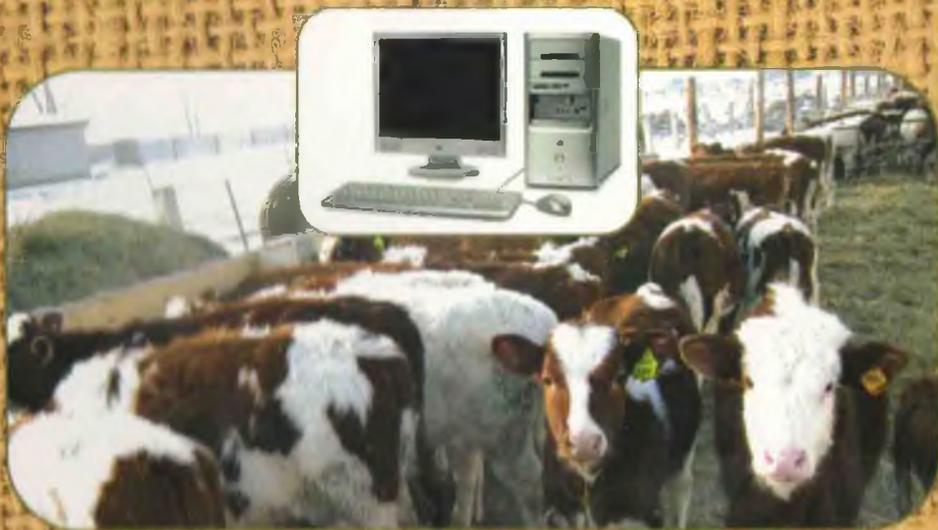


**Л.В. Ефимова**

**ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ  
«ПАКЕТ АНАЛИЗА ДЛ Я БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ  
ЗООТЕХНИЧЕСКИХ ДАННЫХ» В ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

***Методические указания***



**Красноярск 2015**

**Федеральное агентство научных организаций Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
Красноярский научно-исследовательский институт животноводства**

**Л.В. Ефимова**

**ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ  
«ПАКЕТ АНАЛИЗА ДЛЯ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ  
ЗООТЕХНИЧЕСКИХ ДАННЫХ»**

*Методические указания*

Красноярск 2015

ББК 28.04

Е91

*Рецензент*

*Т.А. Курзюкова, канд. с.-х. наук, доц. каф. кормления и технологии  
производства продуктов животноводства Красноярского  
государственного аграрного университета*

Е 91 *Ефимова, Л.В.* **Применение компьютерной программы «Пакет анализа для биометрической обработки зоотехнических данных»:** метод. указания / *Л.В. Ефимова*; ФГБНУ «Красноярский НИИЖ». – Красноярск, 2015. – 52 с.

В издании представлено руководство по работе с компьютерной программой «Пакет анализа для биометрической обработки зоотехнических данных». Рассмотрены общие сведения о биометрических показателях, приведены формулы их вычисления. Программа позволяет биометрически обработать опытные данные, охватывающие от 2 до 10 вариационных рядов с объёмом выборки до 1000 случаев. Включает справочные таблицы по определению достоверности опытных данных (Стьюдента и Фишера) и расчетные таблицы по установлению достоверности коэффициента корреляции и его ошибки.

Предназначено для научных работников, аспирантов, магистрантов, а также студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Зоотехния».

ББК 28.04

Печатается по решению ученого совета ФГБНУ  
«Красноярский НИИЖ».

© Ефимова Л.В., 2015

© ФГБНУ «Красноярский НИИЖ», 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ .....	4
ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ БИОМЕТРИИ .....	7
2. ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ФОРМУЛЫ РАСЧЁТА СТАТИСТИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН.....	11
2.1. Основные статистические показатели .....	11
2.2. Ошибки исследований .....	13
2.3. Достоверность выборочных данных .....	15
2.4. Коэффициенты повторяемости и наследуемости .....	18
2.5. Дисперсионный анализ .....	19
2.5.1. Однофакторный дисперсионный анализ .....	19
2.5.2. Двухфакторный дисперсионный анализ.....	21
3. ВЫЧИСЛЕНИЕ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЕ.....	23
3.1. Определение основных биометрических показателей.....	24
3.2. Вычисление коэффициентов корреляции и наследуемости (2–10 групп, 1 признак).....	26
3.3. Вычисление коэффициентов корреляции и регрессии.....	29
(1 группа, 2–10 признаков).....	29
3.4. Определение достоверности разницы между группами (2–10 групп, 10 признаков).....	30
3.5. Определение достоверности разницы между группами (+ r) (2–10 групп, 10 признаков).....	31
3.6. Вычисление критерия достоверности разницы (2–10 групп, 2–10 признаков).....	32
3.7. Определение повторяемости (3 и 5 признаков) и корреляции (6 и 7 признаков) у коров.....	33
3.8. Дисперсионный анализ.....	36
3.8.1. Однофакторный дисперсионный анализ .....	36
3.8.2. Двухфакторный дисперсионный анализ.....	39
3.9. Справочные таблицы по биометрии.....	41
3.9.1. Критические значения критерия достоверности Стьюдента.....	41
3.9.2. Стандартные значения критерия достоверности Фишера.....	42
3.9.3. Определение достоверности коэффициента корреляции .....	43
3.9.4. Определение ошибки коэффициента корреляции .....	44
3.9.5. Стандартные значения критерия Фишера для определения достоверности в дисперсионном анализе .....	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	46
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	47
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	49
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	50

## СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ<sup>1</sup>

$M$  – среднее значение признака ((1), с. 11);

$\Sigma$  – знак суммы;

$V$  – числовое значение признака;

$n$  – число случаев (количество животных в группе);

$\delta$  – среднее квадратическое отклонение (сигма) ((2), с. 11);

$\alpha$  – промежуточная величина при вычислении сигмы;

$C_v$  – коэффициент изменчивости ((4), с. 11);

$r$  – коэффициент корреляции ((5), с. 12);

$R$  – коэффициент регрессии ((9), с. 12);

$r_{II}$  – коэффициент повторяемости;

$h^2$  – коэффициент наследуемости ((27), (33), с. 18, 20);

$m_M$  – ошибка средней арифметической ((10), (11), с. 14);

$m_d$  – ошибка разницы ((12), с. 14);

$m_\delta$  – ошибка среднего квадратического отклонения ((13), с. 14);

$m_{C_v}$  – ошибка коэффициента изменчивости ((14), с. 14);

$m_r$  – ошибка коэффициента корреляции ((15), (16), с. 15);

$m_R$  – ошибка коэффициента регрессии ((17), с. 15);

$t$  – критерий достоверности;

$t_M$  – критерий достоверности средней арифметической ((18), с. 16);

$t_\delta$  – критерий достоверности среднего квадратического отклонения ((19), с. 16);

$t_{C_v}$  – критерий достоверности коэффициента изменчивости ((20), с. 16);

$t_r$  – критерий достоверности корреляционного отношения ((21), с. 16);

$t_R$  – критерий достоверности коэффициента регрессии ((22), с. 16);

$t_d$  – критерий достоверности разницы ((23), с. 17);

$d$  – разница между группами ((24), с. 17);

$P$  – вероятность (достоверность);

$p$  – уровень значимости;

$v$  – число степеней свободы ((25), (26), с. 17);

$A_1, A_2, B_1$  и  $B_2$  – градации факторов;

$x, y$  – признаки в дисперсионном анализе;

$S_x$  – факториальная дисперсия ((30), с. 20);

$S_z$  – остаточная дисперсия ((32), с. 20);

$S_y$  – общая дисперсия ((28), (29), с. 19);

$S_A, S_B$  – дисперсия факторов  $A$  и  $B$  ((36), с. 22);

$S_{AB}$  – дисперсия совместного действия факторов  $A$  и  $B$  ((37), с. 22);

$\eta_x^2$  и  $\eta_z^2$  – сила влияния факториальная и средовая ((33), с. 20);

$\eta_A^2, \eta_B^2, \eta_{AB}^2$  – сила влияния факторов  $A$  и  $B$  на признак ((38), с. 22);

$l$  – число классов (рядов) по фактору;

$F$  – коэффициент достоверности Фишера, критерий Фишера ((34), (35), с. 21);

$\delta_x^2$  – факториальная корректирующая дисперсия;

$\delta_z^2$  – остаточная корректирующая дисперсия.

<sup>1</sup> В скобках приведены номера формул с указанием страницы в тексте.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время каждое зоотехническое исследование должно сопровождаться биометрической обработкой опытных данных с обязательным расчётом величин статистических ошибок и критерия достоверности. Без определения достоверности разницы между средними показателями подопытных групп нельзя быть уверенным в существовании этой разницы, так как при большом размахе изменчивости признака (высокой ошибке средней арифметической) выявленная разница может оказаться недостоверной. Кроме того, наличие биометрической обработки опытных данных является необходимым условием подтверждения их достоверности при публикации результатов исследований и представлении их к защите.

С помощью биометрической обработки можно вычислить различные биометрические показатели, позволяющие выявить особенности варьирующего признака, его изменчивость, взаимосвязь с другими признаками, наследуемость и другие.

Биометрическую обработку опытных данных можно осуществлять вручную (с помощью калькулятора), но для более точного вычисления (снижения числа счётных ошибок, описок, просчётов, поиска наиболее подходящих методов расчёта) и ускорения процесса обработки зоотехнических данных всё чаще исследователи применяют компьютерные программы. Одной из них является компьютерная программа «Пакет анализа для биометрической обработки зоотехнических данных», разработанная в Красноярском НИИЖ. Она представлена электронными таблицами Excel. В отличие от аналогов, данная компьютерная программа учитывает малую и большую выборки, позволяет одновременно вычислить бó льшее число биометрических показателей и определить достоверность разницы между сравниваемыми группами.

С помощью программы можно вычислить следующие статистические показатели: средняя арифметическая; среднее квадратическое отклонение; сила влияния факториальных (генотипических) и случайных (паратипических) факторов на признак; коэффициенты изменчивости, корреляции, повторяемости и наследуемости; ошибки статистических величин, критерии их достоверности; достоверность разности.

Файл «Справочные таблицы по биометрии» содержит таблицы с критическими значениями критерия достоверности Стьюдента и

стандартными значениями критерия достоверности Фишера, а также таблицы по определению ошибок коэффициента корреляции (при известном его значении в зависимости от числа степеней свободы) и определения достоверности этого показателя. Программа рассчитана на обработку опытных данных от 2 до 10 групп с объёмом выборки до 1000 случаев.

В методических указаниях рассматривается руководство по работе с компьютерной программой. В первом разделе приведены общие сведения о биометрии, даны определения статистических показателей и формулы их вычисления (применённые при разработке программы). В последующих разделах представлены экранные формы по расчёту биометрических показателей, справочных таблиц Стьюдента и Фишера, даны указания и пояснения по введению данных в программу и чтению полученных результатов.

Методические указания предназначены для научных работников, аспирантов, магистрантов, а также студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Зоотехния».

# 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ БИОМЕТРИИ

Термин «биометрия» был введён в науку Ф. Гальтоном<sup>2</sup> в 1889 г., который подразумевал под этим понятием новое направление в биологии, основанное на применении математических методов в исследовательской работе. Г. Дункер<sup>3</sup> в 1899 г. предложил для тех же целей использовать другое название – «вариационная статистика». Между тем смысл этих понятий неодинаков: слово «биометрия» образовано от греческих слов *bios* (жизнь) и *metron* (мера), означает измерение биологических объектов, а словосочетание «вариационная статистика» получено от латинских слов *variation* (изменение, колебание) и *statis* (состояние, положение вещей), под ним понимают статистическую обработку данных. В связи с отсутствием общепринятого названия предмета Ю.Л. Поморским<sup>4</sup> в 1935 г. было предложено использовать название «биометрия», как наиболее удачное и простое, чётко отражающее сущность вопроса [Лакин, 1990, с. 7–8].

Биометрия – прикладная наука, исследующая конкретные биологические объекты, применяющая математические методы. Объектом исследований биометрии является то, что изучается или может быть изучено в зависимости от целей исследований. Так, в зоотехнии объектом исследований являются животные, у которых изучаются закономерности изменения и проявления признаков.

Приступая к любому эксперименту, исследователь должен определить объект исследований, проблему (актуальность) исследования, цель и задачи исследований. Далее ему предстоит ответить на следующие вопросы:

- как отобрать объекты для запланированного опыта (какое количество животных должно быть в группе, каким способом их выбрать из общей численности, какими методами пользоваться)?
- как на основе индивидуальных измерений получить сводные показатели по всей группе животных?
- как по выбранной части животных охарактеризовать всю совокупность с достаточной точностью?

---

<sup>2</sup> Фрэнсис Гальтон (1822–1911) – английский исследователь, сделавший серьёзный вклад во многих областях науки, включая статистику. Он первым предложил метод вычисления коэффициента корреляции и сформулировал закон регрессии.

<sup>3</sup> Георг Дункер – немецкий исследователь, сформулировавший основные законы вариационной статистики.

<sup>4</sup> Ю.Л. Поморский (1893–1954) – математик, автор научных трудов по вариационной статистике, методам биометрических исследований и статистического анализа экспериментальных данных.

При подборе животных для опыта, согласно методике биометрического анализа, должны быть соблюдены следующие требования:

1) определён объём численности опытных групп. Если в опытной группе меньше 30 объектов, то выборка<sup>5</sup> называется малой, если их больше 30 – большой;

2) обеспечено включение в опыт объектов, по возможности сходных по ряду основных признаков (породе, полу, возрасту, условиям жизни и другим), образующих более или менее однородную группу и различающихся только по тем признакам, которые подлежат изучению;

3) обеспечено включение каждого конкретного объекта в опыт по принципу рендомизации (от лат. *random* – случай), который подразумевает случайный отбор вариант<sup>6</sup> в выборку из генеральной совокупности<sup>7</sup> [Методика обработки..., 1966, с. 5].

Результат измерения определённого признака в биологии выражается термином «значение признака», или «величина признака». Изучаемые признаки делятся на качественные и количественные. Качественные признаки – неизмеряемые признаки, они не имеют количественного выражения (цвет, вкус, запах и другие). К качественным признакам относятся и альтернативные признаки<sup>8</sup>. Такие признаки не распределяются в вариационные ряды [Лакин, 1990, с. 20–21].

Количественные признаки – это измеряемые признаки, они выражаются определённым числом, например, весом, длиной, удоем, приростом живой массы и другими. Количественные признаки бывают счётные и мерные. Счётные признаки учитываются путём подсчёта, например, количества поросят в помёте, числа позвонков. Счётные признаки варьируют непрерывно (дискретно), их значения выражаются только целыми числами. Мерные признаки подвергаются измерениям, то есть учитываются в единицах измерения. Они варьируют непрерывно, могут быть не только целыми, но и дробными (рост, вес, продуктивные показатели и другие).

---

<sup>5</sup> Выборка – это часть генеральной совокупности, отобранная из неё случайным образом, исследуемая для характеристики всей генеральной совокупности.

<sup>6</sup> Варианта – отдельные числовые значения варьирующего признака (от лат. *varians, variantis* – различимый, изменяющийся).

<sup>7</sup> Генеральная совокупность – весь массив особей определённой категории (порода, стадо, животные определённого пола и возраста, линии, семейства, экологической группы).

<sup>8</sup> Альтернативные признаки – это взаимоисключающие признаки, которые обычно не могут присутствовать в организме одновременно, они выражаются в виде альтернатив: высокие – низкие, широкие – узкие, тяжёлые – лёгкие.

Н.А. Плохинский<sup>9</sup> классифицировал признаки, изучаемые в биологии биометрическим методом, на четыре категории [Плохинский, 1970, с. 6]:

- количественные, поддающиеся точному измерению, – длина, ширина, объём, вес и другие;
- количественные, не поддающиеся точному измерению, оцениваемые на глаз в баллах или каким-нибудь другим способом, – развитие экстерьерных статей, густота спермы и другие;
- качественные, которые имеют только две степени проявления (есть или нет), – пол, мутация, болезнь и другие;
- порядковые, которые никак не измеряются, но по степени их развития объекты могут быть распределены в определённом порядке – цвет меха норки, интенсивность окраски пера у птиц и другие.

Каждый признак в биологии имеет свою меру. В зоотехнии измерения обычно проводят с точностью до десятых и сотых долей единицы. Например, удои и живую массу коровы учитывают с точностью до целого числа, содержание жира и белка в молоке – до сотых долей единицы.

При вычислениях средних значений признака и других статистических показателей исследователю необходимо придерживаться следующих правил при записях результатов вычислений и округлении приближённых чисел:

- значения числового измерения признака по каждому животному, фиксируемые в документах учёта, должны быть записаны с одинаковой точностью (до целого, до десятой или сотой доли единицы);
- при округлении числа, если за последней сохраняемой цифрой следуют цифры 0, 1, 2, 3, 4, их отбрасывают (округление с недостатком); если за последней сохраняемой цифрой следуют цифры 5, 6, 7, 8, 9, то последняя сохраняемая цифра увеличивается на единицу (округление с избытком). Если следующая цифра после последней сохраняемой 5, то для большей точности, по мнению ряда исследователей, при округлении последней сохраняемой цифры она должна округляться с недостатком, если чётная, и с избытком, если нечётная. Например, при округлении чисел 3,585 и 3,575 до двух десятичных знаков получают 3,58 и 3,58 [Лакин, 1990, с. 22].

---

<sup>9</sup> Николай Александрович Плохинский (1899–1988) – д-р с.-х. наук, проф., зоотехник, генетик, заложивший основы биометрической грамотности в нашей стране. Автор учебников по биометрии.

Первой статистической величиной, изучаемой с помощью биометрии, является средняя арифметическая. Она служит для характеристики анализируемой группы по определённому признаку и сравнения её с другими группами. Средняя арифметическая – это абстрактная (теоретическая) величина, то есть она может принимать такое числовое значение, которое не встречается в представленной совокупности индивидуальных значений признака. Средняя арифметическая может оказаться дробным числом, даже если индивидуальные значения признака представлены только целыми числами. Например, среднегодовое поголовье коров в хозяйстве оказалось равным 430,5, в действительности существование 0,5 коровы невозможно.

Для характеристики варьирования признака служат лимиты отклонений (максимальное и минимальное числовое значение признака в вариационном ряду), среднее квадратическое отклонение (сигма) и коэффициент вариации. По этим показателям можно судить об однородности и однотипности стада (группы). Чем больше разница между максимальным и минимальным значением признака, тем выше значение среднего квадратического отклонения и коэффициента изменчивости, тем больше варьирует признак в стаде, следовательно, оно неоднородно, значит, в хозяйстве не на должном уровне ведётся племенная работа. По закону нормального распределения подавляющее количество вариантов отклоняются от средней величины в пределах  $\pm 3$  сигм (правило плюс-минус трёх сигм) [Лакин, 1990, с. 86–87]. Если какая-либо варианта лежит за этими границами, то существует вероятность, что данная варианта (особь) принадлежит к другому вариационному ряду [Соломенко, 1971, с. 19–20].

Важным показателем в биометрии является ошибка выборочного метода. По ней можно судить о средних величинах при характеристике всей генеральной совокупности. Вычисление ошибок необходимо при определении достоверности статистических показателей, а также установлении достоверности разности между подопытными группами. Для определения взаимосвязи между признаками вычисляют коэффициенты корреляции и регрессии. Для установления доли влияния того или иного фактора на признак проводят дисперсионный анализ.

В разделе 2 рассмотрены определения статистических показателей и даны формулы их расчёта, применённые при разработке программы. Подробно техника расчёта биометрических показателей описана в ряде учебных пособий, которые приведены в списке использованной литературы.

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ФОРМУЛЫ РАСЧЁТА СТАТИСТИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

### 2.1. Основные статистические показатели

*Средняя арифметическая (M)* – статистическая величина, характеризующая среднее значение признака в вариационном ряду. Для расчёта средних арифметических по двум вариационным рядам (группам) применяются следующие формулы:

$$M_1 = \frac{\sum V_1}{n}, \quad M_2 = \frac{\sum V_2}{n}, \quad (1)$$

где  $M_1$  и  $M_2$  – средние значения признака в первом и втором вариационных рядах;

$\sum$  – знак суммы;

$V_1$  и  $V_2$  – значения признака в вариационных рядах;

$n$  – число случаев.

*Среднее квадратическое отклонение ( $\delta$ )* – статистическая величина, показывающая изменчивость признака, измеряется в тех же единицах, что и изучаемый признак. Формулы определения для двух вариационных рядов следующие:

$$\delta_1 = \sqrt{\frac{\alpha_1}{n-1}}, \quad \delta_2 = \sqrt{\frac{\alpha_2}{n-1}}, \quad (2)$$

где  $\delta_1$  и  $\delta_2$  – среднее квадратическое отклонение признака в двух вариационных рядах;

$\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – промежуточные величины, вычисляемые для каждого ряда по формулам:

$$\alpha_1 = \sum V_1^2 - \frac{(\sum V_1)^2}{n}, \quad \alpha_2 = \sum V_2^2 - \frac{(\sum V_2)^2}{n}. \quad (3)$$

*Коэффициент изменчивости ( $C_v$ )* – статистическая величина, показывающая изменчивость признака в процентах от средней арифметической; рассчитывается по формуле<sup>10</sup>:

$$C_v = \frac{\delta}{M} \cdot 100\%. \quad (4)$$

<sup>10</sup> Большинство формул, приведённых в данном разделе, взяты из «Методики обработки опытных данных по зоотехнии» [Методика обработки..., 1967, с. 11–13].

*Коэффициент корреляции* устанавливает статистическую взаимосвязь между признаками. В силу закона корреляции, изменчивость одного признака влечёт за собой изменение другого сопряжённого с ним признака организма. При положительной корреляции зависимость между признаками прямая: при увеличении одного признака увеличивается и другой; при отрицательной корреляции зависимость обратная: при увеличении одного признака другой уменьшается. Коэффициент корреляции ( $r$ ) находится по формуле [Методика обработки..., 1966, с. 12–13]:

$$r = \frac{\sum V_1 \cdot V_2 - \frac{\sum V_1 \cdot \sum V_2}{n}}{\sqrt{\alpha_1 \cdot \alpha_2}} . \quad (5)$$

Сущность корреляции заключается в определении сопряжённости варьирования признаков, выраженном средним произведением нормированных отклонений двух признаков.

Коэффициент корреляции изменяется от  $-1$  до  $+1$ . Максимально возможных значений ( $+1$  или  $-1$ ) он может достигать лишь при наличии функциональной связи между признаками, при этом сумма произведений нормированных отклонений становится равной числу степеней свободы [Плохинский, 1970, с. 44]:

$$\sum V_1 \cdot V_2 = \nu = n - 1 ; \quad (6)$$

$$r_{max} = \frac{\sum V_1 \cdot V_2}{\nu} = \frac{+\nu}{\nu} = +1,0 ; \quad (7)$$

$$r_{min} = \frac{\sum V_1 \cdot V_2}{\nu} = \frac{-\nu}{\nu} = -1,0 . \quad (8)$$

*Коэффициент регрессии ( $R$ )* показывает, на какую величину в среднем изменится один из признаков, если другой, связанный с ним, поменяется в среднем на единицу. Коэффициент регрессии может принимать любые значения, измеряется в тех же единицах, что и взаимосвязанные признаки, рассчитывается по формулам [Методика обработки..., 1966, с. 13; Соломенко, 1971, с. 42]:

$$R_{(1-2)} = r \cdot \frac{\delta_1}{\delta_2}, \quad R_{(2-1)} = r \cdot \frac{\delta_2}{\delta_1}, \quad (9)$$

где  $R_{(1-2)}$  и  $R_{(2-1)}$  – коэффициенты регрессии между 1 и 2, или 2 и 1 признаками соответственно.

## 2.2. Ошибки исследований

Научные исследования могут охватывать всю генеральную совокупность – сплошное наблюдение, или выбранную из неё часть – выборочное наблюдение (выборка). При любом исследовании есть опасность допустить целый ряд ошибок, некоторые категории из которых встречаются как при сплошном, так и при выборочном наблюдении, другие свойственны только выборочному наблюдению<sup>11</sup> (рис. 1).



Рис. 1. Классификация ошибок исследований

<sup>11</sup> Классификация ошибок исследований по [Плохинский, 1961, с. 97].

При обработке опытных данных в зоотехнии преимущественно пользуются выборочным методом исследования. В связи с этим более подробно остановимся на ошибках репрезентативности (ошибках выборочного наблюдения). К ним относятся ошибка средней арифметической, ошибка разности двух выборочных показателей, ошибка коэффициента корреляции и другие.

Ошибка средней арифметической ( $m_M$ ) для малой выборки ( $n < 30$ ) для двух вариационных рядов рассчитывается по формулам [Методика обработки..., 1966, с. 14–15]:

$$m_{M1} = \frac{\delta_1}{\sqrt{n-1}}, \quad m_{M2} = \frac{\delta_2}{\sqrt{n-1}}. \quad (10)$$

Ошибка средней арифметической ( $m_M$ ) для большой выборки ( $n > 30$ ) для двух вариационных рядов рассчитывается по формулам:

$$m_{M1} = \frac{\delta_1}{\sqrt{n}}, \quad m_{M2} = \frac{\delta_2}{\sqrt{n}}, \quad (11)$$

$m_d$  – ошибка разности – определяется по формуле:

$$m_d = \sqrt{m_{M1}^2 + m_{M2}^2}. \quad (12)$$

Ошибка среднего квадратического отклонения ( $m_\delta$ ) рассчитывается по формуле:

$$m_\delta = \frac{\delta}{\sqrt{2n}}. \quad (13)$$

Ошибка коэффициента изменчивости ( $m_{Cv}$ ) рассчитывается по формуле:

$$m_{Cv} = \frac{Cv}{\sqrt{2n}}. \quad (14)$$

Ошибка коэффициента корреляции ( $m_r$ ) для малой выборки (<100 случаев) находится по формуле:

$$m_r = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}}. \quad (15)$$

Ошибка коэффициента корреляции ( $m_r$ ) для большой выборки ( $>100$ ) определяется по формуле:

$$m_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n - 1}}. \quad (16)$$

Ошибка коэффициента регрессии ( $m_R$ ) определяется по формулам:

$$m_{R(1-2)} = m_r \cdot \frac{\delta_1}{\delta_2}, \quad m_{R(2-1)} = m_r \cdot \frac{\delta_2}{\delta_1}. \quad (17)$$

По величине статистической ошибки можно судить о правильности выборки из генеральной совокупности. Чем меньше статистическая ошибка, тем меньше изменчивость признака, и выборка в большей степени отражает генеральную совокупность. Нужно стремиться к снижению этого показателя путём увеличения числа наблюдений в выборке.

Статистические ошибки, помимо характеристики генеральной совокупности, используются при вычислении показателей достоверности полученных данных.

### 2.3. Достоверность выборочных данных

Для определения достоверности выборочных данных нужно определить три статистических величины: статистическую ошибку ( $m$ ), критерий достоверности ( $t$ ) и вероятность ( $P$ ).

Критерий достоверности ( $t$ ) определяется путём отнесения статистического показателя к его ошибке. Он вычисляется для следующих статистических показателей: средней арифметической, среднего квадратического отклонения, коэффициентов изменчивости, корреляции и регрессии, разности между средними арифметическими [Методика обработки..., 1966, с. 14–18].

Критерий достоверности средней арифметической ( $t_M$ ) рассчитывается по формуле:

$$t_M = \frac{M}{m_M} . \quad (18)$$

Критерий достоверности среднего квадратического отклонения ( $t_\delta$ ) находится по формуле:

$$t_\delta = \frac{\delta}{m_\delta} . \quad (19)$$

Критерий достоверности коэффициента изменчивости ( $t_{Cv}$ ) определяется по формуле:

$$t_{Cv} = \frac{Cv}{m_{Cv}} . \quad (20)$$

Достоверность корреляционного отношения ( $t_r$ ) рассчитывается по формуле:

$$t_r = \frac{r}{m_r} = r \cdot \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} . \quad (21)$$

Критерий достоверности коэффициента регрессии ( $t_R$ ) равен критерию достоверности коэффициента корреляции ( $t_r$ ):

$$t_R = \frac{R}{m_R} = \frac{r}{m_r} . \quad (22)$$

Статистическая величина будет достоверной, если критерий достоверности статистического показателя будет не менее 2,0. При этом ошибка укладывается в своей статистической величине 2 раза, и достоверность выводов (P) имеет вероятность, равную 0,95 (первый порог вероятности), то есть из 100 случаев 95 повторили бы полученные результаты, а в 5 случаях показатели были бы иные. При  $t=2,6$  достоверность составляет 0,99 (второй порог), при  $t=3,0$  она равна 0,997 (третий порог вероятности). Если критерий достоверности  $t>3,0$ , то вероятность наступления события составляет  $P>0,999$ . Для определения достоверности разницы между подопытными группами исследователю необходимо вычислить критерий достоверности разницы ( $t_d$ ), определить число степеней свободы ( $v$ ) и установить уровень достоверности (P) по таблице

Стьюдента<sup>12</sup>.

Критерий достоверности разности (разницы) между средними арифметическими двух вариационных рядов определяется по формуле:

$$t_d = \frac{d}{m_d}, \quad (23)$$

где  $d$  – разница между группами, которая рассчитывается по формуле:

$$d = M_2 - M_1. \quad (24)$$

*По правилу трёх сигм разница достоверна ( $P \geq 0,99$ ), если разница средних ( $d$ ) превышает свою ошибку ( $m_d$ ) в 3 раза.*

*Число степеней свободы ( $\nu$ ) равно общему числу варьирующих величин (объёму выборки) в составе численно ограниченной совокупности. Так, если совокупность численностью  $n$  имеет среднее значение признака  $M$ , то все варианты, за исключением одной, могут принимать любое значение, а одна варианта определяется разностью между произведением численности выборки на среднее значение признака и общей суммой значений вариантов. Следовательно, одна из вариантов ограничена свободой выбора, отсюда число степеней свободы будет равно объёму выборки без единицы:*

$$\nu = n - 1, \quad (25)$$

где  $\nu$  – число степеней свободы.

При определении достоверности разницы число степеней свободы определяется суммой объёмов выборки двух сравниваемых групп ( $n_1$  и  $n_2$ ) без числа ограничений (2):

$$\nu = n_1 + n_2 - 2. \quad (26)$$

При сравнении средних в зависимых выборках (группы формируются методами пар-аналогов, пар-периодов, сравнения потомков с их родителями) все исследуемые особи могут быть соединены в пары, и каждой особи в одной выборке соответствует определённая особь в другой выборке. Такие выборки всегда равночисленны. Число степеней свободы в зависимых выборках будет равно числу разностей или числу пар без одной ( $\nu = n - 1$ ) [Плохинский, 1970, с. 128–129].

---

<sup>12</sup> William Sealy Gosset (1876–1937) – английский математик и статистик, выпускал свои труды под псевдонимом «Стьюдент». Он является одним из основоположников теории статистических оценок и проверки гипотез.

## 2.4. Коэффициенты повторяемости и наследуемости

*Коэффициент повторяемости* показывает степень постоянства проявления признака у одних и тех же животных во времени. Он применяется, прежде всего, для прогноза будущей продуктивности. Высокие значения этого показателя дают основание предполагать, что лучшие животные при первых измерениях окажутся лучшими и на протяжении последующих периодов.

Величина коэффициента повторяемости может изменяться от 0 до 1. Коэффициент повторяемости определяется двумя способами: 1) расчёт коэффициента корреляции по результатам повторных оценок одних и тех животных (удой за 1–2 или за 2–3 лактации); 2) расчёт внутригруппового коэффициента корреляции с помощью дисперсионного анализа [Меркурьева, 1977, с. 223–225; Карманова, Болгов, 1984, с. 22–23].

*Коэффициент наследуемости* устанавливает долю влияния генетических факторов на проявление признаков у потомков.

Высокие значения коэффициента наследуемости показывают, что развитие данного признака в большей мере обусловлено генетическими факторами [Соломенко, 1971, с. 47–48].

В программе коэффициент наследуемости вычислялся по удвоенным коэффициентам корреляции и регрессии, а также с использованием метода дисперсионного анализа (описан в разделе 2.5).

Коэффициент наследуемости ( $h^2$ ) определяется по формулам:

$$h^2 = 2 \cdot r_{\text{дм}}, \quad h^2 = 2 \cdot R = 2 \cdot r_{\text{дм}} \cdot \frac{\delta_{\text{д}}}{\delta_{\text{м}}}, \quad (27)$$

где  $r_{\text{дм}}$  – коэффициент корреляции между показателями дочерей (д) и теми же показателями матерей (м);

$\delta_{\text{д}}$  – среднеквадратическое отклонение признака у дочерей;

$\delta_{\text{м}}$  – среднеквадратическое отклонение признака у матерей.

Вторая формула является более точной по сравнению с первой ( $h^2=2 \cdot r_{\text{дм}}$ ), так как в ней учтено соотношение сигм дочерей и матерей, снимающее погрешность, возникающую от того, что матери подвергались отбору и составляют лучшую по фенотипу часть стада, тогда как дочерей используют независимо от их качества.

## 2.5. Дисперсионный анализ

Дисперсия – это варьирование, или изменчивость, признака, возникающее под влиянием различных факторов (организованных и неорганизованных, или случайных). Методом дисперсионного анализа определяется доля влияния каждого из этих факторов на результативный признак, и устанавливается достоверность этого влияния. Метод разработан Р. Фишером<sup>13</sup>.

Результативными называются признаки (живая масса, рост, удои), изменяющиеся под воздействием различных причин (рацион кормления, дозы препаратов или кормовых добавок, наследственность), а действующие на признаки причины называются факторами. Факторы делятся на контролируемые в опыте (организованные) и неконтролируемые (неорганизованные). Организованные факторы принято обозначать А, В, С, признаки – Х, У, их градации (группы) – А<sub>1</sub>, А<sub>2</sub>, А<sub>3</sub> и т.д. [Лакин, 1990, с. 155–158].

В дисперсионном анализе изучению подвергается не вариационный ряд, а статистический комплекс. В зависимости от числа учитываемых факторов различают однофакторные, двухфакторные и многофакторные дисперсионные комплексы.

### 2.5.1. Однофакторный дисперсионный анализ

Метод дисперсионного анализа основан на разложении общей дисперсии (фенотипической изменчивости) статистического комплекса (С<sub>у</sub>), представляющей собой сумму квадратов отклонений вариант от средней арифметической, на составляющие её компоненты: дисперсию факториальную, или генотипическую (С<sub>х</sub>), и дисперсию остаточную, или паратипическую (С<sub>z</sub>):

$$C_y = C_x + C_z . \quad (28)$$

Общая дисперсия вычисляется по формуле:

$$C_y = \sum V_x^2 - \frac{(\sum V_x)^2}{n} , \quad (29)$$

где  $\sum V_x^2$  – общая сумма квадратов значений признака по всем рядам;

$(\sum V_x)^2$  – итоговая сумма значений признака по всем рядам, возведённая в квадрат.

---

<sup>13</sup> Ronald Aylmer Fisher (1890–1962) – английский математик и статистик. Заложил основы планирования экспериментов, ввёл в биометрию целый ряд новых терминов и понятий.

Факториальная дисперсия определяется по формуле:

$$C_x = \sum h_x - \frac{(\sum V_x)^2}{n}, \quad (30)$$

где  $\sum h_x$  – сумма итоговых значений, полученных как частное от суммы значений признака по каждому ряду, возведённой в квадрат, к численности вариант по каждому ряду:

$$\sum h_x = \frac{(\sum V_1)^2}{n_1} + \frac{(\sum V_2)^2}{n_2} + \frac{(\sum V_i)^2}{n_i}. \quad (31)$$

Остаточная дисперсия находится по формуле:

$$C_z = \sum V_x^2 - \sum h_x. \quad (32)$$

Доля влияния ( $\eta^2$ ) разных факторов на варьирующий признак определяется отношением между соответствующими дисперсиями. Доля разнообразия генотипов особей на их фенотип выражается через коэффициент наследуемости ( $h^2$ ). Так, доля влияния учтённых и неучтённых факторов находится по первой и второй формулам (33), коэффициент наследуемости по третьей формуле:

$$\eta_x^2 = \frac{C_x}{C_y}, \quad \eta_z^2 = \frac{C_z}{C_y}, \quad h^2 = \eta_x^2 = \frac{C_x}{C_y} = \frac{C_{ген}}{C_{фен}}. \quad (33)$$

Для определения коэффициента наследуемости в дисперсионном анализе грациями двух групп должны являться вариации одного признака (например, удоя) у матерей и их дочерей (или других родственных групп животных, проявляющих изучаемый признак). В данном случае значения дисперсий будут следующими:  $C_x$  – генотипическая ( $C_{ген}$ );  $C_z$  – паратипическая;  $C_y$  – фенотипическая ( $C_{фен}$ ).

Число степеней свободы для факториальной дисперсии ( $C_x$ ) равно числу классов (рядов) по фактору ( $l$ ) минус единица ( $\nu_x = l_x - 1$ ). Для остаточной дисперсии ( $C_z$ ) число степеней свободы равно численности выборки ( $n$ ) минус число классов ( $\nu_z = n - l_x$ ). Для общей дисперсии ( $C_y$ ) число степеней свободы равно численности выборки без единицы ( $\nu_y = n - 1$ ) [Методика обработки..., 1966, с. 21–26].

Коэффициент достоверности Фишера (F) вычисляется по формуле:

$$F = \frac{\delta_x^2}{\delta_z^2} = \frac{\frac{C_x}{V_x}}{\frac{C_z}{V_z}}, \quad (34)$$

где  $\delta_x^2$  – факториальная корректирующая дисперсия (девианта);  
 $\delta_z^2$  – остаточная корректирующая дисперсия.

Далее вычисленное значение F сравнивается с табличным значением F. Если оно превышает табличное при трёх уровнях вероятности, значит влияние фактора на признак достоверно.

Методом дисперсионного анализа можно сравнить потомков разных производителей и определить, достоверна ли разница между ними, а также узнать, какие из производителей являются улучшателями или ухудшателями. Расчёт критических значений Фишера (F) определяется в таких случаях по формулам:

$$F = \frac{(M_2 - M_1)^2}{\delta_z^2} \cdot \frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}, \quad F = \frac{(M_i - M_{св})^2}{\delta_z^2} \cdot \frac{n_i \cdot n_{св}}{n_i + n_{св}}. \quad (35)$$

По первой формуле (35) рассчитывается достоверность разницы между потомками двух производителей, где  $M_1$  и  $M_2$  обозначают средние значения признака у потомков соответствующих производителей,  $n_1$  и  $n_2$  – их численность.

По второй формуле (35) определяется достоверность разницы между средними значениями признака у потомков одного производителя и теми же значениями признака у сверстников. Символ  $M_i$  обозначает среднее значение признака у данного производителя,  $n_i$  – число потомков этого производителя,  $M_{св}$  – среднее значение признака у сверстников (потомков всех анализируемых производителей, за исключением потомков оцениваемого производителя),  $n_{св}$  – число сверстников.

### ***2.5.2. Двухфакторный дисперсионный анализ***

Для изучения влияния на результативный признак одновременно двух факторов (А и В) проводят двухфакторный дисперсионный анализ. В связи с этим дисперсионный анализ двухфакторного дисперсионного комплекса должен выявить, помимо диспер-

сий  $C_y$ ,  $C_x$ ,  $C_z$ , и другие дисперсии –  $C_A$ ,  $C_B$  и  $C_{AB}$  (дисперсии факторов А и В и их совместного влияния на признак).

Дисперсии  $C_y$ ,  $C_x$  и  $C_z$  в двухфакторном комплексе вычисляются точно так же, как и в однофакторном.

Факториальные дисперсии  $C_A$  и  $C_B$  определяются по следующим формулам:

$$C_A = \sum h_A - \frac{(\sum V_x)^2}{n}, \quad C_B = \sum h_B - \frac{(\sum V_x)^2}{n}, \quad (36)$$

где  $\sum h_A$  и  $\sum h_B$  – суммы итоговых значений, полученных как частные квадратов сумм значений признака по каждому ряду соответствующих факторов (А и В) к численности вариантов по соответствующему ряду.

Дисперсия совместного действия факторов ( $C_{AB}$ ) рассчитывается по формуле:

$$C_{AB} = C_x - C_A - C_B. \quad (37)$$

Доля влияния факторов А ( $\eta_A^2$ ) и В ( $\eta_B^2$ ) и их совместного действия ( $\eta_{AB}^2$ ) на изменчивость признака вычисляется по формулам:

$$\eta_A^2 = \frac{C_A}{C_y}, \quad \eta_B^2 = \frac{C_B}{C_y}, \quad \eta_{AB}^2 = \frac{C_{AB}}{C_y}. \quad (38)$$

Число степеней свободы для факториальной дисперсии ( $C_x$ ) равно произведению числа классов по факторам ( $l_A$  и  $l_B$ ) минус единица ( $\nu_x = l_A \cdot l_B - 1$ ). Для остаточной дисперсии ( $C_z$ ) число степеней свободы равно численности выборки ( $n$ ) минус произведение числа классов по факторам ( $\nu_z = n - l_A \cdot l_B$ ). Для общей дисперсии ( $C_y$ ) число степеней свободы равно численности выборки без единицы ( $\nu_y = n - 1$ ). Для дисперсии фактора А число степеней свободы равно  $\nu_A = n - l_A$ , для дисперсии фактора В –  $\nu_B = n - l_B$ , для дисперсии совместного действия факторов –  $\nu_{AB} = \nu_A \cdot \nu_B$ .

Корректирующие дисперсии и критические значения Фишера находятся аналогичным образом, как в однофакторном комплексе. Таким образом, коэффициент Фишера определяется путём соотношения соответствующих корректирующих дисперсий ( $\delta_x^2$ ,  $\delta_A^2$ ,  $\delta_B^2$ ,  $\delta_{AB}^2$ ) к остаточной корректирующей дисперсии ( $\delta_z^2$ ).

### 3. ВЫЧИСЛЕНИЕ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЕ

Компьютерная программа включает 10 модулей (программных файлов), позволяющих решить разные задачи. Одни из них рассчитаны на обработку опытных данных с небольшим количеством групп (от 2 до 5), с помощью других можно биометрически обработать результаты с числом групп от 2 до 10. Это сделано для удобства пользователя, чтобы можно было выбрать нужный модуль в зависимости от числа групп и поставленных задач. Практически каждый программный модуль, за исключением восьмого и одиннадцатого, позволяет вычислить основные биометрические показатели. Структура программного продукта представлена на рисунке 2.

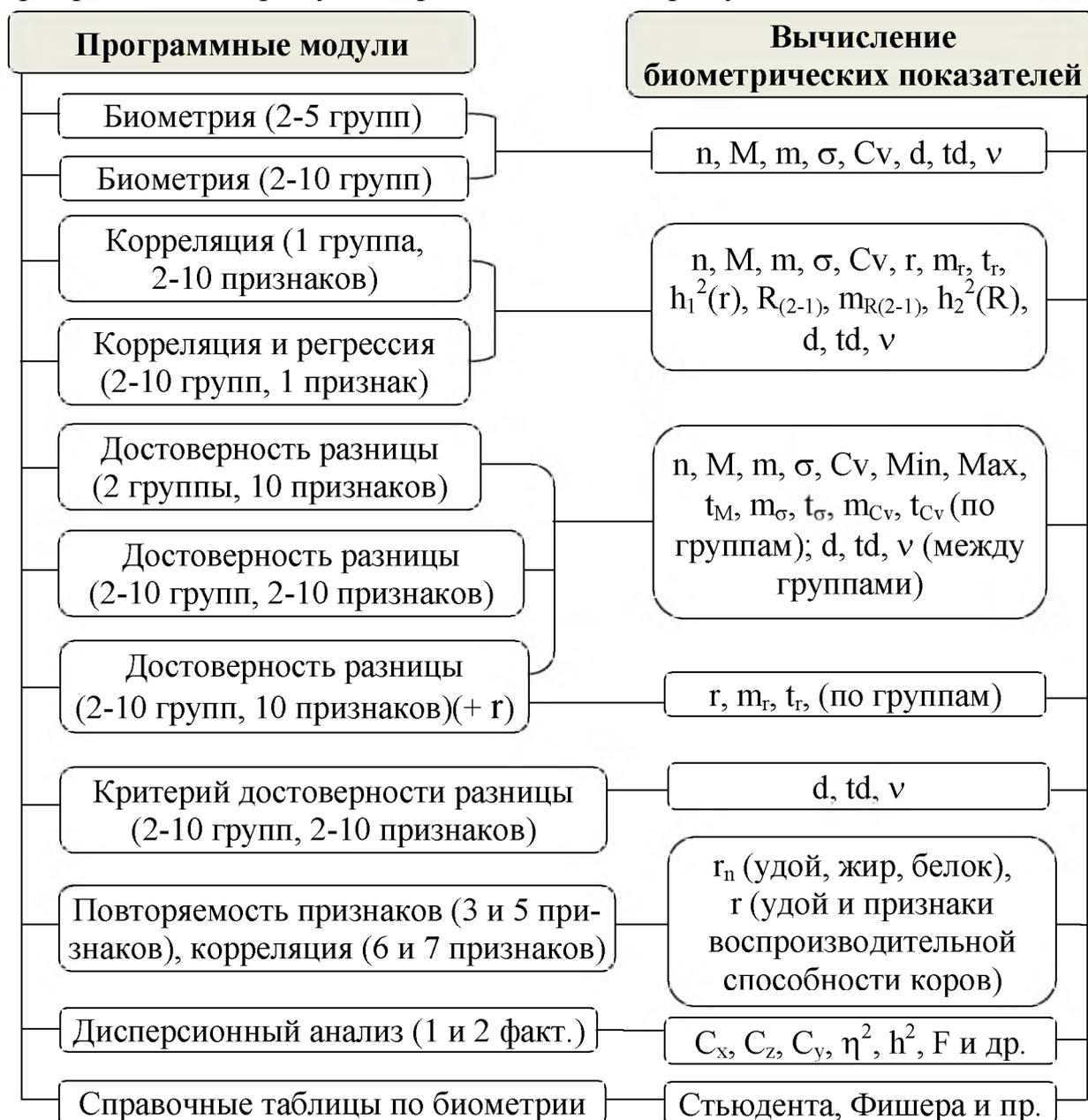


Рис. 2. Структура программного продукта

### 3.1. Определение основных биометрических показателей

Любое зоотехническое исследование сопровождается расчётом основных биометрических показателей. На рисунке 3 представлена экранная форма первого модуля, в частности, открыт лист «Биом. 5 групп», где показан пример обработки опытных данных по удою коров с определением биометрических показателей для 5 групп. Результаты вычислений представлены в правой части экранной формы.

БИОМЕТРИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ (5 групп)					
№	1	2	3	4	5
1	2527	4312	1419	4106	3337
2	2580	5473	1722	4342	2976
3	2710	4690	1962	4640	2995
4	2819	3669	2072	3861	3215
5	2858	4149	2401	3451	3236
6	3000	3024	2477	3540	3743
7	3018	4313	2503	3779	3845
8	3050	4334	2515	3227	3859
9	3446	4999	2731	4898	3932
10	3646	6937	2779	3703	3955
11	3657	3408	2867	3745	4117
12	3684	4484	2940	4878	4531
13	3694	3036	2974	3036	2974
14	3711	4887	2980	4887	2980
15	3843	3993	2986	3993	2986
16	3887	4346	3029	4346	3029
17	3954	3091	3106	3091	3106
18	3996	5458	3169	5458	3169
19	4171	3188	3187	3188	3187

Группа	d	td	v
2 - 1	474,80	10,45	1138
3 - 1	-276,43	6,07	1138
4 - 1	396,64	8,83	1138
5 - 1	-132,67	3,81	1138
3 - 2	-751,23	13,66	1138
4 - 2	-78,16	1,43	1138
5 - 2	-607,47	13,07	1138
4 - 3	673,07	12,33	1138
5 - 3	143,76	3,09	1138
5 - 4	-529,31	11,51	1138

Рис. 3. Экранная форма по расчёту основных биометрических показателей (2–5 групп)

Ввод исходных данных осуществляется в ячейки, ограниченные по горизонтали числом столбцов (в данном случае 5 групп), по вертикали – числом строк (1000 шт.). Таким образом, объём выборки каждой группы может быть не менее 3 и не более 1000 голов.

Числовые данные в ячейки можно вводить вручную, либо скопировать в буфер обмена из других программ MS Office (Word, PowerPoint, включая Excel) и вставить в область исходных данных, при этом их формат должен быть числовым или общим. Удалить данные можно путём выделения нужного диапазона и нажатия клавиши Delete или Del. **Не допускается изменение данных методом вырезания и последующей вставки.**

На рисунке 4 представлена экранная форма второго модуля, позволяющего обработать биометрически опытные данные с количеством групп от 2 до 10.

БИОМЕТРИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ (10 групп)																
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	№	n	M	m	σ	Cv
1	2527	4312	1419	4106	1337	4719	2447	5167	4314	3954	1	20	3424,95	126,31	550,57	16,08
2	2580	5473	1722	4342	2976	2361	2572	3575	5491	4014	2	20	4288,20	223,50	974,21	22,72
3	2710	4690	1962	4640	2995	3511	2577	3815	2511	4051	3	20	2652,40	118,17	515,11	19,42
4	2819	3669	2072	3861	3215	5321	2745	5057	3511	4083	4	20	4007,10	156,96	684,18	17,07
5	2858	4149	2401	3451	3236	2190	2862	4836	3600	4083	5	20	3320,05	151,86	661,94	19,94
6	3000	3024	2477	3540	3743	5108	3202	3952	5189	4158	6	20	4197,25	208,66	909,51	21,67
7	3018	4313	2503	3779	3845	4073	3411	4472	4340	4195	7	20	3525,50	135,21	589,38	16,72
8	3050	4334	2515	3227	3859	3487	3496	5412	4786	4226	8	20	4768,45	209,26	912,15	19,13
9	3446	4999	2731	4898	3932	4025	3622	3247	3435	4243	9	20	4232,35	217,96	950,05	22,45
10	3646	6937	2779	3703	3955	4401	3736	5298	5465	4248	10	20	4344,95	90,48	394,37	9,08
11	3657	3408	2867	3745	4117	5968	3745	4481	3525	4294						
12	3684	4484	2940	4878	4531	4299	3787	5300	6506	4296						
13	3694	3036	2974	3036	2974	4662	3822	6486	4545	4361						
14	3711	4887	2980	4887	2980	3291	3862	5658	3623	5066						
15	3843	3993	2986	3993	2986	4926	3930	2895	3641	4666						
16	3887	4346	3029	4346	3029	4303	3972	4421	4354	4903						
17	3954	3091	3106	3091	3106	4353	4132	4844	4501	4616						
18	3996	5458	3169	5458	3169	4185	4143	5833	4598	5282						
19	4171	3188	3187	3188	3187	4191	4191	5280	3212	4496						
20	4248	3973	3229	3973	3229	4571	4256	5340	3500	3664						
21																
22																
23																
24																
25																

Группа	d	td	v
2 - 1	863,25	3,36	38
3 - 1	-772,55	4,47	38
4 - 1	582,15	2,89	38
5 - 1	-104,90	0,53	38
6 - 1	772,30	3,17	38
7 - 1	100,55	0,54	38
8 - 1	1343,50	5,50	38
9 - 1	807,40	3,21	38
10 - 1	920,00	5,92	38
3 - 2	-1635,80	6,47	38
4 - 2	-281,10	1,03	38

Рис. 4. Экранная форма по расчёту основных биометрических показателей (2–10 групп)

Проанализировать полученные результаты, представленные на рисунках 3–4, можно следующим образом: большинство животных анализируемых групп отличаются по удою средней и высокой степенью вариабельности: у них отмечены довольно высокие показатели ошибок средней арифметической и среднего квадратического отклонения, средние и высокие<sup>14</sup> показатели изменчивости.

Программные модули по расчёту основных биометрических показателей содержат таблицы Стьюдента и Фишера. Для определения достоверности разницы между группами нужно полученные показатели критерия достоверности (td) сравнить с табличными (в зависимости от числа степеней свободы – v).

Для данного примера с числом степеней свободы 38 различия между группами достоверны, если критерий достоверности больше или равен 2,04 (первый порог достоверности  $P > 0,95$ ),  $td \geq 2,75$  (второй порог достоверности  $P > 0,99$ ),  $td \geq 3,65$  (третий порог

<sup>14</sup>  $Cv > 25$  (высокий показатель изменчивости);  $Cv = 11-25$  (средний);  $Cv = 0 \leq 10$  (низкий) [Лакин, 1990, с. 51].

достоверности  $P > 0,999$ ). Следовательно, большинство групп (за исключением 3, 5 и 7) достоверно превосходят по удою животных 1-й группы, но с разной долей вероятности ( $P > 0,95 - 0,999$ ), животные 3-й группы уступают 1-й группе по удою на 773 кг ( $P > 0,999$ ).

### 3.2. Вычисление коэффициентов корреляции и наследуемости (2–10 групп, 1 признак)

Данный модуль позволяет, помимо основных биометрических показателей, вычислить дополнительные (коэффициенты корреляции, регрессии и наследуемости). В зависимости от числа опытных групп исследователь может открыть соответствующий лист и сравнить опытные группы между собой по одному признаку.

Экранные формы этого модуля представлены на рисунках 5–8.

Корреляция 2-10 групп 1 признака.xlsx - Microsoft Excel

ВЫЧИСЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ КОРРЕЛЯЦИИ, РЕГРЕССИИ И НАСЛЕДУЕМОСТИ (7 групп, 1 признак)

№	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1	5.2	6.1	6.2	7.1	7.2	№	n	M	m	σ
1	3886	2337	3914	2394	5072	2295	4518	2845	3834	2984	4384	2527	4312	1419	1.1	20	4549.20	114.99	501.0
2	3943	2344	3702	2620	4550	2307	4415	3236	4374	3212	4799	2580	5473	1722	1.2	20	3000.70	77.51	337.0
3	3811	2420	3357	2641	5317	2436	2937	3330	3664	3500	3622	2710	4690	1962	2.1	20	4391.45	192.75	840.0
4	4033	2697	5460	2845	5098	2546	4095	3665	5066	3623	4267	2819	3669	2072	2.2	20	3113.90	68.81	299.0
5	4317	2799	4844	2947	4652	2717	3662	3821	4666	3641	5015	2858	4149	2401	3.1	20	4781.40	141.03	614.0
6	4554	2815	4195	3017	4545	2761	4912	4018	4903	4354	4575	3000	3024	2477	3.2	20	2921.90	74.63	325.0
7	4824	2960	3246	3035	4950	2814	4819	4269	4616	4501	4788	3018	4313	2503	4.1	20	4419.65	219.99	958.0
8	3916	3017	4853	3088	5331	2854	6320	4313	5282	4598	5547	3050	4334	2515	4.2	20	3880.75	138.06	601.0
9	4502	3023	3606	3168	6335	2919	3811	4517	5508	3508	4568	3446	4999	2731	5.1	20	4750.20	156.82	683.0
10	4426	3030	3900	3168	4774	2959	3532	4728	4834	3510	4094	3646	6937	2779	5.2	20	3681.00	88.95	387.0
11	5095	3072	4162	3174	5003	3051	5883	4859	5766	3519	4249	3657	3408	2867	6.1	20	4550.80	166.93	727.0
12	4690	3095	3982	3196	4541	3056	4518	2845	5338	3548	4677	3684	4484	2940	6.2	20	3424.95	126.31	550.0
13	4874	3155	6297	3228	4872	3072	4415	3236	4085	3569	4160	3694	3036	2974	7.1	20	4288.20	223.50	974.0
14	4669	3169	5932	3279	3693	3124	2937	3330	3989	3586	4737	3711	4887	2980	7.2	20	2652.40	118.17	515.0
15	5136	3297	3665	3343	5003	3169	4095	3665	4679	3591	5090	3843	3993	2986					
16	5539	3333	5136	3380	5170	3222	3662	3821	6395	3599	6474	3887	4346	3029					
17	5218	3351	4032	3388	4851	3243	4912	4018	4725	3649	3137	3954	3091	3106					
18	4257	3356	5024	3422	4169	3280	4819	4269	4825	3677	4483	3996	5458	3169					
19	4264	3363	4274	3463	4188	3302	6320	4313	4374	3692	4876	4171	3188	3187					
20	5030	3381	4248	3482	3514	3311	3811	4517	4081	3759	3474	4248	3973	3229					
21																			

Группа	d	td	v
2.1 - 1.1	-157.75	0.70	38
2.2 - 1.2	113.20	1.09	38
3.1 - 1.1	232.20	1.28	38
3.2 - 1.2	-78.80	0.73	38

Рис. 5. Первая экранная форма по расчёту коэффициентов корреляции, регрессии и наследуемости (2–10 групп)

Ввод и корректировка числовых данных осуществляются аналогичным образом, как было сказано в предыдущем разделе. Остановимся только на анализе результатов вычисления коэффициентов корреляции, регрессии и наследуемости. В правой верхней части экранной формы (рис. 6) в одной ячейке отсутствует результат вычисления коэффициента наследуемости. Это может быть связано с тем, что для анализа были взяты несопоставимые данные. Например, неправильно составлены пары «дочь – мать» – сравниваются показатели дочерей и матерей за разные лактации (у дочери – первая, у матери –

лучшая). Кроме того, как отмечалось выше, коэффициент наследуемости может быть рассчитан как удвоенный коэффициент корреляции, максимальное его значение не должно превышать 1, или 100 %, а в данном случае значение коэффициента корреляции составляет 0,708, следовательно, коэффициент наследуемости получается больше 1, а этого быть не должно. Такой результат может свидетельствовать, прежде всего, о неправильном составлении выборки.

НАСЛЕДУЕМОСТИ (7 групп, 1 признак)

№	6.1	6.2	7.1	7.2	№	n	M	σ	Cv	r	m	b	h <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ±1	m <sup>2</sup> ±1	h <sup>2</sup>	
1	4384	2527	4312	1419	1.1	20	4549,20	114,99	501,23	11,02							
2	4799	2580	5473	1722	1.2	20	3000,70	77,51	337,86	11,26	0,708	0,166	4,26		0,477	0,112	0,955
3	3622	2710	4690	1962	2.1	20	4391,45	192,75	840,19	19,13							
4	4267	2819	3669	2072	2.2	20	3113,90	68,81	299,95	9,63	0,271	0,227	1,19	0,542	0,097	0,081	0,193
5	5015	2858	4149	2401	3.1	20	4781,40	141,03	614,73	12,86							
6	4575	3000	3024	2477	3.2	20	2921,90	74,63	325,28	11,13	-0,360	0,220	1,64	0,721	-0,191	0,116	0,381
7	4788	3018	4313	2503	4.1	20	4419,65	219,99	958,93	21,70							
8	5547	3050	4334	2515	4.2	20	3880,75	138,06	601,80	15,51	0,334	0,222	1,50	0,667	0,209	0,139	0,419
9	4568	3446	4999	2731	5.1	20	4750,20	156,82	683,58	14,39							
10	4094	3646	6937	2779	5.2	20	3681,00	88,95	387,74	10,53	0,209	0,231	0,91	0,418	0,118	0,131	0,237
11	4249	3657	3408	2867	6.1	20	4550,80	166,93	727,61	15,99							
12	4677	3684	4484	2940	6.2	20	3424,95	126,31	550,57	16,08	-0,062	0,235	0,26	0,124	-0,047	0,178	0,094
13	4160	3694	3036	2974	7.1	20	4288,20	223,50	974,21	22,72							
14	4737	3711	4887	2980	7.2	20	2652,40	118,17	515,11	19,42	-0,161	0,233	0,69	0,322	-0,085	0,123	0,170
15	5090	3843	3993	2986													
16	6474	3887	4346	3029													
17	3137	3954	3091	3106													
18	4483	3996	5458	3169													
19	4876	4171	3188	3187													
20	3474	4248	3973	3229													
21																	

Группа	d	td	v
2.1 - 1.1	-157,75	0,70	38
2.2 - 1.2	113,20	1,09	38
3.1 - 1.1	232,20	1,28	38
3.2 - 1.2	-78,80	0,73	38

h<sup>2</sup> = 2\*r  
h<sup>2</sup> = 2\*R

Рис. 6. Вторая экранная форма по расчёту коэффициентов корреляции, регрессии и наследуемости (2–10 групп)

ВЫЧИСЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ КОРРЕЛЯЦИИ, РЕГРЕССИИ И НАСЛЕДУЕМОСТИ (10 групп, 1 признак)

№	1 М	1 Д	2 М	2 Д	3 М	3 Д	4 М	4 Д	5 М	5 Д	6 М	6 Д	7 М	7 Д	8 М	8 Д	9 М	9 Д	10 М	10 Д	№
1	3886	2337	3914	2394	5072	2295	4518	2845	3834	2984	4384	2527	4312	1419	4106	1337	4719	2447	5167	1882	1 М
2	3943	2344	3702	2620	4550	2307	4415	3236	4374	3212	4799	2580	5473	1722	4342	2976	2361	2572	3575	2071	1 Д
3	3811	2420	3357	2641	5317	2436	2937	3330	3664	3500	3622	2710	4690	1962	4640	2995	3511	2577	3815	2356	2 М
4	4033	2697	5460	2845	5098	2546	4095	3665	5066	3623	4267	2819	3669	2072	3861	3215	5321	2745	5057	2619	2 Д
5	4317	2799	4844	2947	4652	2717	3662	3821	4666	3641	5015	2858	4149	2401	3451	3236	2190	2862	4836	2780	3 М
6	4554	2815	4195	3017	4545	2761	4912	4018	4903	4354	4575	3000	3024	2477	3540	3743	5108	3202	3952	2833	3 Д
7	4824	2960	3246	3035	4950	2814	4819	4269	4616	4501	4788	3018	4313	2503	3779	3845	4073	3411	4472	3050	4 М
8	3916	3017	4853	3088	5331	2854	6320	4313	5282	4598	5547	3050	4334	2515	3227	3859	3487	3496	5412	3292	4 Д
9	4502	3023	3606	3168	6335	2919	3811	4517	5508	3508	4568	3446	4999	2731	4898	3932	4025	3622	3247	3477	5 М
10	4426	3030	3900	3168	4774	2999	3532	4728	4834	3510	4094	3646	6937	2779	3703	3955	4401	3736	5298	3550	5 Д
11	5095	3072	4162	3174	5003	3051	5883	4859	5766	3519	4249	3657	3408	2867	3745	4117	5968	3745	4481	3789	6 М
12	4690	3095	3982	3196	4541	3056	4518	2845	5338	3548	4677	3684	4484	2940	4878	4531	4299	3787	5300	3941	6 Д
13	4874	3155	6297	3228	4872	3072	4415	3236	4085	3569	4160	3694	3036	2974	3036	2974	4662	3822	6486	4065	7 М
14	4669	3169	5932	3279	3693	3124	2937	3330	3989	3586	4737	3711	4887	2980	4887	2980	3291	3862	5658	4264	7 Д
15	5136	3297	3665	3343	5003	3169	4095	3665	4679	3591	5090	3843	3993	2986	3993	2986	4926	3930	2895	4560	8 М
16	5539	3333	5136	3380	5170	3222	3662	3821	6395	3599	6474	3887	4346	3029	4346	3029	4303	3972	4421	4637	8 Д
17	5218	3351	4032	3388	4851	3243	4912	4018	4725	3649	3137	3954	3091	3106	3091	3106	4353	4132	4844	4951	9 М
18	4257	3356	5024	3422	4169	3280	4819	4269	4825	3677	4483	3996	5458	3169	5458	3169	4185	4143	5833	5114	9 Д
19	4264	3363	4274	3463	4188	3302	6320	4313	4374	3692	4876	4171	3188	3187	3188	3187	4191	4191	5280	5465	10 М
20	5030	3381	4248	3482	3514	3311	3811	4517	4081	3759	3474	4248	3973	3229	3973	3229	4571	4256	5340	6276	10 Д
21	4185	3444	4603	3513	4372	3449	3532	4728	4783	3791	4358	4264	4376	3273	4376	3273	5534	4320	5534	4320	Г
22	6390	3449	4532	3514	4191	3467	5883	4859	4731	3844	5143	4324	5104	3316	5104	3316	4591	4549	4591	4549	2 М
23	5617	3464	4564	3686	5508	3508	5508	3508	5767	3874	5189	4405	3928	3376	3928	3376	2936	4662	2936	4662	
24	5069	3474	3786	3764	4834	3510	4834	3510	3510	3510	3875	6300	4493	4344	4344	4344	4645	4736	4645	4736	

Рис. 7. Третья экранная форма по расчёту коэффициентов корреляции, регрессии и наследуемости (2–10 групп)

Корреляция 2-10 групп признаков - Microsoft Excel

признак)

№	8 М	8 Д	9 М	9 Д	10 М	10 Д	№	n	M	m	σ	Cv	r	r <sub>gr</sub>	r <sub>fr</sub>	h <sup>2</sup>	R <sub>ДЛ</sub>	h <sub>к.д.</sub>	h <sup>2</sup>
1	4106	1337	4719	2447	5167	1882	1 М	950	4587,29	20,56	633,79	13,82							
2	4342	2976	2361	2572	3575	2071	1 Д	950	3437,20	23,91	736,82	21,44	0,316	0,029	10,81	0,632	0,367	0,034	0,734
3	4640	2995	3511	2577	3815	2356	2 М	94	4512,22	80,16	777,20	17,22							
4	3861	3215	5321	2745	5057	2619	2 Д	94	3572,56	53,69	520,56	14,57	0,279	0,100	2,79	0,559	0,187	0,067	0,374
5	3451	3236	2190	2862	4836	2780	3 М	970	4844,85	19,37	603,15	12,45							
6	3540	3743	5108	3202	3952	2833	3 Д	970	3260,04	19,14	596,11	18,29	-0,073	0,032	2,28	0,146	-0,072	0,032	0,144
7	3779	3845	4073	3411	4472	3050	4 М	100	4627,07	89,20	892,04	19,28							
8	3227	3859	3487	3496	5412	3292	4 Д	100	3854,77	48,72	487,16	12,64	0,240	0,095	2,54	0,481	0,131	0,052	0,263
9	4898	3932	4025	3622	3247	3477	5 М	990	4797,54	19,08	600,45	12,52							
10	3703	3955	4401	3736	5298	3550	5 Д	990	3577,93	20,13	633,51	17,71	0,045	0,032	1,42	0,090	0,047	0,033	0,095
11	3745	4117	5968	3745	4481	3789	6 М	995	4703,89	24,76	781,10	16,61							
12	4878	4531	4299	3787	5300	3941	6 Д	995	3924,15	17,53	552,87	14,09	0,166	0,031	5,38	0,332	0,117	0,022	0,235
13	3036	2974	4662	3822	6486	4065	7 М	991	4387,83	29,48	927,95	21,15							
14	4887	2980	3291	3862	5658	4264	7 Д	991	3646,13	29,18	918,47	25,19	0,134	0,031	4,28	0,267	0,132	0,031	0,264
15	3993	2986	4926	3930	2895	4560	8 М	987	4311,61	29,07	913,40	21,18							
16	4346	3029	4303	3972	4421	4637	8 Д	987	3780,06	19,46	611,42	16,17	0,216	0,030	7,10	0,431	0,144	0,020	0,289
17	3091	3106	4353	4132	4844	4951	9 М	983	4374,62	29,02	909,91	20,80							
18	5458	3169	4185	4143	5833	5114	9 Д	983	4138,31	23,32	730,98	17,66	0,263	0,030	8,87	0,527	0,212	0,024	0,423
19	3188	3187	4191	4191	5280	5465	10 М	979	4565,70	30,57	956,64	20,95							
20	3973	3229	4571	4256	5340	6276	10 Д	979	4133,19	25,75	805,75	19,49	0,124	0,031	3,95	0,249	0,105	0,027	0,210
21	4376	3273	5534	4320	5534	4320													
22	5104	3316	4591	4549	4591	4549													
23	3928	3376	2936	4662	2936	4662													
24	4344	3394	4645	4736	4645	4736													
25	5828	3451	3802	4792	3802	4792													
26	2783	3455	3951	4974	3951	4974													
27	3992	3476	5555	5555	5555	5555													

Группа	d	td	v
2 М - 1 М	-75,07	0,91	1042
2 Д - 1 Д	135,36	2,30	1042
3 М - 1 М	247,56	9,12	1918
3 Д - 1 Д	-177,16	5,78	1918

h<sup>2</sup> = 2\*r  
h<sup>2</sup> = 2\*R

Рис. 8. Четвёртая экранная форма по расчёту коэффициентов корреляции, регрессии и наследуемости (2–10 групп)

В третьей и четвёртой экранных формах (рис. 7–8) приведён пример ввода данных по расчёту коэффициента наследуемости (лист «Наследуемость») сопоставимых признаков: у дочерей и матерей приведены данные об удое за первую лактацию. В итоговой таблице результаты вычислений все заполнены. Тем не менее и при правильном составлении выборки пар дочь-мать в результирующих ячейках по вычислению коэффициента корреляции возможен нулевой результат. В электронной форме вычисление данного показателя задано с точностью до тысячной доли единицы, и если эта доля оказалась равной нулю (такое значение возможно при расчёте коэффициента корреляции<sup>15</sup>), то данная ячейка в таблице окажется пустой.

Из анализа итоговой таблицы остановимся на полученных значениях коэффициентов корреляции и наследуемости. У большинства составленных пар по удою получены низкие значения коэффициентов корреляции ( $r=0,045-0,279$ ) и наследуемости ( $h^2=0,210-0,289$ ). Корреляционная связь считается слабой при  $r < 0,3$ , умеренной – при  $0,3 \leq r \leq 0,5$ , значительной – при  $0,5 \leq r \leq 0,7$ , сильной – при  $0,7 \leq r \leq 0,9$ , очень сильной, близкой к функциональной, – при  $r > 0,9$  [Лакин, 1973, с. 174].

<sup>15</sup> Предельные значения коэффициента корреляции ( $r=+1,0$ ;  $r=0,0$ ;  $r=-1,0$ ) на практике встречаются довольно редко [Плохинский, 1970, с. 44].

По данным Б.Н. Завертяева, коэффициенты корреляции ниже 0,5 указывают на слабую связь, порядка 0,5–0,6 считаются средними, а выше 0,7 – тесными. Значения коэффициентов наследуемости могут быть низкими ( $h^2 < 0,3$ ), средними ( $h^2 = 0,3–0,5$ ) и высокими ( $h^2 > 0,6$ ) [Завертяев, 1986, с. 46, 94].

### 3.3. Вычисление коэффициентов корреляции и регрессии (1 группа, 2–10 признаков)

Модуль позволяет определить взаимосвязь между 2–10 признаками для одной группы, вычислить дополнительные показатели (лимиты, ошибки и критерии достоверности статистических показателей, коэффициенты корреляции и регрессии) по каждому признаку, ввести в таблицу наименование показателей (заголовки столбцов, выделенные белым цветом) (рис. 9). Кроме того, исследователь может провести вычисление статистических показателей в электронной таблице листа, выбранного в зависимости от числа изучаемых признаков.

Корреляция 2-10 признаков 1 группами

**ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ПРИЗНАКАМИ (7 признаков)**

№	1	2	3	4	5	6	7	№	n	M	m <sub>σ</sub>	σ	Cv	Min	Max	t <sub>σ</sub>	m <sub>σ</sub>	t <sub>σ</sub>	mC <sub>σ</sub>	tC <sub>σ</sub>
1	3137	465	34	129	138	69	53	1	19	4299.63	161,08	683.39	15,89	3137	5487	26.69	110.86	6.16	2,58	6.1
2	3474	475	32	150	138	76	54	2	19	541.26	17,67	74.97	13,85	425	680	30.63	12.16	6.17	2,25	6.1
3	3622	425	30	100	142	73	55	3	19	29.21	0.83	3.52	12,05	21	34	35.19	0.57	6.18	1,95	6.1
4	3656	585	28	216	142	73	52	4	19	150.95	18.81	79.82	52,88	60	294	8.02	12.95	6.16	8,58	6.1
5	3787	525	28	197	145	72	54	5	19	140.84	0.62	2.61	1,85	138	145	229.01	0.42	6.21	0,30	6.1
6	3899	580	33	65	143	74	56	6	19	73.26	1.16	4.91	6,70	67	86	63.32	0.80	6.14	1,09	6.1
7	3969	680	27	228	144	76	55	7	19	54.32	0.85	3.62	6,67	42	60	63.61	0.59	6.14	1,08	6.1
8	4008	520	32	64	138	70	54													
9	4094	540	31	228	145	73	55													
10	4160	490	24	60	140	72	55													
11	4247	490	26	80	142	73	55													
12	4266	450	21	86	140	85	55													
13	4564	605	28	105	140	70	58													
14	4741	445	28	100	138	72	51													
15	4754	640	26	272	140	71	55													
16	5080	615	29	294	138	67	42													
17	5280	621	31	281	145	68	60													
18	5468	613	34	96	140	86	58													
19	5487	520	33	117	138	72	55													
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				

Признаки	r	m <sub>σ</sub>	t <sub>r</sub>	v	R <sub>1σ</sub>	mR <sub>1σ</sub>	R <sub>2σ</sub>	mR <sub>2σ</sub>
1-2	0.405	0.222	1.83	17	3.696	2.021	0.044	0.024
1-3	0.036	0.242	0.15	17	7.033	47.042		0.001
1-4	0.191	0.238	0.80	17	1.634	2.038	0.022	0.028
1-5	-0.131	0.240	0.55	17	-34.442	62.976	-0.001	0.001
1-6	0.069	0.242	0.29	17	9.636	33.686		0.002
1-7	0.062	0.242	0.26	17	11.754	45.675		0.001
2-3	0.084	0.242	0.35	17	1.779	5.146	0.004	0.011
2-4	0.601	0.194	3.10	17	0.564	0.182	0.640	0.206
2-5	0.327	0.229	1.42	17	9.384	6.587	0.011	0.008
2-6	-0.088	0.242	0.36	17	-1.343	3.690	-0.006	0.016
2-7	0.081	0.242	0.33	17	1.675	5.004	0.004	0.012
3-4	-0.022	0.242	0.09	17	-0.001	0.011	-0.488	5.497
3-5	-0.111	0.241	0.46	17	-0.150	0.325	-0.082	0.179
3-6	-0.167	0.239	0.70	17	-0.120	0.172	-0.233	0.333
3-7	0.090	0.242	0.37	17	0.088	0.235	0.093	0.248

Рис. 9. Экранная форма по расчёту коэффициентов корреляции и регрессии (1 группа, 2–10 признаков)

Следует отметить, что во всех модулях расчёт ошибки средней арифметической задан таким образом, что если объём введённых значений (количество особей в группе) оказывается меньше 30, то применяется формула (10) для малой выборки, если больше 30, то используется формула (11) для большой выборки.

### 3.4. Определение достоверности разницы между группами (2–10 групп, 10 признаков)

Этот модуль отличается от предыдущих тем, что с его помощью можно рассчитать биометрические показатели для разного числа сравниваемых групп (от 2 до 10) не по одному, а по 10 признакам одновременно. В электронные таблицы (рис. 10), как и в предыдущем модуле, в заголовках столбцов можно ввести наименование каждого признака и группы, которые в тот же момент отображаются в итоговой таблице (рис. 11).

БИОМЕТРИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ (вкл. наименование признака)

№	Группа										V/I												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	№	а	М	σ <sub>а</sub>	σ <sub>б</sub>	С <sub>у</sub>	М <sub>а</sub>	М <sub>б</sub>	т <sub>с</sub>	т <sub>о</sub>	т <sub>в</sub>	т <sub>с</sub>	т <sub>с</sub>
2	3474	3.87	3.25	475	33	150	435	2	3212	4496	2	20	3.87	0.03	0.31	2.94	3.61	4.03	148.85	0.02	5.59	0.46	6.29
3	3622	3.91	3.15	425	30	100	385	1.9	3500	3064	3	20	3.21	0.02	0.07	2.32	3.12	3.38	188.82	0.01	7.00	0.37	6.27
4	3456	3.77	3.13	585	28	316	501	1.91	5623	9086	4	20	532.80	13.89	69.21	13.00	405	680	33.53	10.93	6.32	2.06	6.31
5	3787	3.77	3.18	525	28	197	482	1.85	5675	4458	5	20	28.65	0.68	2.98	10.52	24	34	42.19	0.47	6.32	1.63	6.34
6	3899	4.03	3.36	580	33	65	350	1.99	4988	4598	6	20	126.70	13.88	60.49	47.74	60	238	9.13	9.56	6.33	3.55	6.32
7	3969	3.92	3.38	680	27	228	513	1.87	5157	4790	7	20	411.70	13.88	60.49	14.09	345	513	29.67	3.50	6.33	2.32	6.32
8	4038	3.94	3.17	530	32	64	349	1.96	2994	4846	8	20	2.07	0.01	0.12	5.80	3.85	2.23	74.81	0.02	6.00	0.92	6.30
9	4094	3.61	3.15	540	31	228	513	2.08	5167	3882	9	19	4410.58	206.94	876.28	19.87	2994	5675	21.35	142.13	6.18	3.22	6.17
10	4160	3.89	3.26	490	24	60	345	2.07	3571	3071	10	19	3555.89	310.79	979.16	37.54	1882	5066	15.41	158.84	6.16	4.47	6.16
11	4668	3.73	3.21	475	24	62	347	1.95	3815	2358													
12	4864	3.77	3.19	621	36	64	349	2.25	5057	2619													
13	5022	3.71	3.17	580	26	199	484	2.11	4836	3780													
14	5089	4.02	3.22	574	30	87	372	2	3952	2833													
15	5123	3.85	3.18	610	27	104	389	1.97	4072	3050													
16	5167	3.91	3.22	505	27	79	364	2.25	5412	3392													
17	5301	3.99	3.21	599	27	82	367	1.93	3247	3477													
18	5338	3.97	3.12	532	24	167	452	1.98	5298	3550													
19	5353	3.84	3.12	405	29	101	386	2.18	4481	3789													
20	5784	3.94	3.19	490	30	112	437	2.13	5300	3941													
21																							

Рис. 10. Первая экранная форма по определению достоверности разницы между группами (2–10 групп)

ВЫЧИСЛЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ РАЗНИЦЫ МЕЖДУ ГРУППАМИ (7 группа, 10 признаков)

Признак	Показатель	Группа							V	Сравнимые группы	Признак												
		I	II	III	IV	V	VI	VII			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	V		
1	а	10	18	20	20	17	17	20	I	II	I	670.4	-0.03	-0.01	-5.72	3.38	-13.98	-13.98	0.01	-616.9	447.23	26	
	М	3780.60	4481.00	4110.80	3584.15	3722.00	4161.06	4468.75		III	I	330.2	-0.02	-0.01	-1.1	0.3	1.9	1.9	0.01	440.05	569	28	
	σ	104.96	205.18	94.92	78.50	63.60	143.95	175.49		IV	I	-246.5			-5.6	-1.9	-23.55	-23.55	0.05	-434.1	205	28	
2	а	10	18	20	20	17	17	20	I	V	I	-58.6	0.03	0.01	-7.91	-0.43	-29.43	-29.43	0.02	-490.8	409.81	25	
	М	3.87	3.84	3.85	3.87	3.90	3.87	3.87		VI	I	180.46			-0.01	9.79	-1.19	12.48	12.48		389.12	236.69	25
	σ	0.04	0.03	0.03	0.02	0.04	0.03	0.03		VII	I	688.25			-0.03	-4.3	-1.25	-1.7	-1.7	0.06	455.88	363.7	28
3	а	10	18	20	20	17	17	20	II	III	II	940.2	0.01		4.62	-1.08	15.88	15.88		1097	121.77	36	
	М	3.24	3.23	3.23	3.24	3.25	3.23	3.23		IV	II	-916.9	0.05	0.01	0.12	-3.28	-9.57	-9.57	0.04	182.87	-242.2	36	
	σ	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02		V	II	-729	0.06	0.02	-2.19	-1.81	-15.43	-15.43	0.01	126.16	-37.42	33	
4	а	10	18	20	20	17	17	20	II	VI	II	-289.9	0.03		15.51	-2.57	26.46	26.46	-0.01	1006	-210.5	33	
	М	528.50	522.78	527.40	522.90	520.59	538.29	532.80		VII	II	17.75	0.03	-0.02	10.02	-2.63	-3.02	-3.02	0.05	1072.8	-810.9	36	
	σ	24.37	15.37	16.07	15.50	15.54	19.31	15.89		IV	III	-576.7	0.02	0.01	-4.5	-2.2	-25.45	-25.45	0.04	-874.1	-364	38	
5	а	10	18	20	20	17	17	20	III	V	III	-388.8	0.05	0.02	-6.81	-0.73	-33.33	-33.33	0.01	-830.8	-159.2	35	
	М	29.90	31.28	30.20	28.00	29.47	28.71	28.65		VI	III	50.26	0.02		10.89	-1.49	10.58	10.58	-0.01	-50.93	-332.3	35	
	σ	1.04	1.04	0.71	0.83	0.65	0.84	0.68		VII	III	357.95	0.02	-0.02	5.4	-3.55	-18.9	-18.9	0.05	15.83	-932.7	38	
6	а	10	18	20	20	17	17	20	IV	V	IV	187.85	0.03	0.01	-2.31	3.47	-5.86	-5.86	-0.03	-56.71	204.81	35	
	М	143.70	129.72	145.60	120.15	114.29	156.18	126.70		VI	IV	626.91			-0.01	15.39	0.71	36.03	36.03	-0.05	823.17	31.69	35
	σ	23.31	14.40	15.60	16.18	16.44	20.73	13.88		VII	IV	934.6			-0.03	9.9	0.65	6.55	6.55	0.01	889.83	-568.7	38
7	а	10	18	20	20	17	17	20	V	VI	V	439.06	-0.03	-0.02	17.7	-0.56	41.89	41.89	-0.02	879.88	-173.1	32	
	М	428.70	414.72	430.60	405.35	399.29	441.18	411.70		VII	V	746.75	-0.03	-0.04	12.21	-0.82	12.41	12.41	0.04	946.64	-773.5	35	
	σ	23.31	14.40	15.60	16.18	16.44	20.73	13.88		VII	VI	307.69			-0.02	-5.49	-0.06	-29.48	-29.48	0.06	66.76	-600.4	35
8	а	10	18	20	20	17	17	20	VI	II	I	2.91	0.61	0.27	0.20	0.94	0.51	0.51	0.28	2.84	1.05	26	
	М	1.96	1.97	1.97	2.01	1.98	1.96	2.02		III	I	2.33	0.40	0.28	0.04	0.24	0.07	0.07	0.30	1.57	1.39	28	
	σ	0.03	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0.03		IV	I	3.88			0.19	3.43	0.83	0.83	1.01	2.35	0.51	28	
9	а	10	18	20	20	17	17	19	V	V	I	0.48	0.53	0.27	0.27	0.35	1.03	1.03	0.58	2.68	1.03	25	
	М	1044.70	3317.78	4304.78	3470.65	3463.68	4343.87	4410.48		VI	I	7.34			0.76	0.31	0.89	0.40	0.40		1.63	0.48	34
	σ																						

Рис. 11. Вторая экранная форма по определению достоверности разницы между группами (2–10 групп)

В данном модуле также предусмотрено вычисление дополнительных биометрических показателей (лимитов, ошибок и критериев достоверности сигмы и коэффициента изменчивости) по каждой группе. При этом алгоритм расчёта построен таким образом, что в первых 10 листах (1–10 групп) задаются данные по каждой группе и вычисляются биометрические показатели, а в следующих 9 листах рассчитываются итоговые значения по определению достоверности разницы в зависимости от числа заполненных групп (см. рис. 10–11). Так, для расчёта итоговых таблиц в них переносятся данные о численности групп, показатели средней арифметической и её ошибки по группам, и на их основании происходит расчёт разницы между группами, критерия достоверности разницы и числа степеней свободы. При этом в листе «td 2 группы» рассчитывается достоверность разницы между 1 и 2 группами, в листе «td 10 групп» – достоверность разницы между 10 группами.

### 3.5. Определение достоверности разницы между группами (+ r) (2–10 групп, 10 признаков)

Данный модуль аналогичен предыдущему, но отличается тем, что позволяет определить коэффициенты корреляции между признаками для каждой группы (рис. 12).

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ПРИЗНАКАМИ (10 признаков)											Группа 10												
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	№	n	M	ms	σ	CV	Min	Max	ts	ms	ts	ms	ts
1	3137	3,99	3,31	465	34	129	1,97	140	65	44	1	27	4995,78	227,40	1159,49	23,21	3137	7537	21,97	157,79	7,35	3,16	7,34
2	3474	3,87	3,25	475	32	150	2	138	66	46	2	27	3,88	0,02	0,12	3,22	3,61	4,13	161,67	0,02	6,00	0,44	7,32
3	3622	3,91	3,15	425	30	100	1,9	139	70	52	3	27	3,21	0,01	0,07	2,24	3,11	3,38	229,29	0,01	7,00	0,30	7,47
4	3656	3,77	3,13	585	28	216	1,91	138	72	55	4	27	535,70	12,75	65,00	12,13	405	680	42,03	8,85	7,34	1,65	7,35
5	3787	3,77	3,18	525	28	197	1,85	142	73	55	5	27	28,74	0,59	3,02	10,51	24	35	48,55	0,41	7,37	1,43	7,35
6	3899	4,03	3,36	580	33	65	1,99	142	73	54	6	27	134,41	12,34	62,93	46,82	54	248	10,89	8,56	7,35	6,37	7,35
7	3969	3,92	3,38	680	27	228	1,87	142	73	55	7	27	2,03	0,03	0,14	6,66	1,61	2,25	75,19	0,02	7,00	0,91	7,32
8	4008	3,94	3,17	520	32	64	1,96	141	74	55	8	27	141,30	0,59	3,02	2,14	137	149	238,28	0,41	7,37	0,29	7,38
9	4094	3,61	3,15	540	31	228	2,08	145	72	54	9	27	70,70	0,66	3,37	4,77	62	76	107,12	0,46	7,33	0,65	7,34
10	4160	3,89	3,29	490	24	60	2,07	145	72	55	10	27	52,85	0,75	3,81	7,21	41	58	70,47	0,52	7,33	0,98	7,36
11	4668	3,73	3,21	475	24	62	1,95	139	71	58													
12	4864	3,77	3,19	621	30	64	2,25	141	72	54													
13	5022	3,71	3,17	560	26	199	2,11	142	72	54													
14	5099	4,02	3,22	574	30	87	2	145	72	55													
15	5123	3,85	3,18	610	27	104	1,97	149	68	54													
16	5167	3,91	3,22	505	27	79	2,25	139	71	55													
17	5201	3,99	3,21	599	27	82	1,93	139	70	52													
18	5338	3,97	3,12	532	24	167	1,98	140	71	55													
19	5353	3,84	3,12	405	29	101	2,18	147	75	58													
20	5734	3,94	3,19	490	30	152	2,13	139	62	41													
21	5735	4,07	3,31	575	26	225	2,16	141	72	52													
22	5981	4,13	3,27	640	25	159	1,67	140	64	51													
23	6143	3,77	3,25	568	31	54	2,18	140	76	55													
24	6318	3,77	3,24	490	35	169	2,19	140	72	52													
25	6863	3,97	3,22	535	27	155	2,11	137	70	52													
26	6934	3,73	3,15	515	30	85	2,11	139	74	51													
27	7537	3,82	3,11	485	29	248	2,11	146	67	53													

Признаки	r	σr	ts	ν
1 2	0,005	0,200	0,02	25
1 3	-0,250	0,194	1,29	25
1 4	0,032	0,200	0,16	25
1 5	-0,151	0,198	0,77	25
1 6	0,090	0,199	0,45	25
1 7	0,407	0,183	2,23	25
1 8	0,027	0,200	0,14	25
1 9	-0,036	0,200	0,18	25
1 10	0,007	0,200	0,04	25
2 3	0,484	0,175	2,77	25
2 4	0,204	0,196	1,04	25
2 5	-0,126	0,198	0,64	25
2 6	-0,117	0,199	0,59	25
2 7	0,348	0,188	1,85	25
2 8	-0,145	0,198	0,73	25

Рис. 12. Экранная форма по определению достоверности разницы между группами (+r) (2–10 групп, 10 признаков)

В итоговых таблицах (листы «td 2 группы» – «td 10 групп»), как и в предыдущем модуле, вычисляются следующие показатели: разница между группами, критерий достоверности разницы и число степе-

ней свободы. Достоверность разницы определяется по таблицам Стьюдента или Фишера (справочные таблицы по биометрии).

### 3.6. Вычисление критерия достоверности разницы (2–10 групп, 2–10 признаков)

Бывают ситуации, когда научному сотруднику (или преподавателю) при рецензировании научной работы требуется определить критерий достоверности разницы ( $t_d$ ) между сравниваемыми группами. В этом может помочь данный модуль. С его помощью можно без труда определить  $t_d$  при известных показателях количества наблюдений ( $n$ ), средней арифметической ( $M$ ) и её ошибки ( $m$ ) для разного числа групп (от 2 до 10) и разного числа признаков (от 2 до 10) (рис. 13). Рецензент быстрее сможет проанализировать работу автора, дать заключение об объективности его рассуждений, правильности определения вероятности наличия выявленной разницы.

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled "Критерий достоверности разницы (td).xlsx - Microsoft Excel". It contains three sections, each with a title and two tables. The first section is for 3 groups and 3 characteristics, the second for 3 groups and 4 characteristics, and the third for 3 groups and 5 characteristics. Each section includes a table for input data (n, M, m) and a table for the resulting difference criterion (td) values.

**ВЫЧИСЛЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ РАЗНОСТИ МЕЖДУ ГРУППАМИ (3 группы, 3 признака)**

Признак	Показатель	Группа		
		I	II	III
1	n	10	18	30
	M	3780,60	4451,00	4386,40
	m	104,96	205,18	96,32
2	n	10	18	30
	M	3,87	3,84	3,86
	m	0,04	0,03	0,02
3	n	10	18	30
	M	3,24	3,23	3,21
	m	0,03	0,02	0,01

Показатель	Сравниваемые группы	Признак			v
		1	2	3	
разница	II I	670,4	-0,03	-0,01	26
	III I	605,8	-0,01	-0,03	38
	III II	-64,6	0,02	-0,02	46
td	II I	2,91	0,61	0,27	26
	III I	4,25	0,21	0,89	38
	III II	0,29	0,55	0,81	46

**ВЫЧИСЛЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ РАЗНОСТИ МЕЖДУ ГРУППАМИ (3 группы, 4 признака)**

Признак	Показатель	Группа		
		I	II	III
1	n	10	18	30
	M	3780,60	4451,00	4386,40
	m	104,96	205,18	96,32
2	n	10	18	30
	M	3,87	3,84	3,86
	m	0,04	0,03	0,02
3	n	10	18	30
	M	3,24	3,23	3,21
	m	0,03	0,02	0,01
4	n	10	18	30
	M	528,50	522,78	521,77
	m	24,37	15,37	12,61

Показатель	Сравниваемые группы	Признак				v
		1	2	3	4	
разница	II I	670,4	-0,03	-0,01	-5,72	26
	III I	605,8	-0,01	-0,03	-6,73	38
	III II	-64,6	0,02	-0,02	-1,01	46
td	II I	2,91	0,61	0,27	0,20	26
	III I	4,25	0,21	0,89	0,25	38
	III II	0,29	0,55	0,81	0,05	46

**ВЫЧИСЛЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ РАЗНОСТИ МЕЖДУ ГРУППАМИ (3 группы, 5 признаков)**

Признак	Показатель	Группа		
		I	II	III
1	n	10	18	30
	M	3780,60	4451,00	4386,40
	m	104,96	205,18	96,32
2	n	10	18	30
	M	3,87	3,84	3,86
	m	0,04	0,03	0,02
3	n	10	18	30
	M	3,24	3,23	3,21
	m	0,03	0,02	0,01

Показатель	Сравниваемые группы	Признак					v
		1	2	3	4	5	
разница	II I	670,4	-0,03	-0,01	-5,72	1,38	26
	III I	605,8	-0,01	-0,03	-6,73	-0,03	38
	III II	-64,6	0,02	-0,02	-1,01	-1,41	46
td	II I	2,91	0,61	0,27	0,20	0,94	26

Рис. 13. Экранная форма по вычислению критерия достоверности разницы (2–10 групп, 10 признаков)

### 3.7. Определение повторяемости (3 и 5 признаков) и корреляции (6 и 7 признаков) у коров

Модуль предназначен для обработки опытных данных по скотоводству, в частности, по определению взаимосвязи и повторяемости признаков молочной продуктивности коров, взаимосвязи удоя с признаками молочной продуктивности и воспроизводительной способности коров (рис. 14–18).

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОВТОРЯЕМОСТИ ПРИЗНАКОВ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ (3 признака)**

№	1 лактация			2 лактация			3 лактация			Лактация	Признак	n	M	m	σ	Cv	Min	Max	t <sub>z</sub>	t <sub>pe</sub>
	удой, кг	жир, %	белок, %	удой, кг	жир, %	белок, %	удой, кг	жир, %	белок, %											
1	4387	4,1	2,84	4575	4,9	2,85	5015	4,4	3,11	1	удой, кг	11	4533,73	213,90	676,42	14,92	3579	5724	21,20	144,21
2	3579	4,2	3,07	4585	3,15	2,77	4438	4,17	3,21			11	3,72	0,12	0,37	9,92	3	4,2	31,79	0,08
3	4910	3,3	2,87	5646	3,37	3,1	6090	3,43	3,14			11	2,91	0,04	0,11	3,83	2,75	3,07	83,14	0,02
4	4114	3,4	2,84	4845	3,8	2,96	4280	4,2	3,05	2	удой, кг	11	5227,18	277,29	876,88	16,78	4035	7089	18,85	186,95
5	5724	3,7	2,98	4756	4,1	2,95	4710	3,6	2,94			11	4,00	0,15	0,48	11,89	3,15	4,9	26,67	0,10
6	5373	3,8	3,07	7089	4	3,16	4870	3,9	3,19	3	жир, %	11	3,05	0,05	0,15	4,81	2,77	3,22	66,30	0,03
7	4000	3,7	2,75	4640	4,5	3,07	4055	4,1	3,14			11	5245,82	271,86	859,70	16,39	4055	6546	19,30	183,29
8	4750	4,1	3,01	5267	4,11	3,19	5533	4,19	2,79	3	белок, %	11	3,98	0,09	0,28	7,14	3,43	4,4	44,22	0,06
9	4629	3	2,83	4035	4,1	3,22	6175	4,03	2,88			11	3,02	0,05	0,15	5,08	2,79	3,21	60,40	0,03
10	4763	3,92	2,79	6032	4,01	3,15	6546	3,8	2,89											
11	3632	3,75	2,92	5929	3,92	3,12	5992	3,96	2,83											

Повторяемость		r <sub>z</sub>	t <sub>pe</sub>	t <sub>r</sub>	v
удой	1-2 лактации	0,293	0,319	0,92	9
	1-3 лактации	0,169	0,329	0,52	
	2-3 лактации	0,268	0,321	0,83	
жир	1-2 лактации	0,125	0,331	0,38	9
	1-3 лактации	0,398	0,306	1,30	
	2-3 лактации	0,421	0,302	1,39	
белок	1-2 лактации	-0,184	0,328	0,56	9
	1-3 лактации	0,125	0,331	0,38	
	2-3 лактации	-0,540	0,281	1,92	

Корреляция		r	t <sub>pe</sub>	t <sub>r</sub>	v
1 лактация	удой - жир	-0,179	0,328	0,55	9
	удой - белок	0,201	0,327	0,62	
	жир - белок	0,428	0,301	1,41	

Рис. 14. Экранная форма по вычислению коэффициентов повторяемости и корреляции признаков молочной продуктивности коров (3 признака)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОВТОРЯЕМОСТИ ПРИЗНАКОВ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ (5 признаков)**

№	1 лактация					2 лактация					3 лактация					Лактация	Признак	n	M	m	σ		
	удой, кг	жир, %	белок, %	жир, кг	белок, кг	удой, кг	жир, %	белок, %	жир, кг	белок, кг	удой, кг	жир, %	белок, %	жир, кг	белок, кг								
1	4397	4,1	180,3	2,84	124,9	4575	4,9	224,2	2,85	130,4	5015	4,4	220,7	3,11	156	1	удой, кг	11	4533,73	213,90	67		
2	3579	4,2	150,3	3,07	109,9	4585	3,15	144,4	2,77	127	4438	4,17	185,1	3,21	142,5			11	жир, %	11	3,72	0,12	0
3	4910	3,3	162	2,87	140,9	5646	3,37	190,3	3,1	175	6090	3,43	208,9	3,14	191,2			11	жир, кг	11	168,46	8,86	28
4	4114	3,4	139,9	2,84	116,8	4845	3,8	187,9	2,96	146,4	4280	4,2	179,8	3,05	130,5	11	белок, %	11	2,91	0,04	0		
5	5724	3,7	211,8	2,98	170,6	4756	4,1	195	2,95	140,3	4710	3,6	169,6	2,94	138,5	11	белок, кг	11	131,92	6,86	21		
6	5373	3,8	204,2	3,07	165	7089	4	283,6	3,16	224	4870	3,9	189,9	3,19	155,4	2	удой, кг	11	5227,18	277,29	87		
7	4000	3,7	148	2,75	110	4640	4,5	208,8	3,07	142,4	4055	4,1	166,3	3,14	127,3			11	жир, %	11	4,00	0,15	0
8	4750	4,1	194,8	3,01	143	5267	4,11	216,5	3,19	168	5533	4,19	231,8	2,79	154,4	3	жир, кг	11	208,22	12,06	30		
9	4629	3	138,9	2,83	131	4035	4,1	165,4	3,22	129,9	6175	4,03	248,9	2,88	177,8			11	белок, %	11	3,05	0,05	0
10	4763	3,92	186,7	2,79	132,9	6032	4,01	241,9	3,15	190	6546	3,8	248,7	2,89	189,2	11	белок, кг	11	159,85	9,83	31		
11	3632	3,75	136,2	2,92	106,3	5929	3,92	232,4	3,12	185	5992	3,96	237,3	2,83	169,6	3	удой, кг	11	5245,82	271,86	85		
12																		11	жир, %	11	3,98	0,09	0
13																		11	жир, кг	11	207,91	9,89	31
14																11	белок, %	11	3,02	0,05	0		
15																11	белок, кг	11	157,49	7,03	21		

Повторяемость		r <sub>z</sub>	t <sub>pe</sub>	t <sub>r</sub>
1-2	0,293	0,319	0,92	

Рис. 15. Экранная форма по вычислению коэффициентов повторяемости и корреляции признаков молочной продуктивности коров (5 признаков)

В первой и второй электронных таблицах, представленных на рисунках 14–15, можно определить коэффициенты повторяемости признаков молочной продуктивности между смежными лактациями (1, 2, 3) для прогнозирования будущей молочной продуктивности коров, а также для определения эффекта отбора. В данной форме рассчитываются основные и дополнительные биометрические показатели, а также коэффициенты корреляции между признаками молочной продуктивности по трём лактациям. На рисунке 16 представлена вторая экранная форма с итоговыми значениями вычислений биометрических показателей.

ИИ ПРИЗНАКОВ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ (5 признаков)																				
№	3 лактации					Лактация	Признак	n	M	m <sub>д</sub>	σ	С <sub>т</sub>	Min	Max	t <sub>д</sub>	m <sub>с</sub>	t <sub>с</sub>	m <sub>С<sub>т</sub></sub>	t <sub>С<sub>т</sub></sub>	
	белок, %	белок, кг	удой, кг	жир, %	жир, кг															
2,85	130,4	5015	4,4	220,7	3,11	1	удой, кг	11	4533,73	213,90	676,42	14,92	3579	5724	21,20	144,21	4,69	3,18	4,69	
2,77	127	4438	4,17	185,1	3,21			жир, %	11	3,72	0,12	0,37	9,92	э	4,2	31,00	0,08	4,63	2,11	4,70
3,1	175	6090	3,43	208,9	3,14			жир, кг	11	168,46	8,86	28,00	16,62	136,2	211,8	19,01	5,97	4,69	3,54	4,69
2,96	146,4	4280	4,2	179,8	3,03			белок, %	11	2,91	0,04	0,11	3,83	2,75	3,07	72,75	0,02	5,50	0,82	4,67
2,95	140,3	4710	3,6	169,6	2,94			белок, кг	11	131,92	6,86	21,69	16,44	106,1	170,6	19,23	4,62	4,69	3,51	4,68
3,16	224	4870	3,9	189,9	3,19			2	удой, кг	11	5227,18	277,29	876,88	16,78	4035	7089	18,85	186,95	4,69	3,58
3,07	142,4	4055	4,1	166,3	3,14	жир, %	11			4,00	0,15	0,48	11,89	3,15	4,9	26,67	0,10	4,80	2,53	4,70
3,19	168	5533	4,19	231,8	2,79	жир, кг	11			208,22	12,06	38,13	18,31	144,4	283,6	17,27	8,13	4,69	3,90	4,69
3,22	129,9	6173	4,03	248,0	2,83	белок, %	11			3,05	0,05	0,15	4,81	2,77	3,22	61,00	0,03	5,00	1,03	4,67
3,15	190	6546	3,8	248,7	2,89	белок, кг	11			159,85	9,83	31,09	19,45	127	224	16,26	6,63	4,69	4,15	4,69
3,12	185	5992	3,96	237,3	2,83	удой, кг	11			5245,82	271,86	859,70	16,39	4055	6546	19,30	183,29	4,69	3,49	4,70
						3	жир, %	11	3,98	0,09	0,28	7,14	3,43	4,4	44,22	0,06	4,67	1,52	4,70	
								жир, кг	11	207,91	9,89	31,27	15,04	166,3	248,9	21,02	6,67	4,69	3,21	4,69
								белок, %	11	3,02	0,05	0,15	5,08	2,79	3,21	60,40	0,03	5,00	1,08	4,70
								белок, кг	11	157,49	7,93	22,23	14,12	127,3	191,2	22,40	4,74	4,69	3,01	4,69

Признак	Лактация	r <sub>п</sub>	m <sub>с</sub>	t <sub>с</sub>	v
удой, кг	1-2	0,293	0,319	0,92	9
	1-3	0,169	0,329	0,32	
	2-3	0,268	0,321	0,83	
жир, %	1-2	0,125	0,331	0,38	9
	1-3	0,398	0,306	1,30	
	2-3	0,421	0,302	1,39	
жир, кг	1-2	0,512	0,286	1,79	9
	1-3	-0,100	0,332	0,30	

Корреляция		r	m <sub>с</sub>	t <sub>с</sub>	v
1 лактация	удой - жир, %	0,179	0,328	0,55	9
	удой - белок, кг	0,813	0,194	4,18	
	удой - белок, %	0,201	0,327	0,62	
	жир - белок, кг	0,975	0,074	13,09	
	жир - белок, %	0,428	0,301	1,42	
	жир - белок, кг	0,851	0,175	4,85	
2 лактация	удой - жир, %	-0,181	0,328	0,55	9
	удой - жир, кг	0,809	0,196	4,13	

Рис. 16. Вторая экранная форма по вычислению коэффициентов повторяемости и корреляции признаков молочной продуктивности коров (5 признаков)

В нашем примере (рис. 16) получены невысокие показатели повторяемости удоя ( $r_{п}=0,169-0,293$ )<sup>16</sup>, но прослеживаются общие тенденции снижения этого показателя с возрастом и при сравнении отдалённых лактаций (1 и 3). Так, коэффициент повторяемости удоя наибольшим был у животных между 1 и 2 лактациями ( $r_{п}=0,293$ ), несколько ниже – между 2 и 3 лактациями ( $r_{п}=0,268$ ), самым низким – между 1 и 3 лактациями ( $r_{п}=0,169$ ), что согласуется с данными других исследователей [Боев, Бибилова, Колышкина, 1987, с. 83; Завертяев, 1986, с. 97].

<sup>16</sup> По данным [Завертяев, Бибилова, Колышкина, 1986, с. 99], коэффициент повторяемости считается невысоким, если он ниже 0,4, средним – 0,5–0,6, высоким – выше 0,7. Для молочного скота определены следующие коэффициенты повторяемости селекционируемых признаков молочной продуктивности: удоя – 0,30–0,55, содержания жира в молоке – 0,50–0,70, молочного жира – 0,30–0,50.

Е.П. Карманова и А.Е Болгов в своей работе отмечают, что в стадах с низкими коэффициентами повторяемости селекционная работа неэффективна [Карманова, Болгов, 1984, с. 22–23].

В третьей и четвёртой электронных таблицах (рис. 17–18) можно определить коэффициенты корреляции между признаками молочной продуктивности, между удоём и развитием (живая масса), между удоём и признаками воспроизводительной способности (возраст первого отёла, сервис- и межотельный периоды) (6 и 7 признаков).

Взаимосвязь удоя с признаками молочной продуктивности, развития и воспроизводительной способности (6 признаков)

№	Удой, кг	жир, %	белок, %	живая масса, кг	возраст 1 отёла	сервис-период	№	п	М	m <sub>0</sub>	σ	С <sub>у</sub>	Min	Max	t <sub>0</sub>	m <sub>0</sub>	t <sub>0</sub>	mC <sub>у</sub>	tC <sub>у</sub>
1	5513	4,59	3,19	510	942	80	Удой, кг	35	4420,43	117,07	692,59	15,67	3065	5794	37,76	82,78	8,37	1,87	8,38
2	4145	4,38	3,22	505	821	104	жир, %	35	4,20	0,05	0,31	7,44	3,5	4,74	79,25	0,04	7,75	0,89	8,36
3	4410	4,74	3,15	500	942	43	белок, %	35	3,05	0,02	0,14	-4,62	2,79	3,27	127,08	0,02	7,00	0,55	8,40
4	3494	4,31	3,12	510	882	92	живая масса	35	510,09	4,11	24,30	4,76	452	550	124,17	2,90	8,38	0,57	8,35
5	4894	4,68	3,1	520	821	72	возраст 1 отёла	35	943,20	13,27	78,53	8,33	790	1125	71,06	9,39	8,36	1,00	8,33
6	4243	4,29	3,11	515	851	295	сервис-период	35	114,89	13,82	81,73	71,14	24	413	8,32	9,77	8,37	8,50	8,37
7	4202	4,60	3,21	490	790	82													
8	4119	4,37	3,14	495	821	66													
9	4623	4,65	3,05	500	912	150													
10	5139	4,00	2,94	500	942	155													
11	3414	3,50	3,19	520	942	80													
12	4085	4,30	3,14	485	912	95													
13	4274	4,17	2,79	510	1003	125													
14	4373	3,80	2,88	510	973	116													
15	5238	4,49	2,89	520	1125	245													
16	3753	4,40	2,83	535	1094	143													
17	4549	4,10	2,91	455	973	80													
18	5556	4,24	2,93	470	1003	24													
19	5089	4,19	2,93	525	1003	105													
20	4526	3,56	3,22	500	912	92													

Корреляция		r	m <sub>0</sub>	t <sub>0</sub>	v
Удой, кг	жир, %	0,073	0,174	0,42	33
	белок, %	-0,090	0,173	0,52	
	живая масса	-0,021	0,174	0,12	
	возраст 1 отёла	0,148	0,172	0,86	
	сервис-период	0,062	0,174	0,36	
жир, %	белок, %	-0,049	0,174	0,28	33

Рис. 17. Экранная форма по определению взаимосвязи удоя коров с признаками молочной продуктивности, развития и воспроизводительной способности (6 признаков)

Взаимосвязь удоя с признаками молочной продуктивности, развития и воспроизводительной способности (7 признаков)

№	Удой, кг	Жир, %	Белок, %	Живая масса, кг	ВО*	СП**	МОП***	№	п	М	m <sub>0</sub>	σ	С <sub>у</sub>	Min	Max	t <sub>0</sub>	m <sub>0</sub>	t <sub>0</sub>	mC <sub>у</sub>	tC <sub>у</sub>
1	5513	4,59	3,19	510	942	80	365	Удой, кг	35	4420,43	117,07	692,59	15,67	3065	5794	37,76	82,78	8,37	1,87	8,38
2	4145	4,38	3,22	505	821	104	381	Жир, %	35	4,20	0,05	0,31	7,44	3,5	4,74	79,25	0,04	7,75	0,89	8,36
3	4410	4,74	3,15	500	942	43	336	Белок, %	35	3,05	0,02	0,14	-4,62	2,79	3,27	127,08	0,02	7,00	0,55	8,40
4	3494	4,31	3,12	510	882	92	383	Живая масса	35	510,09	4,11	24,30	4,76	452	550	124,17	2,90	8,38	0,57	8,35
5	4894	4,68	3,1	520	821	72	359	ВО	35	943,20	13,27	78,53	8,33	790	1125	71,06	9,39	8,36	1,00	8,33
6	4243	4,29	3,11	515	851	295	385	СП	35	114,89	13,82	81,73	71,14	24	413	8,32	9,77	8,37	8,50	8,37
7	4202	4,60	3,21	490	790	82	370	МОП	35	400,69	13,69	80,98	20,21	310	698	29,27	9,68	8,37	2,42	8,35
8	4119	4,37	3,14	495	821	66	359													
9	4623	4,65	3,05	500	912	150	438													
10	5139	4,00	2,94	500	942	155	442													
11	3414	3,50	3,19	520	942	80	353													
12	4085	4,30	3,14	485	912	95	375													
13	4274	4,17	2,79	510	1003	125	403													
14	4373	3,80	2,88	510	973	116	402													
15	5238	4,49	2,89	520	1125	245	532													
16	3753	4,40	2,83	535	1094	143	435													
17	4549	4,10	2,91	455	973	80	361													
18	5556	4,24	2,93	470	1003	24	312													
19	5089	4,19	2,93	525	1003	105	394													

Корреляция		r	m <sub>0</sub>	t <sub>0</sub>	v
Удой, кг	Жир, %	0,073	0,174	0,42	33
	Белок, %	-0,090	0,173	0,52	33
	Живая масса	-0,021	0,174	0,12	33
	ВО	0,148	0,172	0,86	33
	СП	0,062	0,174	0,36	33
	МОП	0,088	0,173	0,51	33
	Жир, %	Белок, %	-0,049	0,174	0,28

Рис. 18. Экранная форма по определению взаимосвязи удоя коров с признаками молочной продуктивности, развития и воспроизводительной способности (7 признаков)

## 3.8. Дисперсионный анализ

### 3.8.1. Однофакторный дисперсионный анализ

Электронные таблицы по обработке однофакторного дисперсионного комплекса были разработаны с использованием нескольких методов. Так, в листе «1 фактор (20 градаций)» использованы алгоритмы вычисления, описанные в работах [Мельников, Алешкин, Рощин, 1972, с. 43; Плохинский, 1980, с. 48], в листе «1 фактор (2 градации, 10 групп)» – в работе [Методика обработки..., 1967, с. 23].

В электронной таблице (лист «1 фактор (20 градаций)») можно определить силу комплексного воздействия множественного числа градаций (от 1 до 20) одного фактора на признак, рассчитать основные биометрические показатели по каждой градации (рис. 19–20).

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	Показатель	Значение
1	1	4	7	5	3	6	8	5													Факторальная дисперсия ( $S_A$ )	77,22
2	2	6	8	4	1	7	1	4													Остаточная дисперсия ( $S_B$ )	48
3	3		9	2	4	5	2	3													Общая дисперсия ( $S_C$ )	125,22
4																					Число степеней свободы ( $\nu_A$ )	7
5																					Число степеней свободы ( $\nu_B$ )	15
6																					Число степеней свободы ( $\nu_C$ )	22
7																					Общая дисперсия ( $\sigma^2$ )	11,03
8																					Остаточная дисперсия ( $\sigma^2_B$ )	3,2
9																					Общая дисперсия ( $\sigma^2_C$ )	1,79
10																					Сила влияния ( $\eta^2$ )	0,617
11																					$\eta^2, \%$	61,70
12																					Достоверность (F)	3,45
13																						

Рис. 19. Первая экранная форма по обработке однофакторного дисперсионного комплекса (1 фактор, 20 градаций)

S	T	Показатель	Значение	a	M	m	G	S <sub>y</sub>	n <sub>к</sub>	M <sub>к</sub>	d	F	
		Факторальная дисперсия ( $S_A$ )	77,22	A	3	2,00	0,71	1,00	50,00	20	4,70	-2,70	6,05
		Остаточная дисперсия ( $S_B$ )	48	B	2	5,00	1,41	1,41	28,28	21	4,29	0,71	0,29
		Общая дисперсия ( $S_C$ )	125,22	C	3	8,00	0,71	1,00	12,50	20	3,80	4,20	14,63
		Число степеней свободы ( $\nu_A$ )	7	D	3	3,67	1,08	1,53	41,66	20	4,45	-0,78	0,50
		Число степеней свободы ( $\nu_B$ )	15	E	3	2,67	1,08	1,53	97,28	20	4,60	-1,93	3,09
		Число степеней свободы ( $\nu_C$ )	22	F	3	6,00	0,71	1,00	16,67	20	4,10	1,90	2,99
		Факторальная дисперсия ( $\sigma^2_A$ )	11,03	G	3	3,67	2,68	5,79	103,25	20	4,45	-0,78	0,50
		Остаточная дисперсия ( $\sigma^2_B$ )	3,2	H	3	4,00	0,71	1,00	25,00	20	4,40	-0,40	0,13
		Общая дисперсия ( $\sigma^2_C$ )	1,79	I									
		Сила влияния ( $\eta^2$ )	0,617	J									
		$\eta^2, \%$	61,70	K									
		Достоверность (F)	3,45	L									
				M									
				N									
				O									
				P									
				Q									
				R									
				S									
				T									
				Итого	23	4,35	1,32	1,54	43,43				

$n_k$  – количество сверсных  
 $M_k$  – средн. знач. признака у сверсных

Значения критерия Фишера, показывающего достоверность различий между средними

Факторы	d	F												

Рис. 20. Вторая экранная форма по обработке однофакторного дисперсионного комплекса (1 фактор, 20 градаций)

Помимо этого, в данном модуле можно вычислить разницу между градациями и определить достоверность этой разницы по критерию Фишера (рис. 20–21). Например, с помощью данной формы можно определить племенную ценность производителей (быков, хряков) путём оценки их по потомству методом сравнения со сверстниками (рис. 20, последние четыре колонки правой верхней части итоговой таблицы), или сравнивая группы потомков между собой (рис. 21).

Значения критерия Фишера, показывающего достоверность разницы между средними

Факторы	d	F	Факторы	d	F	Факторы	d	F	Факторы	d	F	Факторы	d	F
A-B	3,00	3,4	C-D	-4,33	8,8	E-J			H-I			K-R		
A-C	6,00	16,9	C-E	-5,33	13,3	E-K			H-J			K-S		
A-D	1,67	1,3	C-F	-2,00	1,9	E-L			H-K			K-T		
A-E	0,67	0,2	C-G	-4,33	8,8	E-M			H-L			L-M		
A-F	4,00	7,5	C-H	-4,00	7,5	E-N			H-M			L-N		
A-G	1,67	1,3	C-I			E-O			H-N			L-O		
A-H	2,00	1,9	C-J			E-P			H-O			L-P		
A-I			C-K			E-Q			H-P			L-Q		
A-J			C-L			E-R			H-Q			L-R		
A-K			C-M			E-S			H-R			L-S		
A-L			C-N			E-T			H-S			L-T		
A-M			C-O			F-G	-2,33	2,5	H-T			M-N		
A-N			C-P			F-H	-2,00	1,9	I-J			M-O		
A-O			C-Q			F-I			I-K			M-P		
A-P			C-R			F-J			I-L			M-Q		
A-Q			C-S			F-K			I-M			M-R		
A-R			C-T			F-L			I-N			M-S		
A-S			D-E	-1,00	0,5	F-M			I-O			M-T		
A-T			D-F	2,33	2,5	F-N			I-P			N-O		
B-C	3,00	3,4	D-G			F-O			I-Q			N-P		
B-D	-1,33	0,7	D-H	0,33	0,1	F-P			I-R			N-Q		
B-E	-2,33	2,0	D-I			F-Q			I-S			N-R		
B-F	1,00	0,4	D-J			F-R			I-T			N-S		

Рис. 21. Третья экранная форма по обработке однофакторного дисперсионного комплекса (1 фактор, 20 градаций)

Для определения достоверности силы влияния фактора на признак полученный критерий достоверности (F) сравнивается с табличным ( $F_{st}$ ) (стандартные значения критерия Фишера), и если  $F > F_{st}$ , то влияние изучаемого фактора на признак признаётся достоверным. Табличное значение F для числа степеней свободы 7 ( $v_x$ ) и 15 ( $v_z$ ) составляет  $F_{0,95}=2,7$ ;  $F_{0,99}=4,1$ ;  $F_{0,999}=6,8$ , следовательно, полученный в нашем примере (рис. 19) показатель силы влияния ( $\eta^2=0,617$ ) считается достоверным ( $F_{0,95}=3,45$ ) при первом пороге вероятности.

Практическое применение данного модуля может быть следующим. Так, если исследователь поставил перед собой задачу определить, какие производители являются улучшателями, нейтральными,

или ухудшателями, то сначала ему следует определить силу влияния фактора (генетическое влияние производителей на признак у потомства). Затем, если значение  $F$  оказалось выше критического  $F_{st}$ , то есть смысл установить племенную ценность производителей: определить достоверность различия потомства отдельных производителей в сравнении со сверстниками. Если значение  $F$  оказалось ниже табличного, то различия между потомством сравниваемых производителей признаются случайными, а самих производителей следует считать близкими по племенной ценности. Далее можно сравнить потомство отдельных производителей между собой и определить достоверность их различий. Данный модуль позволяет ответить на все эти вопросы одновременно.

В электронной таблице (лист «1 фактор (2 градации, 10 групп)») можно вычислить коэффициенты наследуемости одноименного признака у родственников (дочерей и матерей) (10 групп) разными методами (дисперсионного анализа, путём расчёта коэффициентов корреляции и регрессии) (рис. 22–23), а затем сравнить полученные результаты. Пояснения по отбору пар для определения коэффициента наследуемости методом дисперсионного анализа даны в разделе 2.5.1.

градация	1 группа		2 группа		3 группа		4 группа		5 группа		6 группа		7 группа		8 группа		9 группа		10 группа		Показатель	1 группа
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
1	30	25	30	25	30	25	30	25	30	25	30	25	30	25	30	25	30	25	30	25	Sx	28,9
2	31	29	31	29	31	29	31	29	31	29	31	29	31	29	31	29	31	29	31	29	Sx	44
3	35	30	35	30	35	30	35	30	35	30	35	30	35	30	35	30	35	30	35	30	Sx	72,9
4	30	31	30	31	30	31	30	31	30	31	30	31	30	31	30	31	30	31	30	31	n <sup>2</sup>	0,40
5	32	26	32	26	32	26	32	26	32	26	32	26	32	26	32	26	32	26	32	26	n <sup>2</sup>	0,60
6																					n <sup>2</sup> %	40
7																					n <sup>2</sup> %	60
8																					vx	1
9																					vx	8
10																					vx	9
11																					F	5,3
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
17																						
18																						

Рис. 22. Первая экранная форма по обработке однофакторного дисперсионного комплекса (1 фактор, 2 градации, 10 групп)

На рисунке 22 приведён пример определения коэффициента наследуемости разными методами. В таблицу введены одинаковые значения признака у пар всех 10 групп. Градациями в каждой группе служат показатели признака у дочерей (1 столбец) и матерей (2 столбец). В итоговых таблицах (рис. 23) представлены результаты произведённых вычислений. Установлено, что дисперсионным методом получен самый низкий коэффициент наследуемости (0,40), несколько

выше он оказался при вычислении  $h^2$  с использованием коэффициентов корреляции и регрессии (0,50 и 0,63).

10 группа		Исследователь	1 группа	2 группа	3 группа	4 группа	5 группа	6 группа	7 группа	8 группа	9 группа	10 группа
1	2											
30	25	Sx	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9
31	25	Sy	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
35	30	Sy	72,9	72,9	72,9	72,9	72,9	72,9	72,9	72,9	72,9	72,9
30	31	η²x	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
32	26	η²y	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
		η²x %	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		η²y %	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
		vx	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		vy	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
		wy	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
		F	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3

*S* - дисперсия: Sx - факториальная, Sy - остаточная, Sy - общая  
 $\eta^2$  - доля влияния (коэффициент наследуемости):  $\eta^2x$  - факториальная,  $\eta^2y$  - остаточная  
*n* - число степеней свободы  
*F* - коэффициент достоверности

Группа	Градация	n	M	m	σ	Sy	r	mx	my	b' (r)	R <sub>±1</sub>	m <sub>R±1</sub>	b' (R)
1	1	5	31,60	1,04	2,07	6,56							
	2	5	28,20	1,29	2,59	9,18	0,25	0,56	0,45	0,50	0,31	0,70	0,63
2	1	5	31,60	1,04	2,07	6,56							
	2	5	28,20	1,29	2,59	9,18	0,25	0,56	0,45	0,50	0,31	0,70	0,63
3	1	5	31,60	1,04	2,07	6,56							
	2	5	28,20	1,29	2,59	9,18	0,25	0,56	0,45	0,50	0,31	0,70	0,63
4	1	5	31,60	1,04	2,07	6,56							
	2	5	28,20	1,29	2,59	9,18	0,25	0,56	0,45	0,50	0,31	0,70	0,63
5	1	5	31,60	1,04	2,07	6,56							
	2	5	28,20	1,29	2,59	9,18	0,25	0,56	0,45	0,50	0,31	0,70	0,63
	1	5	31,60	1,04	2,07	6,56							

Рис. 23. Вторая экранная форма по обработке однофакторного дисперсионного комплекса (1 фактор, 2 градации, 10 групп)

### 3.8.2. Двухфакторный дисперсионный анализ

С помощью двухфакторного дисперсионного анализа, как уже отмечалось выше, можно определить силу влияния на признак не только каждого фактора, но и долю влияния на него их комплексного воздействия. При этом определяются дисперсии: факториальная, случайная, общая, факторов А, В и АВ.

Примеры обработки двухфакторного дисперсионного комплекса на 2 и 5 градаций представлены на рисунках 24–25. Прокомментировать полученные результаты (рис. 24) можно следующим образом: в высокой степени достоверности (третий порог вероятности) установлено влияние фактора А и совместного действия двух факторов на признак ( $\eta^2=0,090$  и  $\eta^2=0,757$ ). При числе степеней свободы  $v_x=3$  и  $v_z=16$  критерий Фишера оказался равным соответственно 9,5 и 79,61, что превышает табличное значение  $F_{st}$  (9,0–5,3–3,2). Но, несмотря на это, нельзя заключить, что фактор В совсем не влияет на признак, так как такие результаты могли быть получены при определённой градации другого фактора, кроме того, достоверность этого факта (полного отсутствия влияния) не подтверждена ( $F=0,03$ ).

№	А1		А2		Показатель	А	В	АВ	x	z	y
	В1	В2	В1	В2							
1	8	3	1	6	C	18,05	0,05	151,25	169,35	30,4	199,75
2	12	4	3	8	η²x	0,090		0,757	0,848	0,152	1,000
3	9	5	4	10	v	1	1	1	3	16	19
4	10	4	3	9	σ²	18,05	0,05	151,25	56,45	1,9	10,51
5	11	6	2	7	F	9,5	0,03	79,61	29,71		

Рис. 24. Экранная форма по обработке двухфакторного дисперсионного комплекса (2 фактора, 2 градации)

Во втором примере (рис. 25) установлено, что в отдельности факторы либо оказывают слабое влияние на признак (в данном случае фактор А ( $\eta^2=0,006$ ;  $F=1,18$ ), либо достоверно влияют на него (фактор В ( $\eta^2=0,056$ ;  $F_{0,99}=2,98$ ) и оказывают существенное влияние (с высокой степенью вероятности) при совместном их действии ( $\eta^2=0,519$ ;  $F_{0,999}=17,79$ ). Для данного примера число степеней свободы составило  $v_x=9$  и  $v_z=90$ , стандартные значения критерия Фишера –  $F_{0,95}=2,0$ ;  $F_{0,99}=2,6$ ;  $F_{0,999}=3,6$ .

№	А1					А2					Показатель	А	В	АВ	x	z	y
	В1	В2	В3	В4	В5	В1	В2	В3	В4	В5							
1	4384	2527	4312	1419	4106	1337	4719	2447	5167	1882	C	583848,81	5895078,04	54985615,6	61464542	44525726	105990268
2	4799	2580	5473	1722	4342	2976	2361	2572	3575	2071	η²x	0,006	0,056	0,519	0,580	0,420	1,000
3	3622	2710	4690	1962	4640	2995	3511	2577	3815	2356	v	1	4	4	9	90	99
4	4267	2819	3669	2072	3861	3215	5321	2745	5057	2619	σ²	583848,81	1473769,51	13746403,9	6829393,6	494730,29	1070608,77
5	5015	2858	4149	2401	3451	3236	2190	2862	4836	2780	F	1,18	2,98	27,79	13,8		

Рис. 25. Экранная форма по обработке двухфакторного дисперсионного комплекса (2 фактора, 5 градаций)

Факториальная доля влияния в обоих примерах была выше, чем остаточная (случайные факторы). Критерий достоверности факториальной доли в первом примере составил 29,71, во втором – 13,8, что превышает  $F_{st}$  по третьему порогу достоверности.

### 3.9. Справочные таблицы по биометрии

#### 3.9.1. Критические значения критерия достоверности Стьюдента

Экранная форма таблицы с критическими значениями критерия  $t$  Стьюдента<sup>17</sup> представлена на рисунке 26.

**КРИТИЧЕСКИЕ ЗНАЧЕНИЯ КРИТЕРИЯ  $t$  СТЬЮДЕНТА**

v	Доверительные уровни			v	Доверительные уровни		
	95%	99%	99,9%		95%	99%	99,9%
1	12,71	63,60		21	2,08	2,83	3,82
2	4,30	9,93	31,60	22	2,07	2,82	3,79
3	3,18	5,84	12,94	23	2,07	2,81	3,77
4	2,78	4,60	8,61	24	2,06	2,80	3,75
5	2,57	4,03	6,86	25	2,06	2,79	3,73
6	2,45	3,71	5,96	26	2,06	2,78	3,71
7	2,37	3,50	5,41	27	2,05	2,77	3,69
8	2,31	3,36	5,04	28	2,05	2,76	3,67
9	2,26	3,25	4,78	29	2,04	2,76	3,66
10	2,23	3,17	4,59	30	2,04	2,75	3,65
11	2,20	3,11	4,44	40	2,02	2,70	3,55
12	2,18	3,06	4,32	50	2,01	2,68	3,50
13	2,16	3,01	4,22	60	2,00	2,66	3,46
14	2,15	2,98	4,14	80	1,99	2,64	3,42
15	2,13	2,95	4,07	100	1,98	2,63	3,39
16	2,12	2,92	4,02	120	1,98	2,62	3,37
17	2,11	2,90	3,97	200	1,97	2,60	3,34
18	2,10	2,88	3,92	500	1,96	2,59	3,31
19	2,09	2,86	3,88	>500	1,96	2,58	3,29
20	2,09	2,85	3,85				
	5%	1%	0,1%		5%	1%	0,1%
	Уровни значимости				Уровни значимости		

Рис. 26. Экранная форма таблицы с критическими значениями критерия  $t$  Стьюдента

<sup>17</sup> По данным [Урбах, 1964, с. 377].

Таблица с критическими значениями критерия  $t$  Стьюдента (рис. 26) показывает доверительные уровни значений доверительной вероятности ( $P$ ) и одновременно критические значения уровней значимости ( $p$ ), следовательно, значению доверительной вероятности 0,95 (95 %) соответствует критическое значение уровня значимости 0,05 (5 %), соответственно  $P_{0,99 (99\%)} = p_{0,01 (1\%)}; P_{0,999 (99,9\%)} = p_{0,001 (0,1\%)}.$

Доверительная вероятность – это уровень вероятности, который считается достаточным для суждения о достоверности статистических показателей, получаемых на основании выборочных данных. Уровень значимости обозначает вероятность получения случайного отклонения от установленных с определённой вероятностью результатов [Крюков, 2006, с. 62–63]. С помощью уровня значимости можно установить, в каком проценте случаев всё же возможна ошибка в полученных результатах, в оценке достоверности различий между какими-либо величинами. Например, уровень значимости 0,05 (5 %) указывает на то, что ошибка возможна в 5 % случаев из 100. При уровне значимости 0,01 (1 %) вывод не обоснован только в одном случае из 100 [Рокицкий, 1973, с. 71].

Если полученное в опыте значение критерия достоверности превышает табличные значения доверительных уровней вероятности ( $P > 0,95; P > 0,99; P > 0,999$ ), или меньше табличных значений уровней значимости ( $p < 0,05; p < 0,01; p < 0,001$ ), то выявленные различия можно считать достоверными, или они признаются статистически значимыми. В разных руководствах символ обозначения уровня значимости приводится по-разному. Так, в работах одних учёных [Лакин, 1973; Рокицкий, 1973; Терентьев, Ростова, 1977; Крюков, 2006] этот показатель обозначается символом « $P$ », в пособиях других авторов [Урбах, 1964; Ивантер, Коросов, 2010] – символом « $\alpha$ », в ряде учебных пособий – символом « $p$ ».

### ***3.9.2. Стандартные значения критерия достоверности Фишера***

Таблица со стандартными значениями критерия достоверности Фишера содержит не только значения  $t$  для разных уровней достоверности, но и показывает уровни приближения к достоверности (тенденции), а также уровни недостоверности (рис. 27). Приведённые на рисунке 27 значения критериев достоверности полностью совпадают с первичными источниками [Fisher, 1954, с. 174; Fisher, Yates, 1963, с. 46].

Справочные таблицы по биометрии (вкл. mg и tdr) - Microsoft Excel

**Таблица II**  
**СТАНДАРТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ t КРИТЕРИЯ ФИШЕРА**

n	Недостоверность					Тенденция					Достоверность			
	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01	0,001	
1	0,158	0,325	0,510	0,727	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657	636,619	
2	0,142	0,289	0,445	0,617	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,598	
3	0,137	0,277	0,424	0,584	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924	
4	0,134	0,271	0,414	0,569	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610	
5	0,132	0,267	0,408	0,559	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869	
6	0,131	0,265	0,404	0,553	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959	
7	0,130	0,263	0,402	0,549	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408	
8	0,130	0,262	0,399	0,546	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041	
9	0,129	0,261	0,398	0,543	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781	
10	0,129	0,260	0,397	0,542	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587	
11	0,129	0,260	0,396	0,540	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437	
12	0,128	0,259	0,395	0,539	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318	
13	0,128	0,259	0,394	0,538	0,694	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221	
14	0,128	0,258	0,393	0,537	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140	
15	0,128	0,258	0,393	0,536	0,691	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073	
16	0,128	0,258	0,392	0,535	0,690	0,865	1,071	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015	
17	0,128	0,257	0,392	0,534	0,689	0,863	1,069	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,965	

Рис. 27. Экранная форма таблицы со стандартными значениями критерия достоверности Фишера

Для определения, достоверен ли полученный в опыте результат, нужно  $t_{\text{факт}}$  сопоставить с  $t_{\text{ст}}$  и определить уровень достоверности.

### 3.9.3. Определение достоверности коэффициента корреляции

Таблица является справочной. С её помощью можно определить, достоверен ли вычисленный в опыте коэффициент корреляции (рис. 28).

В электронной таблице на рисунке 28 представлены значения критерия достоверности коэффициента корреляции ( $t_r$ ) при  $r$  от 0,01 до 0,90 с числом пар ( $n$ ) – от 5 до 2500. Для удобства задан фильтр ( $\nabla$ ) для быстрого выбора числа пар и определения  $t_r$ . Пороги достоверности  $t_r$  выделены разным цветом (первый порог – светлее, второй – темнее, третий – самый тёмный). В последних трёх строках первой таблицы показано, при каких минимальных значениях коэффициента корреляции и количества пар значения  $r$  окажутся достоверными (рис. 28).

**Таблица III**  
ЗНАЧЕНИЯ КРИТЕРИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА КОРРЕЛЯЦИИ (n) (r – от 0,01 до 0,90; n – от 5 до 2500 пар)

r \ n	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.21	0.23	0.25	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.35	0.37	0.39
5	0,02	0,04	0,05	0,07	0,09	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,48	0,50
6	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,41	0,43	0,46	0,48	0,50	0,53	0,55
7	0,02	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14	0,16	0,18	0,20	0,23	0,25	0,27	0,29	0,32	0,34	0,36	0,39	0,41	0,43	0,46	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,63
8	0,03	0,05	0,07	0,10	0,12	0,15	0,17	0,20	0,22	0,25	0,27	0,30	0,32	0,35	0,37	0,40	0,42	0,45	0,47	0,50	0,53	0,55	0,58	0,61	0,64	0,67
9	0,03	0,05	0,08	0,11	0,13	0,16	0,19	0,21	0,24	0,27	0,29	0,32	0,35	0,37	0,40	0,43	0,46	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,63	0,66	0,69	0,72
938	0,30	0,31	0,31	1,23	1,52	1,82	2,12	2,50	2,81	3,13	3,44	3,75	4,06	4,38	4,69	5,00	5,31	5,63	6,13	6,45	6,77	7,10	7,43	7,76	8,09	8,42
1878	0,44	0,47	0,50	1,74	2,17	2,61	3,04	3,48	3,91	4,35	4,78	5,22	5,65	6,09	6,52	7,27	7,73	8,18	8,64	9,09	9,55	10,00	10,45	10,90	11,35	11,80
2495	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,95	9,47	10,00	10,53	11,05	11,58	12,10	12,63	13,15	13,68
2496	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,95	9,47	10,00	10,53	11,05	11,58	12,10	12,63	13,15	13,68
2497	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,95	9,47	10,00	10,53	11,05	11,58	12,10	12,63	13,15	13,68
2498	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,95	9,47	10,00	10,53	11,05	11,58	12,10	12,63	13,15	13,68
2499	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,95	9,47	10,00	10,53	11,05	11,58	12,10	12,63	13,15	13,68
2500	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,95	9,47	10,00	10,53	11,05	11,58	12,10	12,63	13,15	13,68
P>=0,05				2373	1592	1069	787	603	477	386	318	258	210	195	169	144	128	116	102	88	88	80	72	64	56	48
P>=0,10						1799	1311	996	828	663	542	451	380	337	291	253	221	195	173	155	143	128	115	103	91	80
P>=0,999							2144	1646	1302	1055	871	731	654	560	484	422	371	329	293	262	235	213	191	170	150	130

n = n - 2

Количество пар значений, достаточное для достоверности коэффициента

r \ P	0,95	0,99	0,999	r \ P	0,95	0,99	0,999
0,01	38407*	66503*	108903*	0,46	19	31	50
0,02	9603*	16628*	27228*	0,47	18	29	47
0,03	4269*	7392*	12103*	0,48	17	28	44
0,04	2373	4159*	6809*	0,49	16	27	42
0,05	1532	2263*	4359*	0,50	16	26	40
0,06	1069	1799	3028*	0,51	15	25	40
0,07	787	1311	2144	0,52	15	24	37

Рис. 28. Экранная форма таблицы со значениями критерия достоверности коэффициента корреляции

### 3.9.4. Определение ошибки коэффициента корреляции

Электронная таблица, представленная на рисунке 29, не только позволяет определить ошибку коэффициента корреляции ( $m_r$ ) по известным значениям  $r$  и  $n$ , но и служит исходной для вычисления критерия достоверности коэффициента корреляции. Расчёт  $m_r$  осуществлён в зависимости от числа наблюдений: при  $n < 100$  применена одна формула (15), при  $n > 100$  – другая (16). Таблица по определению ошибки корреляции выполнена в том же объёме ( $r$  – от 0,01 до 0,90;  $n$  – от 5 до 2500 пар). Выбор числа пар можно осуществить с помощью фильтра.

**Таблица IV**  
ОШИБКА КОЭФФИЦИЕНТА КОРРЕЛЯЦИИ

n(r \ r)	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	
5	0,577	0,577	0,577	0,577	0,577	0,576	0,575	0,575	0,574	0,574	0,573	0,572	0,572	0,571	0,570	0,569	0,568	0,567	0,566	0,564	0,563	0,562	0,560	0,560	
6	0,500	0,500	0,500	0,500	0,499	0,499	0,499	0,498	0,497	0,497	0,496	0,496	0,495	0,494	0,494	0,493	0,492	0,491	0,490	0,489	0,488	0,487	0,485	0,485	
7	0,447	0,447	0,447	0,447	0,447	0,446	0,446	0,445	0,445	0,444	0,444	0,443	0,443	0,442	0,441	0,440	0,439	0,438	0,437	0,436	0,435	0,434	0,434	0,434	
8	0,408	0,408	0,408	0,408	0,408	0,408	0,407	0,407	0,407	0,406	0,406	0,405	0,405	0,404	0,404	0,403	0,402	0,402	0,401	0,400	0,399	0,398	0,397	0,396	
9	0,378	0,378	0,378	0,378	0,377	0,377	0,377	0,376	0,376	0,376	0,375	0,375	0,374	0,374	0,373	0,372	0,372	0,371	0,370	0,370	0,369	0,368	0,367	0,367	
1000	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
1001	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
1002	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
1003	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
1004	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
1005	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
2000	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021
2001	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021
2002	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021
2003	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021
2495	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
2496	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
2497	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
2498	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
2499	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
2500	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020

Рис. 29. Экранная форма таблицы со значениями  $m_r$

### 3.9.5. Стандартные значения критерия Фишера для определения достоверности в дисперсионном анализе

Стандартные значения критерия Фишера<sup>18</sup> приведены на рисунке 30.

Стандартные значения критерия Фишера  $F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}$  [ $\sigma_1^2 > \sigma_2^2$ ]

$v_1 \backslash v_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	$\infty$	$v_1$	$v_2$	
3	167.5	148.5	141.1	137.1	134.6	132.9	131.8	130.6	130.0	129.5	128.9	128.3	127.7	127.1	126.5	125.9	125.6	125.3	125.0	124.7	124.4	124.1	123.8	123.5	123.5	3	1
4	34.1	30.8	29.5	28.7	28.2	27.9	27.7	27.5	27.4	27.2	27.1	27.1	26.9	26.8	26.7	26.6	26.6	26.5	26.4	26.4	26.3	26.2	26.1	26.1	26.1	4	1
5	10.1	9.6	9.3	9.1	9.0	8.9	8.9	8.8	8.8	8.8	8.8	8.7	8.7	8.7	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	5	1
6	7.4	6.1	5.6	5.3	5.1	5.0	4.9	4.9	4.8	4.8	4.7	4.7	4.7	4.6	4.6	4.6	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.4	4.4	4.4	4.4	6	1
7	4.7	3.6	3.2	3.1	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	7	1
8	21.2	18.8	16.7	16.0	15.5	15.2	15.0	14.8	14.7	14.7	14.5	14.4	14.2	14.1	14.0	13.9	13.8	13.7	13.7	13.6	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	8	1
9	7.7	6.9	6.6	6.4	6.3	6.2	6.1	6.0	6.0	6.0	5.9	5.9	5.9	5.8	5.8	5.8	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.6	5.6	5.6	5.6	9	1
10	4.0	3.6	3.3	3.1	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	10	1
11	18.3	13.3	12.1	11.4	11.0	10.7	10.5	10.3	10.3	10.1	10.0	9.9	9.8	9.7	9.6	9.5	9.4	9.3	9.2	9.1	9.1	9.1	9.0	9.0	9.0	11	1
12	6.6	5.8	5.4	5.2	5.1	5.0	4.9	4.8	4.8	4.7	4.7	4.6	4.6	4.6	4.5	4.5	4.5	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	12	1
13	35.5	27.0	23.7	21.9	20.8	20.0	19.5	19.0	18.8	18.5	18.3	18.0	17.7	17.5	17.2	16.9	16.8	16.8	16.5	16.4	16.2	16.1	15.9	15.9	15.9	13	1
14	13.4	10.9	9.8	9.2	8.8	8.5	8.3	8.1	8.0	7.9	7.8	7.7	7.6	7.5	7.4	7.3	7.2	7.1	7.1	7.0	7.0	6.9	6.9	6.9	6.9	14	1
15	6.0	5.1	4.8	4.5	4.4	4.3	4.2	4.1	4.1	4.1	4.0	4.0	3.9	3.9	3.8	3.8	3.8	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	15	1
16	29.2	21.7	18.8	17.2	16.2	15.5	15.1	14.6	14.4	14.2	13.9	13.7	13.5	13.2	13.0	12.7	12.6	12.5	12.3	12.2	12.1	12.0	11.8	11.7	11.7	16	1
17	12.3	9.6	8.5	7.9	7.5	7.2	7.0	6.8	6.7	6.6	6.5	6.4	6.3	6.2	6.1	6.0	5.9	5.9	5.9	5.8	5.8	5.7	5.7	5.7	5.7	17	1
18	5.6	4.7	4.4	4.1	4.0	3.9	3.8	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	3.4	3.4	3.4	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	18	1
19	25.4	18.5	15.8	14.4	13.5	12.9	12.5	12.0	11.8	11.6	11.4	11.2	11.0	10.8	10.5	10.3	10.2	10.1	10.0	9.9	9.7	9.6	9.5	9.4	9.4	19	1
20	11.3	8.7	7.6	7.0	6.6	6.4	6.2	6.0	5.9	5.8	5.7	5.7	5.6	5.5	5.4	5.3	5.2	5.1	5.1	5.0	5.0	4.9	4.9	4.9	4.9	20	1
21	5.3	4.6	4.1	3.8	3.7	3.6	3.5	3.4	3.4	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.1	3.1	3.1	3.0	3.0	3.0	3.0	2.9	2.9	2.9	2.9	21	1
22	22.9	16.4	13.9	12.6	11.7	11.1	10.8	10.4	10.2	10.0	9.8	9.6	9.4	9.2	8.9	8.7	8.6	8.5	8.4	8.3	8.1	8.0	7.9	7.9	7.9	22	1
23	10.6	8.0	7.0	6.4	6.1	5.8	5.6	5.5	5.4	5.3	5.2	5.1	5.0	4.9	4.8	4.7	4.6	4.5	4.5	4.4	4.4	4.4	4.3	4.3	4.3	23	1
24	5.1	4.8	3.6	3.8	3.5	3.4	3.3	3.2	3.2	3.1	3.1	3.1	3.0	3.0	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7	2.7	2.7	24	1
25	21.0	14.9	12.3	11.3	10.5	9.9	9.6	9.2	9.0	8.9	8.7	8.5	8.3	8.1	7.8	7.6	7.5	7.4	7.3	7.2	7.1	7.0	6.9	6.8	6.8	25	1
26	10.0	7.9	6.6	6.0	5.6	5.4	5.2	5.1	5.0	4.9	4.8	4.7	4.6	4.5	4.4	4.3	4.3	4.2	4.1	4.1	4.0	4.0	3.9	3.9	3.9	26	1
27	5.0	4.1	3.7	3.5	3.3	3.2	3.1	3.1	3.0	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	27	1
28	19.7	13.8	11.6	10.4	9.6	9.1	8.8	8.4	8.2	8.0	7.8	7.6	7.4	7.3	7.1	6.9	6.8	6.7	6.6	6.5	6.3	6.2	6.1	6.0	6.0	28	1
29	9.7	7.2	6.2	5.7	5.3	5.1	4.9	4.7	4.6	4.5	4.5	4.4	4.3	4.2	4.1	4.0	3.9	3.9	3.8	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	29	1
30	4.8	4.0	3.6	3.4	3.2	3.1	3.0	3.0	2.9	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4	2.4	30	1
31	18.6	12.3	10.8	9.6	8.9	8.4	8.1	7.7	7.5	7.4	7.2	7.0	6.8	6.7	6.5	6.3	6.2	6.1	6.0	5.9	5.7	5.6	5.5	5.4	5.4	31	1
32	9.3	6.9	6.0	5.4	5.1	4.8	4.7	4.5	4.4	4.3	4.2	4.2	4.1	4.0	3.9	3.8	3.7	3.6	3.6	3.5	3.5	3.4	3.4	3.4	3.4	32	1
33	4.8	3.9	3.5	3.3	3.1	3.0	2.9	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	33	1
34	17.8	12.3	10.2	9.1	8.4	7.9	7.6	7.2	7.0	6.9	6.7	6.5	6.3	6.2	6.0	5.8	5.7	5.6	5.5	5.4	5.3	5.2	5.1	5.0	5.0	34	1
35	9.1	6.7	5.7	5.2	4.9	4.6	4.4	4.3	4.2	4.1	4.0	4.0	3.9	3.8	3.7	3.6	3.5	3.4	3.4	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	35	1
36	4.7	3.8	3.4	3.2	3.0	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.6	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	36	1
37	17.1	11.8	9.7	8.6	7.9	7.4	7.1	6.8	6.6	6.5	6.3	6.1	5.9	5.8	5.6	5.4	5.3	5.2	5.1	5.0	4.9	4.8	4.7	4.6	4.6	37	1
38	8.9	6.5	5.6	5.0	4.7	4.5	4.3	4.1	4.0	3.9	3.9	3.8	3.7	3.6	3.5	3.4	3.3	3.3	3.2	3.1	3.1	3.1	3.0	3.0	3.0	38	1
39	4.6	3.7	3.3	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.7	2.6	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1	39	1
40	16.6	11.3	9.3	8.3	7.6	7.1	6.8	6.5	6.3	6.2	6.0	5.8	5.6	5.5	5.3	5.1	5.0	4.9	4.8	4.7	4.6	4.5	4.4	4.3	4.3	40	1
41	8.7	6.4	5.4	4.9	4.6	4.3	4.1	4.0	3.9	3.8	3.7	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.2	3.1	3.1	3.0	3.0	2.9	2.9	2.9	2.9	41	1
42	4.5	3.7	3.3	3.1	2.9	2.8	2.7	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	42	1

Рис. 30. Экранная форма таблицы со стандартными значениями критерия Фишера

Пояснения по применению данной электронной таблицы для определения достоверности значений, полученных в результате дисперсионного анализа, были даны в разделе 3.8. На рисунке 30 число степеней свободы обозначено символом  $v_1$ , что соответствует значению  $v_x$ , следовательно,  $v_2 = v_z$ . Влияние фактора на признак признаётся достоверным, если фактическое значение критерия Фишера ( $F_{\text{факт}}$ ), полученное в опыте, превышает табличное  $F$ . При этом в таблице на рисунке 30 три порога вероятности безошибочного суждения, приведённые в столбик, начиная с третьего порога (высокий уровень), заканчивая первым порогом (минимальный уровень).

<sup>18</sup>Подробно [Плохинский, 1970, с. 346–351].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение компьютерных программ по статистической обработке опытных данных в научных исследованиях заметно облегчает эту трудоёмкую работу, снижает количество счётных ошибок, повышая точность вычислений, ускоряет процесс статистической обработки. В настоящее время существует немалое количество таких программ, большинство из которых требует наличия определённых навыков.

Компьютерная программа «Пакет анализа для биометрической обработки зоотехнических данных» проста в применении, так как модули, входящие в её состав, разработаны в программе Excel (известной большинству пользователей ПК). Пакет электронных таблиц, входящих в программу, позволяет рассчитать как основные, так и дополнительные биометрические показатели, определить достоверность разницы между группами, определить взаимосвязь и наследуемость признаков, установить силу влияния на признак факториальных и средовых факторов. Объем выборки для обработки показателей каждой группы в программе ограничен числом сравниваемых групп от 2 до 10 и значительной численностью ( $n=1000$  голов), поскольку маловероятно, что кому-то из исследователей понадобится обработать выборку бóльшего объёма.

Электронные таблицы, входящие в компьютерную программу, разрабатывались автором постепенно, в процессе работы; при постановке новых задач исследований появлялась необходимость в разработке дополнительных программных модулей. Первыми электронными таблицами были таблицы по расчёту основных биометрических показателей на небольшое число групп (до 5 шт.), затем появились электронные таблицы с расчётом дополнительных показателей, включая коэффициенты корреляции, регрессии, наследуемости. Впоследствии в программу вошли электронные таблицы, позволяющие обработать одно- и двухфакторные дисперсионные комплексы.

Методические указания по работе с компьютерной программой охватывают необходимый объём информации для исследователя по основным понятиям биометрии, обозначениям биометрических показателей и формулам их вычисления, порядку работы в программе с приведением экранных форм электронных таблиц каждого модуля.

Автор надеется, что компьютерная программа или отдельные её компоненты будут полезны как начинающему, так и опытному исследователю.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боев М.М., Бибикова Э.И., Кольшикина Н.С. Селекция симментальского скота по молочной продуктивности. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 83.
2. Завертяев Б.П. Генетические методы оценки племенных качеств молочного скота. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. – С. 46–99.
3. Ивантер Э.В., Коросов А.В. Элементарная биометрия: учеб. пособие. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2010. – 104 с.
4. Карманова Е.П., Болгов А.Е. Краткий справочник зоотехника-селекционера. – 2-е изд. перераб. и доп. – Петрозаводск: Карелия, 1984. – С. 3–30.
5. Крюков В.И. Генетика. Ч. 5. Статистические методы изучения изменчивости: учеб. пособие для с.-х. вузов. – Орёл: Изд-во ОрёлГАУ, 2006. – С. 62–63.
6. Лакин Г.Ф. Биометрия: учеб. пособие для биол. спец. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1990. – С. 7–174.
7. Мельников С.В., Алешкин В.Р., Роцин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. – Л.: Колос, 1972. – С. 34–56.
8. Меркурьева Е.К. Генетические основы селекции в скотоводстве. – М.: Колос, 1977. – С. 223–225.
9. Методика обработки опытных данных по зоотехнии / под ред. А.И. Овсянникова. – М.: ВНИИЭСХ, 1966. – 27 с.
10. Плохинский Н.А. Алгоритмы биометрии / под ред. акад. АН УССР Б.В. Гнеденко. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 150 с.
11. Плохинский Н.А. Биометрия. – Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1961. – С. 97.
12. Плохинский Н.А. Биометрия. – 2-е изд. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 369 с.
13. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. – 3-е изд., испр. – Минск: Вышэйшая школа, 1973. – 320 с.
14. Соломенко Л.К. Биометрия: пособие к практикуму для студентов-заочников зоотехнического факультета. – М., 1971. – 64 с.
15. Терентьев П.В., Ростова Н.С. Практикум по биометрии: учеб. пособие. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1977. – 152 с.

16. *Урбах В.Ю.* Биометрические методы. – М.: Наука, 1964. – С. 377.
17. *Fisher R.A.* Statistical Methods for Research Workers. – New York: Hafner publishing company Ins, 1954. – P. 174.
18. *Fisher R.A., Yates F.* Statistical tables for biological, agricultural and medical research. – London: Oliver and Boyd, 1963. – P. 46.

# ПРИЛОЖЕНИЕ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

**№ 2013660647**

**Пакет анализа для биометрической обработки  
зоотехнических данных**

Правообладатель: *Государственное научное учреждение  
Красноярский научно-исследовательский институт  
животноводства Российской академии сельскохозяйственных  
наук (ГНУ Красноярский НИИЖ Россельхозакадемии) (RU)*

Автор: *Ефимова Любовь Валентиновна (RU)*

Заявка № **2013617467**

Дата поступления **19 августа 2013 г.**

Дата государственной регистрации  
в Реестре программ для ЭВМ **13 ноября 2013 г.**

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*



A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Симонов".

*Б.П. Симонов*

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Биометрические показатели 24, 31, 34
- Биометрия 7
- Вариационная статистика 7
- Градации 38
- Дисперсионный анализ однофакторный 19, 36
- двухфакторный 21, 39
- Дисперсия 19, 39
- общая, или фенотипическая, 19, 20
  - факториальная, или генотипическая, 19, 20, 21, 22, 39
  - остаточная, случайная, или паратипическая 19, 20, 21, 39
- Корректирующая дисперсия
- факториальная 21
  - остаточная 21
- Коэффициент изменчивости (вариации) 11, 25
- корреляции 12, 26, 28, 29, 31, 33, 35, 38
  - регрессии 12, 26, 38
  - повторяемости 18, 33, 34
  - наследуемости 18, 20, 26, 28, 29, 38
- Критерий достоверности 15, 25
- средней арифметической 15, 16
  - среднего квадратического отклонения 16
  - коэффициента изменчивости 16
    - корреляции 16, 43
    - регрессии 16
- разницы 17, 21, 32
  - Фишера 21, 40, 43, 45
  - Стьюдента 41
- Лимиты отклонений 10
- Ошибка 13
- выборочного метода 10
  - репрезентативности 13
  - средней арифметической 14
  - среднего квадратического отклонения 14
  - разницы (разности) 14,
  - коэффициента изменчивости 14
    - корреляции 14, 15, 44
    - регрессии 15
- Пороги вероятности 39, 45
- Правила округления числа 9
- Признаки
- количественные 8, 9
  - качественные 8, 9
  - результативные 19
- Рендомизация (принцип случайности) 8
- Сила (доля) влияния 10, 20, 38, 40
- Среднее квадратическое отклонение 10, 11
- Средняя арифметическая 10, 11
- Статистический комплекс 19
- Структура программного продукта 23
- Уровень значимости 42
- Факторы 36, 39
- контролируемые (организованные) 19
  - неконтролируемые (неорганизованные) 19
- Число степеней свободы 17, 20, 22, 25, 39, 40, 45



**ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ  
«ПАКЕТ АНАЛИЗА ДЛЯ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ  
ЗООТЕХНИЧЕСКИХ ДАННЫХ»**

*Методические указания*

ЕФИМОВА Любовь Валентиновна

Редактор Н.А. Семенкова

Подписано в печать 10.11.15. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Усл. печ. л. 3,25. Бумага офсетная.  
Тираж 100 экз. Заказ 11-105. Цена договорная

Отпечатано в типографии «ЛИТЕРА-принт»,  
ИП Азарова Н.Н.  
г. Красноярск, ул. Гладкова, 6, оф. 010  
т. 294-15-77