «нежелательность» изменения их значений в сторону снижения или увеличения на популяционном уровне пока что остаётся предметом для дискуссии [1, 3]. В рамках нашего исследования эти признаки были представлены для того, чтобы проследить их взаимосвязь с признаками эффективности использования корма и откормочной продуктивности.

В отборе крупного рогатого скота молочного направления продуктивности селекционные индексы позволяют решить проблему, возникшую вследствие длительной селекции, направленной на повышение показателей валового удоя. Как было продемонстрировано в нашем исследовании, ценой некоторого снижения прогнозируемого генетического прогресса признаков молочной продуктивности, можно добиться улучшения ситуации с воспроизводством, что может выражаться в сроках первого отёла, и, как следствие, начала первой лактации, а также в снижении кратности осеменений, что напрямую влияет на затраты, связанные с воспроизводством. Подобный подход к ведению селекции может иметь критическое значение в контексте снижения воспроизводства,

связанного с краткой продолжительностью жизни высокоудойных коров. Получение высокодостоверного прогноза продолжительности продуктивной жизни по результатам первой завершённой лактации также представляется не самой простой задачей. Сроки оценки племенной ценности животных, продиктованные стремлением к как можно более быстрой смене поколений для улучшения популяции на генетическом уровне, сильно замедлятся при необходимости получения достоверных данных для прогноза племенной ценности по продуктивному долголетию, в связи с этим, включение этого показателя в селекционные программы скорее является рекомендательным, чем обязательным.

Заключение. Использование методологии построения селекционных индексов, как способа оптимизации ведения селекционной работы по комплексу признаков, видится полезным методом для любого вида сельскохозяйственных животных. Однако, ряд тенденций, являющихся, как правило, следствием физиологических особенностей животных, не позволяют вести селекцию по каждому признаку в желательном направлении. Таким образом, задачей-минимум апробированной в нашем исследовании методологии является нивелировать эти тенденции, вследствие чего популяционные характеристики не будут ухудшены в следующем поколении на генетическом уровне. Основной сложностью метода селекционного индекса является сложность учёта всех взаимосвязей между признаками, однако, как было продемонстрировано, количественный метод подсчёта корреляций, превышающих определенное пороговое значение, позволяет решить эту проблему и облегчить структуру уравнения.

Библиографический список

1. Белоус А. А., Требунских Е. А. Выявление взаимосвязи кормового поведения и эффективности использования корма у свиней породы ландрас // Пермский аграрный вестник. 2021. №3 (35). с. 77-85.
2. Контэ А. Ф., Ермилов А. Н., Бычкунова Н. Г., Сермягин А. А. Оценка племенной ценности быков-производителей популяции черно-пестрого скота Московской области по типу телосложения дочерей // Известия НВ АУК. 2019. №3 (55). с. 275-283.
3. Сермягин А. А., Белоус А. А., Требунских Е. А., Зиновьева Н. А. Показатели кормового поведения как новые селекционные признаки в разведении свиней // С.-х. биол., Сельхозбиология, S-h biol, Sel-hoz biol, Sel'skokhozyaistvennaya biologiya, Agricultural Biology. 2020. №6. с. 1126-1138.
4. Янчуков И. Н., Сермягин А. А., Мельникова Е. Е., Немчинова М. В., Харитонов С. Н. Комплексная оценка молочного скота на основе селекционного индекса // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2017. №20 (1). с. 13-21.