



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького
Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies

doi:10.15421/nvlvet7910

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2518–1327 online

<http://nvlvet.com.ua/>

УДК 636.2.034 / 57.087

Аналіз головних компонент екстер'єрних ознак молочних корів

С.С. Крамаренко, Н.І. Кузьмічова, О.С. Крамаренко
KSSNAIL0108@gmail.com

Миколаївський національний аграрний університет,
вул. Г. Гонгадзе, 9, м. Миколаїв, 54020, Україна

Метою даного дослідження було вивчення взаємозв'язків між різними екстер'єрними ознаками та виявлення прихованих (латентних) факторів, які найкраще відповідають зміні розмірів та форми тіла корів молочного стаду. Вимірювання основних промірів тілобудови було проведено на 109 первістках червоної степової породи, які представляли випадкову вибірку зі стада, що утримувалося в ДП «Племрепродуктор «Степове» (Миколаївська область, Україна) протягом 2001–2014 рр. Аналіз Головних Компонент (АГК) був використаний для виявлення мінімально можливої кількості нових змінних, що характеризуються максимальною часткою мінливості для набору вихідних даних (екстер'єрні ознаки корів), з використанням програмного забезпечення STATISTICA. Значна кількість оцінок парних фенотипових кореляцій між промірами тілобудови у молочних корів були вірогідними і мали позитивний знак. Коефіцієнти кореляції Пірсона між промірами варіювали від 0,215 (глибина грудей – обхват п'ястка) до 0,889 (висота у холці – висота в крижах). За допомогою Аналізу Головних Компонент були виділені дві приховані (латентні) змінні, які пояснювали 48,5% загальної дисперсії. Перша головна компонента (PC1) описувала загальні розміри тіла і пояснювала 33,5% загальної дисперсії. Вона характеризується високими і позитивними факторними навантаженнями для висоти у холці (ВХ), висоти в крижах (ВК), косої довжини тулуба (КДТ), глибини грудей (ГГ), обхвату грудей (ОГ) та ін. Друга головна компонента (PC2) описувала додаткові 15,0% загальної дисперсії і була інтерпретована як показник форми тіла (ендоморфи vs екторморфи). Вона характеризувалася високими негативними навантаженнями для висоти у холці (ВХ), висоти в крижах (ВК), косої довжини тулуба (КДТ) і високими, але позитивними навантаженнями для ширини грудей (ШГ), глибини грудей (ГГ), обхвату грудей (ОГ) та обхвату п'ястка (ОП). Дане дослідження також демонструє, що виявлені приховані (латентні) фактори можуть бути використані в програмах розведення корів молочного напрямку продуктивності.

Ключові слова: проміри тілобудови, Аналіз Головних Компонент (АГК), молочна худоба

Анализ главных компонент экстерьерных признаков молочных коров

С.С. Крамаренко, Н.И. Кузьмичева, А.С. Крамаренко
KSSNAIL0108@gmail.com

Николаевский национальный аграрный университет,
ул. Г. Гонгадзе, 9, г. Николаев, 54020, Украина

Целью настоящего исследования было изучения взаимосвязи между различными экстерьерными признаками и выявление скрытых (латентных) факторов, которые в наилучшей степени соответствуют изменениям размеров и/или формы тела коров молочного стада. Измерение основных промеров тела было проведено на 109 первотелках красной степной породы, которые представляли случайную выборку из стада, содержащегося в ДП «Племрепродуктор «Степове» (Николаевская область, Украина) в течение 2001–2014 гг. Анализ Главных Компонент (АГК) использовался для выявления минимально возможного числа новых переменных, характеризующихся максимальной долей изменчивости для набора исходных данных (экстерьерные признаки коров), с использованием программного обеспечения STATISTICA. Большинство оценок парных фенотипических корреляций между промерами тела у молочных коров были достоверными и имели положительный знак. Коэффициенты корреляции Пирсона между промерами варьировались от 0,215 (глубина груди – обхват пясти) до 0,889 (высота в холке – высота в крестце). С помощью Анализа Главных Компонент были выделены две скрытые (ла-

Citation:

Kramarenko, S., Kuzmicheva, N., Kramarenko, A. (2017). Principal component analysis of the exterior traits in dairy cows. *Scientific Messenger LNUVMB*, 19(79), 48–52.

тентные) переменные, которые объясняли 48,5% общей дисперсии. Первая главная компонента (PC1) описывала общие размеры тела и объяснила 33,5% общей дисперсии. Она характеризовалась высокими и положительными факторными нагрузками для высоты в холке (ВХ), высоты в крестце (ВК), косой длины туловища (КДТ), глубины груди (ГГ), обхвата груди (ОГ) и др. Вторая главная компонента (PC2) описывала дополнительные 15,0% общей дисперсии и была интерпретирована как показатель формы тела (эндоморфы vs. эктоморфы). Она характеризовалась высокими отрицательными нагрузками для высоты в холке (ВХ), высоты в крестце (ВК), косой длины туловища (КДТ) и высокими, но положительными нагрузками для ширины груди (ШГ), глубины груди (ГГ), обхвата груди (ОГ) и обхвата пясти (ОП). Данное исследование также демонстрирует, что выявленные скрытые (латентные) факторы могут быть использованы в программах разведения коров молочного направления продуктивности.

Ключевые слова: промеры тела, Анализ Главных Компонент (PCA), молочный скот

Principal component analysis of the exterior traits in dairy cows

S. Kramarenko, N. Kuzmicheva, A. Kramarenko
KSSNAIL0108@gmail.com

Mykolaiyiv National Agrarian University,
H. Honhadze Str., 9, Mykolayiv, 54020, Ukraine

The present study was undertaken to study the relationship between different body measurements and to develop unobservable factors (latent) to define which of these measurements best represent body conformation in the dairy cows. Biometrical observations were recorded on 109 Red Steppe dairy cows randomly selected from State Enterprise «Breeding reproducer «Stepove» (Mykolayiv region, Ukraine) during the 2001–2014. Principal Component Analysis (PCA) was used to account for the maximum portion of variation present in the original set of variables (body traits in cow) with a minimum number of composite variables through STATISTICA software. Most of the pairwise phenotypic correlations among the exterior traits in dairy cows were positive and significant. The Pearson's correlation coefficients of the body measurements ranged from 0.215 (chest depth – cannon circumference) to 0.889 (height at withers – rump height). In factor solution of the Principal Component Analysis, two (latent) which explained 48.5% of the generalized variance were extracted. The first principal component (PC1) explained general body conformation and explained 33.5% variation. It was represented by significant positive loading for height at withers, rump height, diagonal length from point of shoulder to pin bone, chest depth, chest circumference etc.). The second principal component (PC2) accounted for an additional 15.0% of the generalized variance and was interpreted as an indicator of body shape (e.g., endomorphic vs. ectomorphic). It was represented by significant negative loadings for height at withers, rump height, diagonal length from point of shoulder to pin bone, but significant positive loadings for chest width, chest depth, chest circumference and cannon circumference.

The study also revealed that factors extracted from the present investigation could be used in breeding programs of the dairy cattle.

Key words: body measurements, Principal Component Analysis (PCA), dairy cattle

Вступ

Математичний аналіз (в т. ч. моделювання) активно використовується в різних галузях тваринництва, особливо для опису динаміки живої маси з віком (криві росту живої маси), динаміки продукування молока протягом лактації (лактаційні криві) та динаміки ячної продуктивності (криві ячної продуктивності). Проте в більшості випадків такі моделі виконують суто описову функцію, а за їх розрахованими коефіцієнтами відсутні будь-які біологічні процеси, пов'язані з формуванням відповідної продуктивності (Gill and Kramarenko, 2008).

При аналізі екстер'єрних ознак кожна особина являє собою точку в n -мірному просторі, де n – кількість використаних промірів тілобудови або ознак розвитку тварини (жива маса в різному віці), між якими частіше існує суттєва інтеркореляція. Використання індексів тілобудови (довгоногості, розтягнутості і т. п.) не вирішує проблеми, оскільки індекси не мають додаткової інформації (вони найчастіше висококорельовані з вихідними ознаками – промірами тілобудови).

В останні роки з'явилась низка робіт, в яких запропоновано використання багатовимірних методів аналізу – Аналізу Головних Компонент (АГК) або Факторного Аналізу (ФА) – для вивчення особливостей формування екстер'єрних ознак свійських тварин – птиці (Egena et al., 2014), кіз (Okpeku et al., 2011),

овець (Yakubu, 2013), кролів (Yakubu and Ayode, 2009), коней (Posta et al., 2007), свиней (Van Steenberg, 1989), м'ясної (Brown et al., 1973) та молочної худоби (Alfonso et al., 2011), а також буйволів (Vohra et al., 2015). Основною метою цих методів є зниження розмірності для багатовимірної матриці вихідних даних. Результатом цього стає отримання невеликої кількості (найчастіше двох-трьох) нових змінних (т. з., латентні змінні), що не можуть бути отримані при безпосередньому дослідженні об'єктів, але мають дуже високий рівень кореляції з фактичними ознаками та є їх лінійними комбінаціями. Крім того, ці нові змінні є ортогональними одна до одної (тобто, між ними відсутня кореляція) та описують суттєву (найчастіше 50–70%) частку мінливості (коваріаційної матриці вихідних ознак (Shebanin et al., 2008).

Основна мета даного дослідження – отримати латентні змінні на підставі матриці екстер'єрних ознак молочних корів за допомогою методу АГК та надати їх інтерпретацію.

Матеріал та методи досліджень

Матеріалом для дослідження були дані племінного обліку для 109 первісток червоної степової породи, що походили від різних бугаїв-плідників та утримувались в ДП «Племрепродуктор «Степове» Миколаївської області протягом 2001–2014 рр. Для кожної тва-

рини були використані такі проміри тілобудови: висота у холці (ВХ), висота в крижах (ВК), глибина грудей (ГГ), ширина грудей (ШГ), ширина в сідничних горбах (ШСГ), коса довжина тулуба (палицею) (КДТ), обхват грудей за лопатками (ОГ), обхват п'ястка (ОП), а також жива маса у 18 міс. (М18).

Вихідні дані були попередньо стандартизовані:

$$z_i = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma}, \quad (1)$$

де X_i – значення певної ознаки i -тої тварини; \bar{X} – вибіркове середнє арифметичне значення; σ – вибіркове середнє квадратичне відхилення. Після цього всі ознаки мали середнє арифметичне, що дорівнює 0, та варіансу, що дорівнює 1.

Всі розрахунки було проведено за допомогою модулю «Factor Analysis» (Факторний Аналіз) пакету прикладних програм STATISTICA v. 6 (Halafyan, 2007).

Для проведення подальшого аналізу всі тварини були розподілені на три групи на підставі факторних міток (factor scores), отриманих як для першої (PC1), так й для другої (PC2) головних компонент. В групу 1 увійшли тварини, що мали оцінки факторних міток нижче ніж -0,67, в групу 2 – з оцінками факторних міток від -0,67 до +0,67, в групу 3 – з оцінками більше ніж +0,67.

Результати та їх обговорення

Дані, що характеризують екстер'єрні ознаки для досліджених тварин, не можуть розглядатися як повністю незалежні, оскільки між ними існує суттєва інтеркореляція (табл. 1). Найвищі оцінки коефіцієнту кореляції відмічено між ВХ і ВК ($r = 0,889$), а також між ВХ та КДТ ($r = 0,602$) і між ВК та КДТ ($r = 0,537$). Решта оцінок коливається в межах 0,200...0,400.

Таблиця 1

Коефіцієнти кореляції між екстер'єрними ознаками первісток червоної степової породи

Проміри	Проміри							
	ВХ	ВК	ГГ	ШГ	ШСГ	КДТ	ОГ	ОП
ВХ	X	0,889	0,300			0,602	0,328	
ВК		X	0,313			0,537	0,371	0,315
ГГ			X	0,301		0,274	0,419	0,215
ШГ				X			0,264	
ШСГ					X			
КДТ						X	0,381	
ОГ							X	0,226
ОП								X

Примітка: Наведено лише вірогідні оцінки коефіцієнту кореляції, для яких $P < 0,05$. (Скорочення промірів наведено в тексті)

Саме для даних такого типу найкращим рішенням є використання багатовимірних методів статистичного аналізу, наприклад АГК. Отримані нами результати, а саме факторні навантаження (factor loadings), тобто міри зв'язку між PC1 і PC2 та вихідними екстер'єрними ознаками, наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Факторні навантаження для перших двох головних компонент мінливості екстер'єрних ознак первісток червоної степової породи

Ознаки	Головні компоненти	
	PC1	PC2
М18	-0,123	-0,209
ВХ	0,834	-0,392
ВК	0,863	-0,264
ГГ	0,587	0,349
ШГ	0,318	0,689
ШСГ	0,151	0,317
КДТ	0,704	-0,403
ОГ	0,656	0,291
ОП	0,408	0,367
Частка мінливості, %	33,5	15,0

Примітка: Виділено ознаки, що вносять найбільший вклад в інтерпретацію перших двох головних компонент. (Скорочення промірів наведено в тексті)

В цілому перші дві головні компоненти описують близько 50% мінливості (коваріаційної матриці вихід-

них ознак. Перша головна компонента (PC1) описує 33,5% мінливості та має високі позитивні факторні навантаження для більшості екстер'єрних ознак (за винятком М18 та ШСГ). Таким чином, ця латентна змінна може розглядатися як «загальні розміри» тварини. Вона розділяє всю вибірку на тварин великого із великими розмірами тіла та тварин із малими розмірами тіла (рис. 1А).

Друга головна компонента (PC2) описує 15,0% мінливості та має високі позитивні навантаження із промірами, що характеризують, з одного боку, ширину та обхват тулуба (ШГ, ГГ, ШСГ та ОГ) та п'ястка, а з іншого, високі негативні – із промірами, що характеризують висоту та довжину тварини (ВХ, ВК та КДТ). Таким чином, PC2 може бути інтерпретована, як «форма тіла» тварини. Вона розділяє вибірку на тварин із високим, довгим, вузьким тілом та тонкими кінцівками (т. зв. *ектоморфи*) та низьким, коротким, широким тілом і товстими кінцівками (т. зв. *ендоморфи*) (рис. 1Б).

Характерно, що друга головна компонента характеризується високо вірогідними оцінками коефіцієнту кореляції із найбільш поширеними в практиці скотарства індексами тілобудови, за винятком індексу розтягнутості (табл. 3).

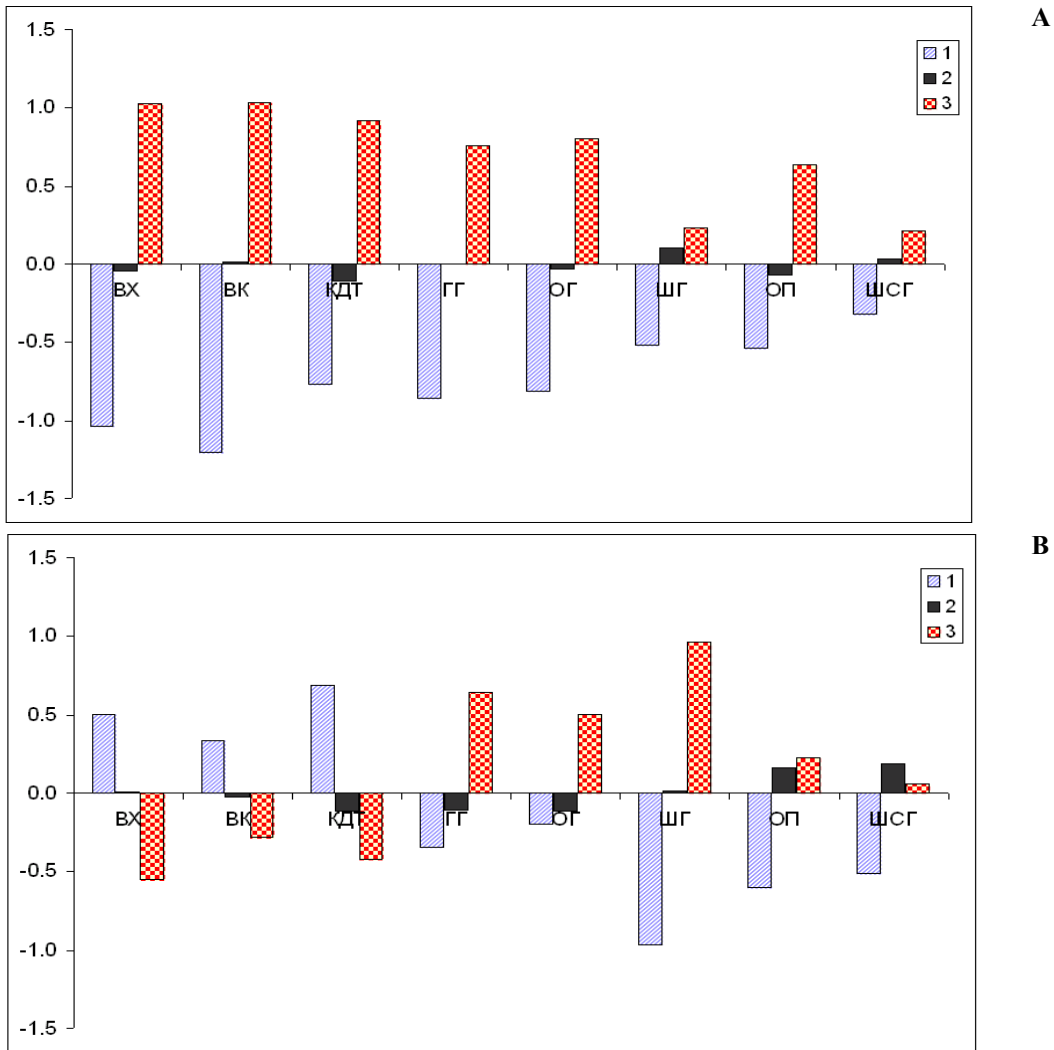


Рис. 1. Середні значення екстер'єрних ознак первісток червоної степової породи з різних груп (1–3) за першою (А) та другою (В) головними компонентами.
(Оцінки наведено у стандартизованих одиницях для всіх ознак)

Таблиця 3
Коефіцієнти кореляції між першими двома головними компонентами та індексами тілобудови первісток червоної степової породи

Індекси тілобудови	Головні компоненти	
	PC1	PC2
Довгоногості		-0,566
Розтягнутості		
Грудний		0,501
Перерослості		0,276
Костистості		0,512
Збитості		0,624
Масивності	-0,198	0,606

Примітка: наведено лише вірогідні оцінки коефіцієнту кореляції, для яких $P < 0,05$.

Таким чином, індекси тілобудови, що використовуються для опису відносних характеристик корів, можуть бути легко замінені використанням перших двох головних компонент, це не збільшує кількість ознак, що аналізуються, а, навпаки, зменшує їх. При цьому, за визначенням, PC1 та PC2 некорельовані між собою, тобто розглядають незалежні характеристики мінливості екстер'єрних ознак.

Нащадки різних бугаїв-плідників вірогідно не відрізнялись відносно загальних розмірів тіла ($F = 1,66$; $df_1 = 4$; $df_2 = 104$; $p = 0,164$), тимчасом стосовно мінливості форми тіла виявлена суттєва генотипова компонента ($F = 4,31$; $df_1 = 4$; $df_2 = 104$; $p = 0,003$). Так, частка особин із різним типом тілобудови, які виділені на підставі PC2, значно відрізнялась (критерій Хі-квадрат: $\chi^2 = 35,03$; $df = 8$; $p < 0,001$) серед первісток, що мали різне походження (табл. 4).

Таблиця 4
Розподіл первісток червоної степової породи, що походять від різних бугаїв-плідників, за формою тілобудови

Бугай-плідник	Група (за PC2)			Разом
	1	2	3	
Нарцис	5 / 10,0	30 / 60,0	15 / 30,0	50
Тополь	6 / 25,0	16 / 66,7	2 / 8,3	24
Тангенс	9 / 64,3	4 / 28,6	1 / 7,1	14
Нептун	5 / 55,6	4 / 44,4	0 / 0	9
Орфей	0 / 0	6 / 50,0	6 / 50	12
Разом	25 / 23,0	60 / 55,0	24 / 22,0	109

Примітка: в чисельнику – абсолютні частоти, в знаменнику – виражені у відсотках

Висновки

1. Дані, що характеризують екстер'єрні ознаки для досліджених тварин, не можуть розглядатися як повністю незалежні, оскільки між ними існує суттєва інтеркореляція, тому для даних такого типу найкращим рішенням є використання багатовимірних методів статистичного аналізу, насамперед аналізу головних компонент (АГК).

2. Перша головна компонента (PC1) описує 33,5% мінливості, має високі позитивні факторні навантаження для більшості екстер'єрних ознак та може розглядатися як «загальні розміри» тварини. Друга головна компонента (PC2) описує 15,0% мінливості та поділяє вибірку на тварин із високим, довгим, вузьким тілом та тонкими кінцівками (т.зв. *ектоморфи*) та низьким, коротким, широким тілом та товстими кінцівками (т. зв. *ендоморфи*).

3. Друга головна компонента (PC2) характеризується високовірогідними оцінками коефіцієнту кореляції із найбільш поширеними в практиці скотарства індексами тілобудови, за винятком індексу розтягнутості.

4. Частка особин із різним типом тілобудови значно відрізнялась серед первісток, що мали різне походження

Перспективи подальших досліджень. Наступний етап аналізу може стосуватися пошуку можливих зв'язків між виявленими новими (латентними) змінними розмірів та/або форми тілобудови з рівнем молочної продуктивності корів. А також визначення ступеня факторіальної залежності цих змінних.

Подяки. Робота виконана за фінансової підтримки гранту Міністерства освіти та науки України (номер державної реєстрації 0117 U000485).

Бібліографічні посилання

- Gill, M.I., Kramarenko, S.S. (2008). Henetykomatematychnе modeliuвання killisnykh oznak u tvarynnystvvi: ohliad Visnyk SNAU: Seriiia «Tvarynnystvo». 10, 49–55 (in Ukrainian).
- Egena, S.S., Ijaiya, A.T., Ogah, D.M. (2014). Principal component analysis of body measurements in a population of indigenous Nigerian chickens raised under extensive management system. *Slovak Journal of Animal Science*. 47(2), 77–82.
- Okpeku, M., Yakubu, A., Peters, S. (2011). Application of multivariate principal component analysis to morphological characterization of indigenous goats in Southern Nigeria. *Acta Agriculturae Slovenica*. 98(2), 101–109.
- Yakubu, A. (2013). Principal component analysis of the conformation traits of Yankasa sheep. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 29(1), 65–74.
- Yakubu, A., Ayoade, J.A. (2009). Application of principal component factor analysis in quantifying size and morphological indices of domestic rabbits. *International Journal of Morphology*. 27(4), 1013–1017.
- Posta, J., Komlosi, I., Mihok, S. (2007). Principal component analysis of performance test traits in Hungarian Sporthorse mares. *Archiv fur Tierzucht*. 50(2), 125–135.
- Van Steenberg, E.J. (1989). Description and evaluation of a linear scoring system for exterior traits in pigs. *Livestock Production Science*. 23(1–2), 163–181.
- Brown, J.E., Brown, C.J., Butts, W.T. (1973). Evaluating relationships among immature measures of size, shape and performance of beef bulls. I. Principal components as measures of size and shape in young Hereford and Angus bulls. *Journal of Animal Science*. 36(6), 1010–1020.
- Alfonso, R.E., Herrera H.J., Lemus F.C. (2011). Morphometric characterization of American Brown Swiss Cows in a tropical region of Chiapas, Mexico. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 10, 454–459.
- Vohra, V., Niranjan, S.K., Mishra, A.K. (2015). Phenotypic characterization and multivariate analysis to explain body conformation in lesser known buffalo (*Bubalus bubalis*) from North India. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 28(3), 311–317.
- Shebanin, V.S., Melnyk, S.I., Kramarenko, S.S. (2008). Analiz struktury populiatsii. Mykolaiv: MDAU (in Ukrainian).
- Halafyan, A.A. (2007). STATISTICA 6. Statisticheskij analiz dannyh. M.: OOO «Binom-Press» (in Russian).

Received 4.09.2017

Received in revised form 30.09.2017

Accepted 2.10.2017