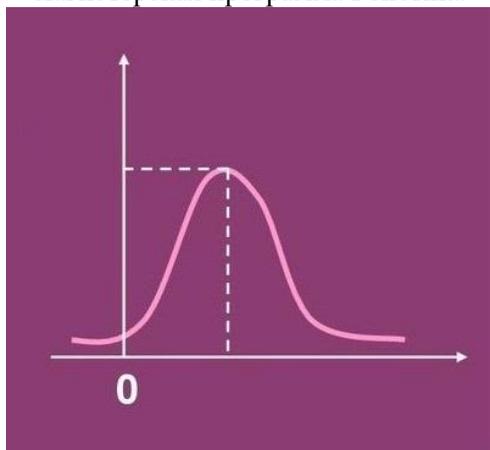


Н. В. Криничная, Я. П. Кривко, М. В. Воронов

БИОМЕТРИЯ

Учебное пособие

для студентов очно-заочной формы обучения
по направлению подготовки 06.04.01 Биология,
магистерская программа Генетика



МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ЛГПУ»)

Н. В. Криничная, Я. П. Кривко, М. В. Воронов

БИОМЕТРИЯ

Учебное пособие

для студентов очно-заочной формы обучения
по направлению подготовки 06.04.01 Биология,
магистерская программа Генетика

Луганск
Издательство ЛГПУ
2024

УДК 57.087.1 (075.8)

ББК 28в641я73

К82

*Рекомендовано Учебно-методическим советом
ФГБОУ ВО «ЛГПУ» в качестве учебного пособия для студентов очно-
заочной формы обучения по направлению подготовки 06.04.01 Биология,
магистерская программа Генетика
(протокол № 9 от 17.04.2024 г.)*

Рецензенты:

- Победенная Г.П.** – заведующий кафедрой внутренней медицины, пульмонологии и аллергологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Луганский государственный медицинский университет имени Святителя Луки», доктор медицинских наук, профессор;
- Волгина Н.В.** – заведующий кафедрой биологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Луганский государственный педагогический университет», доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
- Дяченко В. Д.** – заведующий кафедрой химии и биохимии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Луганский государственный педагогический университет», доктор химических наук, профессор.

Криничная, Н. В., Кривко, Я. П., Воронов, М. В.

К82 Биометрия : учебное пособие / Н. В. Криничная, Я. П. Кривко, М. В. Воронов. – ФГБОУ ВО «ЛГПУ». – Луганск : Издательство ЛГПУ ; ИП Орехов Д.А., 2024. – 68 с.

ISBN 978-5-6052080-1-3 (ИП Орехов Д.А.)

Математические методы широко применяются в медицине и биологии. Потребность в использовании методов математической статистики обусловлена тем, что даже однородные биологические объекты исследования индивидуально различны, изменчивы, подвержены варьированию. Объективную информацию в таких случаях можно получить, только подвергнув экспериментальные данные учёту, измерению и математическому анализу.

Учебное пособие предназначено для студентов очно-заочной формы обучения по направлению подготовки 06.04.01 Биология, магистерской программы Генетика..

УДК 575 (075.8)

ББК 52.54я73

ISBN 978-5-6052080-1-3 (ИП Орехов Д.А.)

© Криничная Н. В. и др., 2024

© ФГБОУ ВО «ЛГПУ», 2024

© Оформление ИП Орехов Д.А., 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
РАЗДЕЛ I. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	7
Тема 1. Популяционно-статистический метод в медико-биологических исследованиях	7
Тема 2. Группировка результатов исследования	8
Тема 3. Средняя величина признака	12
Тема 4. Показатели вариации	15
Тема 5. Закономерности распределения биологических признаков	17
Тема 6. Статистическая проверка гипотез: t–критерий Стьюдента	21
Тема 7. Статистическая проверка гипотез: F–критерий Фишера	22
Тема 8. Оценка законов распределения: критерий χ^2	23
Тема 9. Корреляционный анализ	24
Тема 10. Регрессионный анализ	25
Тема 11. Дисперсионный анализ	29
РАЗДЕЛ II. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	31
Практикум	31
Вопросы к экзамену	49
РАЗДЕЛ III. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	52
Самостоятельная работа студента	52
Темы учебных докладов	52
Методические рекомендации для написания учебного доклада	54
ГЛОССАРИЙ	57
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	61
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	62
ПРИЛОЖЕНИЯ	63

ВВЕДЕНИЕ

В процессе любых научных экспериментальных опытов исследователь всегда имеет дело с цифрами – данными о размерах, весе, возрасте, соотношении между признаками, дозами факторов, различными диагностическими и иными тестами и другими количественными показателями и числовыми характеристиками. За многообразием этих цифр лежат конкретные закономерности, которые требуют объективной оценки и научного объяснения. Биометрия представляет собой инструмент, способный измерить значимость и надежность полученных результатов, заранее рассчитать и спланировать необходимую численность объектов, оценить достоверность проверяемой в эксперименте гипотезы.

Одна из характерных тенденций современных биологических и медицинских наук – их усиленная *математизация*. Термин «*биометрия*» ввёл в науку Ф. Гальтон в 1889 г. Биометрия – научная дисциплина на стыке биологии и вариационной статистики, связанная с разработкой и использованием математико-статистических методов в биологических и медицинских исследованиях. *Биометрия* – наука о статистическом анализе массовых явлений в биологии, то есть таких явлений, в массе которых обнаруживаются закономерности, не выявляемые на единичных случаях наблюдений. Единицы наблюдения – члены группы объектов научных наблюдений.

Биометрия позволяет систематизировать и обрабатывать числовые данные, получаемые при изучении биологических объектов в условиях научных экспериментов. По мере превращения биологии из науки описательной в науку точную, основанную на измерениях, возникла потребность в применении методов математической статистики для решения биологических задач. Биометрия преследует исключительно биологические цели, приспособляя методы математической статистики к задачам и специфике биологических и медицинских исследований.

Характерной особенностью биометрии является то, что её методы применяют при анализе не отдельных фактов, а их совокупностей, т.е. явлений массового характера, в сфере которых

обнаруживаются закономерности, не свойственные единичным наблюдениям. С помощью методов математической статистики можно теоретически доказать возможность по части (*выборке*) судить о состоянии целого (*всей совокупности*).

Предметом биометрии служит любой биологический объект, в результате наблюдения за которым получены количественные или качественные показатели. При помощи математических методов возможно вскрытие статистических закономерностей, действующих в среде массовых явлений.

В 60–80-х гг. прошлого века вышло несколько «классических» книг по биометрии: Н. А. Плохинский, П. Ф. Рокицкий, Г. Ф. Лакин, Н. Бейли и др. Опубликовано значительное количество книг с изложением методов математической статистики применительно к отдельным отраслям биологии и медицины.

Биометрия представляет собой инструмент, способный:

- 1) измерить значимость и надёжность полученных результатов;
- 2) заранее рассчитать и спланировать необходимую численность объектов для эксперимента;
- 3) оценить достоверность проверяемой в эксперименте гипотезы;
- 4) по части охарактеризовать целое;
- 5) получить точную количественную характеристику изменчивости исследуемого показателя;
- 6) определить степень и характер различий между признаками и процессами;
- 7) выделить из множества воздействующих на явление факторов наиболее важные и измерить силу их влияния.

Игнорирование и недооценка статистической обработки полученного исследователем материала может свести на нет результаты многих важных опытов, привести к необоснованным или даже ошибочным заключениям. При этом следует иметь в виду, что сама по себе статистическая обработка данных, как бы ни была она совершенна с точки зрения математики, не может служить гарантией качества выполненного биологом

исследования и не способна обеспечить надёжность полученных им результатов, если само исследование проведено неправильно или использованные данные ошибочны.

Опираясь на полученный научный материал, статистика способна доказать несостоятельность выдвинутых гипотез, отделить истинные отличия от случайных, привнесённых неучтёнными факторами, вычленив реальную закономерность из обилия экспериментального материала.

РАЗДЕЛ I. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Тема 1: ПОПУЛЯЦИОННО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД В МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Популяционно-статистический метод – это метод исследования частоты встречаемости наследственных болезней и проявлений их полиморфизма в различных группах популяции.

Для идеальной популяции бесконечно большого размера, в которой не действует естественный отбор, нет обмена особями с другими популяциями и мутационного процесса, все скрещивания случайны и нет дрейфа генов, действует закон, установленный в 1908 г. английским математиком Дж. Харди и немецким доктором В. Вайнбергом.

Данный закон оказался вполне пригодным для анализа генетических процессов в крупных (свыше 4 500 человек) панмиксных (свободно вступающих в брак) популяциях.

Закон Харди-Вайнберга выражается формулами:

$$1) p+q=1,$$

где p – частота доминантного аллеля;

q – частота рецессивного аллеля.

$$2) p^2+2pq+q^2=1,$$

где p^2 – доля гомозигот по доминантному аллелю;

$2pq$ – доля гетерозигот;

q^2 – доля гомозигот по рецессивному аллелю.

Закон Харди-Вайнберга позволяет:

1) оценить популяционный риск наследственной болезни, т.к. каждая популяция обладает определенными частотами неблагоприятных аллелей;

2) определить степень межпопуляционного генетического разнообразия;

3) рассчитать частоты аллелей определенных генов в популяции;

4) рассчитать структуру аллелефонда и проанализировать закономерности мутационных процессов в популяции.

Тема 2: ГРУППИРОВКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Прежде чем проводить эксперимент исследователь его планирует: определяет цель, задачи, методы исследования, необходимое оборудование, статистические методы и способы обработки полученных результатов. Далее происходит сбор необходимых данных или необходимого материала. Полученные в результате наблюдения или научного эксперимента данные подвергаются статистической обработке, первым шагом которой является группировка данных в статистические ряды (дискретные и интервальные), составление таблиц и построение статистических графиков. Такая первичная обработка опытных данных в виде таблиц и графиков позволяет: выявить закономерности появления различных возможных значений наблюдаемого признака; оценить правильность тех или иных статистических гипотез; оценить наличие корреляционных зависимостей между переменными, которые наблюдаются в опыте.

Весь массив объектов определённой категории, представляющий интерес для исследования, называется *генеральной совокупностью*. Теоретически – это бесконечно большая совокупность единиц, которые могут быть к ней отнесены.

Многочисленность составляющих генеральную совокупность единиц в большинстве случаев очень сильно затрудняет или вообще делает невозможным полное её изучение. Сплошное изучение генеральных совокупностей производится редко. Практически же в подавляющем большинстве случаев исследованию подвергается всего лишь часть генеральной совокупности, называемая выборкой. Как правило, *выборка* – это

достаточно небольшая часть генеральной совокупности, но она изучается с целью характеристики всей совокупности. Для достаточно точной характеристики генеральной совокупности параметры выборки должны достаточно правильно соответствовать параметрам генеральной совокупности, т.е. быть репрезентативными. Поскольку часть никогда не может полно характеризовать целое, при выборочном исследовании существует особый тип ошибок, вытекающих из самой сущности такого исследования. Таких ошибок избежать невозможно. Они называются ошибками репрезентативности, так как показывают, насколько выборочные параметры отличаются от соответствующих показателей генеральной совокупности, насколько точно они её представляют, т.е. насколько они репрезентативны. *Этих ошибок нельзя избежать, но их можно учесть*, и следует стремиться к уменьшению их величины. Существуют способы расчёта ошибок этой категории.

Организация эксперимента

Научное исследование – это изучение и объяснение закономерностей развития явлений в любой области науки, может быть теоретическим или экспериментальным. Основа научного исследования – наблюдение и опыт. **Наблюдение** – это количественная или качественная регистрация интересующих исследователя признака, свойства или состояния.

Основные правила научного наблюдения:

- 1) наблюдение характеризуется наличием определённых цели и задач;
- 2) необходимо правильно выбрать объект наблюдения;
- 3) во время наблюдения необходимо остерегаться преждевременных выводов и суждений;
- 4) все обнаруженные при наблюдении факты должны быть зафиксированы.

Эксперимент, опыт – это такое изучение, при котором исследователь искусственно вызывает явления или изменяет условия так, чтобы лучше выяснить свойство, признак и взаимосвязь признака и влияющего на него фактора. *Главная особенность любого точного научного опыта является его*

воспроизводимость. Основное различие между наблюдением и экспериментом: наблюдение фиксирует факты, а эксперимент – это гипотеза, ищущая проверки фактами, практикой.

Опыты бывают:

- 1) однофакторные – если в опыте изучается действие только одного фактора;
- 2) многофакторные – эксперимент включает минимум два однофакторных опытов.

Под организацией эксперимента понимают:

А) планирование исследования. Включает:

- 1) выбор темы, определение задач и целей;
- 2) изучение литературы – опыты никогда нельзя планировать, пока не проведено полное изучение предшествующих исследований;

3) создание рабочей гипотезы – это научное предположение о развитии явлений, на котором основывается объяснение ожидаемых результатов;

4) составление программы и методики исследования – это проект намеченного хода эксперимента, в котором указаны схема опыта и условия его проведения.

Б) выбор объекта исследования, подготовку материалов и оборудования;

В) разработку методики опыта.

Сбор материала

Регистрация запланированных признаков (на каждую единицу наблюдения – свой регистрационный документ: анкета, медицинские документы, специально разработанная карта исследования).

Вариант – это комплекс, который равен: изучаемый признак + условия воздействия. Один или несколько вариантов, с которыми сравнивают опытные варианты, называют **контролем** или **стандартом**. **Схема опыта** – совокупность опытных и контрольных вариантов. **Повторность опыта** – число схем опыта.

Биологические признаки делятся на: 1) *качественные* (цвет глаз, цвет волос, окраска листьев и цветков, вкус и запах продуктов

и т.д.) и 2) *количественные* – это признаки, которые подвергаются подсчету и измерению. К количественным признакам относятся: рост и вес человека, размеры листьев, число лепестков в цветке и т.д. Количественные признаки в свою очередь делят на дискретные и непрерывные. Если случайная величина способна принимать любые числовые значения, она называется непрерывной. Мерные (подвергаются измерению), варьирующие непрерывно, признаки являются величинами непрерывными. Числовые значения этих признаков могут быть не только целыми, но и дробными числами. Счётные (подвергаются подсчёту) признаки обычно относят к дискретным случайным величинам. Их значения выражаются целыми числами.

Не всегда возможно исследовать по тому или иному признаку все особи, всю генеральную совокупность. В этом случае прибегают к изучению части ее, по которой делают общее заключение. Такой метод называется *выборочным* и считается основным. В результате выборочных наблюдений получают числа, которые для удобства изучения сводят в ряды и называют их *вариационными рядами*. Таким образом, всю подлежащую изучению группу объектов называют совокупностью или *генеральной совокупностью*, а ту часть объектов, которая попала на исследование, – выборочной совокупностью или *выборкой*. Объем генеральной совокупности обозначается N , выборки – n . Главная цель выборочного метода – по статистическим показателям выборки возможно точнее охарактеризовать всю генеральную совокупность. Первый шаг на пути статистической обработки результатов заключается в группировке собранных данных. Их две: статистические таблицы (они бывают простые и сложные) и ряды распределения.

При составлении вариационного ряда обычно данные группируют в равноинтервальный ряд. Для этого необходимо:

1) приблизительно наметить число классов (K), пользуясь таблицей 1.

Таблица 1

Выбор числа классов по числу наблюдений

Число наблюдений n (от – до)	Число классов K
25–40	5–6
40–60	6–8
60–100	7–10
100–200	8–12
более 200	10–15

2) определить размах варьирования $R = x_{\max} - x_{\min}$;

3) деля размах варьирования на число классов получить величину классового интервала $\lambda = R / K$.

Чтобы придать наглядность закономерности варьирования признаков, вариационные ряды изображают графически в виде: вариационных кривых, гистограмм, кумуляты или огивы. *График строится по следующему правилу:* в системе абсцисс (x) необходимо отложить границы классов, а по оси ординат (y) – их частоты.

Тема 3: СРЕДНЯЯ ВЕЛИЧИНА ПРИЗНАКА

Одной из важных обобщающих характеристик варьирующих признаков является средняя величина. Значение средних – нивелировать индивидуальные различия, в результате чего появляется более или менее устойчивая числовая характеристика признака – не отдельных представителей, а целой группы статистических единиц. Средняя величина характеризует групповые свойства. Существует несколько видов средних. Применяемые в биологии средние делятся на *параметрические* и *непараметрические*. Параметрические средние связаны с распределением варьирующих признаков, непараметрические – характеризуют структурные особенности вариации.

Параметрические средние

Из всех параметрических средних наиболее часто применяется средняя арифметическая (\bar{x}).

1. Средняя арифметическая – наиболее важный и универсальный количественный показатель. Она представляет собой обобщенную характеристику всей совокупности в целом. Если сумму всех вариантов ($X_1 + X_2 + \dots + X_n$) обозначить через $\sum X_i$ (\sum – прописная сигма означает знак суммирования), а число всех вариантов через n , то формула для определения средней арифметической примет вид:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n},$$

Основное свойство средней арифметической заключается в равенстве все положительных и всех отрицательных отклонений от нее, т.е. сумма центральных отклонений всех отдельных вариантов от \bar{x} равняется нулю: $\sum(X_i - \bar{x}) = (X_1 - \bar{x}) + (X_2 - \bar{x}) + \dots + (X_n - \bar{x}) = 0$. Это свойство средней арифметической дает возможность проверить правильность вычисления \bar{x} . Если $\sum(X_i - \bar{x}) \neq 0$, значит допущена ошибка в вычислениях. Например, для значений 180, 220 и 500 средняя арифметическая $\bar{x} = 300$. Центральные отклонения будут следующими: $180 - 300 = -120$, $220 - 300 = -80$, $500 - 300 = +200$, а сумма центральных отклонений $-120 + (-80) + 200 = 0$. Средняя арифметическая – величина именованная, она выражается теми же единицами, что и характеризующий ею признак.

2. Средняя квадратическая

Когда признаки выражаются мерами площади, их средняя величина более точно характеризуется средней квадратической, обозначаемой символом \bar{x}_q . Этот показатель применяется при определении среднего диаметра какой-либо поверхности. Примеры такого рода признаков: размеры колоний микробов, величина листовых пластинок у растений и т.д.

3. Средняя кубическая

Когда необходимо определить средний размер объемных признаков, используется средняя кубическая, обозначаемая символом \bar{x}_Q . Она равна корню кубическому из суммы кубов вариантов, деленной на их общее число.

4. Средняя гармоническая

Когда изучаемый признак находится в обратной пропорциональности к другому признаку.

5. Средняя геометрическая

Характеризует средние величины прибавок веса, линейных размеров тела или средний прирост популяции за определенные промежутки времени. Вычисляется не из абсолютных чисел ряда, а из их разностей или отношений. Обычно вычисляется с помощью десятичных логарифмов.

Так как эти средние получаются из одной и той же формулы, между ними существуют определенные отношения, выражаемые следующим рядом мажорантности (неравенства): $\bar{x}_Q \geq \bar{x}_q \geq \bar{x} \geq \bar{x}_g \geq \bar{x}_h$.

Критерием правильного выбора средней служит ее свойства, которые должны соответствовать содержанию описанного явления. Если это условие не выполняется средняя не может служить точной обобщающей характеристикой явления.

Непараметрические средние

1. Медиана

Характеризует середину вариационного ряда: в обе стороны от медианы располагается одинаковое число вариантов. Например, для следующего распределения:

x	3	6	7	8	10	12	13	15	17
p	2	3	4	5	6	5	4	3	2

медиана равна 10: в обе стороны от этой величины располагается по 14 вариант, число 10 занимает центральное положение в этом ряду, является его медианой.

2. Мода

Наиболее часто встречающаяся величина. В непрерывных вариационных рядах мода находится в том классе, который имеет наибольшее число вариантов. Этот класс с наибольшей вероятностью называется модальным классом. Например, для следующего распределения:

x	3	6	7	8	9	11	12
p	2	3	4	5	6	5	4

мода равна 9, так как эта величина является наиболее часто встречаемое в изучаемой совокупности.

Мода и медиана являются вспомогательными характеристика вариационного ряда.

Тема 4: ПОКАЗАТЕЛИ ВАРИАЦИИ

Свойство условных биологических единиц наблюдения отличаться друг от друга в однородных совокупностях называется *изменчивостью* или *варьированием*. Например, у растений пшеницы варьирующими признаками являются число и масса зерен в колосе, высота растения, продуктивная кустистость, стекловидность и содержание сырой клейковины в зерне, площадь листьев и т.п. В полевых опытах урожаи на одноименных вариантах по повторениям всегда получаются разные.

Средняя арифметическая – важнейшая статистическая характеристика. Но она ничего не говорит о величине варьирования характеризуемого признака. Между тем без учета степени варьирования нельзя составить полную характеристику варьирующего признака. Средняя арифметическая дает обобщённое представление о совокупности изучаемых объектов. В ней снята всякая вариация. Однако, нередко бывает так, что средние арифметические одинаковы, но характеры распределения индивидуальных значений признака совершенно различны.

Полную характеристику варьирующего признака можно дать на основе показателей вариации:

1. *Дисперсия (варианса):*

$$s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1},$$

где s^2 – дисперсия.

Среднее квадратичное отклонение (или стандартное отклонение, S) – вторая по значению константа вариационного ряда. Она является мерой разнообразия входящих в группу объектов и показывает, на сколько в среднем отклоняются варианты от средней арифметической изучаемой совокупности. Стандартное отклонение есть мера изменчивости признаков, обусловленная влиянием на них случайных факторов.

2. *Среднее квадратическое отклонение:*

$$s = \sqrt{s^2},$$

где s – среднее квадратическое отклонение.

Стандартное отклонение – величина именованная, поэтому с ее помощью можно сравнивать характер варьирования лишь одних и тех же признаков. Чтобы сопоставить изменчивость разнородных признаков, выраженных в различных единицах измерения, а также нивелировать влияние масштаба измерений, используют так называемый коэффициент вариации (C_v), безразмерную величину.

3. *Коэффициент вариации (изменчивости)* – относительный показатель изменчивости:

$$C_v = \frac{100s}{\bar{x}},$$

где C_v – коэффициент вариации (в%).

4. *Ошибка средней арифметической:*

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{s^2}{n}} = \frac{s}{\sqrt{n}},$$

где $S_{\bar{x}}$ – ошибка средней арифметической.

Тема 5: ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ

В распределении эмпирических (наблюдаемых) совокупностей бросается в глаза одна важная особенность – преимущественное накопление вариантов в центральных классах и постепенное убывание их числа по мере удаления от срединной точки вариационного ряда. Эта особенность – одна из характерных черт варьирования биологических признаков. Например, известно, что чаще встречаются люди среднего роста, а индивиды большого и маленького роста встречаются сравнительно редко. Однако, не все знают, среди населения людей высокого (выше среднего) и ниже среднего роста и оказывается примерно одинаковое количество.

На основании выборочных наблюдений можно определить общие закономерности в распределении вариантов: характеризующиеся случайные величины имеют наивероятнейшее значение в наивысшей точке, при удалении от которой вправо или влево вероятности их непрерывно убывают.

При беспредельном увеличении числа наблюдений распределение вариантов в вариационном ряду приближается к некоторому теоретическому, которое известно под названием закона нормального распределения вероятностей. Оно составляет предел известного биномиального распределения Ньютона $(p+q)^n$, где $p+q = 1$ (p – вероятность ожидаемого события; q – вероятность противоположного события) (орел-решка). По этому закону распределяются частоты ожидаемого результата в серии многократных испытаний того или иного события при условии, что $p = q = 0,5$.

При графическом изображении биномиального, или прерывистого, дискретного распределения мы получаем ступенчатую симметричную гистограмму. По мере увеличения размера выборки n или показателя степени бинома Ньютона ступени гистограммы будут становиться все меньше и меньше и сам график будет постепенно приобретать вид непрерывной кривой нормального распределения. Она представляет непрерывную,

плавную, симметричную кривую, которая называется нормальной вариационной кривой. Соотношение между биномиальным (дискретным) и нормальным (непрерывным) распределением можно представить следующим образом (рис.1).

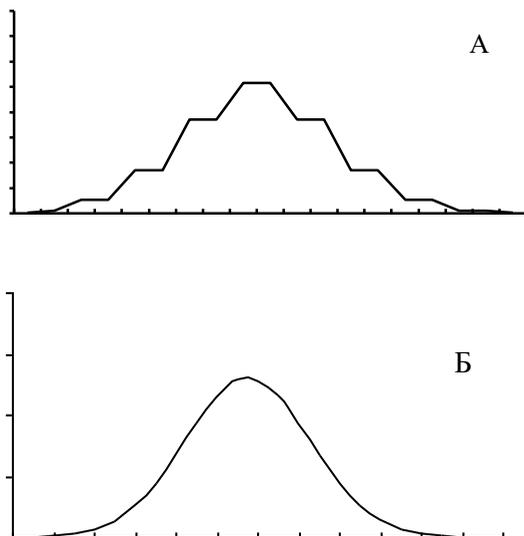


Рис.1. А – биномиальное распределение;
Б – нормальное распределение

Уравнение кривой нормального распределения имеет такой вид:

$$f = \frac{n\lambda}{s} \times \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \times e^{\frac{-(x_i - \bar{x}/s)^2}{2}},$$

где f – теоретическая частота в классе;

\bar{x} – средняя арифметическая;

s – среднее квадратическое отклонение;

λ – классовый интервал;

π и e – математические константы ($\pi = 3,14159\dots$,
 $e = 2,71828\dots$).

Функция представляет собой колоколообразную кривую. Она симметрична и однозначно описывается двумя параметрами: средним арифметическим значением \bar{x} (точка максимума, через которую проходит ось симметрии) и средним квадратичным отклонением s .

Кривая нормального распределения простирается в обе стороны от \bar{x} до бесконечности, приближаясь к оси абсцисс, то есть возможны как очень большие, так и малые значения величины X . Однако частота X по мере удаления от центра становится исчезающе малой. В вершине кривой в точке \bar{x} частота значений X достигает своего максимума, и, следовательно, его значение наиболее вероятно.

Описанная закономерность проявляется во всей живой природе. *Закономерности в распределении вариант по нормальному закону:*

1) большая часть вариант располагается в средней части ряда, здесь наблюдается их максимум; то есть чем больше варианта к среднему значению ряда \bar{x} , тем больше вероятность её появления и тем большим числом наблюдений она представлена;

2) распределение вариант в обе стороны от этого максимума более или менее симметрично, и чем сильнее отклоняется она от среднего значения \bar{x} в ту или иную сторону, тем реже встречается и меньше бывает вероятность её появления.

Причина такой закономерности в том, что каждый из изменчивых признаков стремится к своей средней, типичной для него величине. Однако в этом стремлении он сталкивается с различным воздействием окружающей среды и не все особи оказываются в состоянии развить в себе среднюю величину данной совокупности. Вариация признаков – это реакция организма на внешние воздействия, которая определяется внутренними и внешними факторами.

По форме кривые нормального распределения показаний могут быть различными. Вид кривой полностью соответствует степени варьирования изучаемого признака, т.е. величине среднего

квадратического отклонения s . Чем оно больше и, следовательно, больше варьирует изучаемый материал, тем более пологой становится вариационная кривая, при малых значениях s кривая приобретает иглообразную форму (рис. 2).

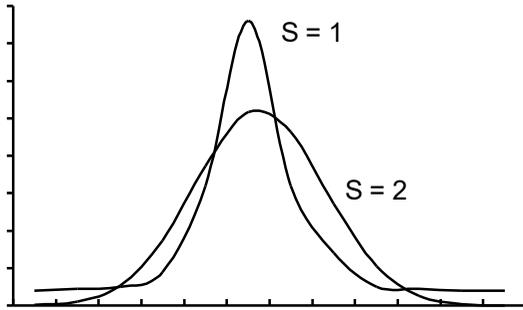


Рис. 2. Формы кривых нормального распределения

В распределении эмпирических (наблюдаемых) совокупностей бросается в глаза одна важная особенность — *преимущественное накопление вариант в центральных класса и постепенное убывание их числа по мере удаления от срединной точки вариационного ряда*. Эта особенность — одна из характерных черт варьирования биологических признаков. На основании выборочных наблюдений можно определить общие закономерности в распределении вариант: характеризуемые случайные величины имеют наивероятнейшее значение в наивысшей точке, при удалении от которой вправо или влево вероятности их непрерывно убывают. При беспредельном увеличении числа наблюдений распределение вариант в вариационном ряду приближается к некоторому теоретическому, которое известно под названием закона нормального распределения. При графическом изображении биномиального, или прерывистого, дискретного распределения мы получаем ступенчатую симметричную гистограмму. По мере увеличения размера выборки n ступени гистограммы будут становиться всё

меньше и меньше, и сам график будет постепенно приобретать вид непрерывной кривой нормального распределения (рис. 3).

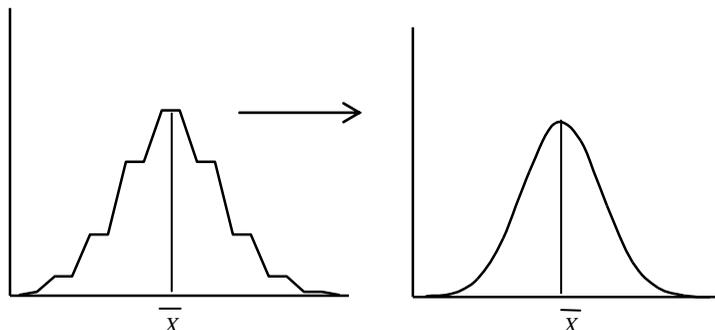


Рис. 3. Изменение кривой нормального распределения по мере увеличения размера выборки

Описанная закономерность проявляется во всей живой природе. В опытной работе считается возможным опираться на свойства нормального или близкого к нему распределения, поэтому следует хорошо уяснить его свойства.

Тема 6: СТАТИСТИЧЕСКАЯ ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗ: t–критерий Стьюдента

Статистическая проверка гипотез необходима, чтобы по разности между выборками оценить достоверность их различия. Закон нормального распределения вероятностей проявляется при большом числе наблюдений ($n > 20-30$). Однако во многих случаях объем выборочной совокупности не превышает 20–30 наблюдений.

Достоверность разности средних обычно определяют по t–критерию Стьюдента:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{S\bar{x}_1^2 - S\bar{x}_2^2}} = \frac{d}{S\bar{x}_d},$$

где \bar{x}_1 и \bar{x}_2 – средние значения сравниваемых выборок;

$S\bar{x}_1$ и $S\bar{x}_2$ – выборочные ошибки соответствующих средних значений;

d – разность средних значений;

$S\bar{x}_d$ – ошибка разности средних.

Величина t -критерия показывает, во сколько раз разность d больше разности m_d . разность считается существенной, если критерий t равен или превышает принятый в исследовании показатель вероятности. Число степеней свободы $\nu = n_1 + n_2 - 2$, где n_1 и n_2 – число определений, лежащих в основе вычисления \bar{x} . Если $t_{st} \leq t$, различия средних считаются достоверными, $t < t_{st}$ – недостоверными (Приложение 1). В тех случаях, когда ошибки средних арифметических и разностей между ними вычислены на основании небольшого числа наблюдений ($n < 20$), для определения значения критерия существенности разности t при данном уровне вероятности следует пользоваться таблицей, составленной для малых выборок Стьюдентом.

Тема 7: СТАТИСТИЧЕСКАЯ ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗ: F–КРИТЕРИЙ ФИШЕРА

Достоверность различий дисперсий оценивается по F–критерию Фишера:

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2},$$

где s_1^2 и s_2^2 – дисперсии сравниваемых совокупностей.

В числителе следует ставить большую дисперсию, в результате чего F всегда равен единице или больше единицы. Чем

значительней разница между дисперсиями, тем больше будет и величина F , и, наоборот, чем меньше окажется расхождение между дисперсиями, тем меньше будет и величина F . Нулевая гипотеза исходит из признания равенства дисперсий. Если $F \geq F_{st}$ нулевая гипотеза отвергается, разница между сравниваемыми величинами признается достоверной (Приложение 2).

Критерии Стьюдента (t) и Фишера (F) связаны с нормальными формами распределения; их применение имеет ввиду оценку расхождения между генеральными параметрами на основании выборочных показателей сравниваемых совокупностей. Поэтому они называются параметрическими критериями. Их разрешающая мощность велика лишь при условии, что сравниваемые совокупности распределяются по нормальному распределению.

Тема 8: ОЦЕНКА ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ: КРИТЕРИЙ χ^2

Критерий соответствия был предложен К. Пирсоном и применяется во всех случаях, когда необходимо определить степень различия двух сравниваемых рядов распределения – эмпирического и теоретического или двух эмпирических. Критерий χ^2 используется для проверки определенной гипотезы, которая считается нулевой (H_0). Нулевая гипотеза обозначает, что нет различия между фактическими и теоретическими данными. Значения χ^2 , не превышающие табличные значения (приложение 3), указывают, что нет оснований сомневаться в принятой гипотезе; значения χ^2 , превышающие определенную табличную величину, указывают на несостоятельность принятой нулевой гипотезы, что вынуждает отбросить первоначальную нулевую гипотезу и выдвинуть новую, которую также надо проверить.

Чтобы проверить нулевую гипотезу, выдвинутую исследователем для объяснения явления, производят выборочное наблюдение. Полученные на основании её фактические данные сравнивают с теоретическими.

Если фактические и теоретические данные полностью совпадают, то $\chi^2=0$. Те предельные значения χ^2 , при которых нулевая гипотеза может быть приемлема с определённым уровнем вероятности находят по специальной таблице значений χ^2 . Величина «хи-квадрат» рассчитывается по формуле:

$$\chi^2 = \frac{\sum (H - O)^2}{O},$$

где H – наблюдаемые (эмпирические) частоты;
 O – ожидаемые (теоретические) частоты.

Тема 9: КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

Во многих исследованиях важно выяснить, какова зависимость между двумя или несколькими признаками, установить их взаимную связь. Например, существует ли связь между урожаем сахарной свеклы или другим результативным признаком и такими внешними факторами, как количество осадков, температура и влажность воздуха, связан ли урожай с плотностью посева, различными физическими и химическими показателями свойств почвы или между этими признаками нет никакой зависимости. Для выяснения этих и подобных им вопросов, часто возникающих в опытной работе, вычисляют коэффициенты *корреляции* и *регрессии*.

Корреляционная связь стремится установить, сопутствует или не сопутствует изменению какого-либо признака направленное изменение другого признака. Так, например, известно, что конусовидной форме корней сахарной свеклы сопутствует более высокая сахаристость, вследствие чего отбор сахаристых корней можно делать по их форме; содержание масла в зернах ячменя и овса уменьшается с увеличением веса зёрен.

Коэффициент корреляции r является одним из распространенных способов измерения степени и направления линейных связей между двумя переменными X и Y . Формула коэффициента корреляции имеет следующий вид:

$$r = \frac{\sum (X_i - \bar{x}) \times (Y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{x})^2 \times (Y_i - \bar{y})^2}}.$$

Значения коэффициента корреляции лежат в пределах от +1 до -1. При полных связях, когда корреляционная связь превращается в функциональную, значение коэффициента корреляции равно для положительных, или прямых, связей +1,0, для отрицательных, или обратных, связей -1,0. При полном отсутствии корреляционной связи между признаками коэффициент корреляции равен нулю.

Следует отметить, что предельные значения коэффициента корреляции ($r = +1,0$; $r = 0,0$; $r = -1,0$) в практике биологических исследований встречается крайне редко; обычно значения этого показателя находятся между нулем и положительной или отрицательной единицей.

Тема 10: РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ

Коэффициент корреляции и корреляционное отношение позволяют измерять степень сопряженности между признаками, определять направление и форму существующей между ними связи. Но они не дают представления о том, насколько в среднем может измениться варьирующий признак при изменении на единицу измерения другого, связанного с ним признака.

Функция, позволяющая по величине одного признака (X) находить средние (ожидаемые) значения другого признака (Y), связанного с X корреляционно, называется *регрессией*. А статистический анализ получил название *регрессионного анализа*.

Термин «регрессия» ввел в биологию Ф. Гальтон, изучавший соотношение между ростом родителей и их детей. Им был установлен так называемый «закон регрессивного наследования», по которому дети очень высоких и очень низких родителей имеют тенденцию отклоняться в своем развитии

(«регрессировать») в сторону среднего для данной популяции роста.

Регрессионный анализ неотделим от корреляционного анализа. Но, в отличие от последнего, показатели регрессии измеряют отношения между коррелированными признаками X и Y двусторонне, т.е. учитывают изменения X в зависимости от изменений Y и, наоборот, изменения Y от X .

При регрессионном анализе, как и при корреляционном, устанавливают:

1. Факт изменчивости данного признака (функция) от изменчивости другого (аргумент) и находят формы зависимости функции от аргумента;

2. Зависимость между функцией и аргументом путем составления ряда регрессии, линии и уравнения регрессии и определения коэффициента регрессии.

По форме регрессия может быть прямолинейной и криволинейной. Под прямолинейной регрессией понимается такая зависимость, когда при любом значения аргумента одинаковые приращения его вызывают одинаковые приращения функции, под криволинейной – когда при одинаковых приращениях аргумента функция имеет неодинаковые приращения. Регрессия называется простой, если изменение функции исследуются в зависимости от одного аргумента $y = f(x)$, и множественной, если от двух и более аргументов $y = f(x, z, v \dots)$.

Графическое изображение ряда регрессии получило название эмпирической линии регрессии (рис.4). Обычно эмпирические ряды регрессии, изображаемые графически выглядят в системе координат в виде не плавно идущих, а ломанных линия. Причина этого явления заключается в том, что наряду с основными причинами, определяющими главное направление регрессии, на ней сказывается влияние многочисленных второстепенных (случайных) факторов, нарушающий плавный ход линии регрессии. Отсюда возникает необходимость выравнивания эмпирических рядов и линий регрессии.

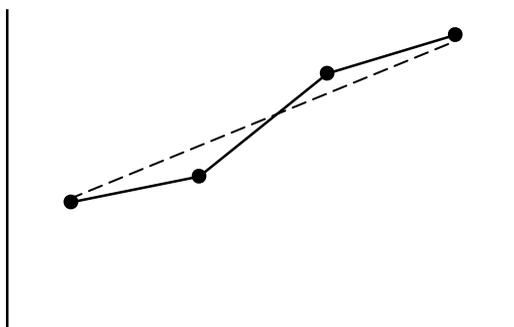


Рис.4. Эмпирическая линия регрессии

Под выравнением подразумевается способ замены ломанной линии регрессии на плавно текущую, сглаженную линию. Существуют разные способы выравнения:

1. Графический способ

Наиболее простой и не требующий вычислительной работы. После того как эмпирический ряд нанесен на график – в виде ломанной линии или в виде отдельных точек, на глаз определяются срединные точки линии регрессии, которые затем соединяются при помощи линейки, в результате чего и получается выровненная линия регрессии

2. Способ наименьших квадратов

Этот способ дает возможность определить такое положение выровненной линии, что квадраты отклонения от нее всех точек эмпирической линии дают наименьшую сумму. При прямолинейной регрессии задача сводится к определению коэффициентов основного уравнения прямой линии:

$$y = a + bx,$$

где y – функция;

x – аргумент;

a и b – параметры уравнения.

В данном случае задача сводится к определению коэффициентов a и b уравнения прямолинейной регрессии, что дает возможность по любому заранее заданному значению аргумента x рассчитать величину y .

При определении коэффициентов a и b по способу наименьших квадратов нужно составить и решить систему нормальных уравнений:

$$\sum y = an + b \sum x - \text{первое уравнение};$$
$$\sum xy = a \sum x + b \sum x^2 - \text{второе уравнение.}$$

n – количество вариантов.

Систему уравнений решают обычными алгебраическими приемами. Сначала по исходным данным определяют $\sum X$, $\sum X^2$, $\sum Y$ и $\sum XY$. Подставляя найденные значения сумм в уравнения, определяют коэффициенты a и b путем постепенного исключения неизвестных.

Коэффициент корреляции и корреляционное отношение позволяют измерять степень сопряженности между признаками, определять направление и форму существующей между ними связи. Но они не дают представления о том, насколько в среднем может измениться варьирующий признак при изменении на единицу измерения другого, связанного с ним признака. Функция, позволяющая по величине одного признака X находить средние (ожидаемые) значения другого признака Y , связанного с X корреляционно, называется **регрессией**. А статистический анализ получил название **регрессионного анализа**.

Зависимость функции от аргумента при прямолинейной регрессии может быть выражена коэффициентом регрессии. *Коэффициентом прямолинейной регрессии* называется число, показывающее, в каком направлении и на какую величину изменяется один признак (функция) при изменении другого (аргумента) на единицу измерения. Обозначается коэффициент регрессии буквой R . Поскольку варьирующих величин две, то и регрессия при условно принятой в исследовании двусторонней зависимости может быть двусторонней: X по Y и Y по X . Поэтому и

коэффициентов регрессии также, очевидно, может быть два: $R_{X/Y}$ и $R_{Y/X}$. Вычисляют их по формулам:

$$R_{X/Y} = \frac{\sum (X_i - \bar{x}) \times (Y_i - \bar{y})}{\sum (Y_i - \bar{y})^2},$$
$$R_{Y/X} = \frac{\sum (X_i - \bar{x}) \times (Y_i - \bar{y})}{\sum (X_i - \bar{x})^2},$$

где \bar{x} и \bar{y} – средние арифметические ряда X и Y .

Тема 11: ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Дисперсионный анализ наиболее совершенный современный метод статистической обработки экспериментального материала. Известно, что биологические признаки варьируют под влиянием самых различных причин, включая и те факторы, которые учитываются в эксперименте. Величина общей вариации признака может быть измерена суммой квадратов отклонений отдельных вариантов от средней арифметической всего комплекса наблюдений. Эту величину можно разложить на части или доли, одна из которых отражает влияние на признак учитываемого в опыте фактора (или факторов), а другая определяется влиянием на тот же признак неучитываемых экспериментатором («случайных») причин. Соотношение между этими источниками варьирования выражается уравнением:

$$C_Y = C_V + C_P + C_Z,$$

где C_Y – общая вариация признака;

C_V – варьирование вариантов;

C_P – варьирование повторений;

C_Z – сумма квадратов случайного варьирования, характеризует всю массу разнообразия результативного признака, которая возникает вследствие случайных ошибок эксперимента.

Основная задача дисперсионного анализа – определить степени влияния различных факторов в отдельности, а также и суммарного их воздействия на изменчивость изучаемого признака.

Если взять отношение частных варьирований, т.е. сумм квадратов, повторений и остатка к сумме квадратов общего варьирования, то сумма всех отношений (или процентов) будет равна единице, или 100 процентам:

$$\frac{C_V}{C_Y} + \frac{C_P}{C_Y} + \frac{C_Z}{C_Y} = 1,0.$$

Каждое отношение, обозначенное соответственно η^2_V , η^2_P и η^2_Z , показывает долю участия факторов в общем варьировании результативного признака. Организованных в опыте ($\eta^2_V = C_V/C_Y$ и $\eta^2_P = C_P/C_Y$) и неорганизованных ($\eta^2_Z = C_Z/C_Y$).

Таким образом, дисперсионный анализ дает возможность получить представление о степени влияния того или иного фактора в общей дисперсии признака, которую принимают за единицу, или 100%, а именно (в %): $\eta^2_V = C_V/C_Y \times 100$ – влияние вариантов;
 $\eta^2_P = C_P/C_Y \times 100$ – влияние повторений;
 $\eta^2_Z = C_Z/C_Y \times 100$ – влияние случайных факторов;
 $\eta^2_Y = \eta^2_V + \eta^2_P + \eta^2_Z$ – влияние всех факторов.

Сущность дисперсии сводится к разложению общей дисперсии некоторого комплекса на его составляющие части, из которых и выясняется влияние отдельных факторов на изучаемый признак. О достоверности оценок судят по критерию F–Фишера. Если результаты дисперсионного анализа оказываются статистически достоверными, переходят к оценкам расхождения между групповыми средними (по критерию t–Стьюдента, или критерию F–Фишера), а также и к измерению силы влияния отдельных факторов на изучаемый признак.

Признаки, изменяющиеся под воздействием тех или иных причин, называются **результативными**. А действующие на результативные признаки причины принято называть **факторами**. Например, масса, высота растения, всё это – признаки. А такие средства воздействия, как доза вносимых удобрений или поливная норма относятся к категории факторов. Факторы делятся на контролируемые в опыте, или организованные, и неорганизованные, или неконтролируемые, действие которых на признак не регулируется.

РАЗДЕЛ II. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ПРАКТИКУМ

Рекомендуемые задания к практическим занятиям



Основными условиями успешного освоения учебного курса «Биометрия» для магистранта является:

- 1) плановость в организации учебной работы;
- 2) серьёзное отношение к изучению материала;
- 3) постоянный самоконтроль.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

Тема 1: ГРУППИРОВКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Теоретические вопросы к теме:

1. Дайте определение терминам: «научное исследование», «наблюдение», «эксперимент»;
2. Виды биологических признаков;
3. Цель выборочного метода;
4. Виды графического изображения вариационного ряда;
5. Какой ряд называют ранжированным?;
6. Правила нахождения величины классового интервала;
7. Виды группировки экспериментальных данных.

Цель занятия: усвоить правило построения вариационного ряда.

Оборудование

калькулятор.

Задания

Решите задачи:

1. Урожайность сравниваемых сортов земляники составила: 60, 64, 57, 87, 78, 64 и 60 ц/га. Ранжируйте данные в возрастающем и убывающем порядке.

2. Для изучения изменчивости числа колосков в колосе пшеницы был взят генетически однородный чистосортный материал. Подсчитав число колосков в разных колосьях, установили, что это число варьирует от 14 до 20. Взяв, не выбирая, подряд 100 колосьев определили частоту встречаемости разных вариантов:

<i>варианты (x)</i>	14	15	16	17	18	19	20
<i>повторяемость (p)</i>	2	7	22	32	24	8	5

Постройте вариационную кривую и гистограмму распределения признака.

3. Высота стебля у пшеницы: 50, 55, 57, 64, 57, 58, 54, 58, 70, 70, 51, 57, 55 (см). Задание:

а) ранжируйте эти варианты в возрастающем порядке;

б) расположите значения признака в виде двойного ряда, учитывая их повторяемость. Совокупность распределите следующим образом:

варианты (x):

повторяемость (p):

в) постройте вариационную кривую и гистограмму распределения признака.

4. Средняя урожайность топинамбура («земляная груша») 200–250 ц/га. Определите размах варьирования.

5. Средняя урожайность огурца в теплице 20–35 кг/м². Определите размах варьирования признака.

6. Одновременно в теплице выращивали 2 сорта томата и учитывали значение признака «урожайность» ($\text{кг}/\text{м}^2$). Количество растений первого сорта, взятых для исследования, составила 57 шт ($n = 57$), второго – 64 шт. ($n = 64$). Урожайность первого сорта варьировала от 5 до 15 $\text{кг}/\text{м}^2$, второго – от 7 до 15 $\text{кг}/\text{м}^2$. Найдите величину классового интервала признака. Постройте вариационную кривую.

7. Средняя урожайность одного сорта груши составила 150 ц/га, второго – 174 ц/га. Количество исследуемых растений и в том и другом случае составила – 25. Найдите величину классового интервала, если известно, что урожайность первого сорта варьировала от 136 до 168 ц/га, второго – от 150 до 201 ц/га.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

Тема: СРЕДНЯЯ ВЕЛИЧИНА ПРИЗНАКА

Теоретические вопросы к теме:

1. Формула расчета средней арифметической признака;
2. Значение средней величины;
3. Единицы измерения средней;
4. Виды параметрических средних величин;
5. Виды непараметрических средних величин;
6. Критерий выбора средней величины;
7. Ряд мажорности (неравенства) средних.

Цель занятия: усвоить правило вычисления средней арифметической.

Оборудование

калькулятор.

Задания

Решите задачи:

1. Вес пациентов в палате составил: 74,5; 91,1 и 73,3 кг. Найдите среднее значение признака.

2. Высота колоса пшеницы одного сорта в среднем составила 10 см, второго – 13 см, третьего – 9 см, четвертого – 8,7 см. Найдите среднюю высоту колоса пшеницы.

3. Рост спортсменов-волейболистов составил (см): 180, 192, 175, 179 и 188. Вычислите среднее значение признака.

4. Количество плодов на кустах томата было: 5, 6, 7, 10, 6, 7, 9, 6, 3, 5, 4 шт. Найдите среднее количество плодов на кустах томата. Ранжируйте данные. Постройте вариационный ряд.

5. Масса плодов томата составила: 70, 58, 30, 81, 90, 100, 65, 52, 34, 54, 123 г. Найдите среднее значение признака. Ранжируйте данные. Постройте вариационный ряд.

6. На сортоиспытательном участке одновременно выращивали 10 сортов ячменя. Урожайность первого сорта составила 33 ц/га, второго – 34,1 ц/га, третьего – 39,1 ц/га, четвертого – 30 ц/га, пятого – 39,7 ц/га, шестого – 30 ц/га, седьмого – 28,4 ц/га, восьмого – 32,3 ц/га, девятого – 35 ц/га, десятого – 26,6 ц/га. Найдите среднее значение признака.

7. Урожайность пшеницы по вариантам и повторностям составили (табл. 1). Найдите среднее арифметическое значение признака по вариантам и повторностям.

Таблица 1

Урожайность пшеницы в опыте

Вариант	Повторности				\bar{x}
	1	2	3	4	
I.	15,5	17,4	19,6	19	
II.	16,5	18	20	20,5	
III.	20,8	18	17	17,7	
IV.	21	23,2	21	22	
\bar{x}					

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

Тема: ПОКАЗАТЕЛИ ВАРИАЦИИ

Теоретические вопросы к теме:

1. Количественная и качественная изменчивости;
2. Варьирование признака;
3. Лимиты;
4. Дисперсия, значение показателя;
5. Среднее квадратическое отклонение, значение показателя;
6. Коэффициент вариации, значение показателя;
7. Ошибка средней арифметической. Значение показателя.

Цель занятия: усвоить правило вычисления показателей вариации.

Оборудование

калькулятор.

Задания

Используйте средние показатели, полученные при решении задач 1–7 темы 2 «СРЕДНЯЯ ВЕЛИЧИНА ПРИЗНАКА», для нахождения показателей вариации. Результаты расчета оформляйте в виде табл. 2. Например:

Таблица 2
(для задачи № 1)

№ задачи	\bar{x}	S^2	S	C_v	$S \bar{x}$

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4
Тема: ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ

Теоретические вопросы к теме:

1. Эмпирические и теоретические величины;
2. Биноминальное распределение;
3. Нормальное распределение;
4. Форма кривых нормального распределения;
5. Закономерности в распределение вариант по нормальному закону;
6. Ассиметрия
7. Эксцесс.

Цель занятия: усвоить правило графического построения нормального ряда распределения варьирующего признака.

Оборудование

калькулятор.

Задания

1. Постройте кривую теоретического (ожидаемого) нормального и эмпирического (наблюдаемого) распределений на основе предложенного примера (табл. 3): распределение растений томата по числу плодов на одном растении.

Таблица 3

Распределения растений томата по числу плодов на растении

<i>Классы (X) (число плодов на растении)</i>	<i>f'</i>	<i>X_i - \bar{x}</i>	<i>t</i>	<i>V</i>	<i>f''</i>
5	10	-2,7	-1,40	0,1497	5,12
7	15	-0,7	-0,36	0,3739	12,79
8	21	+0,3	+0,16	0,3939	13,47
9	12	+1,3	+0,67	0,3187	10,90
10	8	+2,3	+1,19	0,1965	6,72

где $f'(p')$ – наблюдаемая частота в классе;
 t – нормированное отклонение $(x_i - \bar{x} / S)$;
 V – табличные значения;
 $f''(p'')$ – теоретическая частота в классе.

Алгоритм решения:

- 1) $\bar{x} = 50+105+168+108+80/66 = 7,7$;
- 2) $X_i - \bar{x} = 5 - 7,7 = -2,7$;
- 3) $S^2 = 3,71$;
- 4) $S = 1,93$;
- 5) $f''(p'') = \Phi(t) \times n \lambda / s = 0,1200 \times 66 / 1,22$.

2. Заполните таблицу 4. Постройте кривую теоретического нормального и эмпирического распределений на основе предложенного примера: распределение растений льна по числу коробочек.

Таблица 4

Распределения растений льна по числу коробочек

<i>Классы (X)</i>	f'	$X_i - \bar{x}$	t	V	f''
0	1				
1	10				
2	24				
3	34				
4	20				
5	7				
6	3				
7	1				

3. Заполните таблицу 5. Постройте кривую теоретического нормального и эмпирического распределений на основе предложенного примера: распределение колосков в колосе пшеницы.

Таблица 5

Распределения растений пшеницы по числу колосков в колосе

Классы (X)	f'	$X_i - \bar{x}$	t	V	f''
14	2				
15	7				
16	22				
17	32				
18	24				
19	8				
20	5				

4. Заполните таблицу 6. Постройте кривую теоретического нормального и эмпирического распределений на основе предложенного примера.

Таблица 6

Распределение веса 1 000 семян подсолнечника (г)

Классы (X)	f'	$X_i - \bar{x}$	t	V	f''
1	105				
2	138				
3	164				
4	180				
5	204				
6	184				
7	178				
8	162				
9	140				
10	121				

5. Заполните таблицу 7. Постройте кривую теоретического нормального и эмпирического распределений на основе предложенного примера.

Таблица 7

Распределение растений льна по высоте

Классы (X)	f'	$X_i - \bar{x}$	t	V	f''
45-54	54				
55-64	83				
65-74	100				
75-84	110				
85-94	96				
95-104	78				
105-115	60				

6. Заполните таблицу 8. Постройте кривую теоретического нормального и эмпирического распределений на основе предложенного примера.

Таблица 8

Распределение массы плодов груши (кг) на одном дереве

Классы (X)	f'	$X_i - \bar{x}$	t	V	f''
1	14				
2	27				
3	31				
4	34				
5	26				
6	17				
7	13				

7. Заполните таблицу 9. Постройте кривую теоретического нормального и эмпирического распределений.

Таблица 9

Распределение массы плодов абрикоса с одного дерева

Классы (X)	f'	$X_i - \bar{x}$	t	V	f''
1	110				
2	112				
3	120				
4	130				
5	128				
6	117				

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5

Тема: СТАТИСТИЧЕСКАЯ ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗ: t–критерий Стьюдента

Теоретические вопросы к теме:

1. Вычисление t–критерия Стьюдента;
2. Значение показателя;
3. Нулевая гипотеза;
4. Число степеней свободы;
5. Определения табличных значений t–критерия (t_{st});
6. Сравнение t–критерия Стьюдента, вычисленного на основе результатов опыта, и t_{st} ;
7. Уровень значимости.

Цель занятия: усвоить правило вычисления правило вычисления t–критерия Стьюдента.

Оборудование

калькулятор.

Задания

Решите задачи:

1. Урожайность одного сорта ячменя составила $\bar{x}_1 = 25 \pm 0,6$ ц/га, другого $\bar{x}_2 = 28 \pm 0,5$ ц/га. Повторность для \bar{x}_1 и \bar{x}_2 четырёхкратная. Вычислите t–критерий Стьюдента. Дайте оценку полученным результатам.

2. Сравниваются два сорта пшеницы. Вес первого сорта составил $\bar{x}_1 = 19 \pm 0,5$ ц/га, второго $\bar{x}_2 = 18,6 \pm 0,3$ ц/га. Повторность для \bar{x}_1 и \bar{x}_2 четырёхкратная. Вычислите t–критерий Стьюдента. Дайте оценку полученным результатам.

3. Какой сорт огурца следует предпочесть для дальнейшего выращивания в теплице, если известно, что урожайность первого – $21 \pm 1,2$ кг/м², а второго $22 \pm 0,8$ кг/м²? Повторность для \bar{x}_1 и \bar{x}_2 трёхкратная.

4. Средняя масса плода томата одного сорта составила 140 ± 12 г, второго сорта – 100 ± 9 г. Повторность для \bar{x}_1 и \bar{x}_2 пятикратная. Вычислите t–критерий Стьюдента.

5. Урожайность одного сорта томата в теплице составила 11 ± 1 кг/м², второго – $15 \pm 0,6$ кг/м². Повторность для \bar{x}_1 и \bar{x}_2 трёхкратная. Вычислите существенность различия между этими двумя сортами.

6. Урожайность дыни двух сравниваемых сортов приблизительно одинакова и составляет ~ 173 ц/га, однако ошибка средней первого сорта составляет 7 ц/га, второго – 4,5 ц/га. Повторность для \bar{x}_1 и \bar{x}_2 четырёхкратная. Вычислите t–критерий Стьюдента. Какой сорт следует предпочесть для выращивания?

7. Урожайность пшеницы одного сорта пшеницы $22,9 \pm 0,4$ ц/га, второго – $20,1 \pm 0,6$ ц/га. Повторность для \bar{x}_1 и \bar{x}_2 трёхкратная. t–критерий Стьюдента.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

Тема: СТАТИСТИЧЕСКАЯ ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗ:

F–критерий Фишера

Теоретические вопросы к теме:

1. Вычисление F–критерия Фишера;
2. Значение показателя;
3. Область применения;
4. Нулевая гипотеза.

Цель занятия: усвоить правило вычисления правило вычисления F–критерий Фишера.

Оборудование

калькулятор.

Задания

Решите задачи:

Воспользуйтесь ниже предложенными примерами для вычисления F–критерия (табл. 10).

Таблица 10

Примеры для вычисления F–критерия Фишера

№ n/n	Вариант	x_i	\bar{x}	S^2	F	F_{st}
1	A_1	5; 6; 5; 7; 4; 9; 6; 7				
	B_1	4; 9; 6; 6; 3; 7; 6; 5				
2	A_2	4,5; 2,8; 5,6; 7,8; 3,9				
	B_2	3,6; 5,4; 5,4; 7,1; 5,0				
3	A_3	100; 120; 124; 145; 157; 158				
	B_3	96; 97; 109; 111; 135; 123				
4	A_4	0,1; 0,3; 1,0; 0,4; 0,8; 0,5; 0,5				
	B_4	0,3; 0,3; 1,2; 0,7; 0,6; 0,7; 0,3				
5	A_5	236; 222; 356; 125; 126; 148				
	B_5	200; 213; 208; 100; 115; 123				

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7

Тема: ОЦЕНКА ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ: критерий χ^2

Теоретические вопросы к теме:

1. Вычисление критерия χ^2 (хи-квадрат);
2. χ^2_{st} ;
3. Значение показателя;
4. Область применения;
5. Нулевая гипотеза.

Цель занятия: усвоить методику расчета критерия χ^2 .

Оборудование

калькулятор.

Задания

Используйте необходимые показатели, полученные при решении задач 1–7 темы 4 «ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ», для вычисления критерия χ^2 . Результаты расчета оформите в виде таблицы 11. Постройте кривые теоретического и эмпирического распределений.

Таблица 11
(для задачи № 1)

X	f'	$X_i - \bar{x}$	t	V	f''	$f' - f''$	$(f' - f'')^2$	χ^2
...								
Σ								

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8

Тема: КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

Теоретические вопросы к теме:

1. Корреляция;
2. Значение корреляционного анализа;
3. Виды корреляции по форме;
4. Виды корреляции по направлению;
5. Простая и множественная корреляция;
6. Коэффициент корреляции;
7. Корреляционное отношение.

Цель занятия: усвоить методику корреляционного анализа.

Оборудование

калькулятор.

Задания

Решите задачи:

Воспользовавшись ниже предложенными теоретическими данными (табл. 12) вычислите коэффициент прямолинейной

корреляции. Результаты оформите в виде таблицы 13. Для каждого примера нарисуйте схему корреляционной связи.

Таблица 12

№ n/n		Номер пары			
		1	2	3	4
1	X_1	5	6	7	8
	Y_1	5	6	7	8
2	X_2	1	2	3	4
	Y_2	10	9	8	7
3	X_3	2,4	2,5	2,6	2,9
	Y_3	70	73	75	77
4	X_4	17	17,5	17,5	18
	Y_4	12	12,8	13	14,2
5	X_5	40	95	128	144
	Y_5	140	210	244	270
6	X_6	0,4	0,6	0,8	1,0
	Y_6	0,1	0,2	0,3	0,4
7	X_7	2,2	2,1	2,0	1,9
	Y_7	1,3	1,4	1,5	1,6

Таблица 13

Оформление задачи

№ n/n	X_i	Y_i	$(X_i - \bar{x})$	$(Y_i - \bar{y})$	$(X_i - \bar{x})^2$	$(Y_i - \bar{y})^2$	$(X_i - \bar{x})^2$ $(Y_i - \bar{y})^2$
...
Σ							
\bar{x}							

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9

Тема: РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ

Теоретические вопросы к теме:

1. Регрессия;
2. Значение регрессионного анализа;
3. Формы регрессии;
4. Простая и множественная регрессия;
5. Особенности эмпирической линии регрессии;
6. Способы выравнивания линии регрессии;
7. Коэффициент регрессии.

Цель занятия: усвоить методику регрессионного анализа.

Оборудование

калькулятор.

Задания

Используйте средние показатели, полученные при решении задач 1–5 темы 8 «КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ», для вычисления коэффициента регрессии R_{XY} и R_{YX} .

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 10

Тема: ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Теоретические вопросы к теме:

1. Дисперсионный анализ;
2. Значение дисперсионного анализа;
3. Уравнение общей вариации;
4. «Результативные признаки» и «факторы»;
5. Критерии определения достоверности оценок;
6. Однофакторный опыт;
7. Многофакторный опыт.

Цель занятия: усвоить методику дисперсионного анализа.

Оборудование

калькулятор.

Задания

Решите задачи:

1. На основе данных таблицы 14 вычислите общую вариацию урожайности картофеля (ц/га) (C_V).

Таблица 14

Таблица урожайности картофеля

Вариант	Повторения		ΣV	\bar{x}_v
	I	II		
A	180	200		
B	150	170		
ΣP				
\bar{X}_p				

2. На основе данных таблицы 15 вычислите общую вариацию урожайности дыни (ц/га) (C_V).

Таблица 15

Таблица урожайности дыни

Вариант	Повторения		ΣV	\bar{x}_v
	I	II		
A	100	124,5		
B	140	132		
ΣP				
\bar{X}_p				

3. На основе данных таблицы 16 вычислите общую вариацию урожайности земляники (ц/га) (C_V).

Таблица 16

Таблица урожайности земляники

Вариант	Повторения		ΣV	\bar{x}_v
	I	II		
A	65	74		
Б	84	80		
B	84	92		
ΣP				
\bar{x}_p				

4. На основе данных таблицы 17 вычислите общую вариацию урожайности огурца (ц/га) (C_y).

Таблица 17

Таблица урожайности огурца

Вариант	Повторения			ΣV	\bar{x}_v
	I	II	III		
A	287	340	327		
Б	301	362	354		
B	300	320	333		
ΣP					
\bar{x}_p					

5. На основе данных таблицы 18 вычислите общую вариацию урожайности груши в хозяйстве (ц/га).

Таблица 18

Таблица урожайности груши

Вариант	Повторения				ΣV	\bar{x}_v
	I	II	III	IV		
A	110	132	114	128		
Б	126	114	120	125		
ΣP						
\bar{x}_p						

6. На основе данных таблицы 19 вычислите общую вариацию урожайности сладкого перца (ц/га) (C_y).

Таблица 19

Таблица урожайности сладкого перца

Вариант	Повторения				ΣV	\bar{x}_v
	I	II	III	IV		
A	187	200	157	236		
B	197	223	180	184		
ΣP						
\bar{x}_p						

7. На основе данных таблицы 20 вычислите общую вариацию урожайности огурца в парниках (кг/м²) (C_y).

Таблица 20

Таблица урожайности огурца в парниках

Вариант	Повторения					ΣV	\bar{x}_v
	1	2	3	4	5		
A	17,6	23,8	21	16,4	22,3		
B	20	23,4	23,1	18,9	20		
ΣP							
\bar{x}_p							

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ



1. Дайте определение терминам: биометрия, научное исследование, варианты, лимиты.
2. Виды биологических признаков. Приведите примеры.
3. Дайте определение терминам: наблюдение, контрольный вариант, частота, выборка.
4. Дайте определение терминам: эксперимент, схема опыта, генеральная совокупность.
5. Цель выборочного метода.
6. Виды графического изображения вариационного ряда. Приведите примеры с графическим изображением.
7. Какой ряд называют ранжированным. Приведите примеры.
8. Правила нахождения величины классового интервала.
9. Виды группировки экспериментальных данных.
10. Коэффициент вариации. Значение показателя.
11. Среднее квадратическое отклонение. Значение показателя.
12. Средняя арифметическая. Ошибка средней арифметической. Значение этих показателей.
13. Закономерности в распределении вариантов по нормальному закону.
14. Отличия биномиального распределения от нормального распределения варьирующего признака. Пример с графическим изображением.
15. Нормированное отклонение. Формула. Процентный объем каждой части.
16. Доверительная вероятность.

17. Уровень значимости.
18. Статистическая проверка гипотез. t -критерий Стьюдента. Значение показателя.
19. Статистическая проверка гипотез. F -критерий Фишера. Значение показателя.
20. Ассиметрия. Виды асимметрии. Причины асимметрических распределений.
21. Экссесс. Виды эксцесса. Причины эксцессивных распределений.
22. Оценка законов распределения. Критерий χ^2 .
23. Анализ качественных признаков. Группировка данных. Доля признака при качественной изменчивости.
24. Какие связи называют функциональными? Приведите примеры.
25. Дайте определение термину «корреляционная зависимость».
26. Суть корреляционной связи. Приведите примеры.
27. Какая корреляция называется прямой? Чему равен корреляционный коэффициент при прямой корреляции?
28. Какая корреляция называется обратной? Чему равен корреляционный коэффициент при обратной корреляции?
29. Чему равен коэффициент корреляции при полном отсутствии корреляционной связи?
30. Что такое корреляционный коэффициент? Как обозначается этот показатель?
31. Что такое корреляционное отношение? Как обозначается этот показатель?
32. Основное свойство корреляционного отношения.
33. В каких пределах лежат значения коэффициента корреляции?
34. Дайте определение терминам: «регрессия» и «регрессионный анализ».
35. Виды регрессии по форме. Дайте им описание.
36. Как называется графическое изображение ряда регрессии. Дайте схематический рисунок.

37. Значение способов выравнивания ломаных линий регрессии.

38. Основное уравнение прямой линии.

39. Дайте определение термину «коэффициент прямолинейной регрессии».

40. Что показывает коэффициент регрессии?

41. Значение дисперсионного анализа. Основная задача дисперсионного анализа.

42. Каким уравнением выражается соотношение между источниками варьирования в дисперсионном анализе?

43. Какие признаки называются результативными? Приведите примеры.

44. Виды дисперсионного анализа в зависимости от числа учитываемых факторов. Приведите примеры.

45. По каким критериям можно определить достоверность влияния фактора при дисперсионном анализе?

РАЗДЕЛ III. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА

Темы:

1. История развития биометрии.
2. Этапы планирования эксперимента.
3. Корреляция качественных признаков.
4. Определение размера выборки при количественной изменчивости.
5. Определение размера выборки при качественной изменчивости.
6. Основные методы математической статистики в биологии.
7. Основные методы математической статистики в медицине.
8. Предварительная обработка данных. Выпавшие данные.
9. Применение корреляционного анализа на практике.
10. Применение регрессионного анализа на практике.
11. Применение дисперсионного анализа на практике.

ТЕМЫ ДЛЯ УЧЕБНЫХ ДОКЛАДОВ

1. История возникновения биометрии как самостоятельной дисциплины.
2. Этапы и цель научного исследования. Предварительные исследования. Ошибки наблюдений.
3. Генеральная и выборочная статистическая совокупность, статистические признаки.
4. Причины варьирования результатов наблюдений.
5. Вероятность события, ее свойства. Закон больших чисел.
6. Числовые характеристики выборки: средние величины, показатели вариации признаков.

7. Элементы теории вероятностей: испытание, событие, случайная величина, вероятность событий, правила сложения и умножения вероятностей.

8. Биномиальное распределение.

9. Нормальное распределение. Основные свойства.

10. Определение необходимого объема выборки.

11. Статистические гипотезы.

12. Виды параметрических критериев для средних (критерий Стьюдента) и дисперсий (критерий Фишера), основные способы вычислений.

13. Непараметрические критерии: критерий Ван-дер-Вардена, критерий Манна-Уитни, критерий знаков, критерий Уилкоксона; основные способы вычислений.

14. Принцип дискриминантного анализа и его использование в биомедицинских исследованиях. Использование компьютерной статистической программы Statistica.

15. Связь биологической статистики с теорией вероятностей.

16. Корреляция в биологии, взаимозависимость строения и функций клеток, тканей, органов и систем организма, проявляющаяся в процессе его развития и жизнедеятельности.

17. Методы изучения статистических данных, относящихся к объектам, которые характеризуются несколькими качественными или количественными признаками.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ НАПИСАНИЯ УЧЕБНОГО ДОКЛАДА



Во время обучения в университете студент должен выполнять различные виды работ, одной из них является доклад. Доклад является самостоятельным опытом исследования для студента. Автор в докладе раскрывает суть исследуемой темы, рассматривает её со всех точек зрения и высказывает собственный взгляд на проблему. В докладе должны сочетаться два качества исследователя:

- 1) умение провести анализ;
- 2) ответить на поставленные вопросы.

Учебный доклад – работа объёмом 8–10 печатных страниц, выполняемая магистрантом в течение определённого срока. Учебный доклад должен содержать основные фактические сведения и выводы по рассматриваемому вопросу. **Источниками информации являются:** научная литература, энциклопедии, словари, интернет-источники и т.д.

Подготовка любого учебного доклада начинается с ознакомления и осмысления, а затем анализа источника или группы источников, выявления основных сведений, которые должны войти в учебный доклад.

Доклад не заимствуется из первоисточника полностью, а представляет собой совокупность данных и их обобщение. Источники информации подбираются тщательно и отражают суть сообщения. Доклад аргументируется выступающим и преподносится последовательно.

Не допускается использование местоимения «я» или словосочетаний «я считаю», «на мой взгляд» и т.д.

Структура учебного доклада

Доклад предполагает письменное изложение и должен отличаться академическим стилем. Он должен быть правильно оформлен и содержать:

1. Титульный лист.

2. **Введение.** Во введении даётся краткая характеристика изучаемой темы, обосновывается её актуальность, личная заинтересованность автора в её исследовании, отмечается практическая значимость изучения данного вопроса, где это может быть использовано.

3. **Основная часть доклада.** В данном разделе должна быть раскрыта тема.

4. **Заключение.** В заключении подводятся итоги.

5. **Приложение (не обязательно).** В состав приложений могут входить: фотографии, графики, таблицы. Приложения располагаются в конце доклада и НЕ ВХОДЯТ В ПЕЧАТНЫЙ ОБЪЁМ РАБОТЫ.

6. Список литературы.

Правила оформления учебного доклада

Поля страницы: левое – 2 см, правое – 1,5 см, нижнее – 1,5 см, верхнее – 1,5 см до номера страницы. **Текст** печатается через 1,5 интервал. Рекомендуется использовать шрифт: Times New Roman, размер шрифта – 14 пт.

Этапы работы над докладом

Чтобы написать полноценный и качественный доклад студент должен придерживаться следующего плана работы:

1) прежде всего, необходимо подобрать и проанализировать источники по теме. Рекомендуется для работы использовать около 8–10 источников;

2) затем следует составить библиографию и приступить к обработке и систематизации материала, а также подготовке обобщений;

3) следующим этапом будет составление плана доклада и его написание;

4) завершающий шаг – публичное выступление.

Оформление титульного листа

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ЛГПУ»)**

Факультет естественных наук

Кафедра лабораторной диагностики, анатомии и физиологии

Учебный доклад на тему:

Выполнил (-ла):

студент (-ка) 1 курса, направления
подготовки
06.04.01 Биология,
магистерская программа Генетика

(Фамилия, инициалы)

Проверила:

доцент кафедры лабораторной
диагностики, анатомии
и физиологии,
канд. биол. наук, доцент
Криничная Н. В.

Луганск, 20__

ГЛОССАРИЙ

Биологическая статистика (биометрия) – научная отрасль на стыке биологии и вариационной статистики, связанная с разработкой и использованием статистических методов в научных исследованиях (как при планировании количественных экспериментов, так и при обработке экспериментальных данных и наблюдений).

Варианта – отдельное значение варьирующего признака.

Вариация – различие значений какого-либо признака у разных единиц совокупности за один и тот же промежуток времени.

Вариационный ряд – это ряд данных, в которых указаны возможные значения варьирующего признака в порядке возрастания или убывания и соответствующие им частоты.

Выборки, состоящие из 20–30 единиц наблюдения, называют малыми, а выборки большего объёма – большими.

Выборочная совокупность – часть объектов, которая попала на проверку.

Генеральная совокупность – вся, подлежащая изучению группа объектов.

Дисперсия – средняя арифметическая квадратов отклонений отдельных значений варьирующего признака от их среднего значения. Мера разброса значений случайной величины относительно её математического ожидания.

Дисперсионный анализ – метод в математической статистике, направленный на поиск зависимостей в экспериментальных данных путём исследования значимости различий в средних значениях. В отличие от t-критерия позволяет сравнивать средние значения трёх и более групп. Разработан Р. Фишером.

Доверительный интервал – пределы, в которых находится средняя генеральной совокупности; определяется степенью варьирования экспериментальных данных и уровнем вероятности.

Качественная изменчивость – это такое варьирование, когда различия между вариантами выражаются качественными показателями, которые одни варианты имеют, а другие нет.

Количественная изменчивость – это изменчивость, в которой различия между вариантами выражаются количеством, например, весом, высотой, урожаем, числом зёрен и т.д.

Контроль (стандарт) – вариант, с которым сравнивают опытные варианты.

Корреляционный анализ – метод обработки статистических данных, с помощью которого измеряется теснота связи между двумя или более переменными.

Корреляция или **корреляционная зависимость** – статистическая взаимосвязь двух или более случайных величин (либо величин, которые можно с некоторой допустимой степенью точности считать таковыми). При этом изменения значений одной или нескольких из этих величин сопутствуют систематическому изменению значений другой или других величин. Такая зависимость обнаруживается только при массовом изучении признака.

Кривая распределения – графическое изображение вариационного ряда.

Лабораторный эксперимент – исследование, осуществляемое в лабораторной обстановке с целью установления действия и взаимодействия факторов на изучаемые объекты.

Математическая биология – это междисциплинарное направление науки, в котором объектом исследования являются биологические системы разного уровня организации, причём цель исследования тесно увязывается с решением некоторых определённых математических задач, составляющих предмет исследования.

Медиана – в математической статистике – число, характеризующее выборку; середина вариационного ряда: в обе стороны от медианы располагается одинаковое число вариант.

Мода – значение во множестве наблюдений, которое встречается наиболее часто.

Наблюдение – это количественная и качественная регистрация интересующих исследователя сторон развития явления, констатация наличия того или иного его состояния, признака или свойства.

Распределение хи-квадрат – распределение суммы квадратов независимых стандартных нормальных случайных величин.

Регрессия – изменение результативного признака, называемого зависимой переменной, или функций Y , при определённых изменениях факториального признака, называемого независимой переменной, или аргументом X .

Среднее арифметическое – сумма всех чисел, делённая на их количество. Представляет собой обобщённую, абстрактную характеристику всей совокупности (ряда) в целом. В ней снята всякая вариация, устранены все различия отдельных значений. Центр, около которого происходит варьирование изучаемого признака.

Среднее значение – некоторое число, заключённое между наименьшим и наибольшим из их значений.

Среднее квадратическое отклонение – наиболее распространённый показатель рассеивания значений случайной величины относительно её математического ожидания. Имеет размерность варьирующей величины.

Стандартная ошибка среднего (ошибка репрезентативности) – величина, характеризующая стандартное отклонение выборочного среднего, рассчитанное по выборке из генеральной совокупности.

Статистическая гипотеза – научное предположение о тех или иных статистических законах распределения рассматриваемых случайных величин, которое может быть проверено на основе выборки. отсутствии реального различия между фактическими и теоретически ожидаемыми наблюдениями. Эту гипотезу называют **нулевой гипотезой** и обозначают символом H_0 . Для проверки статистической нулевой гипотезы (H_0) используют критерии двух видов: **параметрические** и **непараметрические**.

Параметрическими называют критерии, которые основаны на

предположении, что распределение признака в совокупности имеет нормальное распределение или не сильно отличается от него. Использование **непараметрических критериев** не требует даже приближённого знания закона распределения.

Схема опыта – совокупность опытных и контрольных вариантов.

Частота – число вариант (случаев), имеющих одинаковые значения.

Численность ряда – сумма всех частот, число объектов ряда.

Число вариантов в схеме любого опыта – обычно заранее заданная величина, которая определяется его содержанием и задачами.

Число степеней свободы (число степеней свободы вариации) – количество свободно варьирующих величин.

Эксперимент (активное наблюдение, опыт) – часть более сложного метода исследования. Это такое изучение, при котором исследователь искусственно вызывает явления или изменяет условия так, чтобы лучше выяснить сущность явления, происхождение, причинность и взаимосвязь предметов и явлений.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. Бейли, Н. Математика в биологии и медицине / Н. Бейли. – М. : Мир, 1970. – 328 с.
2. Бейли, Н. Статистические методы в биологии / Н. Бейли. – М. : Мир, 1964. – 272 с.
3. Биометрия : учебник / И. Д. Соколов [и др.]; под общ. ред. Л. П. Трошина. – Краснодар : КубГАУ, 2018. – 161 с.
4. Катмаков, П. С. Биометрия : учебное пособие для вузов / П. С. Катмаков, В. П. Гавриленко, А. В. Бушов ; под общей редакцией П. С. Катмакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2024. – 186 с.
5. Лакин, Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М. : Высшая школа, 1990. – 352 с.
6. Меркурьева, Е. К. Основы биометрии / Е. К. Меркурьева. – М. : Изд-во МГУ, 1963. – 354 с.
7. Плохинский, Н. А. Биометрия / Н. А. Плохинский. – М. : Изд-во МГУ, 1970. – 367 с.
8. Урбах, В. Ю. Биометрические методы / В. Ю. Урбах. – М. : Наука, 1964. – 416 с.

Дополнительная:

1. Гроссман С. Математика для биологов / С. Гроссман, Дж. Терней. – М. : Высшая школа, 1983. – 384 с.
2. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования) / Б. А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Вольф, В. Г. Статистическая обработка опытных данных / В. Г. Вольф. – М. : Колос, 1966. – 254 с.
4. Гинзбург, Э. Х. Описание наследования количественных признаков / Э. Х. Гинзбург. – Новосибирск : Наука, 1984. – 249 с.
5. Математическая энциклопедия / Гл. редактор И. М. Виноградов. – М. : Изд-во «Советская энциклопедия». – 1987. – 1151 с.
6. Рокицкий, П. Ф. Введение в статистическую генетику / П. Ф. Рокицкий – Минск : Высшэйшая школа, 1974. – 448 с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии в простой форме изложены элементарные основы количественной биологии, суть и назначение вариационно-статистической обработки количественных данных. В краткой, доступной форме на конкретных примерах рассмотрены приемы количественной обработки материалов биологических наблюдений и экспериментов. Приводятся алгоритмы статистических расчетов, показаны принципы биологической интерпретации математических показателей, раскрыты основы статистического оценивания, проверки гипотез, применения методов корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализов. Книгой можно пользоваться, не имея специальной математической подготовки и не прибегая к более сложным руководствам по биометрии. Содержит справочные таблицы. Учебное пособие поможет магистранту, не имеющему специальной математической подготовки, сознательно применять общедоступные методы биометрического исследования, а также познакомить его с порядком и способами расчета основных статистических показателей и принципами их биологической интерпретации.

Учебная дисциплина «Биометрия» является одним из основополагающих учебных предметов для исследователей-биологов, обучающихся по направлению подготовки 06.04.01 Биология, магистерская программа Генетика. Учебное пособие предусматривает знакомство студентов с основными разделами биометрии и формирует у студента целостные, фундаментальные знания о ней.

Учебное пособие разработано в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Авторы выражают благодарность рецензентам за ценные замечания и советы, способствующие улучшению учебного пособия.

Приложение 1

**СТАНДАРТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КРИТЕРИЯ СТЬЮДЕНТА (t_{st})
ДЛЯ ТРЁХ УРОВНЕЙ ЗНАЧИМОСТИ
(0,05; 0,01; 0,001)**

ν	t_1	t_2	t_3	ν	t_1	t_2	t_3
1	12,7	63,7	637,0	13	2,2	3,0	4,2
2	4,3	9,9	31,6	14–15	2,1	3,0	4,1
3	3,2	5,8	12,9	16–17	2,1	2,9	4,0
4	2,8	4,6	8,6	18–20	2,1	2,9	3,9
5	2,6	4,0	6,9	21–24	2,1	2,8	3,8
6	2,4	3,7	6,0	25–28	2,1	2,8	3,7
7	2,4	3,5	5,3	29–30	2,0	2,8	3,7
8	2,3	3,4	5,0	31–34	2,0	2,7	3,7
9	2,3	3,3	4,8	35–42	2,0	2,7	3,6
10	2,2	3,2	4,6	43–62	2,0	2,7	3,5
11	2,2	3,1	4,4	63–175	2,0	2,6	3,4
12	2,2	3,1	4,3	176 >	2,0	2,6	3,3

Приложение 2

**СТАНДАРТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ F–КРИТЕРИЯ ФИШЕРА ДЛЯ
ДВУХ УРОВНЕЙ ЗНАЧИМОСТИ (0,05; 0,01)**

$v_1 \backslash v_2$	1	2	3	5	7	10	15	20	30	∞
1	4052 161	4999 200	5403 216	5764 230	5928 237	6056 242	6157 246	6209 248	6258 250	6366 254
2	98,5 18,5	99,0 19,0	99,2 19,2	99,3 19,3	99,4 19,4	99,4 19,4	99,4 19,4	99,4 19,4	99,5 19,5	99,5 19,5
3	34,1 10,1	30,8 9,6	29,5 9,3	28,4 9,0	27,7 8,9	27,2 8,8	26,9 8,7	26,7 8,7	26,5 8,6	26,1 8,5
4	21,2 7,7	18,0 6,9	16,7 6,6	15,5 6,3	15,0 6,0	14,6 5,9	14,2 5,9	14,0 5,8	13,8 5,8	13,5 5,6
5	16,3 6,6	13,3 5,8	12,1 5,4	11,0 5,0	10,5 4,9	10,0 4,7	9,7 4,6	9,6 4,6	9,4 4,5	9,0 4,4
7	12,3 5,6	9,6 4,7	8,5 4,4	7,5 4,0	7,0 3,8	6,6 3,6	6,3 3,5	6,2 3,4	6,0 3,4	5,7 3,2
10	10,0 5,0	7,6 4,1	6,6 3,7	5,6 3,3	5,2 3,1	4,8 3,0	4,6 2,8	4,4 2,8	4,2 2,7	3,9 2,5
15	8,7 4,5	6,4 3,7	5,4 3,3	4,6 2,9	4,1 2,7	3,8 2,5	3,5 2,4	3,4 2,3	3,2 2,2	2,9 2,1
20	8,1 4,3	5,8 3,5	4,9 3,1	4,1 2,7	3,7 2,5	3,4 2,4	3,1 2,2	2,9 2,1	2,8 2,0	2,4 1,8
30	7,6 4,2	5,4 3,3	4,5 2,9	3,7 2,5	3,3 2,3	3,0 2,2	2,7 2,0	2,6 1,9	2,4 1,8	2,0 1,6
60	7,1 4,0	5,0 3,2	4,1 2,8	3,3 2,4	3,0 2,2	2,6 2,0	2,4 1,8	2,2 1,8	2,0 1,6	1,6 1,4
∞	6,6 3,8	4,6 3,0	3,8 2,6	3,0 2,2	2,6 2,0	2,3 1,8	2,0 1,7	1,9 1,6	1,7 1,5	1,0 1,0
$v_2 \backslash v_1$	1	2	3	5	7	10	15	20	30	∞

Примечание: данные верхнего ряда цифр соответствуют уровню значимости 0,05; нижнего – 0,01.

**СТАНДАРТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ χ^2 ДЛЯ ТРЁХ УРОВНЕЙ
ЗНАЧИМОСТИ
(0,05; 0,01; 0,001)**

ν	χ^2_1	χ^2_2	χ^2_3	ν	χ^2_1	χ^2_2	χ^2_3	ν	χ^2_1	χ^2_2	χ^2_3
1	3,9	6,6	10,8	18	18,9	34,8	42,3	40	55,8	63,7	73,4
2	6,0	9,2	13,8	19	30,1	36,2	43,8	42	58,1	66,2	76,1
3	7,8	11,3	16,3	20	31,4	37,6	45,3	44	60,5	68,7	78,7
4	9,5	13,3	18,5	21	32,7	38,9	46,8	46	62,8	71,2	81,4
5	11,1	15,1	20,5	22	33,9	40,3	48,3	48	65,2	73,7	84,0
6	12,6	16,8	22,5	23	35,2	41,6	49,7	50	67,5	76,2	86,7
7	14,1	18,5	24,3	24	36,4	43,0	51,2	55	73,3	82,3	93,2
8	15,5	20,1	26,1	25	37,4	44,3	51,6	60	79,1	88,4	99,6
9	16,9	21,7	27,9	26	38,9	45,6	54,1	65	84,8	94,4	106,0
10	18,3	23,2	29,6	27	40,1	47,0	55,5	70	90,5	100,4	112,3
11	19,7	24,7	31,3	28	41,3	48,3	56,9	75	96,2	106,4	118,5
12	21,0	26,2	32,9	29	42,6	49,6	58,3	80	101,9	112,3	124,8
13	22,4	27,7	34,5	30	43,8	50,9	59,7	85	107,5	118,2	131,0
14	23,7	29,1	36,1	32	46,2	53,5	62,4	90	113,1	124,1	137,1
15	25,0	30,6	37,7	34	48,6	56,0	65,2	95	118,7	130,0	143,3
16	26,3	32,0	39,3	36	51,0	58,6	67,9	100	124,3	135,8	149,4
17	27,6	33,4	40,8	38	53,4	61,4	70,7				

ОРДИНАТЫ КРИВОЙ НОРМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

<i>t</i>	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0	0,3989	0,3989	0,3989	0,3988	0,3986	0,3984	0,3982	0,3980	0,3977	0,3973
0.1	0,3970	0,3965	0,3961	0,3956	0,3951	0,3945	0,3939	0,3932	0,3825	0,3918
0.2	0,3910	0,3902	0,3894	0,3885	0,3876	0,3867	0,3857	0,3847	0,3836	0,3825
0.3	0,3814	0,3802	0,3790	0,3778	0,3765	0,3752	0,3739	0,3726	0,3712	0,3697
0.4	0,3683	0,3668	0,3653	0,3637	0,3621	0,3605	0,3589	0,3572	0,3555	0,3538
0.5	0,3521	0,3503	0,3485	0,3467	0,3448	0,3429	0,3410	0,3391	0,3372	0,3352
0.6	0,3332	0,3312	0,3292	0,3271	0,3251	0,3230	0,3209	0,3187	0,3166	0,3144
0.7	0,3123	0,3101	0,3079	0,3056	0,3034	0,3011	0,2989	0,2966	0,2943	0,2920
0.8	0,2987	0,2874	0,2850	0,2827	0,2803	0,2780	0,2756	0,2732	0,2709	0,2685
0.9	0,2661	0,2637	0,2613	0,2589	0,2565	0,2541	0,2516	0,2492	0,2468	0,2444
1	0,2420	0,2396	0,2371	0,2347	0,2323	0,2299	0,2275	0,2251	0,2227	0,2203
1.1	0,2179	0,2155	0,2131	0,2107	0,2083	0,2059	0,2036	0,2012	0,1989	0,1965
1.2	0,1942	0,1919	0,1895	0,1872	0,1849	0,1826	0,1804	0,1781	0,1758	0,1736
1.3	0,1714	0,1691	0,1669	0,1647	0,1626	0,1604	0,1582	0,1561	0,1539	0,1518
1.4	0,1497	0,1476	0,1456	0,1435	0,1415	0,1394	0,1374	0,1354	0,1334	0,1315
1.5	0,1295	0,1276	0,1257	0,1238	0,1219	0,1200	0,1182	0,1163	0,1145	0,1127
1.6	0,1109	0,1092	0,1074	0,1057	0,1040	0,1023	0,1006	0,0989	0,0973	0,0957
1.7	0,0940	0,0925	0,0909	0,0893	0,0878	0,0863	0,0848	0,0833	0,0818	0,0804
1.8	0,0790	0,0775	0,0761	0,0748	0,0734	0,0721	0,0707	0,0694	0,0681	0,0669
1.9	0,0656	0,0644	0,0632	0,0620	0,0608	0,0596	0,0584	0,0573	0,0562	0,0551
2	0,0540	0,0529	0,0519	0,0508	0,0498	0,0488	0,0478	0,0468	0,0459	0,0449
2.1	0,0440	0,0431	0,0422	0,0413	0,0404	0,0396	0,0387	0,0379	0,0371	0,0363
2.2	0,0355	0,0347	0,0339	0,0332	0,0325	0,0317	0,0310	0,0303	0,0297	0,0290
2.3	0,0283	0,0277	0,0270	0,0264	0,0258	0,0252	0,0246	0,0241	0,0235	0,0229
2.4	0,0224	0,0219	0,0213	0,0208	0,0203	0,0198	0,0191	0,0189	0,0184	0,0180
2.5	0,0175	0,0171	0,0167	0,0163	0,0158	0,0154	0,0151	0,0147	0,0143	0,0139
3.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Учебное издание

КРИНИЧНАЯ Наталия Викторовна
КРИВКО Яна Петровна
ВОРОНОВ Михаил Владимирович

БИОМЕТРИЯ

Учебное пособие

В авторской редакции

Подписано в печать 14.05.2024. Бумага офсетная.

Гарнитура Times New Roman.

Печать ризографическая. Формат 60×84/16.

Усл. печ. л. 3,95.

Тираж 500 экз. Заказ № 32.

ФГБОУ ВО «ЛГПУ»

Издательство ЛГПУ

ул. Оборонная, 2, г. Луганск, ЛНР, 291011. Т/ф: +7 857-2-58-03-20

e-mail: knitaizd@mail.ru