

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**

Кафедра экологии и зоологии

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета биологии и экологии



О.А. Маракаев  
«21» мая 2024 г.

**Рабочая программа**  
**«Математические методы в экологии»**

Направление подготовки  
05.03.06 Экология и природопользование

Направленность (профиль)  
«Экологическая безопасность»

Форма обучения  
очная

Программа одобрена  
на заседании кафедры  
протокол № 8 от «05» апреля 2024 года

Программа одобрена  
НМК факультета биологии и экологии  
протокол № 6 от «29» апреля 2024 года

Ярославль

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями преподавания дисциплины «Математические методы в экологии» являются: обучение студентов применению современных методов обработки и анализа биологических данных, основанных на использовании математической статистики и вычислительной техники.

### 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математические методы в экологии» относится к обязательной части Блока 1.

Для освоения данной дисциплиной студенты должны пройти дисциплины «Математика», «Информатика и информационные технологии» и «Общая экология». Полученные в курсе «Математические методы в экологии» знания служат методической основой для выполнения выпускных квалификационных работ (практика «Научно-исследовательская работа»).

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
<b>ОПК-1.</b> Способен применять базовые знания фундаментальных разделов наук о Земле, естественно-научного и математического циклов при решении задач в области экологии и природопользования.	<b>ОПК-1.1.</b> Использует базовые знания в области математики для обработки информации и анализа данных в области экологии и природопользования.	<b>Знать:</b> - теоретические основы стандартных статистических методов обработки экологических данных и их условия корректного применения. <b>Уметь:</b> - рассчитывать статистические характеристики выборки; - оценивать статистическую значимость полученных результатов. <b>Владеть навыками:</b> - количественной обработки и анализа данных в области экологии и природопользования.
<b>ОПК-5.</b> Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности в области	<b>ОПК 5.1.</b> Использует современные методы поиска, обработки и анализа информации из	<b>Уметь:</b> - использовать Интернет-платформы обработки и анализа статистических

<p>экологии, природопользования и охраны природы с использованием информационно-коммуникационных, в том числе геоинформационных технологий.</p>	<p>различных источников и баз данных (с учетом основных требований информационной безопасности).</p>	<p>данных в области экологии и природопользования.</p> <p><b>Владеть навыками:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- математической обработки экологической информации с использованием средств вычислительной техники и современных пакетов программ.</li> </ul>
---	--	--

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 акад. часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости  Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Введение в предмет: задачи и значение биostatистики для экологических исследований. Основные понятия биометрии. Статистическая обработка первичных данных.	5	2		2				устный опрос № 1
2	Выборочный метод исследования. Статистические характеристики выборочной совокупности.	5	2		2	1			устный опрос № 2
3	Понятие вероятности события. Распределение вероятностей. Законы распределения (нормальная кривая)	5	2		2	1			устный опрос № 3
4	Статистическое оценивание генеральных параметров. Понятие стандартной ошибки и доверительного интервала.	5	4		4	1			устный опрос № 4
5	Критерии достоверности статистических оценок. Общие понятия.	5	2		2	1			устный опрос № 5
6	Проверка нормальности распределения признаков и параметрические критерии различий	5	4		4	1			устный опрос № 6
7	Непараметрические критерии достоверности.	5	4		4	1			устный опрос № 7

	Метод индексов. Основы кластерного анализа.								
8	Дисперсионный анализ.	5	4		4	1			устный опрос № 8
9	Корреляционно-регрессионный анализ.	5	8		8	1			устный опрос № 9
						2	0,5	33,5	Экзамен
	<b>ИТОГО</b>		<b>32</b>		<b>32</b>	<b>10</b>	<b>0,5</b>	<b>69,5</b>	

#### 4.1 Информация о реализации дисциплины в форме практической подготовки

##### Информация о разделах дисциплины и видах учебных занятий, реализуемых в форме практической подготовки

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Место проведения занятий в форме практической подготовки
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Введение в предмет: задачи и значение биостатистики для экологических исследований. Основные понятия биометрии. Статистическая обработка первичных данных.				2				Факультет биологии и экологии ЯрГУ, компьютерный класс, каб. 415
2	Выборочный метод исследования. Статистические характеристики выборочной совокупности.				2				Факультет биологии и экологии ЯрГУ, компьютерный класс, каб. 415
3	Понятие вероятности события. Распределение вероятностей. Законы распределения (нормальная кривая)				2				Факультет биологии и экологии ЯрГУ, компьютерный класс, каб. 415
4	Статистическое оценивание генеральных параметров. Понятие				4				Факультет биологии и экологии ЯрГУ, компьютерный класс,

	стандартной ошибки и доверительного интервала.								каб. 415
5	Критерии достоверности статистических оценок. Общие понятия.				2				Факультет биологии и экологии ЯрГУ, компьютерный класс, каб. 415
6	Проверка нормальности распределения признаков и параметрические критерии различий				4				Факультет биологии и экологии ЯрГУ, компьютерный класс, каб. 415
7	Непараметрические критерии достоверности. Метод индексов. Основы кластерного анализа.				4				Факультет биологии и экологии ЯрГУ, компьютерный класс, каб. 415
8	Дисперсионный анализ.				4				Факультет биологии и экологии ЯрГУ, компьютерный класс, каб. 415
9	Корреляционно-регрессионный анализ.				8				Факультет биологии и экологии ЯрГУ, компьютерный класс, каб. 415
	<b>Итого</b>				<b>32</b>				

Содержание разделов дисциплины:

### **1. Введение в предмет: задачи и значение биostatистики для экологических исследований. Основные понятия биометрии. Статистическая обработка первичных данных**

Роль статистических методов в экологии и природопользовании. Основные понятия биометрии (статистическая совокупность, единица наблюдения, признак, варьирование признаков и их причины). Ошибки измерений. Типы биологических данных: качественные, количественный (счетные и мерные). Статистические ряды: ранжированные, вариационные, временные, эмпирические ряды регрессии. Графический анализ: вариационная кривая, гистограмма распределения, графики динамики, точечные диаграммы.

### **2. Выборочный метод исследования. Статистические характеристики выборочной совокупности.**

Выборочный и сплошной методы исследования, преимущества и недостатки. Понятие генеральной совокупности и выборки, примеры. Репрезентативность выборок. Способы взятия выборок из генеральной совокупности. Степенные и структурные средние величины, формулы расчета и значение при обработке биологических данных. Показатели вариации, формулы расчета и значение при обработке биологических данных.

### **3. Понятие вероятности события. Распределение вероятностей. Законы распределения (нормальная кривая).**

Понятие вероятности. Априорная и апостериорная вероятность, примеры. Закон нормального распределения признаков, параметры нормального распределения. Правило

3-х сигм, его практическое применение. Эмпирическое и теоретическое распределение признаков. Понятие асимметрии и эксцесса эмпирического распределения. Биномиальное распределение. Другие типы теоретических распределений.

#### **4. Статистическое оценивание генеральных параметров. Понятие стандартной ошибки и доверительного интервала.**

Статистическое оценивание генеральных параметров. Точечные и интервальные оценки. Понятие доверительной вероятности и уровня значимости при расчете доверительных интервалов для выборочных средних значений.

#### **5. Критерии достоверности статистических оценок. Общие понятия.**

Основные задачи, решаемые при статистических сравнениях. Понятие достоверности выборочной разности. Нулевая и альтернативная гипотезы. Понятие критерия достоверности. Понятие уровня значимости применительно к критериям достоверности. Классификации критериев достоверности. Преимущества и недостатки параметрических и непараметрических критериев достоверности.

#### **6. Проверка нормальности распределения признаков и параметрические критерии различий.**

Способы проверки нормальности эмпирического распределения признака. Критерии согласия (нормальности), условия их применимости. Параметрические критерии различий: t-критерий Стьюдента и F-критерий Фишера. Область использования, формулы расчета, условия применимости.

#### **7. Непараметрические критерии достоверности. Метод индексов. Основы кластерного анализа.**

Критерий Манна-Уитни, критерий Вилкоксона, критерий знаков и критерий серий Вальда-Вольфовица. Область использования, условия применимости. Метод индексов в экологии. Основы кластерного анализа.

#### **8. Дисперсионный анализ.**

Сущность метода. Основные понятия и термины (результативный признак, фактор, градации фактора, дисперсионный комплекс, их виды). Нулевая и альтернативная гипотезы в дисперсионном анализе. Основные этапы дисперсионного анализа. Виды дисперсионного анализа. Условия применимости классического параметрического дисперсионного анализа. Непараметрический дисперсионный анализ.

#### **9. Корреляционно-регрессионный анализ.**

Понятия функциональная связь и корреляция, примеры. Основные этапы корреляционного анализа. Значение коэффициента корреляции, виды, градация, условия применимости. Понятие коэффициента детерминации. Определение достоверности коэффициента корреляции. Корреляция и причинно-следственная зависимость. Понятие ложной и частной корреляции. Понятие о регрессии. Сущность регрессионного анализа и область его применения. Основные этапы регрессионного анализа. Виды регрессионных связей, уравнения, графические модели регрессии. Определение достоверности параметров регрессионного уравнения и адекватности уравнения регрессии. Регрессия и выбросы. Регрессия и неоднородность выборки. Анализ временных рядов, основные этапы. Множественная регрессия, сущность, уравнение. Методы пошаговой регрессии.

## **5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Академическая лекция с элементами лекции-беседы** – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

**Лабораторная работа** – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

**Консультации** – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

## **6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office.

для проведения лабораторных работ:

- бесплатно распространяемая программа Attestat (разработчик И. Гайдышев).

## **7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)**

Не используется.

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины**

1. Сиделев С.И. Математические методы в биологии и экологии: введение в элементарную биометрию: учеб. пособие. Ярославль: ЯрГУ, 2012.

[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=1178817&cat\\_cd=YARSU](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=1178817&cat_cd=YARSU)

### **б) дополнительная литература**

1. Тихонов С.В. Практические занятия по математическим методам в биологии и экологии: учебное пособие. Ярославль: ЯрГУ, 2003.

[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=309498&cat\\_cd=YARSU](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=309498&cat_cd=YARSU)

2. Пузаченко Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях: учебное пособие. М.: Академия, 2004.

[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=316430&cat\\_cd=YARSU](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=316430&cat_cd=YARSU)



### **в) ресурсы сети «Интернет»**

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ ([http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)).
2. Образовательный математический сайт [www.exponenta.ru](http://www.exponenta.ru).
3. Портал знаний [www.statistica.ru](http://www.statistica.ru).
4. Сайт биостатистики в медицине и биологии «Биометрика» [www.biometrica.tomsk.ru](http://www.biometrica.tomsk.ru).

### **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения лабораторных работ;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Автор:

Доцент кафедры  
экологии и зоологии, к.б.н.



С.И. Сиделев

**Приложение № 1 к рабочей программе дисциплины  
«Математические методы в экологии»**

**Фонд оценочных средств  
для проведения текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,  
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

**Вопросы к устному опросу № 1**

Для подготовки к опросу рекомендуется проработать статью Сиделев С.И. Зубишина А.А. О задачах, проблемах и методике преподавания дисциплины «Математические методы в биологии и экологии» студентам Ярославского государственного университета Современные проблемы биологии, экологии, химии: материалы международной научно-практической конференции. Ярославль: ЯрГУ, 2011.

1. Дайте определения основным понятиям биометрии (статистическая совокупность, единица наблюдения, признак, варьирование).
2. Каковы причины варьирования биологических признаков?
3. Классификация биологических признаков при статистической обработке данных.
4. Что такое ошибки измерений? Их классификация. Примеры.
5. Расскажите о схеме получения первичных данных и этапах обработки первичной информации об объекте исследования.
6. Какие существуют типы статистических рядов? Их значение и примеры.
7. Графики статистических рядов.

**Вопросы к устному опросу № 2**

1. Расшифруйте понятия генеральной и выборочной совокупностей. Чем отличается сплошное исследование от частичного? Их преимущества и недостатки, примеры из биологии.
2. От чего зависят объемы генеральной совокупности и выборки?
3. Основная задача выборочного метода исследования?
4. Что такое репрезентативность выборки?
5. Что такое рандомизация? Применение в выборочных исследованиях в биологии.
6. Какие существуют способы взятия выборок из генеральной совокупности. Их применение в биологических исследованиях, примеры.
7. Что такое повторный и бесповторный отборы?
8. Чем простой случайный отбор отличается от серийного, типического и механического? Примеры из биологии.
9. Средние значения признака. Их значение при математической обработке материала.
10. Чем степенные средние отличаются от структурных средних величин? Формулы расчета, области применения.

11. Какими показателями вариации пользуются биологи для характеристики особенностей варьирования признаков? Их недостатки и преимущества, формулы расчета.

### **Вопросы к устному опросу № 3**

1. Понятие случайного события и классическое определение вероятности. Примеры.
2. Какие события называются достоверными, практически достоверными, мало достоверными и невозможными? Примеры.
3. Понятие априорной и апостериорной вероятности. С какими вероятностями чаще имеют дело биологи? Почему? Примеры.
4. Что такое кривая распределения вероятностей и ряд распределения вероятностей?
5. Понятие статистическая вероятность.
6. Что такое закон распределения? Какими способами можно выразить законы распределения. На какие типы подразделяются законы распределения. Что такое эмпирическая и теоретическая кривые распределения.
7. Закон нормального распределения: формулировка, графическая визуализация, значение при математической обработки данных.
8. Каковы основные свойства нормального распределения признаков?
9. Сформулируйте правило 3-х сигм. Его практическое применение.
10. Понятие асимметрии и эксцесса эмпирического распределения признака, их виды, значение в биологии, причины возникновения.

### **Вопросы к устному опросу № 4**

1. Понятие статистического оценивания. Что оцениваем и для чего?
2. Что такое выборочные характеристики и генеральные параметры? Определение и примеры.
3. Чем точечные оценки отличаются от интервальных? Примеры.
4. Понятие стандартной ошибки среднего: причины возникновения, формула расчета, связь с объемом выборки и степенью вариации признака.
5. Понятие доверительного интервала. Что такое доверительная вероятность и уровень значимости?
6. Биологическая интерпретация доверительного интервала, типы интервалов, ограничения применения, формулы расчета.
7. В чем заключается проблема выбора доверительного интервала?

### **Вопросы к устному опросу № 5**

1. Каковы основные задачи, решаемые методами статистических сравнениях?
2. Понятие достоверности выборочной разности. Нулевая и альтернативная гипотезы. Понятие критерия достоверности.
3. Что означает выборочная разность является достоверной и выборочная разность является недостоверной?
4. Алгоритм проверки истинности статистических гипотез критериями достоверности.
5. Понятие уровня значимости применительно к критериям достоверности.
6. Классификации критериев достоверности: по типу сравниваемых выборок, по параметрам сравнения, по способу расчета критериев.
7. Преимущества и недостатки параметрических и непараметрических критериев достоверности.

### Вопросы к устному опросу № 6

1. Какие существуют способы проверки нормальности распределения признака? Зачем перед применением статистических методов проводить данную процедуру?
2. Какую статистическую задачу решают критерии нормальности (согласия)? Критерий хи-квадрат Пирсона: формулировка статгипотез, формула расчета, условия применимости.
3. Критерий Колмогорова-Смирнова: формулировка статгипотез, формула расчета, условия применимости.
4. Критерий Шапиро-Уилка: формулировка статгипотез, формула расчета, условия применимости.
5. В чем суть метода нормализующих преобразований?
6. Параметрические критерии различий: задачи, решаемые данными критериями, понятие зависимой и независимой выборки.
7. В каких случаях следует применять t-критерий Стьюдента? Формула расчета, формулировка статгипотез, модификации критерия, условия применимости.
8. F-критерий Фишера: формула расчета, формулировка статгипотез, условия применимости.

### Вопросы к устному опросу № 7

1. Расскажите о классификации непараметрических критериев. Приведите примеры ранговых критериев различия.
2. Критерий Манна-Уитни: альтернатива какому параметрическому критерию? Алгоритм расчета, формулировка статгипотез, условия применимости.
3. T-критерий Вилкоксона: альтернатива какому параметрическому критерию? Алгоритм расчета, формулировка статгипотез, условия применимости.
4. Критерий серий Вальда-Вольфовица: альтернатива какому параметрическому критерию? Алгоритм расчета, формулировка статгипотез, условия применимости.
5. Критерий знаков: альтернатива какому параметрическому критерию? Алгоритм расчета, формулировка статгипотез, условия применимости, отличия от T-критерий Вилкоксона.
6. Что такое браковка выбросов и какие критерии их исключения из выборки Вы знаете?
7. Расчет индекса Шеннона. Индексы монодоминирования. Кластерный анализ.

### Вопросы к устному опросу № 8

1. Какие исследовательские задачи в биологии можно решать методами дисперсионного анализа?
2. Сущность метода. Основные понятия и термины (результативный признак, фактор, градации фактора, дисперсионный комплекс, их виды). Нулевая и альтернативная гипотезы в дисперсионном анализе.
3. Перечислите основные этапы дисперсионного анализа. Расшифруйте последовательность действий на каждом этапе анализа?
4. Какие существуют виды дисперсионного анализа?
5. Условия применимости классического дисперсионного анализа. Что делать, если ограничения метода не выполняются?
6. Непараметрический дисперсионный анализ Краскела-Уоллиса и Фридмана.
7. В чем заключается проблема множественных сравнений? Какие Вы знаете критерии множественных сравнений, особенности их использования.

8. Особенности двухфакторного и многофакторного дисперсионного анализа: требования к его проведению, схемы анализа без повторений и с повторениями, на какие компоненты разлагается общая дисперсия дисперсионного комплекса?

### Вопросы к устному опросу № 9

1. Что такое функциональная и корреляционная связи? Приведите примеры.
2. Основные этапы корреляционного анализа: как сделать эмпирический ряд регрессии, определить графически наличие связи.
3. Основные этапы корреляционного анализа: как определить направление связи, какое оно бывает, примеры из биологии.
4. Основные этапы корреляционного анализа: как определить форму связи, какая она бывает, примеры из биологии.
5. Основные этапы корреляционного анализа: как определить силу связи, расчет коэффициента корреляции. Их виды, формулы расчета. Условия применимости параметрического коэффициента корреляции Пирсона.
6. В каких случаях следует применять непараметрический коэффициент корреляции рангов Спирмена?
7. Что показывает знак при коэффициенте корреляции, в каких пределах могут изменяться коэффициенты корреляции, градация их значений, определяющая силу связи между признаками.
8. Понятие коэффициента детерминации, способ определения, биологический смысл.
9. Определение достоверности коэффициента корреляции. Корреляция и причинно-следственная зависимость.
10. Что такое ложной и частной корреляции. Область применения в биологии.
11. Понятие о регрессии. Суть регрессионного анализа и область его применения.
12. Перечислите основные этапы регрессионного анализа.
13. Опишите виды регрессионных связей, их уравнения, расшифруйте геометрический смысл параметров линейного уравнения регрессии.
14. Зачем и как нужно определять достоверность параметров регрессионного уравнения и адекватность уравнения регрессии.
15. Почему важно учитывать выбросы и неоднородность выборки при проведении регрессионного анализа?
16. В чем заключается анализ временных рядов? Основные этапы.
17. Что такое множественная регрессия? Общее уравнение, примеры использования в биологии.
18. Методы пошаговой регрессии: чем метод включения отличается от метода исключения, примеры применения в биологии.

Правила выставления оценки по результатам устного опроса: каждому студенту задается пять вопросов по выбору преподавателя, в зависимости от полноты и содержательности ответа студент может получить оценку от 0 до 5 баллов.

Фонды оценочных средств по дисциплине предусматривают проверку индикаторов достижения компетенций.

## 1.2 Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

### Примерный список вопросов к экзамену:

1. Основные понятия биометрии (статистическая совокупность, единица наблюдения, признак, варьирование признаков и их причины). Ошибки измерений.
2. Типы экологических данных. Статистические ряды и их графики.
3. Выборочный и сплошной методы исследования, преимущества и недостатки. Понятие генеральной совокупности и выборки, примеры.
4. Репрезентативность выборок. Способы взятия выборок из генеральной совокупности.
5. Степенные и структурные средние величины, формулы расчета и значение при обработке экологических данных.
6. Показатели вариации, формулы расчета и значение при обработке экологических данных.
7. Понятие вероятности. Априорная и апостериорная вероятность, примеры. Закон нормального распределения признаков, параметры нормального распределения.
8. Правило 3-х сигм, его практическое применение. Эмпирическое и теоретическое распределение признаков (экологических показателей). Понятие асимметрии и эксцесса эмпирического распределения.
9. Статистическое оценивание генеральных параметров. Точечные и интервальные оценки. Понятие доверительной вероятности и уровня значимости при расчете доверительных интервалов для выборочных средних значений.
10. Основные задачи, решаемые при статистических сравнениях. Понятие достоверности выборочной разности. Нулевая и альтернативная гипотезы. Понятие критерия достоверности.
11. Понятие уровня значимости применительно к критериям достоверности. Классификации критериев достоверности. Преимущества и недостатки параметрических и непараметрических критериев достоверности.
12. Способы проверки нормальности эмпирического распределения признака. Критерии согласия (нормальности), условия их применимости.
13. Параметрические критерии различий: t-критерий Стьюдента и F-критерий Фишера. Область использования, формулы расчета, условия применимости.
14. Непараметрические критерии различий: критерий Манна-Уитни, критерий Вилкоксона, критерий знаков и критерий серий Вальда-Вольфовица. Область использования, условия применимости.
15. Дисперсионный анализ. Сущность метода. Основные понятия и термины (результативный признак, фактор, градации фактора, дисперсионный комплекс, их виды). Нулевая и альтернативная гипотезы в дисперсионном анализе.
16. Основные этапы дисперсионного анализа.
17. Виды дисперсионного анализа. Условия применимости классического параметрического дисперсионного анализа. Непараметрический дисперсионный анализ.
18. Понятия функциональная связь и корреляция, примеры. Основные этапы корреляционного анализа.
19. Значение коэффициента корреляции, виды, градация, условия применимости. Понятие коэффициента детерминации.
20. Определение достоверности коэффициента корреляции. Корреляция и причинно-следственная зависимость. Понятие ложной и частной корреляции.
21. Понятие о регрессии. Сущность регрессионного анализа и область его применения. Основные этапы регрессионного анализа.
22. Виды регрессионных связей, уравнения, графические модели регрессии.

23. Определение достоверности параметров регрессионного уравнения и адекватности уравнения регрессии. Регрессия и выбросы. Регрессия и неоднородность выборки.

24. Анализ временных рядов, основные этапы.

25. Множественная регрессия, сущность, уравнение. Методы пошаговой регрессии.

### Примеры заданий к практической части экзамена

1. Количество птенцов в гнездах лесной ласточки было следующим:

4 6 6 4 5 5 5 5 5 5 1 4 5 4 5 4 5 5 7 4 6 6 5 6 4 4 5 6 5 5 4 2 6 4 6 2 5 6 5 5 4

Задание: постройте ранжированный ряд значений, вариационный ряд и гистограмму частоты встречаемости признака.

2. Изучали влияние облучения на плодовитость мышей (число мышат от 1 самки):

Контроль (без облучения): 10 12 11 10 9 8 10

Облучение (100 рентген): 9 8 8 7 9 6 8

Задание: оцените по  $t$ -критерию Стьюдента достоверно ли отличается плодовитость мышей в эксперименте при влиянии облучения.

3. Получены следующие данные по концентрации общего азота в озере:

41 41 66 83 45 108 98 325 274 134 83 91 95 118 95 82 108 104 88 108 108 117

Задание: рассчитать описательные характеристики: среднее значение, дисперсию, стандартное отклонение, лимиты, стандартную ошибку.

### Правила выставления оценки на экзамене.

В экзаменационный билет включается 2 теоретических вопроса и 2 практические задачи. На подготовку к ответу дается не менее 1 часа.

По итогам экзамена выставляется одна из оценок: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

**Оценка «Отлично»** выставляется студенту, который дал развернутые, полные и четкие ответы на два теоретических вопроса экзаменационного билета и набрал 5 баллов, а также безукоризненно выполнил обе практические задачи на компьютере (также набрал 5 баллов). Общая оценка получается как средняя арифметическая оценок за теорию и практику.

**Оценка «Хорошо»** выставляется студенту, который смог дать развернутые, полные и четкие ответы на два теоретических вопроса экзаменационного билета. Однако не смог решить одну из практических задач на компьютере. Либо, наоборот, решил обе задачи на компьютере, но не смог развернуто и четко ответить на оба теоретических вопроса экзаменационного билета. Общая оценка получается как средняя арифметическая оценок за теорию и практику. Если десятичная доля от среднего значения составляет 4 и ниже, то оценка округляется в меньшую сторону (например, средняя 4.4 – студенту ставится оценка хорошо).

**Оценка «Удовлетворительно»** выставляется студенту, который смог ответить на один вопрос по теории и решил одну практическую задачу на компьютере. Общая оценка получается как средняя арифметическая оценок за теорию и практику. Если десятичная доля от среднего значения составляет 4 и ниже, то оценка округляется в меньшую сторону (например, средняя 3.4 – студенту ставится оценка «удовлетворительно»).

**Оценка «Неудовлетворительно»** выставляется студенту, который либо не смог ответить на оба теоретических вопроса билета, в этом случае до практической части экзамена студент не допускается. Также студент получает оценку «неудовлетворительно» в случае, если он не смог правильно решить ни одной задачи на компьютере.

## Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины «Математические методы в экологии»

### Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Задачами освоения дисциплины являются обучение студентов применению современных методов обработки и анализа биологических и экологических данных, основанных на использовании математической статистики и современной вычислительной техники. Освоение самых простых приемов биометрической обработки данных позволит студентам осознанно подойти к использованию более сложных математических методов при решении разнообразных исследовательских задач. Необходимость преподавания курса для студентов определяется тремя аспектами. **Во-первых**, курс помогает в освоении и более глубоком понимании учебного материала по дисциплинам специализации, поскольку практические занятия и лекции основаны на многочисленных примерах из области биологии и экологии. **Во-вторых**, дисциплина служит методической основой для выполнения студентами выпускных квалификационных работ. Адекватное применение методов статистической обработки научных данных является необходимым условием успешной защиты выпускных квалификационных работ, это повышает доказательность выводов и общий уровень научной работы студентов. Относительно сложные математические методы применяются учащимися в научных работах довольно редко, с другой стороны, такие элементарные статистические процедуры, как расчет среднего значения, показателей вариации, стандартной ошибки, доверительного интервала, построение статистических графиков и таблиц, используются повсеместно. Первые представления о способах расчета разнообразных описательных статистик и применении графических методов анализа данных с использованием различных пакетов статистических программ студенты получают на занятиях по данной дисциплине. В дальнейшем, это значительно облегчает работу над оформлением и представлением результатов научного исследования. **В-третьих**, курс является хорошей основой для подготовки будущих научных сотрудников университетов и институтов. Общеизвестно, что биологические факультеты университетов, в том числе ЯрГУ, являются основными “поставщиками” высококвалифицированных научных специалистов для исследовательских институтов биологического и экологического профиля в нашей стране. Внедрение в современных условиях компьютерных технологий в процесс математического анализа данных является существенным моментом. Поэтому первая рекомендация студентам и начинающим исследователям – забыть о вычислениях “в столбик” или на калькуляторах, а проводить обработку данных только на персональном компьютере с использованием специализированных программных пакетов для статистического анализа. Для успешного освоения дисциплины специальной математической подготовки не требуется!

Курс состоит из 2-х частей: теория излагается на лекциях, практическое применение статистических методов осваивается на лабораторных занятиях в компьютерном классе. Лабораторные занятия методически также подразделяются на 2 части: вначале занятия осуществляется устный опрос студентов с целью контроля за подготовкой к теме с выставлением оценок, после этого на конкретных примерах из биологии с использованием компьютерных программ разбирается применение того или иного метода. В конце занятия подводятся итоги, и дается задание на следующее лабораторное занятие.

В конце семестра изучения дисциплины студенты сдают экзамен. Экзамен принимается по экзаменационным билетам, каждый из которых включает в себя два теоретических вопроса и две практические задачи. Во время подготовки к экзамену предусмотрена групповая консультация. По итогам работы студентов за семестр, при наличии положительных оценок по устным опросам, засчитывается теоретическая часть экзамена. В этом случае студентам остается сдать практическую часть экзамена, решив 2 задачи в соответствующем билете.