

УДК 618.11:636.22/28

Т.А. Утицких<sup>1</sup>, асп. кафедры БМИ ХНУРЭ

О. Г. Аврунин<sup>3</sup>, д-р. техн.наук, проф. кафедры БМИ ХНУРЭ

<sup>1,3</sup>Харьковский национальный университет радиоэлектроники, кафедра Биомедицинской инженерии, г. Харьков, Украина, e-mail: [bykh@kture.kharkov.ua](mailto:bykh@kture.kharkov.ua).

О.М. Гетманец<sup>2</sup>, к. ф.-м. наук, доц. кафедры ИТ

<sup>2</sup>Харьковская зооветеринарная академия, кафедра мировой экономики сельского хозяйства и информационных технологий, п.г.т. Малая Даниловка, Украина, e-mail: [getmanets\\_oleg@ukr.net](mailto:getmanets_oleg@ukr.net).

## ПРИМЕНЕНИЕ ДИСКРИМИНАНТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ЯИЧНИКОВ КОРОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ГОМЕОСТАЗА

*В данной работе для диагностики патологии репродуктивной функции коров (уплотнение яичников) на основании полученных при биохимическом исследовании данных крови применен метод дискриминантного анализа. При этом вероятность ошибочной диагностики составила менее 0,1 %.*

**Ключевые слова:** репродуктивная функция, яичник, показатели гомеостаза, дискриминантный анализ, методы диагностики.

*У даній роботі для діагностики патології репродуктивної функції корів (ущільнення яєчників) на основі отриманих при біохімічному дослідженні даних крові в нормі і при патології застосовано метод дискримінантного аналізу.*

**Ключові слова:** репродуктивна функція, яєчник, показники гомеостазу, дискримінантний аналіз, методи діагностики.

### Введение

В настоящее время в нашей стране актуальным является вопрос повышения поголовья крупного рогатого скота (КРС) и его продуктивности для обеспечения населения продуктами животного происхождения. Воспроизводство КРС зависит от многих факторов. Наиболее значимым является нормальное функционирование половых и других органов и систем организма коров. Одной из причин, ведущих к нарушению воспроизводительной функции коров, являются заболевания яичников, связанные с уплотнением их структуры (гипотрофия, атрофия, склероз и др.) [1]. На сегодняшний день в ветеринарии существуют клинические, ректальные, гистологические и ультразвуковые методы диагностики. К наиболее информативным из них относятся клинические (показатели гомеостаза) и ультразвуковые [2, 3]. Однако для увеличения надежности постановки

правильного диагноза актуальным является разработка дополнительных методов исследования. Одним из таких методов есть дискриминантный анализ. Дискриминантный анализ широко применяется в медицине и ветеринарии, в частности, в задачах диагностики и экспертизы.

#### Постановка задачи и цели работы

Метод дискриминантного анализа используется для определения (дискриминирования) различия двух или более объектов (или функций одного объекта) по измеренным значениям выборочных совокупностей характеризующих именно эти объекты (или функции одного объекта) признаков [7]. Цель данной работы – применить дискриминантный анализ для диагностики патологии репродуктивной функции коров (состояние яичников) по изменению химического состава крови.

#### Материалы и методы работы

Для получения необходимых данных и решения поставленных задач на кафедре акушерства, гинекологии и биотехнологии размножения животных Харьковской государственной зооветеринарной академии были проведены исследования в период с 2011 по 2013 годы на коровах украинской черно-рябой молочной породы в возрасте от 5 до 8 лет. Отобранные пробы крови от 20-ти животных подвергались химическому анализу, в результате которого определялись следующие показатели гомеостаза в крови животного: общего белка, неорганического кальция, неорганического фосфора, каротина, прогестерона и эстрадиола. Результаты биохимических исследований сыворотки крови для двух групп животных – с нормой и патологией (гипофункция 1-й стадии) яичников представлены в табл. 1.

Существенное различие средних значений показателей гомеостаза для двух групп животных (даже с учетом их ошибок) позволяет сделать вывод о возможности применения дискриминантного анализа для диагностики патологии. Расчеты проводились с помощью системы компьютерных вычислений Maple 12.

Таблица 1

Определяемые показатели	Группы животных	
	Норма (M ± m)	Патология (M ± m)
Общий белок, г/100мл	8,70 ± 0,03	5,80 ± 0,04
Неорганический кальций, мг/100мл	10,00 ± 0,06	8,60 ± 0,10
Неорганический фосфор, мг/100мл	4,50 ± 0,04	3,43 ± 0,05
Каротин, мг/100мл	0,85 ± 0,03	0,27 ± 0,01
Прогестерон, нмоль	7,49 ± 0,20	28,57 ± 4,42
Эстрадиол, пг/мл	0,410 ± 0,025	0,040 ± 0,003

Суть дискриминантного анализа состоит в замене шести признаков:  $x_1$  – общий белок,  $x_2$  – неорганический кальций,  $x_3$  – неорганический фосфор,  $x_4$  – каротин,  $x_5$  – прогестерон,  $x_6$  – эстрадиол, которые характеризуют химический состав крови животного, одной дискриминантной функцией:

$$X = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 + a_6x_6 - X_0 \quad (1)$$

Значение коэффициентов  $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$  и параметра  $X_0$  – границы раздела «норма–патология» предварительно рассчитывались путем анализа и обработки многократных численных измерений значений признаков  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$  для большого количества животных следующим образом: из выборок измеренных значений  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 6$ ) образуют дискриминантные матрицы при наличии патологии  $A$ , и при ее отсутствии  $B$ :

$$S_{ik}^A = \sum_{j=1}^{n_A} (x_{ij}^A - x_i^A)(x_{kj}^A - x_k^A)$$

$$S_{ik}^B = \sum_{j=1}^{n_B} (x_{ij}^B - x_i^B)(x_{kj}^B - x_k^B) \quad (2)$$

где  $i, k$  – номера признаков показателей гомеостаза в крови;

$n_A$  – количество животных, у которых была диагностирована патология яичников;  $n_B$  – количество животных, у которых состояние яичников в норме;

$\bar{x}_{ik}^{A,B}$  – средневыворочное значение.

Для определения патологии дискриминантные матрицы (2) объединяют в одну ковариантную матрицу:

$$S_{ik} = \frac{S_{ik}^A + S_{ik}^B}{n_A + n_B - 2} \quad (3)$$

Была получена следующая ковариантная матрица:

$$S := \begin{pmatrix} 0.00625 & -0.0145 & 0.008 & -0.00325 & 0.0616 & -0.00146 \\ -0.0145 & 0.034 & -0.0185 & 0.007 & -0.1529 & 0.003 \\ 0.008 & -0.0185 & 0.01025 & -0.00425 & 0.0772 & -0.0019 \\ -0.00325 & 0.007 & -0.00425 & 0.00475 & -0.0169 & 0.0013 \\ 0.0616 & -0.1529 & 0.0772 & -0.0169 & 48.943 & 0.09536 \\ -0.00146 & 0.003 & -0.0019 & 0.0013 & 0.09536 & 0.001585 \end{pmatrix}$$

Коэффициенты  $a_i$  дискриминантного уравнения (1) находили путем решения следующей системы линейных уравнений (которая для удобства записана в матричном виде):

$$S_{ik} a_i = \bar{x}_k^A - \bar{x}_k^B \quad (4)$$

При этом были получены следующие значения:  $a_1 = 45,980$ ;  $a_2 = 5,293$ ;  $a_3 = -20,610$ ;  $a_4 = -0,045$ ;  $a_5 = -0,002$ ;  $a_6 = 1,230$ .

После нахождения коэффициентов  $a_i$  рассчитывались выборочные оценки дисперсии распределения признаков для каждой совокупности животных (в норме и при патологии) по формулам:

$$D(A) = \frac{\sum_{i,j} a_i a_j S_{ij}^A}{n_A - 1}; \quad D(B) = \frac{\sum_{i,j} a_i a_j S_{ij}^B}{n_B - 1} \quad (5)$$

Оценки стандартных отклонений находили, как квадратные корни из соответствующих дисперсий:

$$S(A) = \sqrt{D(A)}, \quad S(B) = \sqrt{D(B)}. \quad (6)$$

Параметр границы раздела «норма – патология» рассчитывался следующим образом:

$$X_0 = \frac{S(A)\bar{X}_B + S(B)\bar{X}_A}{S(A) + S(B)}, \quad (7)$$

При обработке полученных данных было получено следующее дискриминантное уравнение для определения патологии по измеренным значениям признаков  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ :

$$X = 45,980x_1 + 5,293x_2 - 20,610x_3 - 0,045x_4 - 0,002x_5 + 1,230x_6 - X_0, \quad (8)$$

где  $X_0 = 309,734$  – граница раздела «норма - патология».

Таким образом, для определения наличия патологии яичников коровы сначала клиническими методами определяют в составе крови животного показатели гомеостаза: общий белок, неорганический кальций, неорганический фосфор, каротин, прогестерон, эстрадиол. Эти значения подставляют в дискриминантное уравнение (8). Суть диагностики состоит в следующем: если при подстановке измеренных значений  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$  в дискриминантное уравнение (8), окажется, что  $X > 0$ , то патология отсутствует; если же  $X < 0$ , то патология есть.

Теоретическое значение ошибки определения патологии  $\alpha$  в процентах составляет:

$$\alpha = \frac{1}{2} \left[ 1 + \operatorname{erf} \left( - \left| \frac{\bar{X}_A - \bar{X}_B}{S(A) + S(B)} \right| \right) \right] \cdot 100\%, \quad (9)$$

где  $\operatorname{erf}(x)$  – интеграл вероятности  $\left( \operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt \right)$ .

При этом расчетное значение ошибки определения патологии составило менее 0,1 %, что свидетельствует о надежности метода.

### Результаты работы и их обсуждение

Из 20-ти обследованных коров украинской черно-рябой молочной породы в возрасте от 5 до 8 лет было отобрано 5 животных с патологией яичников и 5 животных без патологии. Соответствующие значения показателей гомеостаза  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6$ , дискриминантных параметров  $X$  (8), а также экспертные заключения относительно диагноза представлены в табл. 2 (в этой таблице с 1-го по 5-е животное не имели патологии, а с 6-го по 10-е были с патологией).

Таблица 2

№ животного	Показатели гомеостаза в крови животного						X	Диагноз
	Общий белок, г/100мл	Неорганический кальций, мг/100мл	Неорганический фосфор, мг/100мл	Каротин, мг/100мл	Прогестерон, нмоль	Эстрадиол, пг/мл		
1.	8,8	9,9	4,6	0,8	8,2	0,35	52,8	норма
2.	8,6	10,2	4,4	0,9	7,3	0,43	49,5	норма
3.	8,7	9,9	4,6	0,8	7,0	0,35	48,2	норма
4.	8,6	10,1	4,4	0,9	7,7	0,46	49,0	норма
5.	8,7	10,0	4,5	0,8	7,3	0,45	51,0	норма
6.	5,9	8,4	3,5	0,2	36,0	0,03	– 66,2	патология
7.	5,7	8,9	3,3	0,3	26,1	0,04	– 68,6	патология
8.	5,9	8,4	3,5	0,2	23,6	0,03	– 66,2	патология
9.	5,7	8,8	3,3	0,3	31,0	0,05	– 69,1	патология
10.	5,8	8,5	3,5	0,3	26,3	0,05	– 70,2	патология

Таким образом, предложенный метод витальной диагностики позволяет надежно диагностировать патологию яичников у коров и может применяться в комплексе с другими методами витальной диагностики для повышения надежности и достоверности исследований.

### Выводы и перспективы работы.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что биохимический анализ крови животного есть одним из наиболее информативных методов диагностики состояния яичников, однако проведение данного исследования требует существенных материальных затрат. Поэтому дальнейшей перспективой работы является определение дискриминантных характеристик ультразвуковых методов диагностики нарушений репродуктивной функции коров и сравнение их с результатами биохимического исследования крови и другими данными.

### Список литературы

1. Яблонский В. А. Практичне акушерство, гінекологія та біотехнологія відтворення тварин з основами андрології. – К.: Мета, 2002 – 319 с.
2. Диагностика, лечение и профилактика патологии яичников и яйцеводов у коров: учеб.-метод. пособие Р.Г. Кузьмич и др. – Витебск: ВГАВМ, 2010 – 60 с.
3. Кузнецов А.Ф., Андреев Г. М. Справочник ветеринарного врача. – СПб.: Лань, 2004 – 896 с.
4. Кремер Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник для вузов. – 2-е изд. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 573 с.
5. Вольф В. Г. Статистическая обработка опытных данных. – М.: КОЛОС, 1966. – 254 с.
6. Гмурман В. Е. Теория вероятности и математическая статистика. – 10-е изд. – М. : Высш. шк., 2004. – 479 с.
7. Урбах В. Ю. Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях. – М.: Медицина, 1975. – 295 с.

## THE DISCRIMINANT ANALYSIS APPLICATION FOR DIAGNOSIS OF OVARIAN HOMEOSTASIS PARAMETERS IN COWS

T.A. Utitskykh<sup>1</sup>, O.M. Getmanets<sup>2</sup>, O. G Avrunin<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Kharkiv National University of Radioelectronics, Department of Biomedical Engineering, Lenin av., 14, 61166, Ukraine, tel. (057) 702-13-64, e-mail: bykh@kture.kharkov.ua.

<sup>2</sup>Harkivska veterinarian akademiya, Department of Svitovoi ekonomiki silskogo gospodarstva and informatsiynih technology, v. t. t. Malaya Danilivka, st. Akademichna 1, Ukraine, e-mail: [getmanets\\_oleg@ukr.net](mailto:getmanets_oleg@ukr.net).

*In this paper, for the diagnosis of diseases of the reproductive function of cows (sealing ovaries) on the basis of the obtained data the biochemical study of blood in health and disease, the method of discriminant analysis.*

**Keywords:** *reproductive function, ovary, indicators of homeostasis, discriminant analysis, diagnostic methods.*

1. Yablonsky VA practicality obstetrics, ginekologiya that biotehnologiya vidtvorenniya tvarin s basics andrologii. – K.: Meta, 2002 – 319 p.

2. Diagnostika, treatment and prevention of disease in the ovaries and oviducts of cows: ucheb. method. grant RG Kuzmich and others – Vitebsk: VGAVM, 2010 – 60 p.

3. Kuznetsov A., Andreev, G.M. Directory veterinarian. - St. Petersburg.: Lan, 2004 – 896p.

4. Kremer N.S. Probability theory and mathematical statistics: a textbook for high schools. – 2nd ed. – Moscow: UNITY-DANA, 2004. – 573 p.

5. Wolf V. Statistical processing of the experimental data. - Moscow: Kolos, 1966. – 254 p.

6. Gmurman V.E. The theory of probability and mathematical statistics. - 10th bridles. - M.: High. wk., 2004. – 479 p.