

Биологический факультет  
Кафедра зоологии и охраны природы

**КУРАЧЕНКО И.В.**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ ПО КУРСУ**

**«Биометрия»**

для студентов специальности 1 31 01 01 02  
Биология (научно-педагогическая деятельность)

## Тема 1 Введение

Биометрия как наука. Значение биометрии в исследовательской работе и профессиональной подготовке специалистов-биологов. Роль работ У. Петти, Дж. Гранта, П.-С. де Лапласа, П. Пуассона, П. Л. Чебышева, А. Кетле, К. Ф. Гаусса, Ф. Гальтона, К. Пирсона, У. Госсета, Р. Фишера и других ученых в развитии биометрии.

## Тема 2 Данные в биологии

Понятие о наименьшей выборочной единице (единице наблюдения) и данных в биологии. Переменные (признаки). Генеральная совокупность и выборка. Количественные переменные: дискретные и непрерывные. Качественные переменные. Ранговая шкала измерений. Производные переменные: пропорции, индексы, интенсивности протекания процессов.

### Лабораторное занятие 1 «Первичная обработка экспериментальных данных»

**Материалы и оборудование:** данные замеров статистических величин; миллиметровка; калькуляторы.

**Цель.** Образование выборочных, сгруппированных статистических совокупностей и их графическое отображение.

*Пояснения к заданиям:*

Статистическая совокупность подвергается упорядочиванию, которое заключается в следующем:

- а) находится минимальная и максимальная варианты (лимиты);
- б) определяют вариационный размах:  $\rho = x_{\max} - x_{\min}$
- в) при  $\rho \leq 11$ , проводят первичную группировку, т.е.  $i=1$
- г) ранжирование данных и заполнение рабочей таблицы.

### Ход работы

**Задание 1.** Провести группировку данных по качественным признакам по следующей схеме: объект, предмет, вариация, объём совокупности, число классов.

**Задача.** На звероводческой ферме выращивают норок: стандартные коричневые – 120 особей, сапфировых – 180 особей, серебристо-голубых – 160 особей, черных – 40 особей. Определить долю особей каждого из окрасов, изобразить диаграмму распределения норок по окрасу. Сделать обоснованный вывод.

**Задание 2.** Провести первичную группировку по экспериментальным данным о длине левого уха (в см) у 70 кроликов-мериносов:

12 11 13 14 10 13 13 13 14 12 12 12 14 13 13 14 13 14 12 15 12 11  
13 10 12 13 12 11 12 14 11 10 15 12 11 11 13 13 12 15 11 12 13 11  
12 12 14 16 12 14 12 11 14 12 14 11 13 12 14 11 14 12 14 11 10 16  
11 12 12 12.

Данные представить в виде рабочей таблицы

Классы, $x_i$	Разноска	Частота, $f_{x_i}$

**Задание 3.** Составить безынтервальный вариационный ряд, найти моду и медиану. Вариационный ряд отобразить графически (на оси ОХ отметить значения классов, на оси ОУ – значения частот) и сделать обоснованный вывод.

*Вопросы для самоконтроля*

- 1 Что такое выборочная и сгруппированная статистическая совокупность?
- 2 Как образуется классовый интервал?
- 3 Что такое кумулята, огива и как они отображаются графически?
- 4 Как построить полигон распределения статистических частот, гистограмму, диаграмму?

### **Тема 3 Элементы теории планирования исследований**

Сплошное и выборочное обследование совокупностей. Важность случайного (рандомизированного) отбора единиц наблюдения при формировании выборок. Понятие о репрезентативной и смещенной выборках. Полностью случайный отбор и его реализация при помощи таблиц случайных чисел. Стратифицированный отбор. Систематический отбор.

#### **Лабораторное занятие 2 «Выборки и их репрезентативность»**

**Материалы и оборудование:** плоды акации, ветви хвойных деревьев, калькуляторы.

**Цель:** освоение методики экспериментальных данных, сбора показателей выборочной и сгруппированной совокупности

*Пояснения к заданиям:*

Статистической совокупностью называют некоторое множество относительно однородных предметов или объектов, объединяемых по выбранному признаку. Теоретически бесконечно большая или приближающаяся к бесконечности совокупность всех единиц или членов вариационного ряда называют *генеральной*. Генеральная совокупность может состоять из такого большого количества единиц, что изучить их все не представляется возможным. Поэтому приходится иметь дело со сравнительно небольшими, *выборочными* совокупностями. Выборочная совокупность наиболее полно отражающая свойства генеральной называется репрезентативной, например, при изучении морфометрических показателей рептилий исключаются рептилии с анатомированными хвостами, при изучении роста деревьев в высоту исключаются деревья, сломанные бурей, поврежденные огнем и т.д. При образовании выборки используется метод случайного отбора, то есть выдерживается принцип объективности.

**Ход работы:**

**Задание 1.** Провести подсчет семян в 30 плодах акации, сгруппировать данные в безынтервальный вариационный ряд, определить моду и медиану. Построить полигон распределения.

Данные представить в виде рабочей таблицы

Классы, $X_i$	Разноска	Частота, $f_{xi}$

**Задание 2.** Собрать данные группы, увеличив многократно объем совокупности и сделать обоснованный вывод.

**Задание 3.** Решить упражнение №1,2,5 из учебника Рокицкого П.Ф. (стр.20-23).

*Вопросы для самоконтроля*

1 Что такое выборочная и сгруппированная статистическая совокупность?

2 Что такое репрезентативность?

3 Типы отбора выборок?

#### **Тема 4 Описательная статистика**

Группировка данных в вариационный ряд. Способы графического изображения вариационного ряда: полигон (кривая) распределения, гистограмма. Теоретические распределения случайных величин и их свойства: биномиальное распределение, распределение Пуассона, нормальное распределение. Коэффициенты асимметрии и эксцесса. Средние величины: средняя арифметическая, взвешенная средняя, геометрическая средняя. Меры разброса единиц совокупности: дисперсия и стандартное отклонение. Коэффициент вариации. Оценка репрезентативности выборочных показателей при помощи стандартной ошибки. Центральная предельная теорема. Определение достаточного объема выборки. Доверительные интервалы для средней арифметической и для доли. Способы представления средних величин, мер разброса, стандартных ошибок и доверительных интервалов в научных публикациях.

#### **Лабораторное занятие 3 «Совокупность и вариационный ряд»**

**Материалы и оборудование:** задачник, калькуляторы.

**Цель:** Образование выборочных статистических совокупностей методом вторичной группировки и их графическое отображение.

*Пояснения к заданиям:*

Статистическая совокупность подвергается упорядочиванию, при вторичной группировке, которое заключается в следующем:

а) находится минимальная и максимальная варианты (лимиты);

б) определяют вариационный размах:  $\rho = x_{\max} - x_{\min}$ , по величине которого судят о группировке данных: если  $\rho \leq 11$ , проводят первичную группировку, т.е.  $i=1$ ; если  $\rho \geq 11$ , весь диапазон значений признака

разбивается на «классовые промежутки» и величину интервала определяют по формуле:

$$i = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{1 + 3.32 \log n}$$

в) Находится нижняя граница первого интервала:  $l = x_{\max} - i/2$

### Ход работы:

**Задание 1.** Провести вторичную группировку по экспериментальным данным о длине тела у 85 экземпляров густеры озера Швакшта (в мм):

143 143 128 130 143 127 143 157 120 119 94 145 138 118 134 95  
 148 144 120 140 140 120 138 142 153 130 138 153 135 124 130 148  
 150 138 130 137 135 134 135 136 142 124 114 142 139 111 133 165  
 164 127 126 145 126 145 125 132 134 172 139 137 138 137 137 133  
 151 139 139 117 141 131 100 107 140 129 132 125 120 142 158 141  
 124 154 154 139 117

Данные представить в виде рабочей таблицы

Границы классов	Срединные значения классов, $x_i$	Разноска	Частота, $f_{x_i}$

**Задание 2.** Составить интервальный вариационный ряд. Найти моду и медиану. Вариационный ряд отобразить графически (на оси ОХ отметить нижние значения классов, на оси ОУ – значения частот) и сделать обоснованный вывод.

**Задание 3.** Изучен живой вес 70 телят ярославских помесей при рождении (в кг):

27 32 32 31 32 28 37 35 26 28 32 28 35 36 28 39 43 28 33 36 34 26  
 32 33 36 30 35 36 28 37 43 32 32 23 26 26 36 28 27 35 37 34 40 32  
 33 32 35 32 28 26 37 27 31 35 37 31 29 30 26 29 29 31 32 35 41 40  
 31 36 29 33

Составить вариационный ряд. Найти моду и медиану.

### Вопросы для самоконтроля

- 1 Что такое классовый промежуток?
- 2 Сформулировать закон больших чисел??
- 3 В каких случаях проводится вторичная группировка?
- 4 Закономерности распределения вариант в вариационном ряду?

### Лабораторное занятие 4 «Закономерности распределений»

**Материалы и оборудование:** мешочки с семенами кукурузы, калькуляторы.

**Цель:** экспериментальное доказательство теорем сложения и умножения вероятностей

*Пояснения к заданиям:*

Для того чтобы выяснить, произойдет или не произойдет событие при заданном комплексе факторов, нужно осуществить этот комплекс, т. е. провести испытание. Испытанием является любой эксперимент, в результате которого производят наблюдения. События, происходящие при одном и том же комплексе факторов, называются однородными. Установлено, что однородные случайные события в большой их массе подчиняются некоторым закономерностям. Эти закономерности получили название вероятностных. События с одинаковыми возможностями осуществления называются равновероятными. Числовая характеристика случайного события, обладающая тем свойством, что для любой достаточно большой серии испытаний частота события лишь незначительно отличается от этой характеристики, называется вероятностью события. Исходы испытания являются простейшими случайными событиями. Вероятностью случайного события называется отношение числа отходов, благоприятствующих событию, к числу всех возможных исходов.

Если некоторое событие может произойти при  $n$  испытаниях и  $a$  — число исходов, которые благоприятствуют наступлению события, а  $b$  — не благоприятствуют, то вероятность того, что событие произойдет, может быть определена как  $p=a/n$ . Вероятность того, что событие не произойдет, будет  $q=b/n$ . ( $p+q=1$ )

#### Основные теоремы теории вероятностей

Вероятность суммы двух несовместных, независимых событий равна сумме их вероятностей

$$P(A+B)=P(A)+P(B).$$

Вероятность сложного события (т. е. наступления двух событий независимых одно от другого) равна произведению вероятностей отдельных событий

$$P(A \times B)=P(A) \times P(B).$$

Вероятности отдельных возможных исходов даются последовательными членами разложения Бинома Ньютона:

$$(p+q)^3 = p^3 + 3p^2q + 3pq^2 + q^3.$$

#### Ход работы:

**Задание 1.** Для доказательства теоремы сложения двух независимых случайных событий провести 20 извлечений по одному семени из мешочка, в котором находится по 10 зеленых, белых и желтых семян кукурузы. Результаты испытаний занести в таблицу:

События	Разноска	Число случаев
Желтое		$m_1$
Зеленое		$m_2$
Белое		$m_3$

**Задание 2.** Определить эмпирические вероятности данных событий. Найти вероятность того, что вынутое наугад семя окажется окрашенным.

**Задание 3.** Определить теоретические вероятности данных событий и найти отклонение  $P_{\text{эмп}} - P_{\text{теор}}$

**Задание 4.** Решить упражнения:

1. В урне  $m$  белых и  $n$  черных шаров. Какова вероятность того, что вынутый наугад шар окажется: а) белым, б) черным.
  2. Стрелок сделав 200 выстрелов, попал в цель 190 раз. Какова вероятность попадания в цель? Сколько будут попаданий в цель, если стрелок сделает 300 выстрелов?
  3. При бросании двух кубиков, какова вероятность выпадения суммы цифр, равной 7? Не менее семи?
  4. При бросании трех монет, какова вероятность выпадения гербом: одной монеты? Двух? Трех? Не менее одной монеты?
  5. При бросании трех кубиков, какова вероятность выпадения суммы цифр, не менее семи?
  6. В городе  $N$  с населением в 100000 жителей родилось 8000 новорожденных? Какова вероятность рождения детей: абсолютная, удельная?
  7. В урне 4 белых и 7 красных шаров. Какова вероятность того, что вынутый шар окажется белым? Красным?
  8. В мешочке пять букв М, О, Л, О, Т. Какова вероятность того, что доставая по одной карточке наугад получится слово «Молот»? «Том»?
  9. В колоде 36 карт. Какова вероятность того, что вынутая карта окажется тузом?
  10. В лотерее 4 выигрышных и 96 безвыигрышных билета. Какова вероятность, что два билета окажутся выигрышными?
  11. В пассажирском поезде 12 вагонов. Какова вероятность того, что двое друзей независимо друг от друга окажутся в одном вагоне?
- Задание 5.** С помощью треугольника Паскаля и бинома Ньютона получить вероятности распределения различных комбинаций детей по полу в семьях, имеющих четырех детей.

#### *Вопросы для самоконтроля*

- 1 Что такое вероятность?
- 2 Как осуществить расчет вероятности случайного события?
- 3 Теорема сложения вероятностей? Примеры.
- 4 Теорема умножения вероятностей? Примеры
- 5 Бином Ньютона. Формула последнего множителя?
- 6 Достоверные события? Независимые, несовместимые события?

### **Лабораторное занятие 5 «Средние величины»**

**Материалы и оборудование:** данные статистических величин и расчетов по лабораторным работам тем 1, 2; калькуляторы.

**Цель:** Определение статистических показателей выборочной совокупности

*Пояснения к заданиям:*

Наиболее распространенным и используемым показателем является **среднеарифметическая величина**. Она рассчитывается по формуле:

$$\bar{O} = (x_1 + x_2 + \dots + x_n) / N = (\sum x_i) / N,$$

где  $N$  - общее число вариант;  $\Sigma$  - знак суммирования;

$x_i$  - значения вариант.

**Средняя квадратическая** величина используется при вычислении средней из величин объема, запаса, площади. Рассчитывается по формуле:

$$\bar{X}_q = \sqrt{(\sum x_i^2) / N}$$

где  $x_i^2$  - квадраты измеряемых величин - объем, площадь и т. п.;  $N$  - общее число деревьев в выборке;  $x_i$  - значения вариант.

**Средняя геометрическая**  $M_g$  (или  $\bar{X}_g$ ) используется для расчета среднего темпа роста изучаемого признака. Она известна также как средняя логарифмическая, так как ее логарифм есть арифметическая средняя логарифмов составляющих величин.

Вычисляется по формуле:

$$\bar{X}_g = \sqrt{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \dots x_n},$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_n$  - темпы роста (величины, показывающие, во сколько раз увеличивался признак от периода к периоду);  $n$  - число периодов.

При  $n > 2$  формулу удобнее применять в логарифмическом виде:

$$\ln \bar{X}_g = \frac{1}{n} (\ln x_1 + \ln x_2 + \dots + \ln x_n) = (1/n) \cdot (\sum \ln x_i).$$

откуда  $\bar{X}_g = e^{\ln}$ , где  $e$  - основание натуральных логарифмов, равно 2,72.

**Средняя гармоническая** используется для вычисления средней величины отношений двух варьирующих величин. Она определяется по формуле:

$$\bar{X}_h = N / (\sum 1/x_i),$$

где  $N$  - число значений;  $x_i$  - значения соотношений величин

Рассеяние вариант выборки относительно средней характеризуется:

**центральным отклонением;**

**дисперсией;**

**среднеквадратическим отклонением;**

**коэффициентом вариации.**

Их вычисляют по формулам:

центральное отклонение  $\alpha = x_i - \bar{x}$ ,

дисперсия  $\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2$

среднеквадратическое отклонение  $\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2}$

коэффициент вариации  $C_x = \frac{\sigma_x \cdot 100}{\bar{x}}$

При  $C_x < 30\%$  - выборка имеет большую степень концентрации вариант возле величины. При  $30\% \leq C_x \leq 100\%$  - степень концентрации допустимая. При  $C_x > 100\%$  - делается вывод о неоднородности выборки.

### Ход работы:

**Задание 1.** Рассчитать средние величины для данных о весе 11 поросят при рождении: 1,0 1,2 1,5 1,3 1,3 1,4 1,4 1,1 1,0 0,9 2,5. Вариационный ряд не составлять, произвести расчеты прямым способом.

**Задание 2.** Рассчитать средние величины для данных о длине левого уха (в см) у 70 кроликов-мериносов:

12 11 13 14 10 13 13 13 14 12 12 12 14 13 13 14 13 14 12 15 12 11  
 13 10 12 13 12 11 12 14 11 10 15 12 11 11 13 13 12 15 11 12 13 11  
 12 12 14 16 12 14 12 11 14 12 14 11 13 12 14 11 14 12 14 11 10 16  
 11 12 12 12.

Проведя первичную группировку, рассчитать средние величины следующими способами:

а) прямым способом через значения вариант по таблице

$x_i$	разноска	$f_i$	$x_i^2$	$f x_i$	$f x_i^2$
				$\sum f x_i =$	$\sum f x_i^2 =$

б) прямым способом через центральные отклонения по таблице

$x_i$	разноска	$f_i$	$f x_i$	$x_i - X$	$f (x_i - X)$	$f (x_i - X)^2$
			$\sum f x_i =$			$\sum f (x_i - X)^2 =$

в) способом условной средней ( $A = M_0$ , тогда  $a = x_i - A$ ) по таблице

$x_i$	разноска	$f_i$	$a$	$fa$	$fa^2$
				$\sum f a =$	$\sum fa^2 =$

### Вопросы для самоконтроля

- 1 На какие группы делятся статистические показатели?
- 2 Что такое основное отклонение, дисперсия, коэффициент вариации и как они вычисляются?
- 3 Что такое средняя арифметическая, средняя квадратическая, средняя гармоническая, средняя геометрическая и как они вычисляются?
- 4 Свойства средней арифметической?

## Лабораторное занятие 6 «Статистические ошибки выборочных показателей»

**Материалы и оборудование:** данные статистических величин и расчетов по лабораторным работам тем 1, 2; калькуляторы.

**Цель:** Определение основных ошибок статистических показателей и их доверительных интервалов.

*Пояснения к заданиям:*

Выборочная совокупность довольно точно воспроизводит свойства и соотношения в генеральной совокупности, но не абсолютно точно вследствие вариации изучаемых признаков. Поэтому между статистическими показателями выборочной совокупности и действительными значениями этих показателей генеральной совокупности всегда будут некоторые расхождения, которые являются случайными ошибками выборки (иначе - случайными ошибками репрезентативности) и называются **основными ошибками** того или иного статистического показателя. На основании величины этой основной ошибки и значения соответствующего показателя выборки можно судить о действительном значении данного показателя в генеральной совокупности. Так, с вероятностью равной 0,68 (в 68% случаев из ста), можно утверждать, что расхождение между действительным значением данного показателя в генеральной совокупности и вычисленным его значением для выборки не превышает однократного значения основной ошибки этого показателя (со знаком плюс или минус); предельное же расхождение не превышает трехкратного значения основной ошибки (о чем можно утверждать с вероятностью 0,997 или 99,7% случаев из ста).

Основные ошибки статистических показателей вычисляются по формулам:

**Ошибка среднего значения** (или ошибка стандартная, выборочности, статистическая)  $m_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ ;  $m_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}}$  при малых объемах ( $n \leq 30$ ).

### Ход работы:

**Задание 1.** Рассчитать ошибку выборочности для данных о длине левого уха (в см) у 70 кроликов-мериносов.

**Задание 2.** Рассчитать статистические показатели и ошибку выборочности по экспериментальным данным о длине тела у 85 экземпляров густеры озера Швакшта (в мм):

143 143 128 130 143 127 143 157 120 119 94 145 138 118 134 95  
148 144 120 140 140 120 138 142 153 130 138 153 135 124 130 148  
150 138 130 137 135 134 135 136 142 124 114 142 139 111 133 165  
164 127 126 145 126 145 125 132 134 172 139 137 138 137 137 133

151 139 139 117 141 131 100 107 140 129 132 125 120 142 158 141  
124 154 154 139 117

Данные представить в виде рабочей таблицы и произвести расчеты способом условной средней:

Границы классов	Срединные значения классов, $x_i$	$x_i$	разноска	$f_i$	$\alpha$	$f \alpha$	$f \alpha^2$
						$\sum f \alpha =$	$\sum f \alpha^2 =$

**Задание 3.** Изучен живой вес 70 телят ярославских помесей при рождении (в кг):

27 32 32 31 32 28 37 35 26 28 32 28 35 36 28 39 43 28 33 36 34 26  
32 33 36 30 35 36 28 37 43 32 32 23 26 26 36 28 27 35 37 34 40 32  
33 32 35 32 28 26 37 27 31 35 37 31 29 30 26 29 29 31 32 35 41 40  
31 36 29 33

Данные представить в виде рабочей таблицы и произвести расчеты способом условной средней:

Границы классов	Срединные значения классов, $x_i$	$x_i$	разноска	$f_i$	$\alpha$	$f \alpha$	$f \alpha^2$
						$\sum f \alpha =$	$\sum f \alpha^2 =$

### Вопросы для самоконтроля

- 1 Дать определение «Ошибка выборочности»?
- 2 Как определяются основные ошибки статистических показателей?

### Тема 5 Статистическая гипотеза

Понятие о статистической гипотезе. Нулевая и альтернативная гипотезы. Статистические критерии (тесты). Вероятность справедливости нулевой гипотезы (уровень значимости). Статистические ошибки I и II типа. Мощность критерия (теста). Понятие о параметрических и непараметрических критериях (тестах). Способы трансформации данных для приведения их к нормальному распределению: логарифмирование, извлечение квадратного корня.

### Лабораторное занятие 7 «Статистические гипотезы и их анализ»

**Материал и оборудование:** данные статистических величин и расчетов по лабораторным работам тем 5, 6; таблицы; калькуляторы.

**Цель:** оценить степень достоверности статистических показателей

*Пояснения к заданиям:*

**Точность опыта**, или процент ошибки наблюдения – это процент расхождения между генеральной и выборочной средней, который вычисляется по формуле:  $p = \frac{100 \cdot m_x}{X}$  или же по формуле  $p = \frac{C}{\sqrt{N}}$ .

Точность опыта показывает, насколько процентов можно ошибиться, если

утверждать, что генеральная средняя равна полученной выборочной средней.

Полученный процент ошибки сопоставляется с заданным: если он не больше заданного, точность достаточная, а если больше, то точность результата является неудовлетворительной; значит, следует увеличить число наблюдений.

После вычисления того или иного статистического показателя необходимо проверить степень его надежности или достоверности путем деления величины данного показателя на величину его основной ошибки:

$$t = \frac{X}{m_x}, \text{ где}$$

$X$  - величина любого статистического показателя;

$m_x$  - величина ошибки любого статистического показателя.

Если частное  $t$  получится равным или больше трех, то значение показателя является надежным, достоверным, и им можно пользоваться для разных сопоставлений и выводов. Если же это отношение будет меньше трех, то данный показатель оказывается ненадежным, величина его не достоверна и является лишь в той или иной мере вероятной. Такие показатели нельзя сопоставлять между собой или производить на основе их заключения. Нередко приходится решать вопрос, насколько существенно различие в значениях показателей какого-либо признака, вычисленных для разных совокупностей. С этой целью находится основная ошибка разницы чисел и доказывається ее достоверность по выше описанному принципу. Ошибка разности вычисляется как корень квадратный из суммы квадратов основных ошибок исследуемого показателя, то есть  $m_s = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$ .

Полученную разность показателей делят на его ошибку. Находится показатель существенности различия средних значений:

$$t = \frac{X_1 - X_2}{m_s} = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}.$$

Если этот показатель получится больше трех, то различие существенно, доказано, и данное мероприятие вызвало существенное изменение; обе сравниваемые выборочные совокупности являются представителями качественно разных генеральных совокупностей. Если же он получится меньше трех, то можно утверждать, что расхождение оказалось случайным, недостоверным и во всяком случае целесообразность данного мероприятия осталась недоказанной.

**Расчет доверительных интервалов статистических показателей.** Среднее значение, основное (квадратическое) отклонение, коэффициент изменчивости, асимметрия, эксцесс дают представление о величине и форме распределений наблюдений. Однако они не дают представления о возможных значениях случайной величины. Оно заключается в вычислении вероятности того, что значение величины будет заключаться в определенных границах. Считается, что границы достоверно определены

если вероятность близка к единице, например, 0,99 или 0,999 (99,0% или 99,9%). Соответствующие границы называются доверительными. В зависимости от типа распределения данных доверительный интервал рассчитывается двумя способами. В симметричных распределениях, близких к нормальному, размах отклонений данных от средней арифметической обычно равен приблизительно  $3\sigma$  в обе стороны от значения средней. (так называемый закон трех сигм).

При расчете доверительного интервала для трех стандартных доверительных уровней: 95%, 99%, 99,9%  $t$  выбирается по числу степеней свободы из таблицы.

Значения показателя  $t$  (критерия Стьюдента)

Число степеней свободы	Доверительные уровни		
	95%	99%	99,9%
9	2,3	3,2	4,8
10	2,2	3,2	4,6
11-14	2,2	3,0	4,3
15-20	2,1	2,9	3,9
21-30	2,1	2,8	3,7
31-60	2,0	2,7	3,5
61-120	2,0	2,6	3,4
$\infty$	1,96	2,58	3,29

Доверительный интервал статистического показателя, например, средней арифметической строится по формуле:

$$\bar{X} - t \cdot m_{\bar{x}} < \mu < \bar{X} + t \cdot m_{\bar{x}}$$

Подставляя в формулу величины среднего арифметического, коэффициента вариации, коэффициента асимметрии, эксцесса и их ошибок определяются доверительные интервалы для этих показателей.

#### Ход работы:

**Задание 1.** Получены данные о количестве хвостовых щитков у змей:

42 58 44 54 41 50 46 46 54 48 43 49  
 50 48 46 46 45 53 48 48 53 53 48 41  
 46 40 50 43 49 51 52 46 42 44 48 45  
 47 46 43 50 47 45 48 40 44 42 48 45  
 54 50 56 48 45 45 51 42 44 47 46 45

Провести анализ:

- Вычислить статистические характеристики ( $M_0$ ,  $M_e$ ,  $X$ ,  $\sigma$ ,  $m_x$ ,  $P$ ,  $C_v$ ).
- Дать оценку достоверности (доверительный интервал при трех уровнях значимости;  $H_0$ ; критерий Стьюдента).
- Сделать обоснованный вывод. Ответ.

**Задание 2.** Провести статистические расчеты при качественной вариации признаков. Из 100 вакцинированных заболело 8 человек. Определить уровень заболеваемости в исследуемой группе людей и сравнить с теоретической 0,12. Провести анализ:

- Составить диаграмму заболеваемости.
- Вычислить статистические характеристики ( $p$ ,  $\delta_p$ ,  $m_p$ ,  $P$ ,  $C_v$ ).
- Дать оценку достоверности (доверительный интервал при трех уровнях значимости;  $H_0$ ; критерий Стьюдента).
- Сделать обоснованный вывод. Ответ.

**Задание 3.** Используя критерий Стьюдента разницы двух средних, ответить на вопрос: отличаются ли по температуре тела самцы и самки тушканчиков.

Самцы: 37,5 35,9 37,5 37,8 37,2 37,9 36,9

Самки: 37,5 35,4 37,1 37,9 37,0 37,7 37,9

### Вопросы для самоконтроля

- 1 Сущность нулевой гипотезы?
- 2 Как определяется доверительный интервал при нормальном распределении статистических показателей?
- 3 Что такое уровень значимости?
- 4 Что такое доверительная вероятность?

### Лабораторное занятие 8 «Статистические критерии»

**Материал и оборудование:** данные статистических величин и расчетов по лабораторным работам тем 5, 6; таблицы; калькуляторы.

**Цель:** оценить асимметрию и эксцесс, правило трех сигм.

*Пояснения к заданиям:*

Отклонение распределений фактических данных от нормального типа характеризуется основными моментами -  $r_3$ ,  $r_4$ , которые показывают асимметричность коэффициент асимметрии -  $A$  и крутость коэффициент эксцессов распределений -  $E$ :

$$A = r_3 = \mu_3 / (\sqrt{\mu_2})^3; \quad E = r_4 - 3 = \mu_4 / (\mu_2)^2 - 3$$

Или

$$A = \sum f(x_i - X)^3 / n \cdot \sigma^3 \quad E = \sum f(x_i - X)^4 / n \cdot \sigma^4 - 3$$

Ошибка показателя асимметрии проводится по формуле:  $m_A = \sqrt{6/N}$ .

Ошибка показателя эксцесса равна удвоенной ошибке показателя асимметрии. Оценка достоверности асимметрии и эксцесса проводят по формулам:  $t = A / m_A \geq 3$  и  $t = E / m_E \geq 3$

### Ход работы:

**Задание 1.** Произвести расчет средних величин, нормированных отклонений по данным о длине правого уха (в см) у 60 серебристо-черных лисиц:

12 10 14 14 13 12 12 12 15 13 11 12 12 14 12  
 12 13 14 11 13 14 12 13 12 12 14 12 14 13 13  
 12 13 12 12 13 12 11 11 12 13 14 12 14 12 14

10 11 10 11 15 11 16 11 16 11 11 11 12 15 14

Применить прямой способ через центральные отклонения по таблице

$x_i$	разность	$f_i$	$f x_i$	$x_i - X$	$f (x_i - X)$	$f (x_i - X)^2$	$f (x_i - X)^3$	$f (x_i - X)^4$	$t$	$f/n$ %
			$\sum f x_i =$			$\sum =$	$\sum =$	$\sum =$		

**Задание 2.** Построить полигон распределения, отметив моду, медиану и среднее арифметическое на графике. Сделать вывод о характере распределения изучаемого признака.

**Задание 3.** Для доказательства правила трех сигм построить кривую нормального распределения, отметив на оси абсцисс – нормированные отклонения, на оси ординат – относительные частоты в %.

**Задание 4.** Рассчитать коэффициенты асимметрии и эксцесса, дав им оценку достоверности.

**Задание 5.** Определить долю вариант под кривой нормального распределения, используя таблицу 1 (Рокицкий), в пределах: а) от 0 до  $+2,15\sigma$ ; б) от  $-1,09\sigma$  до  $-0,08\sigma$ ; в) за пределами  $\pm 2,31\sigma$ ; г) от  $X$  до  $2,34\sigma$ ; д) между  $\pm 1,98\sigma$ .

Таблица 1

Таблица вероятностей при нормальном распределении. Доли площади под нормальной кривой в пределах от  $-t$  до  $+t$

$t$	Сотые доли $t$									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0000	0080	0160	0239	0319	0399	0478	0558	0638	0717
0,1	0797	0876	0955	1034	1113	1192	1271	1350	1428	1507
0,2	1585	1663	1741	1819	1897	1974	2051	2128	2205	2282
0,3	2358	2434	2510	2586	2661	2737	2812	2886	2961	3035
0,4	3108	3182	3255	3328	3401	3473	3545	3616	3688	3759
0,5	3829	3899	3969	4039	4108	4177	4245	4313	4381	4448
0,6	4515	4581	4647	4713	4778	4843	4907	4971	5035	5098
0,7	5161	5223	5285	5346	5407	5467	5527	5587	5646	5705
0,8	5763	5821	5878	5935	5991	6047	6102	6157	6211	6265
0,9	6319	6372	6424	6476	6528	6579	6629	6680	6729	6778
1,0	6827	6875	6923	6970	7017	7063	7109	7154	7199	7243
1,1	7287	7330	7373	7415	7457	7499	7540	7580	7620	7660
1,2	7699	7737	7775	7813	7850	7887	7923	7959	7995	8029
1,3	8064	8098	8132	8165	8198	8230	8262	8293	8324	8355
1,4	8385	8415	8444	8473	8501	8529	8557	8584	8611	8638
1,5	8664	8690	8715	8740	8764	8789	8812	8836	8859	8882
1,6	8904	8926	8948	8969	8990	9011	9031	9051	9070	9090
1,7	9109	9127	9146	9164	9181	9199	9216	9233	9249	9265
1,8	9281	9297	9312	9327	9342	9357	9371	9385	9399	9412
1,9	9426	9439	9451	9464	9476	9488	9500	9512	9523	9534
2,0	9545	9556	9566	9576	9586	9596	9606	9616	9625	9634
2,1	9643	9651	9660	9668	9676	9684	9692	9700	9707	9715
2,2	9722	9729	9736	9743	9749	9756	9762	9768	9774	9780
2,3	9786	9791	9797	9802	9807	9812	9817	9822	9827	9832
2,4	9836	9840	9845	9849	9853	9857	9861	9865	9869	9872
2,5	9876	9879	9883	9886	9889	9892	9895	9898	9901	9904
2,6	9907	9909	9912	9915	9917	9920	9922	9924	9926	9929
2,7	9931	9933	9935	9937	9939	9940	9942	9944	9946	9947
2,8	9949	9960	9952	9953	9955	9956	9958	9959	9960	9961
2,9	9963	9964	9965	9966	9967	9968	9969	9970	9971	9972
3,0	9973	9981	9986	9990	9993	9995	9997	9998	9999	9999

Вопросы для самоконтроля

- 1 Как осуществить расчет нормального распределения?
- 2 Как определяется тип кривой при помощи критерия Пирсона?
- 3 Для каких целей применяются статистические критерии?

## Тема 6 Основы дисперсионного анализа

Назначение дисперсионного анализа (ANOVA). Нулевая гипотеза при дисперсионном анализе. Расчет внутри- и межгрупповой дисперсий при однофакторном анализе с равномерным дисперсионным комплексом.  $F$ -критерий Фишера. Определение внутри- и межгруппового числа степеней свободы. Однофакторный дисперсионный анализ повторных измерений.

Допущения дисперсионного анализа. Проверка нормальности распределения данных: визуальный анализ гистограммы распределения, использование нормальной вероятностной бумаги, тест Колмогорова-Смирнова.

**Лабораторное занятие 9 «Однофакторный дисперсионный анализ»,  
Материалы и оборудование:** калькуляторы, таблицы.

**Цель.** Определение значимости различия признака биологического объекта методом однофакторного дисперсионного анализа.

*Пояснения к заданиям:*

Дисперсионный или вариантный анализ (analysis of variance) предполагает установление роли отдельных факторов в изменчивости того или иного признака, при котором общая дисперсия как количественных, так и качественных признаков раскладывается на отдельные составляющие. У изучаемых признаков в эксперименте имеется не одно, а несколько значений, которые называют *градациями или уровнями фактора А*. Число наблюдений (вариант) в каждой группе обозначается как «n».

Схема обозначения членов вариационного ряда при однофакторном дисперсионном анализе

Число градаций фактора А	Повторности, $x_i / x_i^2$			n	$\sum x_i / \sum x_i^2$	$\frac{(\sum x_i)^2}{n}$
	1	2	3			
контроль						
Смесь 1						
Смесь 2						
				$\sum n=N$	$\sum \sum x_i / \sum \sum x_i^2$	$\sum =$

Различают 3 типа варьирования:

а)  $\sigma_y^2$ - общее варьирование вариант, независимо от того, в какой группе они находятся, вокруг общей средней  $\bar{x}$  ;

б)  $\sigma_x^2$ - варьирование средних каждого уровня данного изучаемого фактора, вокруг общей средней  $\bar{x}$  ;

в)  $\sigma_z^2$  - варьирование вариант внутри каждой группы вокруг каждой групповой средней  $\bar{x}_i$  (так называемая остаточная).

Между ними существует соотношение:

$$\sigma_y^2 = \sigma_x^2 + \sigma_z^2$$

Для каждого типа варьирования вычисляются суммы квадратов отклонений по следующим формулам:

$$\text{Общая сумма квадратов: } C_y = \sum \sum X^2 - \frac{(\sum \sum X)^2}{N}$$

Сумма квадратов для групповых средних (факторальная):

$$C_x = \sum \langle \sum X \rangle^2 / n - \frac{(\sum \sum X)^2}{N}$$

Сумма квадратов для внутригрупповая (случайная):

$$C_z = \sum \sum x^2 - \frac{(\sum \sum X)^2}{N}$$

Где  $\sum x_i$  для каждой группы (уровня фактора А);

$n_i$  - число наблюдений в каждой группе;

$N$  - общее число вариант.

$r$  - число уровней (градаций) фактора.

При делении сумм квадратов, обозначаемых, на число степеней свободы получают **средние квадраты (вариансы)** —  $\sigma^2$  непосредственно измеряющие суммарную вариацию.

Оценка дисперсии каждой из групп связана со степенью свободы, при этом необходимо учитывать большую вариансу (например, если  $\sigma_x^2 \geq \sigma_z^2$ , то за  $df_1 = df_x = r-1$ .  $df_2 = df_z = N-r$ . Далее проводится проверка гипотезы  $H_0 : \bar{X}_1 = \bar{X}_2 = \dots = \bar{X}_k$ , т.е. утверждения, что все групповые средние не зависят от влияния фактора А. Если верна  $H_0$ , то межгрупповая дисперсия (в генеральной совокупности) должна быть равна внутригрупповой, т. е.  $H_0 : \sigma_M^2 = \sigma_b^2$ . При этом вычисленное значение F меньше табличного при уровне значимости  $\alpha$ . Следовательно, гипотезу об отсутствии влияния фактора А не отклоняют.

## Ход работы

**Задание 1.** Провести дисперсионный анализ по предложенной схеме.

Задача. Изучали процент гемоглобина в крови кур разных пород. Влияет ли породность на % гемоглобина%:

Породы	повторности			
итальянские	87	92	86	91
куропатчатые	91	90	88	89
минорки	85	82	85	86
бентамы	82	82	85	84

**Задание 2.** Провести дисперсионный анализ по предложенной схеме. Задача. При кормлении тушканчиков получены данные о средних температурах тела. Влияет ли пол на изменчивость температуры тела?

пол	повторности			
Самки	36,9	36,8	37,0	36,6
самцы	36,7	36,7	36,8	36,6

*Вопросы для самоконтроля*

- 1 В чем состоит сущность метода дисперсионного анализа?
- 2 Как проводится оценка варьирования при дисперсионном анализе?

**Лабораторное занятие 10 «Допущения дисперсионного анализа»**

**Материалы и оборудование:** данные замеров статистических величин и расчетов; калькуляторы.

**Цель.** Определение соответствия расчетных и фактических кривых распределений диаметров и высот по критерию Колмогорова – Смирнова и Пирсона.

*Пояснения к заданиям:*

**Критерий согласия Колмогорова-Смирнова.** Один из наиболее простых и удобных при сопоставлении эмпирических совокупностей большого объема – критерий, предложенный А.Н. Колмогоровым и Н.В. Смирновым. Этот непараметрический показатель, обозначаемый греческой буквой  $\lambda$  (лямбда), представляет собой максимальную разность ( $d_{\max}$ ) между значениями накопленных частот эмпирического и вычисленного рядов (без учета знаков  $d$ ), отнесенную к корню квадратному из суммы

всех вариант совокупности: 
$$\lambda = \frac{d_{\max}}{\sqrt{n}} .$$

Условием применения критерия «лямбда» служит достаточное число (не менее 100) наблюдений.

Предельные значения критерия лямбда, соответствующие трем уровням доверительной вероятности –  $P_1 = 0,95$ ,  $P_2 = 0,99$  и  $P_3 = 0,999$  – соответственно равны 1,36, 1,63 и 1,95.

Расчет критерия «лямбда» показан на примере распределения высот в 40-летнем сосняке.

### Пример расчета критерия Колмогорова-Смирнова

Срединные значения классов (x)	Эмпирические частоты (p)	Теорет. вычисл. частоты (окргл.) (p')	Накопленные частоты		p-p'=d
			p	p'	
8,8	1	1	1	1	0
9,3	2	2	3	3	0
9,8	3	4	6	7	1
10,3	7	8	13	15	2
10,8	10	12	23	27	4
11,3	16	15	39	42	3
11,8	16	16	55	58	3
12,3	17	15	72	73	1
12,8	12	12	84	85	1
13,3	7	8	91	93	2
13,8	4	4	95	97	2
14,3	3	2	98	99	1
14,8	2	1	100	100	0
Сумма	100	100	-	-	-

Расчет необходимых значений показан в таблице. Максимальное значение разности  $p - p' = 4$ , откуда  $\lambda = \frac{4}{\sqrt{100}} = 0,4$ . Полученная величина значительно меньше предельного значения лямбда (1,36) для  $P = 0,05$ . Следовательно, расхождения между эмпирическими и вычисленными частотами симметричного распределения лежат в пределах случайных колебаний, они не достоверны. На этом основании распределение высот в исследованном древостое можно считать нормальным.

**Критерий согласия Пирсона.** Критерии различия, при помощи которых могут быть сравнены статистические совокупности, разделяются на две группы: параметрические и непараметрические. К первой группе относятся критерии, для применения которых необходимо вычислить среднюю арифметическую, сигму или ошибки параметров (критерий Стьюдента, Фишера).

Непараметрические критерии не требуют для своего применения вычисления названных показателей, что упрощает процесс сравнения совокупностей. Критерий согласия Пирсона (или  $\chi^2$ ), критерий Колмогорова (или лямбда  $\lambda$ ) относятся к непараметрическим критериям.

Оценка близости, согласованности в распределении частот, вычисленных для любого типа распределений и полученных по

фактическим данным производится при помощи критерия Пирсона. Он может быть также применен как для сравнения двух вариационных рядов, так и для установления правильности выбора теоретического распределения. Он рассчитывается по формуле:

$$\chi^2 = \frac{1}{K-1} \sum \frac{(n - n')^2}{n'}, \text{ где}$$

$\chi^2$  - критерий Пирсона;

$K$  - количество классов, включая добавленные при проведении расчетов;

$n$  - частота фактическая;

$n'$  - частота расчетная.

Если критерий согласия равен или больше 2, то расхождение сравниваемых рядов считается существенным, и если меньше 2, - расхождение несущественное. Более точная оценка значимости коэффициента проводится по специальным таблицам.

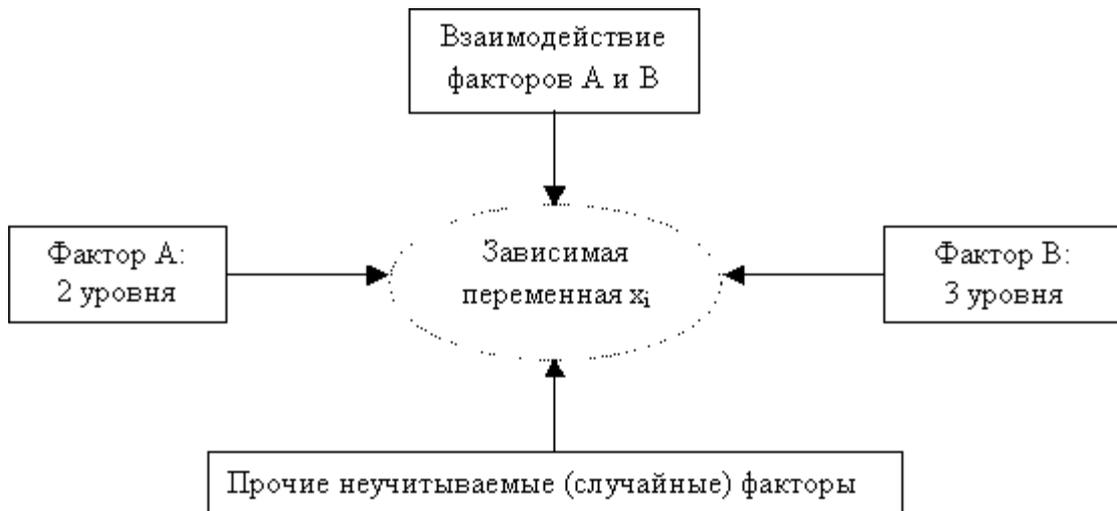
Расчет критерия согласия Пирсона оформляется в виде таблицы.

#### Пример расчета критерия согласия Пирсона

X	n	n'	$n - n'$	$(n - n')^2$	$(n - n')^2 / n'$
63	0	1	-1	1	1
77	4	3	1	1	0,33
91	6	8	-2	4	0,50
105	15	16	-1	1	0,06
119	27	21	6	36	1,71
133	16	19	-3	9	0,47
147	10	12	-2	4	0,33
161	5	4	1	1	0,25
175	0	1	-1	1	1
189	2	1	1	1	1
203	0	1	-1	1	1
	$\Sigma$ 85	$\Sigma$ 87			$\Sigma$ 4,65
$\chi^2 = (1/ 11-1) \times 4,65 = 0,465$					

## Ход работы

**Задание.** Найти критерий согласия и провести двухфакторный анализ по схеме:



Расчеты произвести по формулам:

Двухфакторная дисперсионная модель имеет вид:

$$x_{ijk} = \mu + F_i + G_j + I_{ij} + \varepsilon_{ijk},$$

где  $x_{ijk}$  - значение наблюдения в ячейке  $ij$  с номером  $k$ ;

$\mu$  - общая средняя;

$F_i$  - эффект, обусловленный влиянием  $i$ -го уровня фактора А;

$G_j$  - эффект, обусловленный влиянием  $j$ -го уровня фактора В;

$I_{ij}$  - эффект, обусловленный взаимодействием двух факторов, т.е. отклонение от средней по наблюдениям в ячейке  $ij$  от суммы первых трех слагаемых;

$\varepsilon_{ijk}$  - возмущение, обусловленное вариацией переменной внутри отдельной ячейки.

Предполагается, что  $\varepsilon_{ijk}$  имеет нормальный закон распределения  $N(0; \sigma^2)$ , а все математические ожидания  $F^*, G^*, I_{ij}^*$  равны нулю.

Групповые средние находятся по формулам:

в ячейке:  $\bar{x}_{ij*} = \frac{\sum_{k=1}^n x_{ijk}}{n}$  по столбцу:  $\bar{x}_{*j*} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{x}_{ij*}}{m}$ ,

по строке:  $\bar{x}_{i**} = \frac{\sum_{j=1}^l \bar{x}_{ij*}}{l}$ , общая средняя:  $\bar{x}^{***} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^l \bar{x}_{ij*}}{ml}$ .

Таблица– Базовая таблица дисперсионного анализа

Компоненты дисперсии	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средние квадраты
Межгрупповая (фактор А)	$Q_1 = m \sum_{i=1}^m (\bar{x}_{i**} - \bar{x}^{***})^2$	$m-1$	$S_1^2 = \frac{Q_1}{m-1}$
Межгрупповая (фактор В)	$Q_2 = mn \sum_{j=1}^l (\bar{x}_{*j*} - \bar{x}^{***})^2$	$l-1$	$S_2^2 = \frac{Q_2}{l-1}$
Взаимодействие	$Q_3 = n \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^l (\bar{x}_{ij*} - \bar{x}_{i**} - \bar{x}_{*j*} + \bar{x}^{***})^2$	$(m-1)(l-1)$	$S_3^2 = \frac{Q_3}{(m-1)(l-1)}$
Остаточная	$Q_4 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^n (x_{ijk} - \bar{x}_{ij*})^2$	$mln - ml$	$S_4^2 = \frac{Q_4}{mln - ml}$
Общая	$Q = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^n (x_{ijk} - \bar{x}^{***})^2$	$mln - 1$	

**Задача.** Проводились опыты по удобрению карповых прудов негашёной известью (600 кг/га) и суперфосфатом (72,8 кг/га), а также их смесью. Четвертый пруд в каждом блоке не удобрялся. Итак, в четвертом пруду продуктивность составила: 58 84 39; при применении фосфатов 72 72 64; при применении извести 49 55 48; при смешивании 74 74 85. Влияют ли Са, Р и их смеси на продуктивность пруда.

### Вопросы для самоконтроля

- 1 Что такое параметрические и непараметрические критерии и как они вычисляются?
- 2 Для каких целей применяются статистические критерии?

### Тема 7 Анализ частот

z-критерий для сравнения двух выборочных долей и условие его применимости. Анализ таблиц сопряженности при помощи  $\chi^2$ -критерия. Поправка Йетса на непрерывность. Использование критерия  $\chi^2$  для определения нормальности распределения данных. Определение числа степеней свободы при анализе таблиц сопряженности. Точный критерий Фишера.

### Лабораторное занятие 11 «Статистический анализ частот распределений»

**Материал и оборудование:** таблицы, калькуляторы

**Цель:** определение нормальности распределения данных с помощью критерия  $\chi^2$

*Пояснения к заданиям:*

При сравнении наблюдаемых и ожидаемых результатов применяются особые критерии оценки, в частности критерий хи-квадрат ( $\chi^2$ ). Критерий предложен Карлом Пирсоном и представляет собой сумму отношений между квадратами разностей эмпирических и вычисленных или ожидаемых частот к ожидаемым частотам:  $\chi^2 = \sum \frac{(p - p')^2}{p'}$ , где  $\Sigma$  - знак суммирования,  $p$  - эмпирическая частота,  $p'$  - ожидаемая или теоретически вычисленная частота.

Использование  $\chi^2$ -теста необходимо для того, чтобы узнать, подтверждается ли гипотеза экспериментом, т.е. насколько верны условия эксперимента, позволяют ли они с высокой степенью достоверности подтвердить или опровергнуть исходное предположение. Если бы фактические данные полностью совпадали с теоретическими, значение критерия было бы равно нулю. По мере увеличения разницы между этими показателями значение критерия будет возрастать. Каждому значению  $\chi^2$  соответствует определенная вероятность его появления:

Критические значения  $\chi^2$  для трех степеней доверительной вероятности.

Число степеней свободы, U	Уровень значимости			Число степеней свободы, U	Уровень значимости		
	0.95	0.99	0.999		0.95	0.99	0.999
1	3.8	6.6	10.8	26	38.9	45.6	54.1
2	6.0	9.2	13.8	27	40.1	47.0	55.5
3	7.8	11.3	16.3	28	41.3	48.3	56.9
4	9.5	13.3	18.5	29	42.6	49.6	58.3
5	11.1	15.1	20.5	30	43.8	50.9	59.7
6	12.6	16.8	22.5	32	46.2	53.5	62.4
7	14.1	18.5	24.3	34	48.6	56.0	65.2
8	15.5	20.1	26.1	36	51.0	58.6	67.9
9	16.9	21.7	27.9	38	53.4	61.1	70.7
10	18.3	23.2	29.6	40	55.8	63.7	73.4
11	19.7	24.7	31.3	42	58.1	66.2	76.1
12	21.0	26.2	32.9	44	60.5	68.7	78.7
13	22.4	27.7	34.5	46	62.8	71.2	81.4
14	23.7	29.1	36.1	48	65.2	73.7	84.0
15	25.0	30.6	37.7	50	67.5	76.2	86.7
16	26.3	32.0	39.3	55	73.3	82.3	93.2
17	27.6	33.4	40.8	60	79.1	88.4	99.6
18	28.9	34.8	42.3	65	89.8	94.4	106.0
19	30.1	36.2	43.8	70	90.5	100.4	112.3
20	31.4	37.6	45.3	75	96.2	106.4	118.5
21	32.7	38.9	46.8	80	101.9	112.3	124.8
22	33.9	40.3	48.3	85	107.5	118.2	131.0
23	35.2	41.6	49.7	90	113.1	124.1	137.1
24	36.4	43.0	51.2	95	118.7	130.0	143.3
25	37.7	44.3	52.5	100	124.3	135.8	149.4

Значение  $\chi^2$  в таблице указывают те границы, до которых полученные значения критерия не дают оснований сомневаться в высказанном предположении с определенной степенью вероятности. Значений  $\chi^2$ , превышающие табличные, будут указывать на несостоятельность гипотезы, т.е. признание того, что различие между фактическими и теоретически ожидаемыми результатами является достоверным, значимым.

#### **Ход работы:**

**Задание.** Для предложенных примеров произвести расчет критериев

- достоверности
- Фишера
- хи-квадрат

и оценить их величину.

**Задача 1.** Из 100 вакцинированных заболело 8 человек. Определить уровень заболеваемости в исследуемой группе людей и сравнить с теоретической 0,12. Провести анализ: составить диаграмму заболеваемости, вычислить статистические характеристики ( $p$ ,  $\delta_p$ ,  $m_p$ ,  $P$ ,  $C_v$ ), дать оценку достоверности (доверительный интервал при трех уровнях значимости;  $H_0$ ; критерий Стьюдента). Сделать обоснованный вывод.

**Задача 2.** Получены данные о распределении бычков и телочек в совхозе «Восток» за 2002 год: телочек – 1256, бычков – 1857. Соответствует ли распределение бычков и телочек соотношению 1:1. Провести анализ: составить диаграмму заболеваемости, вычислить статистические характеристики ( $p$ ,  $\delta_p$ ,  $m_p$ ,  $P$ ,  $C_v$ ), дать оценку достоверности (доверительный интервал при трех уровнях значимости;  $H_0$ ; критерий Стьюдента). Сделать обоснованный вывод.

**Задача 3.** Получены данные о распределении самок и самцов плодовой мушки: самок – 126, самцов – 250. Соответствует ли данное распределение соотношению 1:1. Провести анализ: составить диаграмму заболеваемости, вычислить статистические характеристики ( $p$ ,  $\delta_p$ ,  $m_p$ ,  $P$ ,  $C_v$ ), дать оценку достоверности (доверительный интервал при трех уровнях значимости;  $H_0$ ; критерий Стьюдента). Сделать обоснованный вывод.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Достоверность различий между выборочными средними.
2. Достоверность различий между двумя дисперсиями.
3. Критерий соответствия между ожидаемыми и наблюдаемыми частотами.

### **Тема 8 Корреляционный анализ**

Понятие о функциональной и корреляционной зависимостях. Степень и направление корреляционной зависимости. Коэффициент корреляции Пирсона и оценка его статистической значимости. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

#### **Лабораторное занятие 12 «Основы корреляционного анализа»**

**Материал и оборудование:** таблицы; калькуляторы.

**Цель:** Определение простого коэффициентов корреляции и оценка его достоверности.

*Пояснения к заданиям:*

**Коэффициент корреляции.** Отличительной особенностью биологических объектов является многообразие признаков, характеризующих каждый из них. Часто наблюдается связь между вариациями по различным признакам. В простейшем случае связь между двумя переменными величинами строго однозначна. Например, вес образцов, сделанных из одного и того же материала, определяется их объемом. Такого рода зависимость принято называть **функциональной**. Для биологических объектов связь обычно бывает менее жесткой: объекты с одинаковым значением одного признака имеют, как правило, разные значения по другим признакам. Таковую связь между вариациями разных признаков называют **корреляцией** (дословный перевод: соотношение) между признаками. Заполняется рабочая таблица

X	Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	X · Y
Σ	Σ	Σ	Σ	Σ

Затем вычисляется коэффициент корреляции, его ошибка и достоверность.

При малых объемах выборок (до 30-50) коэффициент корреляции вычисляется по формуле:

$$r = \frac{\sum x \cdot y - (\sum x \cdot \sum y) / N}{\sqrt{[\sum x^2 - (\sum x)^2 / N] \cdot [\sum y^2 - (\sum y)^2 / N]}}$$

Достоверность коэффициента корреляции можно оценить по формуле  $t = (0,5 \cdot \ln(1 + r / (1 - r))) \cdot \sqrt{N - 3}$ , где t – критерий Стьюдента при числе свободы  $\nu = N - 2$ . Можно применить метод Z, определить критические значения r по таблице 7 (Рокицкий).

По результатам расчетов делается вывод о характере связи:

- связь между признаками прямая ( $r > 0$ ) или обратная ( $r < 0$ );
- теснота связи близка к функциональной  $r = 1.0$ ;
- $r = 0.901 - 0.999$  связь очень высокая;
- $r = 0.701 - 0.900$  высокая;
- $r = 0.501 - 0.700$  значительная;
- $r = 0.301 - 0.500$  слабая;
- $r = 0 - 0.300$  отсутствует.

Затем определяется достоверность вычисленных показателей и сравниваются их значения, полученные по способу смешанных моментов и по приведенной формуле для малой выборки.

**Ход работы:**

**Задание 1.** У окуня озера Баторино измерены длина головы  $x$  и длина грудного плавника  $y$

$x$	66	61	67	73	51	59	48	47	58	44	41	54	52	47	51	45
$y$	38	31	36	43	29	33	28	25	36	26	21	30	28	27	28	26

Вычислите коэффициент корреляции и определите его достоверность.

**Задание 2.** У 15 серебристо-черных лисиц (совхоз «Белорусский») были измерены (в см) длина туловища  $x$  и длина хвоста  $y$ .

$x$	70	65	66	65	71	68	64	57	66	65	67	62	67	62	63
$y$	40	40	40	40	40	42	39	38	41	43	39	45	43	38	40

Вычислите коэффициент корреляции и определите его достоверность.

*Вопросы для самоконтроля*

- 1 Что такое коэффициент корреляции и как он вычисляется?
- 2 Метод  $Z$ ?
- 3 В чем преимущество числа  $z$  перед коэффициентом корреляции  $r$ ? Можно ли переводить  $r$  в  $Z$  и обратно?
- 4 Какова сфера применения корреляционного анализа в биологических исследованиях?

**Тема 9 Регрессионный анализ**

Назначение регрессионного анализа. Общий вид регрессионного уравнения. Связь коэффициента регрессии с коэффициентом корреляции. Оценка параметров регрессионного уравнения по выборке с помощью метода наименьших квадратов. Статистическая значимость регрессии. Проверка нулевой гипотезы о равенстве коэффициента регрессии нулю. Стандартные ошибки параметров регрессионного уравнения. Коэффициент детерминации. Анализ остатков. Оценка величины остаточной дисперсии с помощью  $F$ -критерия. Нахождение доверительной области для линии регрессии. Понятие о нелинейной и множественной регрессионной зависимости.

**Лабораторное занятие 13 «Основы регрессионного анализа»**

**Материалы и оборудование:** таблицы; калькуляторы.

**Цель.** Определение величины коэффициентов уравнений регрессии методом наименьших квадратов и их статистической оценки.

*Пояснения к заданиям:*

**Расчет линии регрессии.** Регрессионный анализ предполагает аналитическое выражение вероятностной связи между признаками уравнениями различного вида.

Регрессионные модели обычно используют для выражения разного рода связей в лесной таксации, лесоводстве и в других лесных дисциплинах. Чаще всего они применяются для нахождения общей зависимости по экспериментальным данным. Выведенное уравнение сглаживает (выравнивает) полученные (экспериментальные) данные. В этом случае сохраняется главная тенденция изменения функции в зависимости от изменения аргументов, и устраняются случайные отклонения.

По форме различают линейную регрессию и не линейную. По направлению связи различают прямую т.е. с увеличением признака  $x$  увеличивается признак  $y$  и обратную т.е. с увеличением  $x$  уменьшается  $y$ . Наиболее точная оценка принадлежности к виду связи производится с помощью метода наименьших квадратов (МНК). При МНК  $\min$  сумма квадратов отклонений эмпирических значений  $y$  от теоретических полученных по выбранному уравнению регрессии стремится к минимуму.

Простейшей теоретической линией регрессии является прямая линия, или парабола первого порядка, которая имеет вид:

$$Y' = a_0 + a_1 \cdot x,$$

где  $Y'$  - теоретические значения функции или зависимой переменной;  $x$  - аргумент или независимая переменная;  $a_0, a_1$  - коэффициенты уравнения, имеющие различное значение в зависимости от специфики изучаемого явления;  $Y$  - эмпирические значения зависимой переменной.

Коэффициенты определяются по формулам:

$$a_0 = \bar{Y} - a_1 \cdot \bar{X} \quad a_1 = \frac{\sum(x - \bar{X}) \cdot (y - \bar{Y})}{\sum(x - \bar{X})^2},$$

где  $\bar{X}$  и  $\bar{Y}$  средние арифметические рядов аргументов ( $X$ ) и функции ( $Y$ ).

Ход вычислений приведен в таблице.

$x$	$y$	$x - \bar{X}$	$(x - \bar{X})^2$	$(y - \bar{Y})$	$(x - \bar{X}) \cdot (y - \bar{Y})$	$(y - \bar{Y})^2$	$Y'$
$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$		$\Sigma$	$\Sigma$	

В качестве исходных данных используются вариационные ряды частичной совокупности или средние значения высот и диаметров при вычислении смешанных моментов.

Если известны среднеквадратические отклонения для рядов  $x$  и  $y$  и найден коэффициент корреляции между ними (см. вычисление смешанных моментов), то величина  $a_1$  вычисляется по формуле:  $a_1 = r_{xy} \cdot \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_x}\right)$ , где  $\sigma_y$ ,

$\sigma_x$  - дисперсии выборочных (или усредненных) рядов;  $r_{xy}$  - мера корреляционной взаимосвязи.

Точки пересечения с осями ординат и абсцисс равны соответственно:

$$y = a_0, \quad x = -(a_0/a_1).$$

**Оценка регрессионных уравнений.** Поскольку в определении линий регрессии участвуют несколько параметров, то необходимо оценить пределы изменчивости каждого из них.

Наиболее вероятная область расположения линии прямой регрессии по отношению к оси абсцисс определяется величиной коэффициента  $a_1$  и тангенсом угла, геометрическим смыслом которого является коэффициент корреляции. При отсутствии регрессии  $r=0$ , и тогда линия регрессии  $y$  по  $x$  располагается горизонтально по отношению к оси абсцисс, а линия регрессии  $x$  по  $y$  - вертикально. Место их пересечения соответствует средним значениям обоих признаков.

Второй коэффициент определяет величину отрезка, отсекаемого на оси  $y$  линией регрессии. Величина его определяет границы колеблемости регрессии по ординате, которая расширяется в обе стороны от средней точки  $(\bar{x}, \bar{y})$ .

Поскольку опытные данные всегда имеют определенную величину изменчивости, то и все показатели в том числе и уравнения регрессии определяются с некоторой степенью достоверности.

Определение величины ошибки найденных уравнений и оценка достоверности полученных коэффициентов уравнения прямой проводится по формулам:

$$m_{y,x} = \sqrt{\frac{\sum(y - y')^2}{N - n}}, \text{ или } \sigma_{y,x} = \sqrt{\frac{\sum(y_i - y'_i)^2}{n - 2}} \quad \text{где } \sigma_{y,x}, m_{y,x} -$$

ошибка уравнения;  $y$  - эмпирические значения функции;  $y'$ , - теоретические значения функции;  $N$  - число точек эмпирической линии регрессии, по которым вычислялось уравнение регрессии;  $n$  - число коэффициентов уравнения, включая свободный член.

Здесь величина  $\sigma_{y,x}$  имеет такое же значение как и  $\sigma$  в вариационном ряду. В пределах одной  $\sigma_{y,x}$  отклонения распределяются вверх и вниз от линии регрессии в 68% случаев. В 95% они лежат в пределах  $2\sigma_{y,x}$ , а в 99,7% случаев отклонения от теоретической линии регрессии составляют величину  $3\sigma_{y,x}$ . Ошибку уравнения регрессии можно определить и по формуле:  $m_{y,x} = \sigma_y \sqrt{1 - r^2}$ , где  $m_{y,x}$  - ошибка теоретических значений функции;  $\sigma_y$  - среднее квадратическое отклонение ряда  $y$ ;  $r$  - коэффициент корреляции между  $x$  и  $y$  (можно использовать и корреляционное отношение при наличии криволинейности связи между признаками). Эта формула представляет упрощенный вариант вычислений и применяется для больших выборок.

В таблицах по вычислению коэффициентов уравнений в последней колонке рассчитываются теоретические значения функции. Получаем

попарно разности  $(y - y')$ , возводим все разности в квадрат и получаем их сумму:  $\sum(y - y')^2$ . Применяв формулу:  $m_{y,x} = \sqrt{\sum(y - y')^2 / (N - n)}$ , к уравнению прямой, параболы определим их ошибку.

**Достоверность** найденного коэффициента  $a_1$  определяется по формуле:  $t = a_1 \cdot \sigma_x \cdot \sqrt{N-1} / m_{yx}$ , где  $t$  – величина критерия Стьюдента, сравниваемая с критической при числе степеней свободы  $\nu = N-2$ ;  $\sigma_x$  – среднее квадратическое отклонение ряда аргументов;  $m_{yx}$  – ошибка уравнения;  $N$  – объем выборки.

Если вычисленная величина меньше табличной, то связь между  $x$ ,  $y$  и значение  $a_1$  достоверны, а если вычисленная будет больше табличной величины, то связь данных признаков и значение первого коэффициента недостоверны.

Достоверность отличия от нуля коэффициента  $a_0$  можно оценить по формуле:

$$t = \frac{a_0}{m_{y,x} \sqrt{\frac{1}{N} + \frac{1}{N-1} \cdot \left(\frac{\bar{0}}{\sigma_x}\right)^2}}, \text{ где } t \text{ – величина критерия Стьюдента,}$$

сравниваемая с критической при числе степеней свободы  $\nu = N-2$ ;  $\sigma_x$  – среднее квадратическое отклонение ряда аргументов;  $m_{yx}$  – ошибка уравнения;  $N$  – объем выборки.

### Ход работы

**Задание 1.** На основе основных положений темы и расчетов по лабораторной работе темы 12 определить взаимообусловленность признаков  $X$  и  $Y$  аналитическими уравнениями.

**Задание 2.** Определить ошибки регрессионных уравнений и достоверность коэффициентов линейных уравнений.

### Вопросы для самоконтроля

1. Суммарный показатель связи.
2. Функциональная зависимость и корреляция.
3. Коэффициент корреляции.
4. Понятие о регрессии.
5. Построение эмпирических рядов регрессии.
6. Уравнение регрессии.
7. Коэффициенты регрессии.

## Тема 10 Элементы многомерной статистики

Понятие о многомерной совокупности и многомерном пространстве. Принцип «сворачивания» информации, заключенной в многомерных совокупностях. Кластерный анализ и области его применения. Правила объединения объектов в кластеры. Графическое изображение результатов кластерного анализа. Дискриминантный анализ и области его применения. Дискриминантное уравнение и его параметры. Анализ главных компонент и области его применения. Принцип ортогональности главных компонент. Кумулятивная объясненная дисперсия.

### Лабораторное занятие 14 «Методы многомерной статистики»

**Материалы и оборудование:** таблицы; калькуляторы.

**Цель:** освоение принципа «сворачивания» информации, заключенной в многомерных совокупностях, для решения задач описательной статистики.

#### Ход работы

**Задание.** Решить зачетную задачу описательной статистики по предложенной схеме:

#### ВАРИАНТ 1

Изучена плодовитость (число щенков) самок серебристо-черных лисиц:

4	5	3	4	6	7	8	3	1	4	6	4	4	3	2	5	3	4	5	4	5	3
4	5	4	4	4	6	5	7	6	4	5	4	4	4	4	6	2	3	4	5	5	4
4	6	4	4	4	8	7	5	4	9	4	3	4	4	5	4	6	4	4	3	4	4
4	2	4	4	5	5	4	5	3	4	6	7	8	3	1	7	9	4	4	8	2	5
5	3	1	4	5	6	1	5														

Провести анализ:

1. Составить ВР и изобразить его графически.
2. Вычислить статистические характеристики ( $M_0$ ,  $M_e$ ,  $X$ ,  $\delta$ ,  $m_x$ ,  $P$ ,  $C_v$ ).
3. Дать оценку достоверности (доверительный интервал при трех уровнях значимости;  $H_0$ ; критерий Стьюдента).
4. Сделать обоснованный вывод. Ответ.
5. Корреляция. Формула КК (способ прямой через центральные отклонения).

#### ВАРИАНТ 2

Получены данные о количестве хвостовых щитков у змей:

42	58	44	54	41	50	46	46	54	48	43	49
50	48	46	46	45	53	48	48	53	53	48	41
46	40	50	43	49	51	52	46	42	44	48	45
47	46	43	50	47	45	48	40	44	42	48	45
54	50	56	48	45	45	51	42	44	47	46	45

Провести анализ:

1. Составить ВР и изобразить его графически.
2. Вычислить статистические характеристики ( $M_0$ ,  $M_e$ ,  $X$ ,  $\delta$ ,  $m_x$ ,  $P$ ,  $C_v$ ).
3. Дать оценку достоверности (доверительный интервал при трех уровнях значимости;  $H_0$ ; критерий Стьюдента).
4. Сделать обоснованный вывод. Ответ.

## 5. Регрессионный анализ. Общее уравнение регрессии.

### ВАРИАНТ 3

Имеются данные о весе кроликов (в кг):

3,2 4,5 5,2 5,6 6,0 3,8 4,7 5,2 5,7 6,3 4,1 4,9 5,3  
5,8 6,4 4,3 5,0 5,3 5,8 6,7 4,3 5,1 6,2 5,4 5,9 7,3

Провести анализ:

1. Составить ВР и изобразить его графически.
2. Вычислить статистические характеристики ( $M_0$ ,  $M_e$ ,  $X$ ,  $\delta$ ,  $m_x$ ,  $P$ ,  $C_v$ ).
3. Дать оценку достоверности (доверительный интервал при трех уровнях значимости;  $H_0$ ; критерий Стьюдента).
4. Сделать обоснованный вывод. Ответ.
5. Ход дисперсионного анализа (ДА I).

### ВАРИАНТ 4

Получены данные о длине листьев садовой земляники:

8,2 9,7 5,6 7,4 8,0 6,4 6,6 6,8 8,4 7,1  
9,0 6,0 7,6 8,1 11,8 5,8 9,3 7,3 8,2 7,2  
7,2 6,4 7,7 9,0 8,1 7,1 7,1 8,8 7,5 9,2  
7,5 6,8 7,0 6,4 7,4 8,2 6,3 7,0 8,1 10,0  
7,0 7,1 8,7 6,3 8,6 7,7 7,3 8,0 8,4 9,3  
7,3 6,0 7,7 6,1 9,6 7,4 7,2 7,2 8,7 7,5

Провести анализ:

1. Составить ВР и изобразить его графически.
2. Вычислить статистические характеристики ( $M_0$ ,  $M_e$ ,  $X$ ,  $\delta$ ,  $m_x$ ,  $P$ ,  $C_v$ ).
3. Дать оценку достоверности (доверительный интервал при трех уровнях значимости;  $H_0$ ; критерий Стьюдента).
4. Сделать обоснованный вывод. Ответ.
5. Формула для расчета силы влияния учтенного фактора при дисперсионном анализе.

### ВАРИАНТ 5

Было подсчитано число лучей в хвостовых плавниках камбалы:

53 51 52 55 56 49 51 51 52 54 56  
54 53 52 53 51 55 53 55 53 54 51  
51 56 54 54 53 54 54 55 53 51 51  
52 55 53 53 56 53 56 53 52 56 52  
52 56 55 50 54 49 54 55 54 55 54  
52 51 55 52 55 54 51 54 53 54 55

Провести анализ:

1. Составить ВР и изобразить его графически.
2. Вычислить статистические характеристики ( $M_0$ ,  $M_e$ ,  $X$ ,  $\delta$ ,  $m_x$ ,  $P$ ,  $C_v$ ).
3. Дать оценку достоверности (доверительный интервал при трех уровнях значимости;  $H_0$ ; критерий Стьюдента).
4. Сделать обоснованный вывод. Ответ.
5. Теоремы сложения и умножения вероятностей.

### ВАРИАНТ 6

Количество птенцов в гнездах береговой ласточки было следующим:

4 5 4 5 5 4 6 3 4 5 5 4 5 4 6 1 6 4 4 4  
5 5 5 6 4 4 5 5 3 5 5 4 6 4 6 2 3 4 5 5  
5 4 5 5 6 4 4 6 2 2 5 5 3 3 6 6 5 5 4 1  
5 4 4 2 4 4 4 4 6 2 6 6 5 4 4 5 5 5 5 4

Провести анализ:

1. Составить ВР и изобразить его графически.
2. Вычислить статистические характеристики ( $M_0$ ,  $M_e$ ,  $X$ ,  $\delta$ ,  $m_x$ ,  $P$ ,  $C_v$ ).
3. Дать оценку достоверности (доверительный интервал при трех уровнях значимости;  $H_0$ ; критерий Стьюдента).
4. Сделать обоснованный вывод. Ответ.
5. Вероятность. Математическое выражение вероятности.

### ВАРИАНТ 7

Получены данные о длине правого уха (в см) серебристо-черных лисиц:

12 10 14 14 13 12 12 12 15 13 11 12 12 14 12 11 13  
12 13 14 11 13 14 12 13 12 12 14 12 14 13 13 12 13  
12 13 12 12 13 12 11 11 12 13 14 12 14 12 14 15 13  
10 11 10 11 15 11 16 11 16 11 11 11 12 15 14 15 12

Провести анализ:

1. Составить ВР и изобразить его графически.
2. Вычислить статистические характеристики ( $M_0$ ,  $M_e$ ,  $X$ ,  $\delta$ ,  $m_x$ ,  $P$ ,  $C_v$ ).
3. Дать оценку достоверности (доверительный интервал при трех уровнях значимости;  $H_0$ ; критерий Стьюдента).
4. Сделать обоснованный вывод. Ответ.
5. Система уравнений при регрессионном анализе.

### ВАРИАНТ 8

Измеряли длину хвоста ( в мм ) у оленьих мышей:

58 57 64 61 56 65 63 58 63 60 59 61 54 58 66 67  
63 63 61 60 58 57 65 61 60 68 67 64 63 56 59 64  
61 64 57 60 63 58 52 60 59 57 61 54 58 64 62 59  
60 63 60 60 64 59 63 63 59 62 63 61 65 61 64 57  
59 54 64 63 57 59 59 58 63 62 63 62 62 60 62 57

Провести анализ:

1. Составить ВР и изобразить его графически.
2. Вычислить статистические характеристики ( $M_0$ ,  $M_e$ ,  $X$ ,  $\delta$ ,  $m_x$ ,  $P$ ,  $C_v$ ).
3. Дать оценку достоверности (доверительный интервал при трех уровнях значимости;  $H_0$ ; критерий Стьюдента).
4. Сделать обоснованный вывод. Ответ.
5. Коэффициент Фишера.

### ВАРИАНТ 9

Изучен живой вес телят при рождении(в кг):

27 32 32 31 32 28 37 35 26 28 32 39 34 30 37  
26 27 40 35 37 28 43 26 35 45 26 35 32 32 35

35 28 32 36 32 36 37 33 26 31 36 33 33 28 23  
26 34 32 36 27 32 39 30 30 36 38 24 32 30 31

Провести анализ:

1. Составить ВР и изобразить его графически.
2. Вычислить статистические характеристики ( $M_0$ ,  $M_e$ ,  $X$ ,  $\delta$ ,  $m_x$ ,  $P$ ,  $C_v$ ).
3. Дать оценку достоверности (доверительный интервал при трех уровнях значимости;  $H_0$ ; критерий Стьюдента).
4. Сделать обоснованный вывод. Ответ.
5. События невозможные, достоверные и случайные. Примеры.

#### ВАРИАНТ 10

Были получены данные о длине коренного зуба млекопитающего (в мм):

3,2 2,8 2,9 3,0 3,1 3,3 2,9 3,1 2,7 3,4 2,9 3,0  
2,9 2,8 2,6 3,0 2,8 3,0 3,1 2,9 3,0 3,2 2,7 3,0

Провести анализ:

1. Составить ВР и изобразить его графически.
2. Вычислить статистические характеристики ( $M_0$ ,  $M_e$ ,  $X$ ,  $\delta$ ,  $m_x$ ,  $P$ ,  $C_v$ ).
3. Дать оценку достоверности (доверительный интервал при трех уровнях значимости;  $H_0$ ; критерий Стьюдента).
4. Сделать обоснованный вывод. Ответ.
5. Корреляция. Формула для вычисления КК прямым способом через значения вариант.

#### ВАРИАНТ 11

Имеются следующие данные о росте (длина тела, в см) взрослых мужчин:

162 151 161 170 167 164 166 164 173 172 165  
153 164 169 170 154 163 159 161 167 168 164  
170 166 176 177 159 158 160 161 167 155 166  
167 173 165 175 165 174 169 168 171 163 165  
166 166 166 169 167 166 167 172 169 171 168  
162 165 168 171 174 165 168 167 170 170 168

Провести анализ:

1. Составить ВР и изобразить его графически.
2. Вычислить статистические характеристики ( $M_0$ ,  $M_e$ ,  $X$ ,  $\delta$ ,  $m_x$ ,  $P$ ,  $C_v$ ).
3. Дать оценку достоверности (доверительный интервал при трех уровнях значимости;  $H_0$ ; критерий Стьюдента).
4. Сделать обоснованный вывод. Ответ.
5. Частные уравнения регрессии ( $Y$  от  $X$  и обратная связь).

#### ВАРИАНТ 12

Были получены данные о длине крыльев самцов (в мм) скворцов:

120 120 121 122 122 126 122 123 125 125 126

123 124 125 125 126 127 127 127 128 128 129  
129 122 122 125 127 127 127 128 129 120 122

Провести анализ:

1. Составить ВР и изобразить его графически.
2. Вычислить статистические характеристики ( $M_0$ ,  $M_e$ ,  $X$ ,  $\delta$ ,  $m_x$ ,  $P$ ,  $C_v$ ).
3. Дать оценку достоверности (доверительный интервал при трех уровнях значимости;  $H_0$ ; критерий Стьюдента).
4. Сделать обоснованный вывод. Ответ.
5. События совместимые и несовместимые. Примеры.

### ВАРИАНТ 13

Длина тела (в мм) у плотвы озера Нарочь были следующими:

143 157 148 153 150 142 164 139 139 140 143 120  
144 130 138 124 127 137 139 129 128 119 120 138  
130 114 126 138 117 132 130 145 140 153 137 142  
145 147 141 125 143 138 140 135 135 139 125 137  
131 120 127 118 120 124 134 111 132 133 100 132  
143 134 138 130 135 133 134 151 107 110 94 92

Провести анализ:

1. Составить ВР и изобразить его графически.
2. Вычислить статистические характеристики ( $M_0$ ,  $M_e$ ,  $X$ ,  $\delta$ ,  $m_x$ ,  $P$ ,  $C_v$ ).
3. Дать оценку достоверности (доверительный интервал при трех уровнях значимости;  $H_0$ ; критерий Стьюдента).
4. Сделать обоснованный вывод. Ответ.
5. Формулы для определения сумм квадратов при дисперсионном анализе (ДА 1).

*Самостоятельная учебная работа студентов – 6 ч.*

**Тема 4 Описательная статистика**

Расчет параметров описательной статистики при качественной изменчивости. Центральная предельная теорема. Закон больших чисел. Определение достаточного объема выборки – 2 часа (контрольная работа).

### **Тема 10 Элементы многомерной статистики**

Кластерный анализ и области его применения. Правила объединения объектов в кластеры. Графическое изображение результатов кластерного анализа. Дискриминантный анализ и области его применения. Дискриминантное уравнение и его параметры. Анализ главных компонент и области его применения. Принцип ортогональности главных компонент. Кумулятивная объясненная дисперсия – 2 часа (Решение задач с использованием методов дисперсионного анализа многофакторного опыта или комплексов).

### **Тема 11 Статистический анализ с использованием компьютера**

Использование программ EXCEL и STATISTICA для: расчета параметров описательной статистики, построения кривых распределения и гистограмм, выполнения дисперсионного анализа и сравнения двух групп, расчета коэффициентов корреляции, анализа частот, выполнения регрессионного анализа – 2 часа (защита рефератов).

## Глоссарий по дисциплине

**Алгоритм** - полностью определенный, конечный набор шагов, операций или процедур, которые приводят к конкретному результату.

**Альтернативная вариация** – простейший случай качественной вариации, когда совокупность состоит только из двух групп: одной, имеющей данный признак, а другой – его не имеющей.

**Аппарат Гальтона** – устройство, предназначенное для наглядной демонстрации распределения вариантов в виде вариационного ряда, частоты в котором следуют коэффициентам разложения бинома Ньютона.

**Апостериорные сравнения** - Обычно, получив при проведении дисперсионного анализа статистически значимое значение F-критерия, мы хотели бы узнать, какая из групп вызвала этот эффект, т.е. какие из групп значительно отличаются от других. Конечно, мы могли бы вычислить последовательность обычных t-критериев для сравнения всех возможных пар средних. Однако такая процедура будет основана на случайности. Получаемые уровни вероятности будут завышать значимость различия между средними. Например, предположим, что мы получили 20 выборок по 10 случайно выбранных чисел каждая, а затем вычислили 20 средних. После этого возьмем группу (выборку) с наибольшим средним и сравним ее с выборкой с наименьшим средним. t-критерий для независимых выборок проверяет, являются ли два средних значимо отличающимися друг от друга, в предположении, что рассматриваются всего две выборки. Метод апостериорных сравнений, наоборот, предполагает наличие более чем двух выборок. Этот метод используется для проверки гипотез и разведочного анализа.

**Асимметрия** или **коэффициент асимметрии** - (термин был впервые введен Пирсоном, 1895) является мерой несимметричности распределения. Если этот коэффициент отчетливо отличается от 0, распределение является асимметричным. Плотность нормального распределения симметрична относительно среднего.

**Биномиальное распределение** – распределение, при котором вероятности появления отдельных значений  $x_i$  выражаются величинами, соответствующие коэффициентам разложения бинома Ньютона.

**Варианта** – значение или мера признака для единицы совокупности.

**Варiances (средний квадрат отклонений вариант от средней арифметической)**  $\sigma^2$  – это сумма квадратов отклонений отдельных значений данной переменной от средней арифметической, деленная на число вариантов.

**Вариация (дисперсия)** - различие между единицами совокупности.

**Вариационный ряд** – ряд, в котором показано, как часто встречаются варианты каждого класса и как варьируют признаки от минимальной величины до максимальной.

**Вероятность** – возможность осуществления определенного события в некотором количестве случаев из общего числа возможных, или, иначе говоря, степень уверенности в том, что событие произойдет.

**Вероятностный** или **стохастический процесс** – процесс осуществления явления на основе известной его возможности или вероятности.

**Взаимодействия** - эффект *взаимодействия* возникает, когда зависимость между двумя или более переменными изменяется под воздействием одной или нескольких других переменных. Другими словами, сила или знак (направление взаимодействия) зависимости между двумя или более переменными зависит от значения принимаемого некоторыми другими переменными. Термин *взаимодействие* был впервые использован в работе Фишера (Fisher, 1926). Отметим, что слово "зависит" в данном контексте не означает причинной зависимости, а просто отражает тот факт, что в зависимости от рассматриваемого подмножества наблюдений (от значения модифицирующей переменной или переменных) характер зависимости будет меняться (модифицироваться).

**Внутриклассовый коэффициент корреляции** - значение внутриклассового коэффициента корреляции для популяции является мерой однородности наблюдений внутри классов случайного фактора относительно изменчивости наблюдений между классами. Он равен нулю только в случае, когда оцениваемый эффект случайного фактора равен нулю, и достигает единицы только если оцениваемый эффект ошибки равен нулю, при условии, что общая дисперсия наблюдений отлична от нуля. *Внутриклассовый коэффициент корреляции* может быть измерен с помощью метода оценивания компонент дисперсии.

**Временной ряд** - это последовательность измерений в последовательные моменты времени. Анализ временных рядов включает широкий спектр разведочных процедур и исследовательских методов, которые ставят две основные цели: (а) определение природы временного ряда и (б) прогнозирование (предсказание будущих значений временного ряда по настоящим и прошлым значениям). Обе эти цели требуют, чтобы модель ряда была идентифицирована и, более или менее, формально описана. Как только модель определена, вы можете с ее помощью интерпретировать рассматриваемые данные (например, использовать в вашей теории для понимания сезонного изменения цен на товары, если занимаетесь экономикой). Не обращая внимания на глубину понимания и справедливость теории, вы можете экстраполировать затем ряд на основе найденной модели, т.е. предсказать его будущие значения.

**Выборочная совокупность** – сравнительно небольшая по объему совокупность, входящая в состав генеральной.

**Генеральная совокупность** – теоретически бесконечно большая или приближающаяся к бесконечности совокупность.

**Групповое программное обеспечение** - это программное обеспечение, которое дает возможность группе пользователей, использующих компьютерную сеть, одновременно работать над конкретным проектом. Оно содержит средства для организации связи (электронную почту), для совместной обработки документов, проведения анализа, создания отчетов и статистической обработки данных, а также календарного планирования и

наблюдения. При этом обрабатываемые документы могут содержать информацию любого типа: текст, картинки или мультимедийный формат. **Дискриминантный анализ** - используется для принятия решения о том, какие переменные дискриминируют или разделяют объекты на две или более естественно возникающих групп (его используют как метод проверки гипотез или как метод разведочного анализа).

**Дисперсионный анализ** – позволяет оценивать значимость влияния отдельных факторов, а также их относительную роль в общей изменчивости. **Д. а.** был разработан английским математиком и биологом Р. Фишером.

**Доверительные вероятности** – вероятность, при достижении которой можно с большой степенью уверенности заключить определенный вывод. В биологии используются доверительные вероятности: 0,95 и 0,99. Понятие **Д.В.** было введено Р. Фишером.

**Доверительные границы** или **доверительный интервал** - используются для оценки той или иной величины, указывают те границы, в которых она может находиться при разных вероятностях.

**Доля выборки** – отношение  $n/N$ , где  $n$  – численность выборочной совокупности, а  $N$  – численность генеральной совокупности. Используется для получения более точного значения средней ошибки.

**Желаемая точность** – допустимое расхождение между средней арифметической (по данному признаку) выборки и средней арифметической генеральной совокупности.

**Закон больших чисел** – выражает связь между статистическими показателями выборочных и генеральных совокупностей, заключается в том, что чем больше число  $n$  некоторых случайных величин, тем их средняя арифметическая ближе к средней арифметической генеральной совокупности.

**Интервальная шкала** - эта шкала измерений позволяет не только упорядочить наблюдения, но и количественно выразить расстояния между ними (при этом на шкале не обязательно присутствует *абсолютная* нулевая отметка).

**Интерполяция** - восстановление значения функции в промежуточной точке по известным ее значениям в соседних точках.

**Категоризация, группировка, разбиение на подмножества** - одним из наиболее важных, общих, а также мощных аналитических методов заключается в разделении (разбиении) данных на несколько подмножеств и последующее сравнение структуры данных в полученных подмножествах. У этого общего метода имеется много различных названий (в том числе: разбиение, группировка, категоризация, расщепление, разветвление и условный анализ), и он используется как для разведочного анализа данных, так и для проверки гипотез.

**Качественная изменчивость** – изменчивость, различия между вариантами которой выражаются в каких-либо качествах.

**Классификация** - отнесение наблюдения к одному из нескольких, заранее известных классов (представленных значениями номинальной выходной переменной).

**Кластерный анализ** - термин *кластерный анализ* (впервые ввел Tryon, 1939) в действительности включает в себя набор различных алгоритмов классификации. Общий вопрос, задаваемый исследователями во многих областях, состоит в том, как организовать наблюдаемые данные в наглядные структуры, т.е. развернуть таксономии и определить кластеры схожих объектов. Например, биологи ставят цель разбить животных на различные виды, чтобы содержательно описать различия между ними. В соответствии с современной системой, принятой в биологии, человек принадлежит к приматам, млекопитающим, амниотам, позвоночным и животным. Заметьте, что в этой классификации, чем выше уровень агрегации, тем меньше сходства между членами в соответствующем классе. Человек имеет больше сходства с другими приматами (т.е. с обезьянами), чем с "отдаленными" членами семейства млекопитающих (например, собаками) и т.д.

**Ковариация** - показатель, являющийся связующим звеном между корреляционным и регрессионным методами анализа.

**Количественная дискретная (прерывная) изменчивость** – изменчивость, при которой различия между вариантами отдельными значениями случайной переменной, выражаются целыми числами, между которыми нет и не может быть переходов.

**Количественная непрерывная изменчивость** – вариация, при которой значения вариант выражаются как целыми, так и дробными числами.

**Комплексные числа** - это множество чисел, которое включает все действительные и мнимые числа. Комплексное число представляется выражением вида  $a + ib$ , где  $a$  и  $b$  - действительные числа,  $i$  - мнимая единица,

**Компоненты дисперсии** (в смешанной модели дисперсионного анализа). Термин *компоненты дисперсии* используется в контексте дисперсионного анализа и планирования эксперимента, включающего случайные эффекты, для обозначения оценки (доли) дисперсии, которая связана с этими эффектами.

**Корреляция** - это мера связи между двумя переменными. Коэффициент корреляции может изменяться от -1.00 до +1.00. Значение -1.00 означает полностью отрицательную корреляцию, значение +1.00 означает полностью положительную корреляцию. Значение 0.00 означает отсутствие корреляции.

**Корреляция Пирсона** - наиболее часто используемый коэффициент корреляции Пирсона  $r$  (Pearson, 1896) называется также *линейной корреляцией* (термин корреляция впервые ввел Galton, 1888), т.к. измеряет степень линейных связей между переменными. Можно сказать, что корреляция определяет степень, с которой значения двух переменных пропорциональны друг другу. Важно, что значение коэффициента корреляции не зависит от масштаба измерения. Например, корреляция между ростом и весом будет одной и той же, независимо от того, проводились

измерения в дюймах и фунтах или в сантиметрах и килограммах. Пропорциональность означает просто линейную зависимость. Корреляция высокая, если на графике зависимость можно представить прямой линией (с положительным или отрицательным углом наклона). Проведенная прямая называется прямой регрессии или прямой, построенной методом наименьших квадратов. Последний термин связан с тем, что сумма квадратов расстояний (вычисленная по оси  $Y$ ) от наблюдаемых точек до прямой является минимальной из всех возможных. Заметим, что использование квадратов расстояний приводит к тому, что на оценки параметров сильно влияют выбросы. Корреляция Пирсона предполагает, что две рассматриваемые переменные измерены, по крайней мере, в интервальной шкале.

**Корреляционные или статистические связи** – связи, при которых численному значению одной переменной соответствует много значений другой переменной.

**Коэффициент вариации** – применяется при сравнении вариации различных признаков, представляет собой отношение  $\sigma$  к  $x$ , выраженное в процентах.

**Коэффициент детерминации** - это квадрат корреляции Пирсона между двумя переменными. Он выражает количество дисперсии, общей между двумя переменными.

**Коэффициент корреляции  $r$**  – указывает на степень связи в вариации двух переменных величин или на меру тесноты этой связи.

**Коэффициент регрессии** - количественная мера регрессии, вычисляемая если известны сигмы обоих вариационных рядов по признакам  $x$  и  $y$ , и коэффициенты корреляции между ними.

**Кривая распределения (вариационная кривая)** – графическое изображение вариационного ряда.

**Критерий соответствия хи-квадрат  $\chi^2$**  – показатель, определяющий степень соответствия фактических данных теоретически ожидаемым, или согласие фактических данных с предложенной гипотезой.

**Критерий Стьюдента  $t$**  – применяется при малых выборках ( $n \leq 30$ ), характеризует отклонение выборочных средних от генеральной средней. Устанавливает тот факт, что среднее квадратическое отклонение для малых выборок постоянно отличается от того, которое ожидалось бы при нормальном распределении.

**Круговая диаграмма** - последовательность значений переменной изображается в виде последовательных круговых секторов (термин "круговая диаграмма" был впервые использован Хаскеллом в 1922 г.); размер каждого сектора пропорционален соответствующему значению. Значения должны быть больше 0 (нулевое и отрицательные значения не могут быть представлены в виде круговых секторов). Круговая диаграмма интерпретирует данные самым непосредственным образом: одно наблюдение соответствует одному сектору.

**Лимиты (пределы)** – значения крайних классов, верхняя и нижняя граница вариационного ряда.

**Метод регрессии** – метод, позволяющий установить, как количественно меняется одна величина при изменении другой на единицу.

**Медиана** – значение варианты, находящееся точно в середине ряда.

**Множественная корреляция** – зависимость изменения величины  $x$  от одновременного изменения величин  $y, z$  и т.д.

**Мода** – значение модального класса, являющееся как бы типичной для всей совокупности.

**Модальный класс** – класс, обладающий наибольшей частотой.

**Номинальные переменные** - переменные, которые могут принимать конечное множество значений, например,  $Пол = \{Муж, Жен\}$ .

**Нормальная вариационная кривая** – симметричная плавная кривая, при которой верхние границы ломанной линии полигона сливаются в гладкую кривую линию.

**Нормированное отклонение  $t$**  – представляет собой отклонение тех или других вариант от их средней арифметической, выраженное в долях среднего квадратического отклонения.

**Нулевая гипотеза** - согласно этой гипотезе, первоначально принимается, что между данными показателями (или группами, на основе которых они получены) достоверного различия нет, т.е. что обе группы вместе составляют один и тот же однородный материал, одну совокупность.

**Общность** - это доля дисперсии, которая является общей для данной и всех остальных переменных. Доля дисперсии, которая является характерной для данной переменной (иногда называется характерностью) получается после вычитанием общности из дисперсии переменной. Другими словами дисперсия переменной есть общность плюс характерность. Обычно вначале в качестве оценки общности используют коэффициент множественной корреляции выбранной переменной со всеми другими.

**Объем совокупности** – число единиц совокупности.

**Отрицательная корреляция** - обратная зависимость между признаками: увеличение одного признака соответственно связано с уменьшением другого.

**Ошибка выборочности** или **ошибка репрезентативности** - представляют собой среднюю величину расхождения между средними значениями изучаемых признаков в выборках и генеральной совокупности.

**Ошибка выборочности коэффициента корреляции** – мера расхождения между коэффициентами корреляции для выборочной и генеральной совокупности.

**Полигон распределения** – графическое изображение конкретных вариационных рядов, применяющееся при дискретной вариации.

**Положительная корреляция** – прямая зависимость между признаками: при увеличении одного увеличивается и другой.

**Поправка на непрерывность Йейтса** – применяется при вычислении  $\chi^2$  в случае если исследуются малочисленные группы.

**Ранжировка** – расположение всех вариант по порядку от минимальных до максимальных значений.

**Распределение Пуассона** или **пуассоново распределение** – в биологии применяется для анализа редко наблюдаемые явления.

**Симметричное распределение** - если вы разобьете распределение пополам в точке среднего (или медианы), то распределения значений с двух сторон от этой центральной точки будут "зеркальным отображением" друг друга.

**Случайная переменная** – величина, изменяющаяся под влиянием многих случайных причин, которая может принимать разные значения.

**Совокупность** - всякое множество отдельных отличающихся друг от друга и в то же время сходных в некоторых существенных отношениях объектов.

**Среднее** - показывает "центральное положение" (центр) переменной и рассматривается совместно с доверительным интервалом. Обычно интерес представляют показатели (например, среднее), дающие информацию о популяции в целом. Чем больше размер выборки, тем более надежна оценка среднего. Чем больше изменчивость данных (больше разброс), тем оценка менее надежна.

**Средняя арифметическая**  $\bar{x}$  – некоторая урavnенная величина, отражающая основные свойства всех членов совокупности.

**Средняя геометрическая** – статистический показатель, применяемый в случае, если возрастание данного признака происходит умножением пропорционально степени.

**Стандартная ошибка** - термин стандартная ошибка среднего был впервые введен Юлом (Yule, 1897). Эта величина характеризует стандартное отклонение выборочного среднего, рассчитанное по выборке размера  $n$  из генеральной совокупности, и зависит от дисперсии генеральной совокупности (сигма) и объема выборки ( $n$ ).

**Стандартное отклонение** - (термин был впервые введен Пирсоном, 1894), это широко используемая мера разброса или вариабельности (изменчивости) данных.

**Таблицы сопряженности** – таблицы, в которых предусматривается распределение групп по признакам, сопряженность или связь между которыми нужно будет установить.

**Теоретические (априорные) вероятности** – вероятности, которые знают заранее до проведения опыта.

**Уровень значимости** – обозначает вероятность получения случайного отклонения от установленных с определенной вероятностью результатов. Вероятности 0,95 (95%) соответствует уровень значимости 0,05% (5%). При вероятности 0,99% (99%) уровень значимости 0,01 (1%).

**Функциональная зависимость** – зависимость, при которой, каждому значению одной переменной величины соответствует одно вполне определенное значение другой переменной.

**Частная корреляция** - корреляция между двумя переменными, вычисленная после устранения влияния всех других переменных, называется частной корреляцией

**Число степеней свободы**  $df$  – величина  $n-1$ .

**Эмпирические (апостериорные) вероятности** – вероятности, которые получены после проведения опыта.

## Литература

### Основная

1. *Рокицкий П. Ф.* Биологическая статистика / П.Ф. Рокицкий. М.: Высшая школа, 1973.– 327с.
2. *Гланц С.* Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. / С. Гланц. М.: Практика, 1999.
3. *Ивантер Э. В., Коросов А. В.* Основы биометрии: Введение в статистический анализ биологических явлений и процессов: Учеб. пособие / Э.В. Ивантер, А.В. Коросов. Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского гос. ун-та, 1992.
4. *Лакин Г.Ф.* Биометрия: Учеб. пособие для биол. спец. вузов /Г.Ф. Лакин. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1990.

### Дополнительная

1. *Плохинский Н. А.* Биометрия / Н.А. Плохинский. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. – 364с.
2. *Терентьев П.В.* Практикум по биометрии./ П.В. Терентьев, Н.С. Ростова Л., 1977. – 152с.
3. *Sokal R. R., Rohlf J. F.* Biometry: the principles and practice of statistics in biological research (3rd ed.) / R. R. Sokal, J. F. Rohlf. New-York, W. H. Freeman and Company, 2001.
4. *Zar J. H.* Biostatistical analysis (2nd ed.) / J. H. Zar. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1984.
5. *Боровиков В. П., Боровиков И. П.* STATISTICA: Статистический анализ и обработка данных в среде Windows / В.П. Боровиков, И.П. Боровиков. М.: Информационно-издательский дом "Филинь", 1998.
6. *Гашев С.Н.* Статистический анализ для биологов (Пакет программ «STATAN – 1996»./ С.Н. Гашев Тюмень: ТюмГУ, 1998. – 51 с.
7. *Гельман В.Я.* Медицинская информатика. / В.Я. Гельман СПб: Питер, 2002. – 480 с.

## Методические рекомендации для преподавателя

Методические рекомендации для преподавателя должны указывать на средства, методы обучения, способы учебной деятельности, применение которых для освоения тех или иных тем или разделов наиболее эффективно. Рекомендации для преподавателей могут идти в русле следующих предписаний:

1. Изучив глубоко содержание учебной дисциплины, целесообразно разработать матрицу наиболее предпочтительных методов обучения и форм самостоятельной работы студентов, адекватных видам лекционных и семинарских занятий.

2. Необходимо предусмотреть развитие форм самостоятельной работы, выводя студентов к завершению изучения учебной дисциплины на её высший уровень.

3. Организуя самостоятельную работу, необходимо постоянно обучать студентов методам такой работы.

4. Пакет заданий для самостоятельной работы следует выдавать в начале семестра, определив предельные сроки их выполнения и сдачи. Задания для самостоятельной работы желательно составлять из обязательной и факультативной частей.

5. Вузовская лекция – главное звено дидактического цикла обучения. Её цель – формирование у студентов ориентировочной основы для последующего усвоения материала методом самостоятельной работы. Содержание лекции должно отвечать следующим дидактическим требованиям:

- изложение материала от простого к сложному, от известного к неизвестному;

- логичность, четкость и ясность в изложении материала;

- возможность проблемного изложения, дискуссии, диалога с целью активизации деятельности студентов;

- опора смысловой части лекции на подлинные факты, события, явления, статистические данные;

- тесная связь теоретических положений и выводов с практикой и будущей профессиональной деятельностью студентов.

Преподаватель, читающий лекционные курсы в вузе, должен знать существующие в педагогической науке и используемые на практике варианты лекций, их дидактические и воспитывающие возможности, а также их методическое место в структуре процесса обучения.

6. При проведении аттестации студентов важно всегда помнить, что систематичность, объективность, аргументированность – главные принципы, на которых основаны контроль и оценка знаний студентов. Проверка, контроль и оценка знаний студента, требуют учета его индивидуального стиля в осуществлении учебной деятельности. Знание критериев оценки знаний обязательно для преподавателя и студента.

### **Методические указания для студентов**

Методические указания для студентов представляют собой комплекс рекомендаций и разъяснений, позволяющих студентам оптимальным образом выстроить работу по изучению дисциплины и создающих условия для успешной самостоятельной работы. Наличие методических рекомендаций особо важно для организации учебного процесса студентов - заочников.

Методические указания студентам должны раскрывать рекомендуемый режим и характер учебной работы по изучению теоретического курса (или его раздела/части), практических и/или семинарских занятий, лабораторных работ (практикумов), и практическому применению изученного материала, по выполнению заданий для самостоятельной работы, по использованию информационных технологий, выполнению курсовых работ, написанию рефератов и т.д.

Методические указания должны мотивировать студента к самостоятельной работе и не подменять учебную литературу.

### **Программа по организации контролируемой самостоятельной работы студентов**

Согласно учебному плану на самостоятельную работу студента по дисциплине «Биометрия» на 2013/14 учебный год выделено 6 часов.

Основной вид реализации самостоятельной работы:

- конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;
- решение домашних задач;
- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе);
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников на русском и иностранных языках;
- написание рефератов.

**Обеспеченность образовательного процесса по дисциплине  
специализированным и лабораторным оборудованием**

В учебном процессе для освоения дисциплины «Биометрия» используются следующие технические средства:

- Компьютеры;
- Таблицы;
- Презентации;
- Интернет-ресурсы.

### Карта обеспеченности литературой

В таблице приведены сведения об обеспеченности студентов, обучающихся по дисциплине «Биометрия», учебной и учебно-методической литературой.

Наименование литературы	Объем фонда учебной и учебно-методической литературы (количество)	
	Учебная	Учебно-методическая
	Экз.	Экз.
1. Лакин Г.Ф. Биометрия. Учебное пособие для биол. спец. вузов. 4-е изд. Пер. и дополн. М. Высшая школа. 1990.	42	
2. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. Минск. Высшая школа. 1969.	15	
3. Терентьев П.В. Практикум по биометрии. Учебное пособие по биометрии. М. 1977.	2	
4. Демьянов Ю. Э. Литвин Н.Ф. Применение математических методов и ЭВМ в биологии. Под ред. Селькова. М. Изд-во МГУ. 1981.	1	
5. PDF версия на сайте университета текста лекций по курсу «Биометрия» (составитель Кураченко И.В.)		
6. Методические указания к лабораторным занятиям по курсу «Биометрия» (составитель Кураченко И.В.)		15
7. Электронные материалы (наборы видео- и аудио- материалов, компьютерные программы «STATISTICA 6.0», «StatSoft», пакет программ «MS Excel», электронные учебники, электронный словарь статистических терминов, презентации и др.)		

## **ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### *Положение о рейтинговом контроле знаний*

Курс “Биометрия” состоит из материала теоретического и прикладного характера, который излагается на лекциях, практически осуществляется при проведении лабораторных занятий, а также частично выносится на СУРС.

Курс завершается зачетом, сопровождаемым рейтинговыми баллами. Суммарный рейтинговый балл составляется из баллов, полученных за три промежуточных этапа, оканчивающихся контрольными работами и баллов, полученных на зачете. При вынесении семестровой оценки экзаменатор суммирует баллы трех промежуточных этапов и баллы, полученные при опросе и на основании полученного результата определяет суммарный рейтинговый балл по курсу за семестр и итоговый результат.

### **Цели и задачи балльно-рейтинговой аттестации студентов, обучающихся по дисциплине**

Основными целями введения балльно-рейтинговой аттестации являются:

1. Стимулирование повседневной систематической работы студентов;
2. Снижение роли случайностей при сдаче зачета;
3. Повышение состязательности в учебе;
4. Исключение возможности протезирования не очень прилежных студентов;
5. Создание объективных критериев при определении кандидатов на продолжение обучения (магистратура, аспирантура и т.п.);
6. Повышение мотивации студентов к освоению профессиональных образовательных программ на базе более высокой дифференциации оценки результатов их учебной работы.

## **Состав и планирование в баллах рейтинговых контрольных мероприятий по дисциплине**

Состав и планирование в баллах контрольных рейтинговых мероприятий, ориентировочное распределение баллов по видам отчетности в рамках дисциплины представлены в таблице.

### *Текущая, промежуточная и итоговая аттестация студентов, обучающихся по дисциплине «Биометрия»*

<b>Вид отчетности</b>	<b>1 рейтинговый контроль</b>	<b>2 рейтинговый контроль</b>	<b>3 рейтинговый контроль</b>	<b>Зачет</b>
Текущий (опрос-собеседование, письменный опрос)	6	6	6	60-71
Домашние задания.	6	6	6	
Контрольные работы	9	9	9	
Коллоквиум	-	-	9	
Посещение занятий	3	3	3	
Всего	24	24	33	

### **График балльно-рейтинговых контрольных мероприятий по дисциплине**

По дисциплине «Биометрия» предусмотрены текущая, промежуточная и итоговая формы контроля.

**Текущий контроль:** оформление рабочей тетради на лабораторных занятиях, включающей решение домашних задач, письменный опрос и собеседование.

**Промежуточный контроль:** обязательное тестирование (по три контрольные точки в каждом семестре). Для промежуточного контроля студентов выполнено по 200 тестовых заданий. Тесты оформлены в формате АСТ (имеется электронная копия в формате WORD) согласно требованиям к

аттестационным педагогическим измерительным материалам для компьютерного тестирования. Тесты размещены в электронной базе ГГУ.

### **Учетная документация при рейтинг-контроле по дисциплине**

Нормативными документами учета успеваемости студентов, обучающихся по балльно-рейтинговой системе являются:

- ведомость учета текущей успеваемости;
- зачетная ведомость;

Ведомость текущей успеваемости заполняется преподавателем 3 раза в течение семестра.

### **Порядок и сдача зачета**

Для допуска к зачету студент должен набрать в ходе текущего и рубежного контроля не менее 60 баллов. Для допуска к зачету необходимо выполнение всех запланированных по программе лабораторных работ независимо от числа набранных баллов по дисциплине.

### ***Зачетные вопросы***

1. Предмет и основные понятия биометрии. История биометрии.
2. Группировка данных, совокупность и вариационный ряд.
3. Совокупность, примеры различных совокупностей. Отличие выборочной совокупности от генеральной совокупности.
4. Принципы группировки данных при качественной дискретной и непрерывной изменчивости.
5. Вариационный ряд. Особенности распределения вариант в вариационном ряду. Графическое изображение вариационного ряда.
6. Статистические показатели для характеристики совокупности.
7. Размах вариационного ряда и лимиты. Мода и медиана.
8. Средняя арифметическая и ее свойства. Формулы для вычисления.
9. Варианса и среднее квадратическое отклонение.
10. Понятие степень свободы.
11. Средняя геометрическая. Формулы для ее вычисления.

12. Коэффициент вариации, его отличие от среднего квадратического отклонения.
13. Закономерности случайной вариации. Вероятность. Формулы для вычисления вероятности.
14. Нормальная вариационная кривая и ее характеристика. Нормированное отклонение.
15. Уровни значимости. Связь между уровнем значимости и вероятностью.
16. Доверительные вероятности или доверительный интервал.
17. Оценка достоверности статистических показателей. Выборочные и генеральные совокупности.
18. Средние ошибки, ошибки выборочности. Формулы вычисления.
19. Критерий Стьюдента, случаи и примеры его использования.
20. Нулевая гипотеза. Сущность нулевой гипотезы.
21. Формулы для определения необходимого объема выборочной совокупности. Охарактеризуйте основные предпосылки выборочного метода.
22. Измерение связи. Корреляция. Понятие о корреляции. Положительная и отрицательная корреляция.
23. Коэффициент корреляции. Формулы для его вычисления.
24. Выборочность коэффициента корреляции. Оценка его достоверности.
25. Понятие о регрессии. Односторонняя и двусторонняя регрессия.
26. Коэффициент регрессии. Ошибка коэффициента регрессии и его достоверность.
27. Статистический анализ вариации по качественным признакам.
28. Альтернативная вариация. Средняя арифметическая и среднее квадратическое отклонение при альтернативной вариации.
29. Средняя ошибка при альтернативной вариации. Доверительные границы для доли.
30. Дисперсионный анализ. Сущность дисперсионного анализа.
31. Общая схема дисперсионного анализа при однофакторном опыте.
32. Установление достоверности влияния изучаемого фактора. Фактические и табличные значения F.
33. Изучение степени соответствия фактических данных теоретически ожидаемым.

34. Критерий соответствия хи-квадрат. Формулы для его вычисления.
35. Закономерности распределения  $\chi^2$ . Понятие вероятности и значимости в применении  $\chi^2$ .
36. Фактические данные и нулевая гипотеза. Области отбрасывания нулевой гипотезы.

### Тесты по дисциплине «Биометрия».

1. Основы науки, названной биометрикой, в 1899 году разработал:
- + : Гальтон;
  - : Льюин;
  - : Фишер;
  - : Госсет.
2. Множество отдельных отличающихся друг от друга и в то же время сходных в некоторых отношениях объектов называется:
- : вариацией;
  - : дисперсией;
  - + : совокупностью;
  - : медианой.
3. Объемом совокупности называют:
- : различия в совокупности;
  - : вариацию совокупности;
  - + : число единиц в совокупности;
  - : дисперсию совокупности.
4. Синонимом термина «дисперсия» является:
- : количество;
  - : совокупность;
  - : качество;
  - + : вариация.
5. Вариация – это:
- + : различия между единицами совокупности;
  - : сходство между единицами совокупности;
  - : число единиц в совокупности;
  - : объем совокупности.
6. Варианта – это:
- : объем совокупности;
  - + : значение единицы совокупности;
  - : средняя арифметическая;
  - : среднее квадратическое отклонение.

7. Варианты являются числовыми значениями:

- : средней арифметической;
- +: случайной переменной;
- : средней геометрической;
- : постоянной переменной.

8. Теоретически бесконечно большую или приближающуюся к бесконечности совокупность называют:

- : выборочной;
- : постоянной;
- +: генеральной;
- : варьирующей.

9. Выборочные совокупности по своим размерам являются:

- : теоретически бесконечными;
- +: сравнительно небольшими;
- : включающими одну единицу;
- : приближающимися к бесконечности.

10. Совокупность животных характеризуется по масти. Такую вариацию называют:

- : количественной;
- : сходной;
- +: качественной;
- : постоянной.

11. На прерывную (дискретную) и непрерывную разделяется:

- +: количественная вариация;
- : ограниченная вариация;
- : качественная вариация;
- : случайная вариация.

12. Число детенышей в помете у совокупности серебристо-черных лисиц можно отнести к:

- : случайной вариации;
- : ограниченной вариации;
- +: количественная вариация;
- : качественная вариация;

13. Отличие прерывной (дискретной) вариации от непрерывной заключается в следующем:

- : выражается только дробными числами
- : может выражаться как целыми, так и дробными числами;
- +: выражается только целыми числами.

14. Частным случаем качественной вариации является:

- : количественная;
- : ограниченная;
- : дисперсная;
- +: альтернативная.

15. В совокупности выделяют только две группы. Такая вариация называется:

- +: альтернативной;
- : генеральной;
- : случайной;
- : количественной.

16. Количество вариантов от 60 до 100 подразделяют на:

- : 5-6 классов;
- : 8-12 классов;
- +: 7-10 классов;
- : 10-15 классов.

17. На 10 – 15 классов подразделяется:

- : 100 вариант;
- : 50 вариант;
- : 25 вариант;
- +: более 200 вариант.

18. Расположение вариантов от меньших величин к большим называется:

- +: ранжировкой;
- : группировкой;
- : объединением;
- : слиянием.

19. Ряды, получаемые в ходе распределения вариантов по классам называются:

- : переменными;
- +: вариационными;
- : случайными;
- : количественными.

20. Класс, обладающий наибольшей частотой получил название:

- : вариационный;
- : запредельный;
- +: модальный;
- : лимитный.

21. Модальным называется класс, обладающий:

- : наименьшей частотой;
- : включающий среднюю арифметическую;
- +: наибольшей частотой.

22. Лимитами называются значения:

- : модального класса;
- : средней арифметической;
- +: крайнего класса;
- : среднего квадратического отклонения.

23. Полигон распределения применяется при:

- : непрерывной вариации;
- +: дискретной вариации;
- : случайной вариации;
- : постоянной вариации.

24. Кривая распределения - это:

- +: графическое изображение вариационного ряда;
- : распределение вариационного ряда по классам;
- : расчет частоты встречаемости;
- : определение модального класса в вариационной ряду.

25. При построение полигона распределения на ось абсцисс наносятся:

- : частоты;
- : лимиты;
- +: классы;
- : медианы.

26. При построение полигона распределения на ось ординат наносятся:

- +: частоты;
- : лимиты;
- : классы;
- : медианы.

27. Классы объединяют несколько значений вариант. В этом случае наиболее подходящим является построение:

- : полигона распределения;
- : вариационной кривой;
- +: гистограммы распределения;
- : кривой распределения.

28. Полигон распределения получается многовершинным в случае, если обнаруживается:

- : один модальный класс;
- : два лимита;
- : несколько медиан;
- +: несколько модальных классов.

29. При изучении графического распределения, в вариационных рядах обычно наблюдается следующее:

- : частота вариант постепенно возрастает к краям вариационного ряда;
- +: частота вариант постепенно убывает к краям вариационного ряда;
- : частота вариант остается неизменной.

30. Причиной многовершинности вариационных рядов не является:

- : малый объем выборки;
- : однородность биологического материала;
- +: отсутствие модального класса;

31. Значение модального класса называется:

- : лимитом;
- : медианой;
- +: модой;
- : пределом.

32. Величина, в биологической статистике обозначаемая  $Me$  называется:

- : модой;
- +: медианой;
- : случайной переменной;
- : модальным классом.

33. Модальным является класс «46-48». В этом случае мода равняется:

- : 46;
- +: 47;
- : 48;
- : 94.

34. Значение варианты, находящейся точно в середине ряда называется:

- : лимитом;
- : модой;
- : пределом;
- +: медианой

35. Средняя арифметическая обозначается:

- :  $\sigma$ ;
- +:  $\bar{x}$ ;
- :  $x_i$ ;
- :  $\Sigma$ .

36. Объем совокупности обозначается:

- :  $x_i$ ;
- +:  $n$ ;
- :  $x_g$ ;
- :  $S$ .

37. Сумма значений всех вариантов, входящих в совокупность, разделенное на общее число вариантов, будет выражать:

- : среднюю геометрическую;
- : среднее квадратическое отклонение;
- : среднюю ошибку;
- +: среднюю арифметическую.

38. Вариационный ряд включает следующие значения: 31, 36, 37, 43, 48.

Средняя арифметическая будет:

- +: больше  $x_3$ ;
- : меньше  $x_3$
- : равна  $x_3$ .

39. Средняя арифметическая вычисляется по формуле:

- +:  $\bar{x} = \sum x_i / n$
- :  $\bar{x} = \sum x_i \times n$
- :  $\bar{x} = \sum x_i + n$
- :  $\bar{x} = \sum x_i - n$

40. Синонимом термина «варианса» является:

- : средняя арифметическая;
- : средняя ошибка средней арифметической;
- +: средний квадрат отклонений вариант от средней арифметической;
- : средняя геометрическая.

41. Среднее квадратическое отклонение обозначается как:

- :  $\bar{x}$ ;
- :  $t$ ;
- :  $n$ ;
- +:  $\sigma$ .

42. Сумма квадратов отклонений отдельных значений данной переменной от средней арифметической, деленной на число вариантов называется:

- : медианой;
- +: вариансой;
- : модой;
- : средней геометрической.

43. Число степеней свободы обозначается как:

- :  $\bar{x}$ ;
- :  $S_x$ ;
- +:  $n - 1$ ;
- :  $\sigma$ .

44. Число степеней свободы в выборке включающей 41 вариант равняется:

- : 82;
- : 42;
- +: 40;
- : 41.

45. Варианса вычисляется по формуле:

$$+: \sigma = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

$$-: \sigma = \sum (x_i - \bar{x})^2$$

$$-: \sigma = \left( \sum (x_i - \bar{x})^2 \right) \times n$$

46. Основным критерием для применения средней геометрической является:

- : возрастание данного признака путем арифметического прибавления к первоначальному значению какой-то величины;
- +: возрастание данного признака путем умножения пропорционально степени;
- : убывание данного признака путем вычитания от первоначального значения какой-то величины;
- : убывание данного признака путем деления пропорционально степени.

47. Среднее квадратическое отклонение выражается в тех же единицах, что и:

- : число степеней свободы;
- +: средняя арифметическая;
- : объем совокупности.

48. Коэффициент вариации обозначается:

- :  $\sigma$ ;
- :  $\sigma^2$ ;
- +:  $v$ ;
- :  $\Sigma$ .

49. Средняя геометрическая обозначается:

- :  $\bar{x}_i$ ;
- +:  $\bar{x}_g$ ;
- :  $\bar{x}_n$ ;
- :  $\bar{x}_v$ .

50. Процентное соотношение, которое составляет  $\sigma$  от  $\bar{x}$  составляет:

- +: коэффициент вариации;
- : коэффициент асимметрии;
- : коэффициент корреляции.
- : коэффициент регрессии.

51 В случае если средняя арифметическая равна 6,8; варианса 0,8, коэффициент вариации будет равен:

- :  $(6,8/0,8) \times 100\%$ ;
- +:  $(0,8/6,8) \times 100\%$ ;
- :  $(0,8 \times 6,8) \times 100\%$ ;
- :  $(6,8 + 0,8) \times 100\%$ .

52. Взвешенная средняя арифметическая применяется для анализа:

- : альтернативной совокупности;
- +: сложной совокупности, состоящей из нескольких частных;
- : выборочной совокупности;
- : постоянной совокупности.

53. Свойством средней арифметической не является:

- : отражение всей совокупности в целом;
- : обобщение характеристики данного изучаемого признака;
- +: отражение минимального значения изучаемой совокупности.

54. Синонимом термина «вероятностный» является:

- : статистический;
- : постоянный;
- +: стохастический;
- : определенный.

55. Число степеней свободы, которым характеризуется данная выборка равно

75. Объем выборки в этом случае равен:

- : 70;
- : 150;
- : 74;
- +: 76.

56. На каждой из сторон кубика написаны цифры 1,2,3,4,5,6. Вероятность того, что наверху будет цифра 4 равна:

- :  $\frac{1}{4}$ ;
- : 50%;
- +:  $\frac{1}{6}$ ;
- : 25%.

57. Каждое отдельное явление, взятое само по себе, представляется случайным. Но взятые в массе они обнаруживают:

- : вероятностные закономерности;
- +: статистические закономерности;
- : стохастические закономерности;
- : случайные закономерности.

58. Варианса представляет собой сумму квадратов:

- : средней геометрической;
- : средней арифметической;
- +: среднего отклонения от средней арифметической;
- : средней ошибки средней арифметической.

59. В данной породе за несколько последних лет обнаружено 110 комолы телят из общего количества 55000 родившихся. Вероятность рождения рогатого теленка равна:

- : 50%;
- : 0,002;
- : 0,998;
- : 0%.

60. Априорными называются вероятности:

- : известные после проведения опыта;
- +: известные до проведения опыта;
- : равные сумме вероятностей до и после проведения опыта.

61. Вероятности, которые становятся известными после проведения эксперимента называются:

- : априорными;
- : стохастическими;
- +: апостериорными;
- : случайными.

62. Символом F обозначается:

- : сумма квадратов отклонений;
- +: частота встречаемости класса;
- : вариационный ряд;
- : средняя геометрическая.

63. При возрастании данного признака путем умножения пропорционально степени целесообразно применять:

- +: среднюю геометрическую;
- : среднюю арифметическую;
- : среднюю ошибку средней арифметической;
- : средний квадрат отклонений.

64. Синонимом термина «средний квадрат отклонений вариант от средней арифметической» является:

- : коварианта;
- : регрессия;
- +: варианта;
- : хи-квадрат.

65. Из перечисленных ученых проблемами биostatистики не занимался:

- : Фишер;
- : Госсет;
- : Гальтон;
- : Эйвери.

66. Апостериорными называются вероятности:

- +: известные после проведения опыта;
- : известные до проведения опыта;
- : равные сумме вероятностей до и после проведения опыта.

67. Распределение вариантов в виде вариационного ряда, частоты в котором соответствуют коэффициентам разложения бинома Ньютона можно наглядно показать с помощью:

- : аппарата Фишера;
- +: аппарата Гальтона;
- : аппарата Пуассона;
- : аппарата Госсета.

68. Треугольник из цифр, в котором цифры каждого последующего ряда получаются путем сложения двух цифр ряда, расположенного над ним называется:

- +: треугольником Паскаля;
- : треугольником Ньютона;
- : треугольником Пуассона;
- : треугольником Фишера.

69. Средняя арифметическая генеральной совокупности обозначается:

- :  $\bar{x}$ ;
- +:  $\mu$ ;
- :  $x_i$ ;
- :  $\sigma$ .

70. Средняя ошибка средней арифметической вычисляется по формуле:

- +:  $S_{\bar{x}} = \sigma / \sqrt{n}$ ;
- :  $S_{\bar{x}} = \sigma + \sqrt{n}$ ;
- :  $S_{\bar{x}} = \sigma \times \sqrt{n}$ ;
- :  $S_{\bar{x}} = \sigma - \sqrt{n}$ ;

71. Под псевдонимом Стьюдент работал английский математик:

- : Фишер;
- : Гальтон;
- : Пирсон;
- +: Госсет.

72. Нормированное отклонение обозначается:

- :  $S_x$ ;

- :  $\mu$
- :  $x_i$ ;
- +:  $t$ .

73. Отношение численности выборочной совокупности ( $n$ ) к общей численности генеральной совокупности ( $N$ ) носит название:

- : коэффициент вариации;
- : нормированное отклонение;
- +: доля выборки;
- : дисперсия.

74. Погрешность, которую измеряет средняя ошибка называется:

- : ошибкой точности;
- +: ошибкой выборочности;
- : ошибкой вариации;
- : ошибкой дисперсии.

75. Закон больших чисел заключается в следующем:

- : чем меньше объем изучаемой выборки, тем больше разница между  $\bar{x}$  и  $\mu$ ;
- +: чем больше объем изучаемой выборки, тем меньше разница между  $\bar{x}$  и  $\mu$ ;
- :  $\bar{x}$  и  $\mu$  во всех случаях одинаковы.

76. Распределение вероятности, полученное Стьюдентом получило название:

- :  $f_x$  – распределение по Стьюденту;
- +:  $t$  – распределение по Стьюденту;
- :  $\sigma$  – распределение по Стьюденту;
- :  $\bar{x}$  – распределение по Стьюденту;

77. Возможные границы, в пределах которых находится средняя арифметическая генеральной совокупности получили название:

- : выборочных;
- : переменных;
- : стохастических;
- +: доверительных.

78. Нулевая гипотеза основывается на следующем утверждении:

- : между данными показателями существуют значительные отличия;
- : между данными показателями существуют незначительные отличия;
- +: между данными показателями различий нет.

79. Желаемая точность наблюдений вычисляется по формуле:

- :  $\Delta = \bar{x} \times t$ ;
- :  $\Delta = \sigma \times t$ ;
- +:  $\Delta = t \times S_x$ ;
- :  $\Delta = n \times \sigma$ .

80. Одним из условий правильного отбора выборки является:

- : отбор типичных образцов;
- +: отбор вариант для выборки на основе случайности;
- : отбор определенных вариант;
- : отбор вариант с наибольшими значениями.

81. Случайная бесповторная выборка предполагает что:

- : взятые образцы возвращаются обратно в генеральную совокупность;
- : отбираются только типичные образцы;
- +: взятые образцы не возвращаются обратно в генеральную совокупность;
- : отбираются только наибольшие и наименьшие варианты.

82. Средняя ошибка коэффициента вариации вычисляется по формуле:

- +:  $S_v = v / \sqrt{2n}$  ;
- :  $S_v = v^2 \times \sigma$  ;
- :  $S_v = v \times \sqrt{2n}$  ;
- :  $S_v = v^2 / \sigma$  .

83. Полученное среднее арифметическое является верным если:

- +: фактическое нормированное отклонение больше табличного;
- : фактическое нормированное отклонение меньше табличного;
- : фактическое нормированное отклонение не отличается от табличного.

84. Правило трех сигм гласит:

- +: если разница превышает свою ошибку почти в 3 раза, она достоверна с верностью 0,99;
- : если разница не превышает свою ошибку, она достоверна с верностью 0,33.
- : если разница меньше своей ошибки в 3 раза, она достоверна с верностью 0,99;

85. Функциональные зависимости свидетельствуют о том, что:

- : численному значению одной переменной величины соответствует множество значений другой переменной;
- +: каждому значению одной переменной величины соответствует одно вполне определенное значение другой переменной;
- : численные значения переменных не зависят друг от друга.

86. Корреляционная связь свидетельствует о том, что:

- +: численному значению одной переменной величины соответствует множество значений другой переменной;
- : каждому значению одной переменной величины соответствует одно вполне определенное значение другой переменной;
- : численные значения переменных не зависят друг от друга.

87. При положительной корреляции зависимость между признаками следующая:

- : увеличение одного признака соответственно связано с уменьшением другого;
- +: увеличение одного признака соответственно связано с увеличением другого признака;
- : признаки не влияют друг на друга.

88. При отрицательной корреляции зависимость между признаками следующая:

- +: увеличение одного признака соответственно связано с уменьшением другого;
- : увеличение одного признака соответственно связано с увеличением другого признака;
- : признаки не влияют друг на друга.

89. Чем больше детенышей в помете многоплодных животных тем меньший каждый из них весит. Это является примером:

- +: отрицательной корреляции;
- : функциональной зависимости;
- : нулевой гипотезы;
- : положительной корреляции.

90. Нормированное отклонение  $t$  представляет собой:

- +: отклонение тех или иных вариант от их средней арифметической, выраженной в долях среднего квадратического отклонения;
- : отклонение тех или иных вариант от их дисперсии;
- : отклонение тех или иных вариант от их медиан, выраженное в процентном соотношении;
- : сходство тех или иных вариант, выраженное в процентном соотношении.

91. Коэффициент корреляции обозначается

- :  $t$ ;
- :  $\sigma$ ;
- +:  $r$ ;
- :  $f_x$ .

92. Латинской буквой  $r$  в биологической статистике обозначается:

- : коэффициент асимметрии;
- : коэффициент вариации;
- : коэффициент распределения;
- +: коэффициент корреляции.

93. Коэффициент корреляции равен нулю. Это означает что:

- : вариация обоих признаков взаимосвязана;
- : имеет место отрицательная корреляция;
- +: вариация обоих признаков происходит независимо;
- : имеет место положительная корреляция.

94. Пределы в которых могут изменяться коэффициенты корреляции варьируют:

- +: от 0 до 1 и от 0 до -1;
- : от 0 до 100%;
- : от 0,01 до 0,99;
- : от 1 до  $\infty$ .

95. Тесная корреляция возникает когда:

- :  $r \geq 0,1$ ;
- :  $r \geq 0,5$ ;
- +:  $r \geq 0,7$ ;
- :  $r = 0$ .

96. На слабую корреляционную связь указывает значение коэффициента корреляции:

- +: ниже 0,5;
- : ниже 0,1;
- : больше 0,1 но меньше 0,3.
- : равное нулю.

97. Ошибка выборочности коэффициента корреляции в больших выборках вычисляется по формуле:

- :  $S_r = \sum r^2$ ;
- :  $S_r = \bar{x} / \sqrt{n}$ ;
- +:  $S_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}}$ ;
- :  $S_r = \bar{x} \times r^2$ .

98. Уровни значимости, применяемые в биологии следующие:

- : -1 и +1;
- +: 0,05 и 0,01;
- : 0 и 1;
- : 1 и 10.

99. Формула Бравэ применяется в случае:

- : прямого вычисления коэффициента вариации;
- : непрямого вычисления коэффициента вариации;
- : прямого вычисления коэффициента корреляции;
- +: непрямого вычисления коэффициента корреляции.

100. Увеличение дозы ионизирующего облучения ведет к увеличению числа мутаций. Это является примером:

- +: положительной корреляции;
- : функциональной зависимости;

- : отрицательной корреляции;
- : вероятностных событий.

101. Коэффициент корреляции для генеральной совокупности обозначается:

- :  $\mu$ ;
- :  $\sigma$ ;
- +:  $\rho$ ;
- :  $\alpha$ .

102. Установить возможные границы, в пределах которых находится средняя арифметическая генеральной совокупности можно по формуле:

- :  $\bar{x} - t S_{\bar{x}}$ ;
- +:  $\bar{x} - t S_{\bar{x}} \leq \mu \leq \bar{x} + t S_{\bar{x}}$ ;
- :  $\bar{x} + t S_{\bar{x}}$ ;
- :  $\mu = (\bar{x} - t S_{\bar{x}})(\bar{x} + t S_{\bar{x}})$ .

103. множественной корреляцией обычно понимают:

- : зависимость изменения величины  $y$  от одновременного изменения величины  $x$ ;
- : зависимость изменения величины  $x$  от одновременного изменения величины  $y$ ;
- +: зависимость изменения величины  $x$  от одновременного изменения величины  $y$ ,  $z$  и т.д.;
- : независимость величин  $x$ ,  $y$ ,  $z$  между собой.

104. На каждой из сторон кубика написаны цифры 1,2,3,4,5,6. Вероятность того, что наверху будет цифра 3 равна:

- :  $\frac{1}{3}$ ;
- : 50%;
- +:  $\frac{1}{6}$ ;
- : 25%.

105. Средняя ошибка разницы между средними арифметическими обозначается:

- :  $S_t$ ;
- :  $S_f$ ;
- +:  $S_d$ ;
- :  $S_\sigma$ .

106. Указывает на степень связи в вариации двух переменных величин, но не дает возможности судить о том, как количественно меняется одна величина по мере изменения другой:

- : коэффициент регрессии;
- : коэффициент вариации;

- : коэффициент распределения;
- +: коэффициент корреляции.

107. Устанавливает степень связи в вариации двух переменных величин, а также дает возможность судить о том, как количественно меняется одна величина по мере изменения другой:

- +: коэффициент регрессии;
- : коэффициент вариации;
- : коэффициент распределения;
- : коэффициент корреляции.

108. Регрессия может быть выражена несколькими способами, одним из которых не является:

- : построение эмпирических линий регрессии;
- : вычисление коэффициента регрессии;
- : составление уравнений регрессии;
- +: построение регрессионной решетки.

109. К способам, позволяющим выразить регрессию графически относят:

- +: построение эмпирических линий регрессии;
- : вычисление коэффициента регрессии;
- +: составление уравнений регрессии;
- : построение регрессионной решетки.

110. Коэффициент регрессии обозначается:

- :  $r$ ;
- :  $S_d$ ;
- +:  $R$ ;
- :  $S_x$ .

111. Для вычисления коэффициента регрессии используются следующие формулы:

- +:  $R_{x/y} = r \times \sigma_x / \sigma_y$ ;
- :  $R_{x/y} = r + \sigma_x / \sigma_y$ ;
- +:  $R_{y/x} = r \times \sigma_y / \sigma_x$ ;
- :  $R_{y/x} = r + \sigma_y / \sigma_x$ .

112. Латинской буквой R обозначается:

- : коэффициент вариации;
- : коэффициент ассиметрии;
- +: коэффициент регрессии;
- : коэффициент корреляции.

113. Односторонней регрессией называется случай, когда:

- : значения двух изучаемых признаков являются строго фиксированными;
- : свободно варьируют два изучаемых признака;

-: определенно варьирует один из двух изучаемых признаков;  
+: свободно варьирует один из изучаемых признаков, значения же второго признака являются строго фиксированными;

114. Двусторонней регрессией является:

+: возможность изучения изменения  $x$  по  $y$ , и изменение  $y$  по  $x$ ;  
-: возможность изучения изменения  $x$  по изменению коэффициента корреляции;  
+: возможность изучения изменения  $z$  по  $y$ , и изменение  $y$  по  $z$ ;  
-: возможность изучения изменения  $y$  по изменению коэффициента корреляции.

115. Коэффициент регрессии может быть вычислен, если известны:

+: сигмы обоих вариационных рядов по признакам  $x$  и  $y$ , и коэффициенты корреляции между ними;  
-: средние геометрические по признакам  $x$  и  $y$ , и коэффициенты корреляции между ними;  
-: средние арифметические по признакам  $x$  и  $y$ , и коэффициенты корреляции между ними;  
-: коэффициенты вариации и корреляции между признаками  $x$  и  $y$ .

116. Коэффициент регрессии равен коэффициенту корреляции в случае, если:

-:  $\sigma_x + \sigma_y = 1$ ;  
-:  $\sigma_x \times \sigma_y = 1$ ;  
+:  $\sigma_x / \sigma_y = 1$ ;  
-:  $\sigma_x - \sigma_y = 1$ .

117. Коэффициент корреляции между живым весом поросят  $y$  и их возрастом  $x$  равен 0,5;  $\sigma_x = 4,0$ ;  $\sigma_y = 2,0$ . В этом случае коэффициенты регрессии будут равны:

+: 1 и 0,25;  
-: 4,0 и 2,0;  
-: 0,5 и 2,5;  
-: 1 и 0.

118. Ошибка коэффициента регрессии обозначается следующим образом:

+:  $S_{R_{x/y}}$ ;  
-:  $S_{R_d}$ ;  
+:  $S_{R_{y/x}}$ ;  
-:  $S_{R_t}$ .

119. Оценка достоверности коэффициента регрессии вычисляется по формуле:

-:  $t = R - S_R$ ;  
-:  $t = R \times S_R$ ;  
-:  $t = R + S_R$ ;

+:  $t = R / S_R$ ;

120. Ковариация – это:

- +: связующее звено между корреляционным и регрессионным анализом;
- : связующее звено между регрессионным и дисперсионным анализом;
- : связующее звено между корреляционным и дисперсионным анализом;
- : связующее звено между дисперсионным и вариационным анализом;

121. Регрессия – это:

- : соотношение численности выборочной совокупности к генеральной;
- : погрешность, которую измеряет средняя ошибка;
- : граница, в пределах которой находится генеральная совокупность;
- +: метод определения связи между варьирующими признаками;

122. Коэффициент корреляции между изменением давления крови у женщин  $y$  и их возрастом  $x$  равен 0,2;  $\sigma_x = 3,0$ ;  $\sigma_y = 2,0$ . В этом случае коэффициенты регрессии будут равны:

- +: 0,3 и 0,13;
- : 1 и 0,5;
- : 0 и 1;
- : 0,8 и 0,7.

123. Двумя значениями выражается:

- : коэффициент вариации;
- : коэффициент асимметрии;
- +: коэффициент регрессии;
- : коэффициент корреляции.

124. Путем ежедневного взятия проб с поля было изучено изменение высоты растений сои  $y$  с их возрастом  $x$ . Для установления степени вариации двух переменных величин, а также определения как количественно меняется один признак по мере изменения другого вычисляют:

- : долю выборки;
- +: коэффициент регрессии;
- : доверительные границы;
- : промежуточный интервал.

125. Количественно установить изменение одной величины при изменении другой на единицу можно с помощью:

- : вариационного метода анализа;
- +: регрессионного метода анализа;
- : корреляционного метода анализа;
- : установления промежуточного интервала.

126. Основателем биометрики является:

- +: Гальтон;

- : Фишер;
- : Стьюдент;
- : Рокицкий.

127. Отбрасывание нулевой гипотезы происходит, когда:

- +: нет различий между фактическими и теоретически ожидаемыми результатами.
- : степень различий между фактически полученными и исчисленными теоретическими данными  $\geq 0,5$ ;
- : степень различий между фактически полученными и исчисленными теоретическими данными  $\leq 0,5$ ;
- : различия между фактическими и теоретически ожидаемыми результатами значительны.

128. Бóльшим объемом обладает:

- +: генеральная совокупность;
- : выборочная совокупность;
- +: теоретически бесконечная совокупность;
- : популяция.

129. Корреляционный и регрессионный коэффициенты можно связать, используя метод:

- : дисперсии;
- +: ковариации;
- : хи-квадрата;
- : критерия Стьюдента.

130. Примером положительной корреляции является:

- +: увеличение числа хромосомных мутаций при увеличении дозы радиоактивного излучения;
- : потеря веса подопытного животного по причине заболевания неизвестной болезнью;
- : уменьшение массы детенышей, при увеличении их численности в помете;
- : снижение плодовитости самки, связанное с возрастными изменениями.

131. Дисперсионный анализ позволяет:

- +: установить роль отдельных факторов в изменчивости того или иного признака;
- : установить промежуточный интервал между классами;
- : вычислить доверительные границы генеральной совокупности;
- : вычислить объем выборочной совокупности.

132. Методы дисперсионного анализа были разработаны английским математиком и биологом:

- : Пирсоном;
- : Госсетом;

- : Стьюдентом;
- +: Фишером.

133. Дисперсионный анализ может различаться:

- +: по характеру градаций внутри факторов;
- : по доле выборки;
- +: по числу анализируемых факторов;
- : по доверительным границам.

134. Нулевая гипотеза предполагает:

- : значительное влияние фактора А на фактор В;
- : незначительное влияние фактора А на фактор В;
- +: данный фактор А не влияет на фактор В.

135. Однофакторными, двухфакторными, трехфакторными бывают:

- : метод регрессии;
- : генеральная совокупность.
- : ковариация
- +: дисперсионный анализ;

136. Для проведения дисперсионного анализа необходимо вычислить:

- : коварианту;
- +: сумма квадратов отклонений от средней арифметической;
- : среднюю геометрическую;
- : коэффициент регрессии.

137. Число степеней свободы обозначается следующим образом:

- :  $S_d$ ;
- +:  $df$ ;
- :  $N$ ;
- :  $x_i$ .

138. Градацией фактора называют:

- +: несколько значений изучаемого в эксперименте фактора А;
- : изменение фактора А относительно фактора В;
- +: несколько значений изучаемого в эксперименте фактора В;
- : изменение фактора В относительно фактора А.

139. Иерархическими моделями называются:

- : расположение уровней одного фактора случайным образом среди уровней другого фактора;
- : отсутствие строгой закономерности при расположении уровней одного фактора, относительно другого;
- +: ступенчатое расположение уровней одного фактора, относительно уровней другого фактора.

140. Установить влияют ли данные факторы на изменчивость признака или нет и какие из них имеют больший удельный вес в общей изменчивости позволяет:

- : методы регрессионного анализа;
- : методы ковариационного анализа;
- +: методы дисперсионного анализа;
- : методы корреляционного анализа;

141. При проведении дисперсионного анализа, обычно разные уровни принято обозначать буквой  $i$ , а отдельные варианты:

- : A;
- +: j;
- : r;
- :  $S_x$ .

142. Разделение общей суммы квадратов на 4 компонента (вариация под влиянием фактора A, вариация под влиянием фактора B, вариация под совместным влиянием A и B, случайные отклонения) применяется при проведении:

- : однофакторного дисперсионного анализа;
- +: двухфакторного дисперсионного анализа;
- : трехфакторного дисперсионного анализа.

143. В дисперсионном анализе общая сумма вариант по каждой изучаемой группе обозначается как:

- +: T;
- : S;
- : R;
- : F.

144. Принятие данной гипотезы для признания ее правильности возможно в случае если:

- : фактически полученные данные значительно расходятся с теоретически ожидаемыми;
- : степень несоответствия фактических наблюдений с теоретически ожидаемым результатом  $\geq 0,5$ ;
- : степень несоответствия фактических наблюдений с теоретически ожидаемым результатом  $\leq 0,5$ ;
- +: фактически полученные данные совпадают с теоретически ожидаемыми;

145. Критерий хи-квадрат оценивает:

- +: степень соответствия фактических данных ожидаемым;
- : вариацию фактора A от взаимодействия факторов B и C.
- : степень изменчивости данного признака;
- : долю выборочной совокупности в общей численности генеральной совокупности.

146. С математической точки зрения критерий хи-квадрат означает:  
-: отношение суммы значений всех вариантов на общее число выборки;  
-: отношение сигм обоих вариационных рядов по признакам  $x$  и  $y$ ,  
помноженное на коэффициенты корреляции между ними;  
+: сумма частных от деления квадратов отклонений фактически полученных чисел от ожидаемых на число ожидаемых.

147. Хи-квадрат обозначается следующим образом:

-:  $\gamma^2$ ;

-:  $\sigma^2$ ;

+:  $\chi^2$ ;

-:  $X_g$ .

148. Фактически полученные и теоретически ожидаемые числа полностью совпадают в том случае, если:

-:  $\chi^2 = -1$ ;

+:  $\chi^2 = 0$ ;

-:  $\chi^2 = 1$ ;

-:  $\chi^2 = 100\%$ .

149. Значения  $\chi^2$  могут быть:

+: только положительными;

-: только отрицательными;

-: как положительными, так и отрицательными;

-: никогда не равны нулю.

150. Нулевая гипотеза в отношении  $\chi^2$  обозначает, что:

-: имеются существенные различия между фактически полученными и исчисленными теоретическими данными;

-: степень различий между фактически полученными и исчисленными теоретическими данными  $\leq 0,5$ ;

-: степень различий между фактически полученными и исчисленными теоретическими данными  $\geq 0,5$ ;

+: нет различий между фактически полученными и исчисленными теоретическими данными.

151. Допустимой границей вероятности в биологии является:

-: 0,07;

+: 0,05;

-: 0,03;

-: 0,001.

152. Отбрасывание нулевой гипотезы – это признание того, что:

+: различия между фактическими и теоретически ожидаемыми результатами являются значимыми;

- : степень различий между фактически полученными и исчисленными теоретическими данными  $\geq 0,5$ ;
- : степень различий между фактически полученными и исчисленными теоретическими данными  $\leq 0,5$ ;
- : различия между фактическими и теоретически ожидаемыми результатами являются незначительными.

153.  $\chi^2$  вычисляется по формуле:

- :  $\chi^2 = \sum ((O - E)^2 \times E)$ ;
- +:  $\chi^2 = \sum ((O - E)^2 / E)$ ;
- :  $\chi^2 = \sum (O - E)^2 + E$ ;
- :  $\chi^2 = \sum (O - E)^2 - E$ .

154. Если отбрасывание нулевой гипотезы производится при  $p = 0,01$ , то шанс на ошибку равен:

- : 0,01 из 100;
- : 0,1 из 100;
- +: 1 из 100;
- : 10 из 100.

155. Бóльшим основанием для отбрасывания нулевой гипотезы является:

- : если фактически полученное значение  $\chi^2$  превышает табличное в графе вероятности 0,99;
- : если фактически полученное значение  $\chi^2$  превышает табличное в графе вероятности 0,1;
- : если фактически полученное значение  $\chi^2$  превышает табличное в графе вероятности 0,05;
- +: если фактически полученное значение  $\chi^2$  превышает табличное в графе вероятности 0,01;

156. В биологических исследованиях принято отбрасывать нулевую гипотезу (при  $df = 1$ ) когда  $\chi^2$  превышает 3,841, (при  $df = 2$  когда  $\chi^2$  превышает 6,000, (при  $df = 3$ ) когда  $\chi^2$  превышает 7,82. Значения же  $\chi^2$  превышающего эти величины составляют:

- +: область отбрасывания нулевой гипотезы;
- : доверительные границы нулевой гипотезы;
- : промежуточный интервал нулевой гипотезы;
- : полигон распределения нулевой гипотезы.

157. Число степеней свободы при вычислении  $\chi^2$  обозначает:

- +: общее число величин, по которым вычисляются соответствующие показатели, минус число тех условий, которые связывают эти величины;
- : объем выборочной совокупности минус 1;
- : общее число величин, по которым вычисляются соответствующие показатели, плюс число тех условий, которые связывают эти величины;
- : объем генеральной совокупности минус объем выборочной совокупности.

158. Поправка на непрерывность Йетса применяется при вычислении:

- : коэффициента регрессии;
- : приведении двухфакторного дисперсионного анализа;
- +: вычисления  $\chi^2$ ;
- : вычисления коэффициента корреляции.

159. Пуассоновое распределение применяется к событиям обладающим:

- : очень большой вероятностью;
- : вероятность равной 0,5;
- +: очень малой вероятностью.

160. Таблицами сопряженности называются таблицы в которых должно быть:

- +: распределение вариант по 2 признакам, связь между которыми нужно установить;
- : распределение вариант строго в ранжированном виде;
- : распределение вариант по частоте встречаемости;
- : распределение вариант по значению коэффициента корреляции.

161. Наименьшая существенная разность в абсолютных цифрах выражается по формуле:

- :  $HCP_{05(01)} = (t_{05(01)} + S_d)$ ;
- +:  $HCP_{05(01)} = (t_{05(01)} \times S_d)$ ;
- :  $HCP_{05(01)} = (t_{05(01)} - S_d)$ ;
- : +:  $HCP_{05(01)} = (t_{05(01)} \times S_d) \times 100\%$ .

162. Общее число наблюдений вычисляется по формуле:

- +  $N = e \times n$ ;
- :  $N = n - 1$ ;
- :  $N = \sigma^2 / \bar{x}$  ;
- :  $N = \sum fx / n$ .

163. Корректирующий фактор вычисляется по формуле:

- +:  $C = (\sum x^2) / N$ ;
- :  $C = (\sum \sigma^2) / N$ ;
- :  $C = (\sum t^2) / N$ ;
- :  $C = (\sum S_x) / N$ .

164. Вероятность суммируется по формуле:

- :  $\sum p^2 + \sum q^2 = 1$ ;
- :  $p^2 + q^2 = 1$ ;
- +:  $p + q = 1$ ;
- :  $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ .

165. На первом этапе дисперсионного анализа проводится:

- : суммирование всех значений вариант изучаемого признака;

- : определение коэффициента корреляции для каждого изучаемого признака;
- +: разложение общей вариации изучаемого признака на варьирование вариантов, повторения и случайные отклонения;
- : вычисление суммы квадратов отклонений для вариантов и распределение на компоненты, соответствующие источником варьирования.

166. На втором этапе дисперсионного анализа проводится:

- : суммирование всех значений вариант изучаемого признака;
- : определение коэффициента корреляции для каждого изучаемого признака;
- : разложение общей вариации изучаемого признака на варьирование вариантов, повторения и случайные отклонения;
- +: вычисление суммы квадратов отклонений для вариантов и распределение на компоненты, соответствующие источником варьирования.

167. Двумерное графическое изображение зависимости между двумя или несколькими переменными называется:

- : таблицей сопряженности;
- +: кривой распределения;
- : корреляционной решеткой;
- : многопольной таблицей;

168. Переменная, значения которой не определяются экспериментатором называется:

- +: независимая;
- : корреляционная;
- : дисперсионная;
- : зависимая.

169. Величину, которую можно измерить, контролировать и изменять в исследованиях называют:

- : коварианта;
- : градация;
- : дисперсия;
- +: переменная.

170. Метод нахождения промежуточных значений некоторой величины по известному дискретному набору значений называется:

- +: интерполяция;
- : дисперсия;
- : ковариация;
- : экстраполяция.

171. Метод, позволяющий определить приближенное значение функции в точках вне некоторого отрезка, по имеющимся значениям внутри этого отрезка, т.е. позволяющий «продлить» функцию, называется:

- : интерполяция;

- : дисперсия;
- : ковариация;
- +: экстраполяция.

172. Мера линейной зависимости двух величин называется:

- : интерполяция;
- : дисперсия;
- +: ковариация;
- : экстраполяция.

173. Две группы, в одной из которых имеется данный признак, а в другой он отсутствует является примером:

- : количественной вариации;
- : полигона распределения;
- +: альтернативной вариации;
- : пуассонова распределения.

174. Вероятность вычисляется по формуле:

- +:  $p = \frac{m}{n}$
- :  $p = \sum \sigma^2 / n$ ;
- :  $p = t \times S_{\bar{x}}$ ;
- +:  $p = 1 - q$ .

175. Метод Ван-дер-Вардена позволяет вычислить одним из способов:

- : объем генеральной совокупности;
- : хи-квадрат;
- +: среднюю ошибку доли;
- : регрессию.

176. Расчет необходимой численности выборочной совокупности при альтернативной вариации осуществляется по формуле:

- +:  $n = t^2 [p(1-p)/\Delta^2]$ ;
- :  $n = 1 + N$ ;
- :  $n = \sum fx / \bar{x}$ ;
- :  $n = (t^2 \times \sigma^2) / \Delta^2$ .

177. Расчет необходимой численности выборочной совокупности при количественной вариации осуществляется по формуле:

- :  $n = t^2 [p(1-p)/\Delta^2]$ ;
- :  $n = 1 + N$ ;
- :  $n = \sum fx / \bar{x}$ ;
- +:  $n = (t^2 \times \sigma^2) / \Delta^2$ .

178. Синонимом термина «критерий согласия» является:

- : коэффициент корреляции;

- + : хи – квадрат;
- : дисперсионный анализ.
- : коэффициент регрессии;

179. В биологической статистике латинской буквой N обозначается:

- : вероятность;
- + : объем генеральной совокупности;
- : средняя ошибка;
- : объем выборочной совокупности.

180. Фишером был разработан:

- : метод регрессионного анализа;
- : метод хи-квадрат;
- + : метод дисперсионного анализа;
- : критерий соответствия.

181. Вероятность при Пуассоновом распределении вычисляется по формуле:

+ :  $p = \frac{\lambda}{n}$  ;

- :  $p = 1 - q$ ;

- :  $p = \frac{m}{n}$  ;

- :  $p = \lambda + n$ .

182. При дисперсионном анализе к разным типам варьирования не относят:

- + : варьирование общих средних  $\bar{x}$  ;
- : варьирование вариант  $x_{ij}$  внутри каждой группы вокруг каждой групповой средней  $\bar{x}_i$  ;
- : варьирование групповых средних  $\bar{x}_i$  ;
- : общее варьирование всех вариант  $x_{ij}$ , независимо от того, в какой группе они находятся, вокруг общей средней  $\bar{x}$  .

183. Распределение общей суммы квадратов на группы, включающие: эффект факторов А,В,с; взаимодействие факторов А и В, А и С, В и С, и А,В,С вместе, а также на случайные отклонения применяется при:

- : расчете  $\chi^2$ ;
- : двухфакторном дисперсионном анализе;
- : определении коэффициента регрессии;
- + : трехфакторном дисперсионном анализе.

184. Показателем вариационного ряда, которому соответствует доля при количественной вариации является:

- : коэффициент корреляции;
- + : среднее арифметическое;
- : коэффициент регрессии;
- : объем выборки.

185. Ошибка для абсолютных численностей групп вычисляется по формуле:

$$+: S_p = \sqrt{\frac{p(n-p)}{n}};$$

$$-: S_p = \sqrt{p+q};$$

$$-: S_p = \sqrt{\sum fx/n};$$

$$-: S_p = \sqrt{n-1}.$$

186. Возможные пределы, в которых находятся значение доли для генеральной совокупности  $P$  определяемые по формуле  $p - ts_p < P < p + ts_p$ , называются:

-: промежуточными интервалами;

-: областью отбрасывания нулевой гипотезы;

-: экстраполяцией;

+: доверительными границами.

187. Средняя ошибка разницы между средними арифметическими  $\bar{x}_1$  и  $\bar{x}_2$  вычисляется по формуле:

$$+: S_d = \sqrt{S_{x_1}^2 + S_{x_2}^2}$$

$$-: S_d = \sqrt{S_{x_1} + S_{x_2}}$$

$$-: S_d = \sqrt{S_{x_1}^2 - S_{x_2}^2}$$

$$-: S_d = \sqrt{S_{x_1} - S_{x_2}}$$

188. По мере увеличения разницы между фактическими числами и ожидаемыми величинами  $\chi^2$  будет:

-: уменьшаться пропорционально степени;

-: убывать;

-: не изменится;

+: возрастать.

189. По формуле  $\sum \frac{(O-E)^2}{E}$  вычисляется:

-: коэффициент корреляции;

-: средняя ошибка средней арифметической;

+: хи-квадрат;

-: ваианса.

190. Из перечисленных величин табличные значения имеют:

+: критерий Стьюдента;

-: коэффициент регрессии;

-: число степеней свободы;

+: хи-квадрат.

191. Среднее квадратическое отклонение выражается символом:

-:  $\rho_x$ ;

-:  $N$ ;

+:  $\sigma$ ;

-:  $S_d$ .

192. Символами  $n-1$  и  $df$  обозначаются:

-: коэффициент асимметрии;

-: коварианта;

+: число степеней свободы;

-: объем выборки.

193. Вероятность появления события выражается символом:

+:  $p$ ;

-:  $q$ ;

-:  $n$ ;

-:  $f$ .

194. Символом  $v$  обозначается:

+: коэффициент вариации;

-: коэффициент корреляции;

-: коэффициент регрессии;

-: коэффициент асимметрии.

195. Вероятность неоявления события выражается символом:

-:  $p$ ;

+:  $q$ ;

-:  $n$ ;

-:  $f$ .

196. Средняя арифметическая для подгрупп внутри градаций по А и В при дисперсионном анализе выражается:

+:  $\bar{x}_{ij}$ ;

-:  $\bar{x}_g$ ;

-:  $\bar{x}_n$ ;

-:  $X_i$ .

197. Уровень значимости обозначается символом:

-:  $N$ ;

+:  $P$ ;

-:  $T$ ;

-:  $S$ .

198. Сумма квадратов отклонений обозначается символом:

- :  $fx$ ;
- :  $df$ ;
- +:  $ss$ ;
- :  $ms$ .

199. Частота классов обозначается символом:

- :  $x_i$ ;
- +:  $f$ ;
- :  $p$ ;
- :  $S_d$ .

200. Варианса или средний квадрат при дисперсионном анализе обозначается:

- +:  $ms$ ;
- :  $fx$ ;
- :  $df$ ;
- :  $pq$ .