

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 17.09.2025 10:59:50  
Уникальный программный ключ:  
04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8322525



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Фонд оценочных средств по дисциплине «Основы биометрического анализа и планирования  
эксперимента» по направлению подготовки 06.03.01 «Биология» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 1

## **Фонд оценочных средств**

по дисциплине

### **Основы биометрического анализа и планирования эксперимента**

Направление подготовки (специальность)

**06.03.01 Биология**

Направленность (профили)

Микробиология, биофизика, биоэкология, генетика, гистология и  
гистологическая техника

Присваиваемая квалификация

**Бакалавр**

**Год набора 2023**

Форма обучения

**Очная**

Челябинск, 2025

|                                                                                                                                                                   |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Фонд оценочных средств по дисциплине «Основы биометрического анализа и планирования эксперимента» по направлению подготовки 06.03.01 Биология<br>ФГБОУ ВО «ЧелГУ» | стр. 2 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|

## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 06.03.01 «Биология»

Направленность (профиль): Биофизика, Биоэкология, Генетика, Микробиология, Гистология и гистологическая техника

Дисциплина: Основы биометрического анализа и планирования эксперимента

Семестр изучения: 5

Форма промежуточной аттестации: зачет

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Изучение дисциплины «Основы биометрического анализа и планирования эксперимента» направлено на формирование следующих компетенций:

| Коды компетенции (по ФГОС) | Содержание компетенций согласно ФГОС | Коды и содержание индикаторов | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине |
|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------|
|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------|

|        |                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК- 7 | Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности | <p>ОПК- 7. 1 Имеет представление об основных существующих информационных технологиях, используемых при решении профессиональных задач;</p> <p>ОПК- 7. 2 Демонстрирует умения использовать существующие информационные технологии при решении задач профессиональной деятельности.</p> <p>ОПК- 7. 3 Имеет практический опыт использования существующих информационных технологий при решении задач профессиональной деятельности.</p> | <p>Знать:</p> <p>Для реализации ОПК- 7. 1 знать: области, требующие применения биометрических методов получения и обработки информации; основы методологии науки и её связь с методами статистического анализа</p> <p>Для реализации ОПК- 7. 2 знать: возможности и способы получения данных с приборов и оборудования для последующего статистического анализа.</p> <p>Уметь:</p> <p>Для реализации ОПК- 7.1 уметь: понимать формулы, характеризующие метрологические параметры аппаратуры.</p> <p>Для реализации ОПК- 7. 2 уметь: выбирать уместные методы биостатистики на разных этапах научного метода; составлять части отчёта, требующие описания или использования биостатистических методов</p> <p>Для реализации ОПК- 7. 3 уметь: качественно</p> |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|       |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                        | в выполнять контрольные задания, предусмотренные дисциплиной, представлять результаты собственной деятельности в различных формах<br>Владеть:<br>Для реализации ОПК- 7. 3 владеть: методами расчёта объёмов выборки                                                                      |
| ПК- 1 | Способен применять современные методы обработки, анализа и синтеза полевой, производственной и лабораторной биологической информации, правила составления научно-технических проектов и отчетов | ПК- 1. 1 Применяет - принципы анализа информации, - принципы работы современной аппаратуры и вычислительных средств<br>ПК- 1. 2 Использует теоретические знания в лабораторной работе; | Знать:<br>Для реализации ПК- 1. 1 знать: возможность и способы получения данных с приборов и оборудования для последующего статистического анализа.<br>Уметь:<br>Для реализации ПК- 1. 2 уметь: понимать формулы, характеризующие метрологические параметры аппаратуры.<br>Владеть:<br>- |

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 3.1. Виды оценочных средств

| № п/п | Код компетенции/ планируемые результаты обучения                                                                                                                                                                                                                                        | Контролируемые темы/ разделы                                         | Наименование оценочного средства для текущего контроля | Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации/ № задания |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1     | <b>ОПК- 7</b><br>Для реализации ОПК- 7. 1 знать: области требующие применения биометрических методов получения и обработки информации; основы методологии науки и её связь с методами статистического анализа<br>Для реализации ОПК- 7. 2 знать: возможности и способы получения данных | 1. Преобразование шкалы в анализе данных.<br>3. Выборочные сравнения | Устный опрос<br>с Доклад                               | Зачетные вопросы по теории дисциплины № 1–7                             |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                             |                                                     |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|   | <p>с приборов и оборудования для последующего статистического анализа.</p> <p>Для реализации ОПК- 7. 1 уметь: понимать формулы, характеризующие метрологические параметры аппаратуры.</p> <p>Для реализации ОПК- 7. 2 уметь: выбирать уместные методы биостатистики на разных этапах научного метода; составлять части отчёта, требующие описания или использования биостатистических методов</p> <p>Для реализации ОПК-7.3 уметь: качественно выполнять контрольные задания, предусмотренные дисциплиной, представлять результаты собственной деятельности в различных формах</p> <p>Владеть:</p> <p>Для реализации ОПК- 7. 3 владеть: методами расчёта объёмов выборки</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <p>для случая трёх и более групп и одного действующего фактора.</p>                                                                                                                                                                                                                            |                                                             |                                                     |
| 2 | <p><b>ОПК- 7</b></p> <p>Для реализации ОПК- 7. 1 знать: области требующие применения биометрических методов получения и обработки информации; основы методологии науки и её связь с методами статистического анализа</p> <p>Для реализации ОПК- 7. 2 знать: возможности и способы получения данных с приборов и оборудования для последующего статистического анализа.</p> <p>Для реализации ОПК- 7. 1 уметь: понимать формулы, характеризующие метрологические параметры аппаратуры.</p> <p>Для реализации ОПК- 7. 2 уметь: выбирать уместные методы биостатистики на разных этапах научного метода; составлять части отчёта, требующие описания или использования биостатистических методов</p> <p>Для реализации ОПК-7.3 уметь: качественно выполнять контрольные задания, предусмотренные дисциплиной, представлять результаты собственной деятельности в различных формах</p> <p>Владеть:</p> <p>Для реализации ОПК- 7. 3 владеть: методами расчёта объёмов выборки</p> <p><b>ПК- 1</b></p> <p>Для реализации ПК- 1. 1 знать: возможности и способы получения данных с приборов и оборудования для последующего статистического анализа.</p> | <p>1. Преобразование шкалы в анализе данных.</p> <p>2. Выборочные сравнения для случая двух групп.</p> <p>3. Выборочные сравнения для случая трёх и более групп и одного действующего фактора.</p> <p>4. Выборочные сравнения для случая нескольких действующих факторов.</p> <p>5. Анализ</p> | <p>Устный опрос</p> <p>Контрольная работа</p> <p>Доклад</p> | <p>Зачетные вопросы по теории дисциплины № 1–27</p> |

|                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| Для реализации ПК- 1. 2 уметь: понимать формулы, характеризующие метрологические параметры аппаратуры | связей.<br>Корреляция и ассоциация.<br>6. Анализ зависимостей<br>. Линейная регрессия.<br>7. Анализ зависимостей<br>. Нелинейная регрессия.<br>8. Некоторые специфические задачи в биологических исследованиях.<br>9. Многомерные методы разведочного анализа данных. |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

*Примечание: типовые задания, критерии и показатели оценивания в рамках текущего контроля представлены в рабочей программе дисциплины (модуля). Полные комплекты оценочных средств и контрольно-измерительных материалов хранятся на кафедре.*

### 3.2. Содержание оценочных средств

Оценочные средства представлены контрольными работами, устным опросом, докладами, зачетными вопросами и зачетными задачами.

#### 3.2.1. Вопросы для устного опроса

1. Генетические алгоритмы в решении практических задач
2. Дискретные распределения: биномиальное, пуассоновское, вырожденное биномиальное
3. Критика синтетического подхода к статистическому оцениванию
4. Преимущества Байесовского подхода к проверке гипотез
5. Разновидности способов преобразования данных
6. Критерий Фридмана и оценка конкордации по Кендаллу
7. Специфические меры ассоциации для качественных признаков
8. Преобразования шкалы в целях линеаризации нелинейных зависимостей
9. Специфические уравнения нелинейной регрессии в биологии
10. Многомерные методы разведочного анализа данных: зависимость результатов кластерного анализа от выбора мер расстояния между объектами, анализ соответствий, нелинейные главные компоненты.

## 11. Знакомство с онлайн-калькуляторами расчёта объёмов выборок.

### 3.2.2. Контрольные работы

#### Контрольная работа № 1

##### Вариант 1

У рыб озера Чебакуль (Челябинская обл.) определено содержание никеля в мышечной ткани, в мг/кг сухого вещества. Данные представлены в таблице.

|        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Плотва | 1,41 | 1,79 | 0,17 | 1,10 | 0,17 | 0,17 | 1,07 | 0,20 | 0,17 | 0,17 |
| Окунь  | 0,84 | 0,46 | 0,37 | 0,45 | 0,37 | 0,42 | 0,40 | 0,44 | 0,41 | 0,36 |

Задание. Рассчитать: среднее [95 %- ный доверительный интервал бутстрепом ВСа], медиану (квартили). Результаты округлить до сотых.

##### Ответ:

Плотва

Среднее [95% ДИ]: 0,64 [0,27; 1,02]

Медиана (квартили): 0,19 (0,17 – 1,18)

Окунь

Среднее [95 % ДИ]: 0,45 [0,39; 0,54]

Медиана (квартили): 0,42 (0,37 – 0,45)

##### Вариант 2

У рыб озера Чебакуль (Челябинская обл.) определено содержание свинца в мышечной ткани, в мг/кг сухого вещества. Данные представлены в таблице.

|        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Плотва | 1,19 | 1,15 | 3,04 | 0,90 | 0,51 | 0,76 | 0,58 | 0,43 | 0,87 | 0,87 |
| Окунь  | 2,89 | 1,53 | 1,45 | 2,42 | 0,70 | 2,36 | 1,37 | 1,28 | 1,92 | 0,92 |

Задание. Рассчитать: среднее [95 %- ный доверительный интервал бутстрепом ВСа], медиану (квартили). Результаты округлить до сотых.

##### Ответ:

Плотва

Среднее [95 % ДИ]: 1,03 [0,67; 1,49]

Медиана (квартили): 0,87 (0,56 – 1,16)

Окунь

Среднее [95 % ДИ]: 1,68 [1,28; 2,09]

Медиана (квартили): 1,49 (1,19 – 2,38)

#### Контрольная работа № 2

Взять в учебнике С. Гланца «Медико-биологическая статистика» задание 4.2 на стр. 119- 120. Поскольку известно, что распределение давления отличается от нормального, исходные данные нужно предварительно преобразовать:

Вариант 1 – преобразование десятичного логарифма

### Вариант 2 – преобразованием квадратного корня

Статистически обосновать выбор нужного варианта  $t$ -критерия Стьюдента. Рассчитать средние значения артериального давления в группах лабораторных животных с 95 % ДИ, полученные с помощью ретрансформации преобразованных значений в исходную шкалу. Ответить на вопрос задачи, сформулировать и статистически подкрепить вывод.

### Ответ. Вариант 1

После логарифмического преобразования

Плацебо: 2,104562 [2,063918; 2,14610]

Нифедипин: 2,004948 [1,96261; 2,045722]

После ретрансформации в исходную шкалу мм ртутного столба

Плацебо: 127,2 [115,9; 140,0]

Нифедипин: 101,1 [91,8; 111,1]

Проверка равенства дисперсий в группах

Критерий Снедекора – Фишера  $F_{(10; 10)} = 1,02$ ;  $P = 0,974$ . Поскольку дисперсии в группах не различаются статистически значимо ( $P > 0,05$ ), считаем их равными и для сравнения средних будем использовать классический вариант критерия Стьюдента.

Вывод: при действии нифедипина установлено статистически значимое снижение артериального давления после приема кокаина: критерий Стьюдента  $t_{(20)} = 3,17$ ;  $P = 0,005$ .

Следовательно данный препарат может использоваться при лечении поражения сердца, вызванного кокаином.

### Ответ. Вариант 2

После преобразования квадратного корня

Плацебо: 11,31621 [10,77838; 11,86121]

Нифедипин: 10,08999 [9,606044; 10,55492]

После ретрансформации в исходную шкалу мм ртутного столба

Плацебо: 128,1 [116,2; 140,7]

Нифедипин: 101,8 [92,3; 111,4]

Проверка равенства дисперсий в группах

Критерий Снедекора – Фишера  $F_{(10; 10)} = 1,32$ ;  $P = 0,670$ . Поскольку дисперсии в группах не различаются статистически значимо ( $P > 0,05$ ), считаем их равными и для сравнения средних будем использовать классический вариант критерия Стьюдента.

Вывод: при действии нифедипина установлено статистически значимое снижение артериального давления после приема кокаина: критерий Стьюдента  $t_{(20)} = 3,17$ ;  $P = 0,005$ .

Следовательно данный препарат может использоваться при лечении поражения сердца, вызванного кокаином.

### Контрольная работа № 3

Изучалась антибиотикорезистентность клинических изолятов *E. coli*, выделенных от стационарных больных отделения хирургического профиля больницы г. Челябинска. Было обнаружено, что к цефотаксиму были резистентны 9 изолятов из 44 изученных. По данным из других регионов РФ доля резистентных к цефтазидиму штаммов *E. coli* из 138 изученных составляет 33,3%.

Задание:

- 1) рассчитать относительные частоты;

- 2) рассчитать 95 % ДИ для них методом Клоппера – Пирсона;  
3) результаты ввести в таблицу:

| Антибиотик | Частота, %[95 % ДИ] |           |
|------------|---------------------|-----------|
|            | Челябинск (n=44)    | РФ (n=62) |
| Цефотаксим | ...                 | ...       |

- 4) Отличаются ли полученные данные по антибиотикорезистентности для Челябинска от данных по РФ? Сформулировать подкреплённый статистически вывод.  
Результат: Заполненная таблица и вывод.

**Ответ:**

| Антибиотик | Частота, %[95 % ДИ] |                   |
|------------|---------------------|-------------------|
|            | Челябинск (n=44)    | РФ (n=138)        |
| Цефотаксим | 20,5 [9,8; 35,3]    | 33,3 [25,5; 41,9] |

Вывод:

Резистентность к цефотаксиму штаммов *E. coli* из больницы Челябинска не отличалась от данных по РФ критерий хи-квадрат Пирсона  $\chi^2_{(1)} = 2,62$ ;  $P = 0,105$ .

#### Контрольная работа № 4 (итоговая)

Скачать данные «Ирисы Фишера». Это – очень распространённый пример, есть на многих ресурсах, в том числе – в Википедии:  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/Ирисы\\_Фишера](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ирисы_Фишера)

#### Задание 1.

Для трёх видов ириса рассчитать: количество наблюдений  $n$ , среднее, стандартную ошибку, стандартное отклонение, 95 %-ые доверительные интервалы (95 % ДИ) для среднего (бутстреп, метод ВСа) и медиану с квантилями для показателя:

Вариант 1. Длина чашелистика

Вариант 2. Ширина чашелистика

Вариант 3. Длина лепестка

Вариант 4. Ширина лепестка.

Среднее округлить до сотых, по остальным мерам – самостоятельно. Заполнить таблицу:

**Таблица 1 – Характеристики трёх видов ириса по показателю ... (дописать)**

| Характеристики              | <i>Iris setosa</i><br>(n=50) | <i>Iris versicolor</i><br>(n=..) | <i>Iris virginica</i><br>(n=..) |
|-----------------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Среднее $\pm$ станд. ошибка |                              |                                  |                                 |
| Среднее; станд. отклонение  |                              |                                  |                                 |
| Среднее [95 % ДИ]           |                              |                                  |                                 |
| Медиана (Квантили)          |                              |                                  |                                 |

**Результат по заданию: заполненная таблица.**

#### Задание 2.

Для трёх видов ириса рассчитать долю объектов:

Вариант 1. Длина чашелистика менее 5,8 см.

Вариант 2. Ширина чашелистика менее 3,0 см.

Вариант 3. Длина лепестка менее 4,4 см.

Вариант 4. Ширина лепестка менее 1,3 см.

Абсолютные частоты и относительные частоты с 95 % ДИ по Клопперу – Пирсону (округление до десятых) свести в таблицу:

**Таблица 2 – Частоты встречаемости ... (дописать)**

| Вид                    | Объём выборки, шт. | Частота показателя менее ... |                            |
|------------------------|--------------------|------------------------------|----------------------------|
|                        |                    | Абсолютная, шт.              | Относительная, % [95 % ДИ] |
| <i>Iris setosa</i>     | 50                 |                              |                            |
| <i>Iris virginica</i>  | ...                |                              |                            |
| <i>Iris versicolor</i> | ...                |                              |                            |

Чтобы не ошибиться в расчётах данные перед подсчётом удобнее отсортировать по возрастанию в пределах вида (в Excel, Calc, PAST и др.).

**Результат по заданию: заполненная таблица.**

### Задание 3.

Сравнить *Iris setosa* и *Iris virginica* по размерам признака с использованием критерия Манна – Уитни.

Вариант 1. Длина чашелистика

Вариант 2. Ширина чашелистика

Вариант 3. Длина лепестка

Вариант 4. Ширина лепестка.

**Результат оформить по образцам в «Лабораторной практике по биостатистике»:**

**3а) Фрагмент текста для раздела «Материалы и методы»**

**3б) Коробчатая диаграмма для сравниваемых видов (вставить в документ как рис. 1) в разделе «Результаты и обсуждение»**

**3в) Вывод о наличии или отсутствию различий, подкреплённый статистически.**

### Задание 4.

Рассчитать корреляцию Пирсона между показателями и построить диаграмму рассеяния с 95 %-ным доверительным эллипсом. Рисунок доработать: подписать оси, настроить размер шрифта, интервал между делениями шкалы (если нужно), сохранить и вставить в документ как рис. 2.

Вариант 1. *Iris setosa*, длина и ширина чашелистика

Вариант 2. *Iris virginica*, длина и ширина чашелистика

Вариант 3. *Iris versicolor*, длина и ширина чашелистика

Вариант 4. *Iris setosa*, длина чашелистика и длина лепестка.

**Результат:**

**4а) Рисунок**

**4б) Вывод о наличии или отсутствию связи, подкреплённый статистически.**

Всё аккуратно и грамотно оформить в Word или аналогичном текстовом редакторе. Шрифт 12, 13 или 14

## Ответы

### Вариант 1

**Характеристики трёх видов ириса по показателю длина чашелистика**

| Характеристики             | <i>Iris setosa</i><br>(n=50) | <i>Iris versicolor</i><br>(n=50) | <i>Iris virginica</i><br>(n=50) |
|----------------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Среднее ± станд. ошибка    | 5,01 ± 0,050                 | 5,94 ± 0,073                     | 6,59 ± 0,090                    |
| Среднее; станд. отклонение | 5,01; 0,35                   | 5,94; 0,52                       | 6,59; 0,64                      |
| Среднее [95% ДИ]           | 5,01 [4,91; 5,10]            | 5,94 [5,79; 6,08]                | 6,59 [6,41; 6,76]               |
| Медиана (Квартили)         | 5,0 (4,8 – 5,2)              | 5,9 (5,6 – 6,3)                  | 6,5 (6,2 – 7,0)                 |

**Таблица с частотами** длины чашелистика менее 5,8 см.

| Вид                    | Объём выборки, шт. | Частота показателя менее ... |                           |
|------------------------|--------------------|------------------------------|---------------------------|
|                        |                    | Абсолютная, шт.              | Относительная, % [95% ДИ] |
| <i>Iris setosa</i>     | 50                 | 49                           | 98,0 [89,4; 99,9]         |
| <i>Iris virginica</i>  | 50                 | 3                            | 6,0 [1,3; 16,5]           |
| <i>Iris versicolor</i> | 50                 | 21                           | 42,0 [28,2; 56,8]         |

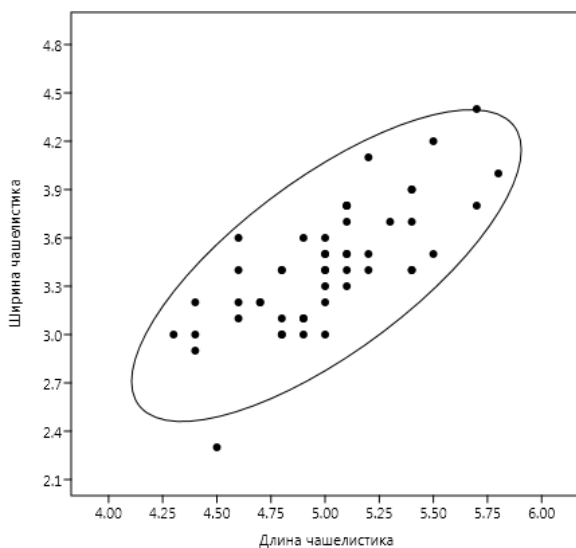
### Задание 3.

Сравнить *Iris setosa* и *Iris virginica* по размерам признака с использованием критерия Манна – Уитни.

Вариант 1. Длина чашелистика

$$U_{(50; 50)} = 38,5; p < 0,001 (6,40 \times 10^{-17})$$

### Задание 4.



Вариант 1. *Iris setosa*, длина и ширина чашелистика  
 $r = 0,74; p < 0,001 (6,71 \times 10^{-10})$

### Вариант 2

**Характеристики трёх видов ириса по показателю Ширина чашелистика**

| Характеристики          | <i>Iris setosa</i><br>(n=50) | <i>Iris versicolor</i><br>(n=..) | <i>Iris virginica</i><br>(n=..) |
|-------------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Среднее ± станд. ошибка | 3,43 ± 0,054                 | 2,77 ± 0,044                     | 2,97 ± 0,046                    |

|                            |                   |                   |                   |
|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Среднее; станд. отклонение | 3,43; 0,38        | 2,77; 0,31        | 2,97; 0,32        |
| Среднее [95% ДИ]           | 3,43 [3,32; 3,53] | 2,77 [2,68; 2,85] | 2,97 [2,88; 3,06] |
| Медиана (Квартили)         | 3,4 (3,2 – 3,7)   | 2,8 (2,5 – 3,0)   | 3,0 (2,8 – 3,2)   |

**Таблица с частотами** Ширина чашелистика менее 3,0 см.

| Вид                    | Объём выборки, шт. | Частота показателя менее ... |                           |
|------------------------|--------------------|------------------------------|---------------------------|
|                        |                    | Абсолютная, шт.              | Относительная, % [95% ДИ] |
| <i>Iris setosa</i>     | 50                 | 2                            | 4,0 [0,5; 13,7]           |
| <i>Iris virginica</i>  | 50                 | 21                           | 42,0 [28,2; 56,8]         |
| <i>Iris versicolor</i> | 50                 | 34                           | 68,0 [53,3; 80,5]         |

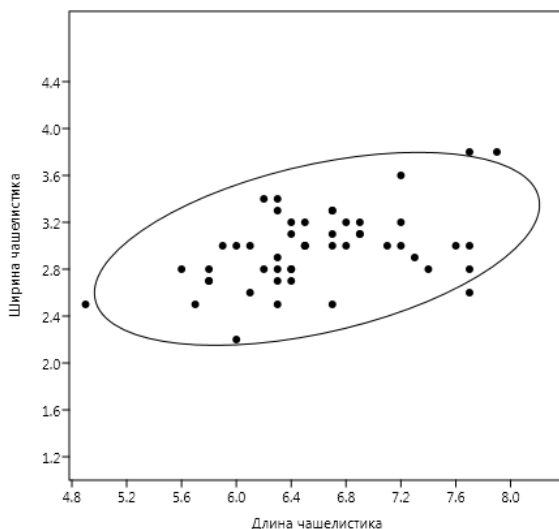
### Задание 3.

Сравнить *Iris setosa* и *Iris virginica* по размерам признака с использованием критерия Манна – Уитни.

Вариант 2 Ширина чашелистика

$U_{(50; 50)} = 414$ ;  $p < 0,001$  ( $7,10 \times 10^{-9}$ )

### Задание 4.



$r = 0,46$ ;  $p < 0,001$  (0,00004346)

### Вариант 3

**Характеристики трёх видов ириса по показателю** Длина лепестка

| Характеристики              | <i>Iris setosa</i><br>(n=50) | <i>Iris versicolor</i><br>(n=..) | <i>Iris virginica</i><br>(n=..) |
|-----------------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Среднее $\pm$ станд. ошибка | 1,46 $\pm$ 0,025             | 4,26 $\pm$ 0,066                 | 5,55 $\pm$ 0,078                |
| Среднее; станд. отклонение  | 1,46; 0,17                   | 4,26; 0,47                       | 5,55; 0,55                      |
| Среднее [95% ДИ]            | 1,46 [1,41; 1,51]            | 4,26 [4,13; 4,39]                | 5,55 [5,40; 5,70]               |
| Медиана (Квартили)          | 1,5 (1,4 – 1,6)              | 4,4 (4,0 – 4,6)                  | 5,6 (5,1 – 5,9)                 |

**Таблица с частотами** Длина лепестка менее 4,4 см

|  | Объём | Частота показателя менее ... |
|--|-------|------------------------------|
|--|-------|------------------------------|

| Вид                     | выборки,<br>шт. | Абсолютная,<br>шт. | Относительная, %<br>[95% ДИ] |
|-------------------------|-----------------|--------------------|------------------------------|
| <i>Iris setosa</i>      | 50              | 50                 | 100 [92,9; 100]              |
| <i>Iris virgini ca</i>  | 50              | 0                  | 0,0 [0,0; 7,1]               |
| <i>Iris versicol or</i> | 50              | 25                 | 50,0 [35,5; 64,5]            |

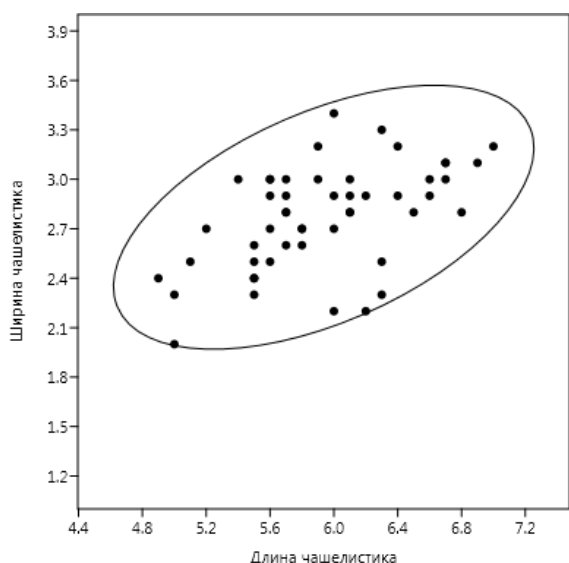
### Задание 3.

Сравнить *Iris setosa* и *Iris virgini ca* по размерам признака с использованием критерия Манна – Уитни.

Вариант 3. Длина лепестка

$U_{(50; 50)} = 0,0$ ;  $p < 0,001$  ( $5,67 \times 10^{-18}$ )

### Задание 4.



$r = 0,53$ ;  $p < 0,001$  ( $8,77 \times 10^{-5}$ )

### Вариант 4

#### Характеристики трёх видов ириса по показателю Ширина лепестка

| Характеристики              | <i>Iris setosa</i><br>( $n=50$ ) | <i>Iris versicol or</i><br>( $n=..$ ) | <i>Iris virgini ca</i><br>( $n=..$ ) |
|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Среднее $\pm$ станд. ошибка | $0,25 \pm 0,015$                 | $1,33 \pm 0,028$                      | $2,03 \pm 0,039$                     |
| Среднее; станд. отклонение  | 0,25; 0,11                       | 1,33; 0,20                            | 2,03; 0,27                           |
| Среднее [95% ДИ]            | 0,25 [0,22; 0,27]                | 1,33 [1,27; 1,38]                     | 2,03 [1,95; 2,10]                    |
| Медиана (Квартили)          | 0,2 (0,2 – 0,3)                  | 1,3 (1,2 – 1,5)                       | 2,0 (1,8 – 2,3)                      |

Таблица с частотами Ширина лепестка менее 1,3 см

| Вид                    | Объём<br>выборки,<br>шт. | Частота показателя менее ... |                              |
|------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|
|                        |                          | Абсолютная,<br>шт.           | Относительная, %<br>[95% ДИ] |
| <i>Iris setosa</i>     | 50                       | 50                           | 100 [92,9; 100]              |
| <i>Iris virgini ca</i> | 50                       | 0                            | 0,0 [0,0; 7,1]               |

|                        |    |    |                   |
|------------------------|----|----|-------------------|
| <i>Iris versicolor</i> | 50 | 15 | 30,0 [17,9; 44,6] |
|------------------------|----|----|-------------------|

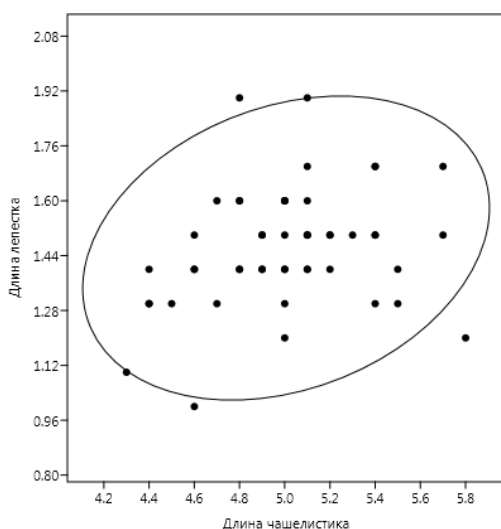
### Задание 3.

Сравнить *Iris setosa* и *Iris virginica* по размерам признака с использованием критерия Манна – Уитни.

Вариант 4 Ширина лепестка.

$$U_{(50; 50)} = 0,0; p < 0,001 (2,43 \times 10^{-18})$$

### Задание 4.



$$r = 0,27; p = 0,061$$

### 3.2.3. Темы докладов

1. Многомерные методы анализа данных в дисциплине (методы: варианты кластерного анализа, нелинейный анализ главных компонент, анализ главных компонент и многомерное метрическое шкалирование, многомерное неметрическое шкалирование, множественный анализ соответствий; дисциплины: микробиология, биофизика, физиология человека и животных, генетика, экология).
2. Технологии добычи данных: цели, разновидности, алгоритмы, практическое использование в дисциплине (дисциплины: микробиология, биофизика, физиология человека и животных, генетика, экология).

### 3.2.4. Зачетные вопросы по теории дисциплины

1. Основные распределения признаков в биологии. Нормальное распределение количественных показателей.

**План ответа.** Перечислить основные распределения: непрерывные (нормальное, логарифмически нормальное) и дискретные (биномиальное, отрицательное биномиальное, полиномиальное, Пуассона). Нормальное распределение исторически – распределение де Муавра, математически – распределение Гаусса, нормальное – т.к. часто встречается в природе. Появляется когда на признак действует большое число слабых и независимых факторов (примеры). Кривая нормального распределения:

симметричная и колоколообразная. Пара метры нормального распределения: математическое ожидание и стандартное отклонение.

2. Нормальное распределение в природе. Биологический смысл отклонений выборочного распределения от нормального.

**План ответа.** Нормальное распределение исторически – распределение де Муавра, математически – распределение Гаусса, нормальное – т. к. часто встречается в природе. Появляется когда на признак действует большое число слабых и независимых факторов (примеры). Кривая нормального распределения: симметричная и колоколообразная. Пара метры нормального распределения: математическое ожидание и стандартное отклонение. Асимметрия распределения как особенность признака и как результат действия на признак движущего отбора. Экссесс распределения как смесь распределений с близкими средними, но разной дисперсией и как результат действия стабилизирующего отбора.

3. Характеристики статистического критерия. Типы статистических критериев. Особенности использования пар метрических и непар метрических критериев в биологических исследованиях.

**План ответа.** Статистический критерий как метод проверки нулевой гипотезы. Классификация критериев. Пар метрические критерии задействуют в расчётах пар метры нормального распределения, поэтому требуют знания о нормальности распределения признака, либо его проверки по выборке. Непар метрические критерии менее требовательны к данным, но и менее мощные. Привести несколько пар пар метрических и непар метрических критериев для сравнения двух и нескольких групп, для поиска связей, для поиска зависимостей.

4. Основные распределения выборочных статистик ( $t$ -распределение,  $F$ -распределение, распределение хи-квадрат) и связанные с ними критерии, распространённые в биометрии.

**План ответа.** Исторические сведения о разработке данных критериев Госсетом ( $t$ -распределение), Снедекором ( $F$ -распределение) и Пирсоном (хи-квадрат). Желательно привести формулы на память, т. к. они простые и расчёты по ним выполнялись на лабораторных занятиях вручную. Привести примеры статистических критериев с использованием данных распределений.

5. Выборочные сравнения в анализе различий двух групп по количественному показателю. Возможности и ограничения параметрических тестов.

**План ответа.** Понятие о выборочных сравнениях, примеры из биологии и медицины. Анализ зависимых и независимых выборок. Пар метрические методы самые мощные в статистическом смысле, но требуют нормального распределения данных в популяции, что не всегда выполняется на практике. Преобразование данных как возможность для применения параметрики.  $t$ -критерий Стьюдента и его варианты.

6. Выборочные сравнения в анализе различий двух групп по количественному показателю. Возможности и ограничения непараметрических тестов.

**План ответа.** Понятие о выборочных сравнениях, примеры из биологии и медицины. Анализ зависимых и независимых выборок. Непар метрические методы самые уступают в мощности параметрическим, но требования к данным менее жёсткие. Критерий Манна – Уитни и парный критерий Уилкоксона как непараметрические аналоги  $t$ -критерия и

парного  $t$ -критерия.

7. Преобразования шкалы в анализе данных.

**План ответа.** Преобразование используется для приведения данных в соответствие с требованиями модели статистической модели для их анализа. Примеры асимметричных распределений в природе, которые легко преобразовать: площадь листа и квадратный корень из площади, численность микроорганизмов и логарифм численности. Преобразование Бокса – Кокса как адаптивное к данным универсальное степенное преобразование. Угловые преобразования процентов, преобразование квадратного корня для редких событий.

8. Понятие о таблицах сопряженности. Наблюдаемые и ожидаемые частоты. Анализ таблиц  $2 \times 2$  и  $r \times c$ .

**План ответа.** Пример таблицы сопряженности (ТС). Два входа ТС. Ожидаемые частоты рассчитываются в предположении отсутствия связи между входами ТС. Проверка согласия наблюдаемых и ожидаемых частот критериями согласия: Пирсона, Фримана – Тьюки, G-критерием максимального логправдоподобия, точным методом Фишера, процедурой Монте-Карло и точным рандомизационным критерием: какой из них лучше? Вклад ячейки в статистику критерия, стандартизованные остатки.

9. Сравнение двух выборок по качественным показателям. Статистические критерии. Относительный риск.

**План ответа.** Примеры качественных признаков и ситуаций когда требуется такое сравнение. Проверка согласия наблюдаемых и ожидаемых частот критериями согласия: Пирсона, Фримана – Тьюки, G-критерием максимального логправдоподобия, точным методом Фишера, процедурой Монте-Карло и точным рандомизационным критерием: какой из них лучше? Относительный риск  $RR$  как отношение частот двух событий.

10. Сравнение двух выборок по качественным показателям. Статистические критерии. Отношение шансов.

**План ответа.** Примеры качественных признаков и ситуаций когда требуется такое сравнение. Проверка согласия наблюдаемых и ожидаемых частот критериями согласия: Пирсона, Фримана – Тьюки, G-критерием максимального логправдоподобия, точным методом Фишера, процедурой Монте-Карло и точным рандомизационным критерием: какой из них лучше? Понятие шанса, отношение шансов  $OR$  как отношение шансов двух событий. Асимметрия  $OR$  и логит как симметричное производное от  $OR$ .

11. Выборочные сравнения в анализе различий двух групп по количественному показателю. Возможности и ограничения параметрических тестов.

**План ответа.** Понятие о выборочных сравнениях, примеры из биологии и медицины. Анализ зависимых и независимых выборок. Параметрические методы самые мощные в статистическом смысле, но требуют нормального распределения данных в популяции, что не всегда выполняется на практике. Преобразование данных как возможность для применения параметрики.  $t$ -критерий Стьюдента и его варианты.

12. Выборочные сравнения в анализе различий двух групп по количественному показателю. Возможности и ограничения непараметрических тестов.

**План ответа.** Понятие о выборочных сравнениях, примеры из биологии и медицины. Анализ зависимых и независимых выборок. Непараметрические методы самые уступают в мощности параметрическим, но требования к данным менее жесткие. Критерий Манна

– Уитни и парный критерий Уилкоксона как непараметрические аналоги  $t$ -критерия и парного  $t$ -критерия.

13. Дисперсионный анализ и изменчивость. Классификации методов дисперсионного анализа.

**План ответа.** Историческая справка о разработке ДА Р. Фишером. Принцип ДА: разложение общей изменчивости (дисперсии) на части, связанные с действием факторов, их взаимодействием и случайную внутригрупповую изменчивость. Классификация ДА по числу факторов, по модели (с фиксированными факторами, случайными факторами, смешанная), по схеме (перекрестная, иерархическая, перекрестно-иерархическая), по соотношению объектов в ячейках комплекса (равномерное, пропорциональное, неравномерное), по наличию или отсутствию ячеек с пропусками.

14. Дисперсионный анализ и планирование эксперимента. Блочные планы.

**План ответа.** Историческая справка о разработке ДА Р. Фишером. Принцип ДА: разложение общей изменчивости (дисперсии) на части, связанные с действием факторов, их взаимодействием и случайную внутригрупповую изменчивость. Рандомизированное полноблочное планирование. Ограничения на рандомизацию накладываются для сокращения вариантов опыта (экономия). Латинский и греко-латинский квадраты как примеры ограничений на рандомизацию.

15. Подходы к сравнению средних в дисперсионном анализе. Запланированные и незапланированные сравнения.

**План ответа.** Принцип ДА: разложение общей изменчивости (дисперсии) на части, связанные с действием факторов, их взаимодействием и случайную внутригрупповую изменчивость. Модель I ДА – для сравнения средних, модель II – для разложения дисперсии на компоненты. Запланированные сравнения и построение контрастов: пример. Незапланированные апостериорные сравнения: пример и известные методы (наименьшей значимой разности Фишера, метод Тьюки, метод Ньюмена – Кэйлса и др. – просто перечислить). Выигрыш в мощности исследования при использовании запланированных сравнений.

16. Корреляционный анализ и условия его применимости. Отличие задач корреляционных и регрессионных техник. Корреляция Пирсона.

**План ответа.** Корреляционный анализ как метод поиска связей между признаками, явлениями. В отличие от регрессии обе переменные рассматриваются как равноценные. Положительная и отрицательная корреляция. Корреляция на графике (облако точек и его форма). Корреляция Пирсона как параметрический метод: двумерное нормальное распределение и корреляционный эллипс. Линейность связи. Коэффициент корреляции, как мера силы связи.

17. Корреляционный анализ и условия его применимости. Отличие задач корреляционных и регрессионных техник. Корреляция Спирмена и Кендалла.

**План ответа.** Корреляционный анализ как метод поиска связей между признаками, явлениями. В отличие от регрессии обе переменные рассматриваются как равноценные. Положительная и отрицательная корреляция. Корреляция на графике (облако точек и его форма). Ранговая корреляция. Корреляция Спирмена как непараметрический аналог корреляции Пирсона. Корреляция Кендалла как вероятностная мера сходства. Преимущество ранговых корреляций в биологии – нелинейность связи не уходит в ошибку анализа.

18. Корреляционный анализ и условия его применимости. Анализ связей качественных признаков. Коэффициенты ассоциации.

**План ответа.** Корреляционный анализ как метод поиска связей между признаками, явлениями. Корреляция и ассоциация. Таблицы сопряжённости могут использоваться как для задачи сравнения частот, так и для поиска ассоциации между признаками. Коэффициент сопряжённости Пирсона, коэффициент Крамера.

19. Регрессионный анализ и условия его применимости. Отличие задач регрессионных и корреляционных техник.

**План ответа.** История разработки регрессионного анализа и происхождение термина «регрессия». Регрессионный анализ применяется для исследования зависимостей. Важное практическое использование – моделирование зависимостей для прогноза. Данные неравноценные и делятся на предикторы и отклики. Разновидности регрессионного анализа: с двумя переменными и множественная, линейная и нелинейная, модель I и модель II регрессии.

20. Регрессионный анализ и условия его применимости. Отличие задач регрессионных и корреляционных техник. Линейная регрессия для количественных показателей.

**План ответа.** Регрессионный анализ применяется для исследования зависимостей. Важное практическое использование – моделирование зависимостей для прогноза. Данные неравноценные и делятся на предикторы и отклики. Понятие о разновидностях регрессионного анализа: с двумя переменными и множественная, линейная и нелинейная. Линейная регрессия на графике, её параметры (свободный член и коэффициент регрессии) и их смысл, нахождение параметров методом наименьших квадратов. Модель I и модель II регрессии.

21. Регрессионный анализ и условия его применимости. Отличие задач регрессионных и корреляционных техник. Нелинейная регрессия для количественных показателей.

**План ответа.** Регрессионный анализ применяется для исследования зависимостей. Важное практическое использование – моделирование зависимостей для прогноза. Данные неравноценные и делятся на предикторы и отклики. Понятие о разновидностях регрессионного анализа: с двумя переменными и множественная, линейная и нелинейная. Наиболее распространённые виды нелинейных зависимостей: полиномиальная, степенная, показательная, уравнения роста, уравнения кинетики, логистическая кривая.

22. Регрессионный анализ и условия его применимости. Отличие задач регрессионных и корреляционных техник. Понятие о логистической регрессии для качественных показателей.

**План ответа.** Регрессионный анализ применяется для исследования зависимостей. Важное практическое использование – моделирование зависимостей для прогноза. Данные неравноценные и делятся на предикторы и отклики. Понятие о разновидностях регрессионного анализа: с двумя переменными и множественная, линейная и нелинейная. Логистическая кривая и пробит-анализ для моделирования бинарного отклика. График логистической кривой. Широкое применение в биологии и медицине для моделирования бинарных исходов в зависимости от величины количественного предиктора.

23. Множественная корреляция и регрессия. Понятие о частных коэффициентах

корреляции и фиктивных переменных.

**План ответа.** Понятие о множественной корреляции и её задачах, понятие о множественной регрессии и её задачах. Примеры. Использование частных коэффициентов корреляции для устранения влияния сопутствующих переменных. Использование фиктивных переменных для задания качественных предикторов.

24. Многомерные методы разведочного анализа данных. Понятие об ординационных техниках и анализе главных компонент в биологических исследованиях.

**План ответа.** Понятие о многомерных методах анализа и их роли в условиях увеличения доступности данных по большому числу признаков в современной биологии и медицине. Принцип метода главных компонент, почему называется ординационной или проекционной техникой. Линейная комбинация латентных переменных для объяснения многомерной дисперсии. Использование графического критерия «каменистой осыпи» Кэттелла для выявления числа латентных переменных. Понятие о собственных числах как корнях характеристического уравнения и смысл критерия Кайзера.

25. Многомерные методы разведочного анализа данных. Понятие о кластерном анализе биологических исследований.

**План ответа.** Понятие о многомерных методах анализа и их роли в условиях увеличения доступности данных по большому числу признаков в современной биологии и медицине. Кластерный анализ (КА) как метод поиска сходных объектов в многомерном пространстве. КА как метод обучения без учителя. Евклидово пространство и неевклидовы пространства в кластерном анализе. Понятие об агломеративных и дивизимных алгоритмах. Иерархический кластерный анализ и метод К-средних: различие задач. Кластерный анализ на графике – дендрограмма.

26. Современные методы анализа данных. Понятие о технологиях «добычи данных», нейронных сетях и генетических алгоритмах. Понятие о факторном анализе. Модели факторного анализа.

**План ответа.** Понятие о многопеременных техниках анализа и их роли в условиях увеличения доступности данных по большому числу признаков в современной биологии и медицине. Поиск закономерностей в больших массивах данных и технологии Data mining: от простейшего алгоритма «А priori» к сложным проприетарным алгоритмам. Понятие о нейронных сетях (НС), перцептрон как узел нейронной сети, понятие об обучении НС. Преимущества и недостатки НС по сравнению со статистическими техниками. Генетические алгоритмы как реализации закономерностей биологической эволюции для решения математических задач. Факторный анализ как развитие идей анализа главных компонент. От разведочного факторного анализа к моделированию структурных уравнений.

27. Принципы планирования эксперимента исходя из типа данных и задачи исследования. Понятие о рандомизации.

**План ответа.** Классификация признаков в биологии (количественные, порядковые и качественные). Наиболее распространённые задачи в исследовательской практике (описание данных, выборочные сравнения, поиск связей, поиск зависимостей, разведочный анализ данных). До проведения эксперимента необходимо знать какими методами будут получены данные. Понятие о процедуре рандомизации для устранения влияния вмешивающихся факторов и объективизации исследования (с пояснениями).

### 3.2.5. Зачетные задачи

**1. В ходе эксперимента оценивалась токсичность проб воды на приборе «Биотестер» с использованием культуры парameций. Показатели токсичности одной пробы в шести последовательных измерениях составили:**

**0,24 0,23 0,28 0,32 0,35 0,39**

**Вычислить среднее и его стандартную ошибку, коэффициент вариации. Чем настораживаются полученные данные? Проведение какого эксперимента необходимо, если подобная картина наблюдается регулярно?**

**От вет.** Среднее  $\pm$  станд. ошибка:  $0,302 \pm 0,00257$  (желательно пояснить по каким правилам проводилось округление). Коэффициент вариации – 20,9 %. Данные настораживаются тенденцией увеличения значений в ряду. Возможно: не прогрелся прибор, восприятие токсичности меняется во времени или др. Нужен эксперимент, в ходе которого будет получен более длинный ряд значений. Возможно получится график с выходом на плато. Он поможет найти момент времени, когда в серии последовательных измерений их изменения будут носить случайный характер.

**2. В публикации по интересующей нас тематике приводятся следующие результаты:**

|          | Число животных | Среднее $\pm$ стандартная ошибка |
|----------|----------------|----------------------------------|
| Контроль | 25             | $8,72 \pm 0,240$                 |
| Опыт     | 10             | $12,51 \pm 0,715$                |

**Корректно ли анализировал данные автор, применяя обычный  $t$ -критерий Стьюдента? Какими методами еще можно (или нужно было) сравнивать группы.**

**От вет.** Для применения обычного критерия Стьюдента существует два требования: (1) выборки должны быть извлечены из генеральной совокупности с нормальным распределением признака, (2) дисперсии в совокупностях должны быть равными. Требование 1 проверить нельзя в силу недостаточности информации. Проверим требование 2. Для этого:

1) вычислим из величины стандартной ошибки и объема выборки значение стандартного отклонения.

$$m = s / \sqrt{n}; s = m\sqrt{n}$$

$$s_1 = 0,240\sqrt{25} = 1,2; s_2 = 0,715\sqrt{10} = 2,261029$$

2) вычислим выборочные оценки дисперсий возведением стандартного отклонения в квадрат

$$s^2 = 1,2^2 = 1,44; s^2 = 2,261029^2 = 5,11225$$

3) проверим нулевую гипотезу о том, что эти две дисперсии извлечены из генеральных совокупностей с равными дисперсиями, а наблюдаемые различия случайны с использованием критерия Снедекора – Фишера.

$$F = \frac{s_{\text{большая}}^2}{s_{\text{меньшая}}^2}; F = \frac{5,11225}{1,44} = 3,55. \text{ Рассчитаем соответствующее } p\text{-значение с}$$

помощью прилагаемого файла Excel, рассчитав предварительно степени свободы:

### 3. F-распределение Снедекора - Фишера

|         |          |
|---------|----------|
| $F=$    | 3,55     |
| $df_1=$ | 9        |
| $df_2=$ | 24       |
| $P=$    | 0,006264 |

Вывод: выборочные дисперсии различаются статистически значимо: критерий Снедекора – Фишера  $F_{(9; 24)}=3,55$ ;  $P=0,006$ . Значит требование равенства дисперсий не выполняется, применять обычный  $t$ -критерий Стьюдента нельзя, расчёт проведён автором некорректно. Нужно было использовать вариант  $t$ -критерия Стьюдента для неравных дисперсий (подход Уэлча) или непараметрический аналог критерия Стьюдента – критерий Манна – Уитни.

3. Культуру фибробластов мыши СЗ Н10 Т1/ 2 подвергали рентгеновскому облучению в дозе 8 Гр, выделяли фокусы трансформации, а из них получали клональные линии. Такие линии характеризовались высокой долей клеток с нарушениями числа хромосом (анеу- и полиплоидией). Через 2 пассажа отмечалось 30 % аномальных клеток из 500 проанализированных. Через 20 пассажей – 28 % из 1450 клеток. Следует ли трактовать результаты опыта как тенденцию к возврату культур в нормальное состояние или можно предположить индукцию радиацией нестабильного состояния генома?

Ответ. Составим таблицу сопряжённости  $2 \times 2$ , вычислив предварительно недостающие данные по имеющимся.

30 % от 500 равно 150

28 % от 1450 равно 406

|             | Аномальные клетки | Нормальные клетки | Всего |
|-------------|-------------------|-------------------|-------|
| 2 пассажа   | 150               | 350               | 500   |
| 20 пассажей | 406               | 1044              | 1450  |

Нулевая гипотеза  $H_0$ : доля аномальных клеток не изменилась

Альтернативная гипотеза  $H_A$ : доля аномальных клеток изменилась

По результатам проверки  $H_0$  с помощью критерия хи-квадрат Пирсона, установлено, что доля аномальных клеток не изменилась статистически значимо:  $\chi^2_{(1)} = 0,73$ ;  $P=0,393$ . Значит можно предположить индукцию радиацией нестабильного состояния генома.

4. На март-апрель запланирована серия экспериментов по оценке действия ряда препаратов на показатели иммунитета белых крыс. В январе была проведена отработка методики: у 8 интактных животных был определен бактерицидный индекс сыворотки крови. Эти значения составили:

97 98 97 96 96 95 90 94.

В контрольной группе первого проведенного в марте эксперимента индексы были:

89 96 91 74 78.

**Значения в опыте лишь имеют тенденцию к различиям с контролем, поэтому поступило предложение увеличить объем выборки, объединив пробную зимнюю и контрольную весеннюю группы в одну. Можно ли провести такое объединение?**

**От вет.** Объединение можно сделать, если средние значения в январе и марте не различаются статистически значимо (иначе, вероятно, существуют сезонные различия и объединение методологически некорректно). Сравним 2 выборки.

Поскольку животные первой выборки не были никак связаны с животными второй выборки, значит выборки независимые. Мы не уверены в нормальности распределения показателя «бактерицидный индекс сыворотки крови», а проверить нормальность с помощью критериев не позволяет малый объем выборок. Поэтому будем использовать непараметрический критерий. Лучший (наиболее мощный) распространенный непараметрический критерий для сравнения двух независимых выборок – критерий Манна – Уитни. Также поскольку объемы выборок малы желательно использовать точный (exact) вариант критерия.

Установлено, что зимняя и весенняя выборки статистически значимо различаются по величине бактерицидного индекса: критерий Манна – Уитни  $U_{(8; 5)} = 5,0$ ;  $P_{\text{exact}} = 0,026$ . Значит объединять наблюдения из этих выборок нельзя.

**5. При аттестации аналитической лаборатории ей были предоставлены контрольные образцы молока с заданным содержанием мышьяка. Эти значения и результаты определения в лаборатории представлены в таблице. Стоит ли, по Вашему мнению, выдавать лаборатории аттестат?**

| № образца | Содержание в образце мышьяка, мкг/л |                          |
|-----------|-------------------------------------|--------------------------|
|           | Реально                             | Определено в лаборатории |
| 1.        | 0,5                                 | 0,0 (не обнаружен)       |
| 2.        | 1,0                                 | 1,2                      |
| 3.        | 2,0                                 | 2,5                      |
| 4.        | 5,0                                 | 4,5                      |
| 5.        | 10,0                                | 10,5                     |
| 6.        | 12,5                                | 12,0                     |

**От вет.** Поскольку допустимые погрешности определений не указаны, можно проверить эти два ряда на различия с использованием статистических методов. Эти две выборки являются зависимыми, погрешности определений одинаковы, т.е. можно предположить нормальность распределения ошибки определения. Поэтому используем парный критерий Стьюдента.

Установлено, что определённые в лаборатории значения не отличались статистически значимо от реальных концентраций мышьяка в образцах: парный критерий Стьюдента  $t_{(5)} = 0,24$ ;  $P = 0,818$ . Значит определение проведено лабораторией верно, аттестат можно выдать.

## 4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации

Зачетное задание состоит из теоретического вопроса и двух задач. Первая задача – на расчеты по формуле, вторая – на умение определить подходящую технику анализа данных (например, корреляционная или регрессионная техника, пара метрические методы или непара метрические) и соответственно преобразовать данные (трансформировать, вычислить необходимые величины из представленных в публикации «свернутых» данных и т. п.). В ряде случаев необходимо прокомментировать результаты и спланировать дальнейшее исследование.

## 4.2. Критерии оценки зачетного задания

Оценка зачетного задания рассчитывается как среднее число баллов, набранных в ходе устного ответа, решения задачи на расчет по формуле и задачи на выбор техники анализа.

### Распределение оценок в зависимости от количества набранных баллов

| Оценка                                          | Незачтено | Зачтено |
|-------------------------------------------------|-----------|---------|
| Набранная сумма баллов ( % выполненных заданий) | Менее 60  | 60-100  |

### 4.2.1 Критерии оценки устного зачетного ответа

| Показатели          | Баллы                                    |                                                         |                                                  |                                                              |
|---------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                     | Менее 60                                 | 60-74                                                   | 75-86                                            | 87-100                                                       |
| Полнота ответа      | Нет                                      | Есть частично; наводящие вопросы не отвечает            | Есть, отвечает избирательно на наводящие вопросы | Есть, отвечает на наводящие вопросы или таковых не требуется |
| Структурированность | Нет                                      | Не всегда прослеживается четкость и структурированность | Ответ структурирован, грамотен, обстоятелен      | Ответ структурирован, грамотен, обстоятелен                  |
| Логика изложения    | Отсутствует логика в изложении материала | Не всегда прослеживается логика изложения материала     | Корректно и логически стройно его излагает ответ | Корректно и логически стройно его излагает ответ             |

|                                    |     |                                                                     |                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Отвечает на дополнительные вопросы | Нет | Затрудняется с ответами, ответ отличается низкой самостоятельностью | Не затрудняется с ответом при видоизменении задания, не всегда ответы на дополнительные вопросы отличаются полнотой, структурированностью | Не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с поставленными задачами, ответы на дополнительные вопросы характеризуются полнотой, структурированностью |
|------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4.2.2. Критерии оценки решения задач

| Показатели          | Баллы                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                       |                                               |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
|                     | Менее 60                                                                                               | 60-74                                                                                                                                                                                                      | 75-86                                                                                                                                                                                                 | 87-100                                        |
| Грамотность решения | Не понятно условие задачи, неверно определён тип задачи, задача не решена.                             | Задача решена некорректно (путаница мер оценки центральной тенденции, выбора параметрического или непараметрического критерия, задачи поиска связи и поиска зависимости, неправильный тип графика и т. п.) | Задача решена корректно, но не полно: нарушен порядок представления данных, нет расчётного обоснования выбора нужного метода (критерия), не сошёлся ответ в результате невнимательного набора данных. | Задача решена верно корректными методами.     |
| Качество оформления | Низкое. Отсутствуют блоки в оформлении задачи (раздел «материал и методы», результаты, график, вывод). | Низкое или хорошее. Имеются критичные недочёты: элементы интерфейса статистической программы в результатах (английский текст, неправильные сокращения), отсутствие                                         | Хорошее. Имеется ряд не критичных недочётов (путаница с заглавными и строчными буквами, число знаков округления результатов, десятичная точка вместо запятой, отсутствие грамотного названия осей на  | Высокое. Допустимы 1-2 не критичных недочёта. |

|  |  |                                                                                             |                   |  |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--|
|  |  | нужных знаков в результатах (плюсы, минусы, скобки, запятые), неподписанные оси на графиках | графиках и т. п.) |  |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--|

По результатам выполнения трёх зачетных заданий суммируются баллы

| Оценка                                          | Незачтено | Зачтено  |
|-------------------------------------------------|-----------|----------|
| Набранная сумма баллов ( % выполненных заданий) | Менее 150 | 150- 300 |

**Уровни сформированности компетенций определяется следующим образом:**

- «1 уровень» - ознакомление (иметь общее представление, узнавать);
- «2 уровень» - понимание учебного материала, излагаемого в учебнике, методической разработке или преподавателем;
- «3 уровень» - умение логично, последовательно, достаточно полно и точно излагать изученный материал;
- «4 уровень» - творчески использовать полученные знания.

Для удовлетворительной (положительной) оценки знаний требуется минимум 3-й уровень усвоения учебного материала.

**06.03.01 Направление подготовки Биология, направленность  
Микробиология, Гистология и гистологическая техника, Биоэкология,  
Генетика, Биофизика, ФОС РПД Основы биометрического анализа и  
планирование эксперимента, очная форма обучения  
Фонд оценочных средств дисциплины (модуля) одобрен и рекомендован:**

Проректор по учебной работе      утверждено 24.02.2025      А.А. Саламатов

Ученым советом биологического факультета

Протокол заседания № 6 от 21.02.2025

Председатель Ученого совета

биологического факультета      согласовано      Д.С. Сташкевич

**Заседанием кафедры микробиологии, иммунологии и общей биологии**

Протокол заседания № 6 от 21.02.2025

Заведующий кафедрой      согласовано      А. Л. Бурмистрова

Автор (составитель)      Д.Ю. Нохрин

**Структура рабочей программы соответствует приказу ректора ФГБОУ  
ВО «ЧелГУ» от «13» апреля 2021 г. № 247-1**