

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор Дата подписания: 12.09.2025 09:48:46 Уникальный программный ключ: 04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8322523	 МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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

Присваиваемая квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Год набора: 2025

Челябинск, 2025

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 06.03.01 «Биология»

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	ОПК- 7. 1 Имеет представление об основных существующих информационных технологиях, используемых при решении профессиональных задач; ОПК- 7. 2 Демонстрирует умения использовать существующие информационные технологии при решении задач профессиональной деятельности. ОПК- 7. 3 Имеет практический опыт использования существующих информационных технологий при решении задач профессиональной деятельности.	Знать: 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 Для реализации ОПК- 7. 2 знать: возможности и способы получения данных с приборов и оборудования для последующего статистического анализа. Уметь: Для реализации ОПК-7.1 уметь: понимать формулы, характеризующие метрологические параметры аппаратуры. Для реализации ОПК- 7. 2 уметь: выбирать уместные методы биостатистики на разных этапах научного метода; составлять части отчёта, требующие описания или использования биостатистических методов Для реализации ОПК- 7. 3 уметь: качественно

			выполнять контрольные задания, предусмотренные дисциплиной, представлять результаты собственной деятельности в различных формах Владеть: 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 ПК- 1. 2 Использует теоретические знания в лабораторной работе;	Знать: Для реализации ПК- 1. 1 знать: возможности и способы получения данных с приборов и оборудования для последующего статистического анализа. Уметь: Для реализации ПК- 1. 2 уметь: понимать формулы, характеризующие метрологические параметры аппаратуры. Владеть: -

3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1. Вид оценок 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	ОПК- 7 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 Для реализации ОПК- 7. 2 знать: возможности и способы получения данных	1. Преобразование шкалы в анализе данных. 3. Выборочные сравнения	Устный опрос Доклад	Зачетные вопросы по теории дисциплины № 1–7

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

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

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 – преобразованием 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:

- Д) 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

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 чащелистика

Вариант 2. Ширина чащелистика

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> (n=50)	<i>Iris versicolor</i> (n=..)	<i>Iris virginica</i> (n=..)
Среднее ± 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 «Лабораторно-медицинскую практику по биостатистике»:

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

3б) Коробчатая диаграмма для сравнимых видов (вставить в документ как рис.

1) в разделе «Результаты и обсуждение»

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

Задание 4.

Расчитать корреляцию Пирсона между показателем 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 отсутствии 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> (n=50)	<i>Iris versicolor</i> (n=50)	<i>Iris virginica</i> (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]

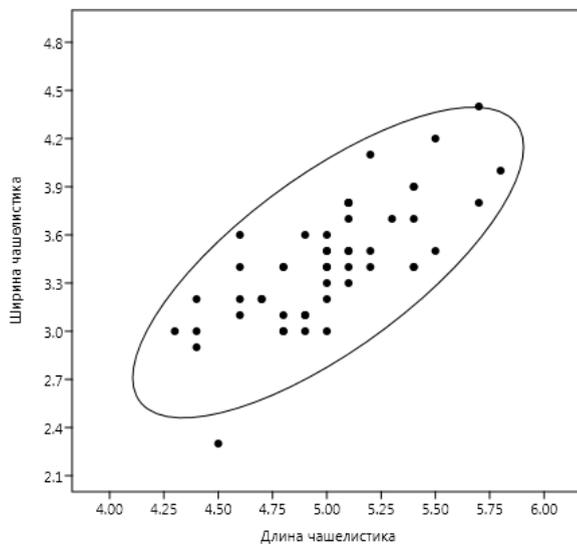
Задание 3.

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> (n=50)	<i>Iris versicolor</i> (n=..)	<i>Iris virginica</i> (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]

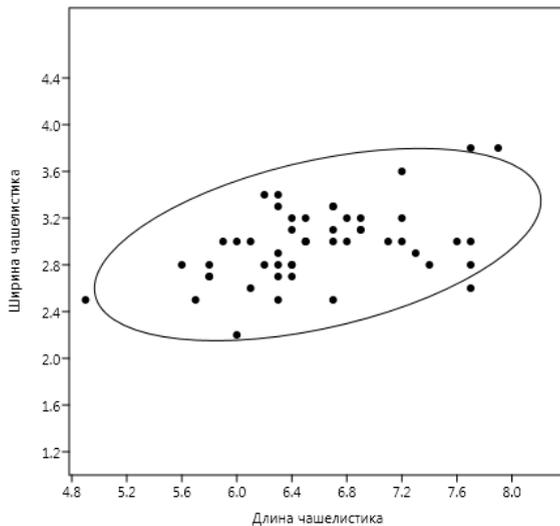
Задание 3.

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> (n=50)	<i>Iris versicolor</i> (n=..)	<i>Iris virginica</i> (n=..)
Среднее ± станд. ошибка	1,46 ± 0,025	4,26 ± 0,066	5,55 ± 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, шт.	Абсолютная, шт.	Относительная, % [95% ДИ]
<i>Iris setosa</i>	50	50	100 [92,9; 100]
<i>Iris virginica</i>	50	0	0,0 [0,0; 7,1]
<i>Iris versicolor</i>	50	25	50,0 [35,5; 64,5]

Задание 3.

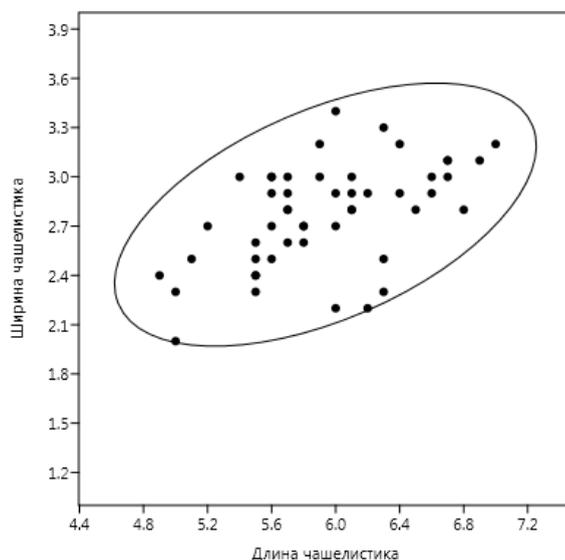
Сравнить *Iris setosa* и *Iris virginica* по размерам признака с использованием критерия Манна – Уитни.

Вариант 3. Длина лепестка

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> (n=50)	<i>Iris versicolor</i> (n=..)	<i>Iris virginica</i> (n=..)
Среднее ± станд. ошибка	0,25 ± 0,015	1,33 ± 0,028	2,03 ± 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 выборки, шт.	Частота показателя менее ...	
		Абсолютная, шт.	Относительная, % [95% ДИ]
<i>Iris setosa</i>	50	50	100 [92,9; 100]
<i>Iris virginica</i>	50	0	0,0 [0,0; 7,1]

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

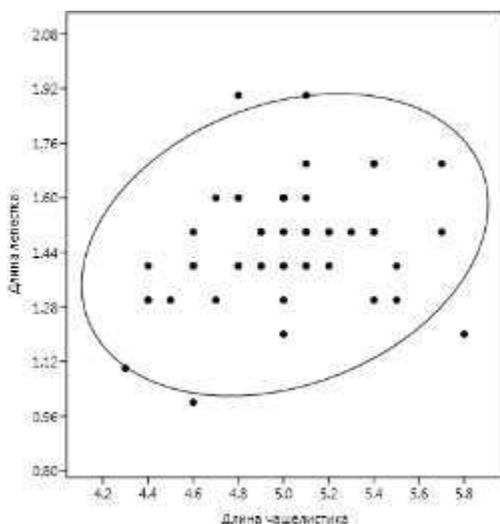
Задание 3.

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. Параметры 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. Параметры нормального распределения: математическое ожидание и стандартное отклонение. Асимметрия распределения как особенность признака и как результат действия на признак фактора отбора. Эксцесс 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 непараметрических критериев в биологических исследованиях.

План ответа. Статистический критерий как метод проверки нулевой гипотезы. Классификация критериев. Параметрические критерии задействуют в расчётах параметры нормального распределения, поэтому требуют знания о нормальности распределения признака, либо его проверки по выборке. Непараметрические критерии менее требовательны к данным, но и менее мощные. Привести несколько пар параметрических и непараметрических 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. 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.

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. Непараметрические 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 2×2 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 качественному показателю. 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 качественному показателю. 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

– Уит-ни 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 Ньюмана-Кейлса 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 пара метрический 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 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. 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 K-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 и будут анализироваться. 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 парamecium. 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?

Отв. 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.

Отв. 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.

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

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

2) вычислим в выборочные оценки дисперсий возведением стандартного отклонения в квадрат

$$s_1^2 = 1,2^2 = 1,44; \quad s_2^2 = 2,261029^2 = 5,11225$$

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.

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

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 подвергли 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 (анеуплоидией). Через 2 пассажа от мечалось 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 2×2 , 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 ли 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

Ответы 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, ФОС РПД Основы биометрического анализа и планирование эксперимента, 2025 год набора, очная форма обучения

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