

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

Кафедра экологии и зоологии

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета биологии и экологии



О.А. Маракаев  
«19» мая 2023 г.

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

Направление подготовки  
06.03.01 Биология

Направленность (профиль)  
«Биоинженерия и биотехнология»

Форма обучения  
очная

Программа одобрена  
на заседании кафедры  
протокол № 7 от «14» апреля 2023 года

Программа одобрена  
НМК факультета биологии и экологии  
протокол № 8 от «28» апреля 2023 года

Ярославль

### 1. Цели освоения дисциплины.

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

### 2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата.

Дисциплина «Математические методы в биологии» относится к обязательной части образовательной программы Б1.О.37 Блока1 (Б1.О.37).

Для освоения материала необходимо знание дисциплин математика, общая биология, информатика и информационные технологии.

Дисциплина «Математические методы в биологии» помогает в освоении учебного материала по дисциплинам профиля и служит важной методической основой для выполнения выпускных квалификационных работ в бакалавриате и магистратуре.

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП бакалавриата.

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:

<b>Формируемая компетенция (код и формулировка)</b>	<b>Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)</b>	<b>Перечень планируемых результатов обучения</b>
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
<b>ОПК-6</b> Способен использовать базовые знания в области математики, физики, химии, наук о Земле и биологии в жизненных ситуациях; прогнозировать последствия своей профессиональной и социальной деятельности, нести ответственность за свои решения	<b>ОПК-6.1</b> Знает основные концепции и методы, современные направления математики, физики, химии и наук о Земле, актуальные проблемы биологических наук и перспективы междисциплинарных исследований; <b>ИД-ОПК-6.2</b> Умеет использовать навыки лабораторной работы и методы химии, физики, математического моделирования и математической статистики в профессиональной деятельности;	<b>Знать:</b> - теоретические основы стандартных статистических методов обработки биологических данных и условия их корректного применения.  <b>Уметь:</b> - рассчитывать статистические характеристики выборочной совокупности; - оценивать достоверность полученных результатов.

	<p><b>ОПК-6.3</b> Владеет методами статистического оценивания и проверки гипотез, прогнозирования перспектив и социальных последствий своей профессиональной деятельности.</p>	<p><b>Владеть навыками:</b> - планирования эксперимента и применения методов статистического оценивания и проверки гипотез; - прогнозирования с помощью методов экстраполяции, интерполяции и анализа временных рядов в рамках регрессионного анализа данных.</p>
<p><b>ОПК-7</b> Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.</p>	<p><b>ОПК-7.1</b> Знает принципы анализа информации, основные справочные системы, профессиональные базы данных, требования информационной безопасности; <b>ОПК-7.2</b> Умеет использовать современные информационные технологии для саморазвития и профессиональной деятельности и делового общения;</p>	<p><b>Знать:</b> - принципы анализа биологической и экологической информации. <b>Уметь:</b> - проводить математическую обработку биологических и экологических данных с использованием средств вычислительной техники и современных пакетов программ.</p>

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 ак. часа.

№ 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	аттестационная самостоятельная работа		
1	Основные понятия биометрии. Статистическая обработка первичных данных.	3	3		2			2	устный опрос № 1
2	Выборочный метод исследования. Статистические характеристики выборочной совокупности.	3	3		2			3	устный опрос № 2
3	Понятие вероятности события. Распределение вероятностей. Законы распределения (нормальная кривая)	3	3		3			3	устный опрос № 3
4	Статистическое оценивание генеральных параметров. Понятие стандартной ошибки и доверительного интервала.	3	3		3			4	устный опрос № 4
5	Критерии достоверности статистических оценок. Общие понятия.	3	3		2			4	устный опрос № 5
6	Проверка нормальности распределения признаков и параметрические критерии различий	3	3		4			4	устный опрос № 6
7	Непараметрические критерии достоверности.	3	3		4			4	устный опрос № 7
8	Дисперсионный анализ.	3	3		4	2		4	устный опрос № 8

9	Корреляционно-регрессионный анализ.	3	3		4	2		4	устный опрос № 9
10	Методы множественной статистики: множественная регрессия и корреляция, факторный анализ, кластерный анализ	3						4	устный опрос №10
11	Метод индексов	3	2		2			2	устный опрос №11
	Промежуточная аттестация	3				2	0,5	33,5	Экзамен
	<b>Всего</b>		<b>32</b>		<b>32</b>	<b>6</b>	<b>0,5</b>	<b>71,5</b>	<b>144</b>

### Содержание разделов дисциплины:

#### 1. Основные понятия биометрии. Статистическая обработка первичных данных.

Роль статистических методов в биологии. 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.**

Критерий Манна-Уитни, критерий Вилкоксона, критерий знаков и критерий серий Вальда-Вольфовица. Область использования, условия применимости.

## **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.

## **10. Методы множественной статистики.**

Множественная регрессия и корреляция, сущность, уравнение. Коэффициент множественной корреляции и детерминации. Методы пошаговой множественной регрессии и условия применимости. Факторный анализ. Основные задачи и этапы факторного анализа. Кластерный анализ: цель и основные этапы.

## **11. Метод индексов.**

Морфофизиологические и трофологические индексы. Индексы видового богатства и разнообразия.

## **5. 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 информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости).**

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

- операционные системы семейства Microsoft Windows;
- программы Microsoft Office;
- программа Adobe Acrobat Reader;
- браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome;
- программа анализа данных AtteStat for Excel.

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

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)

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

**а) основная литература:**

1. Сиделев С.И. Математические методы в биологии и экологии: введение в элементарную биометрию: учебное пособие. Ярославль: ЯрГУ, 2012. - 138 с.  
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20110318.pdf>.

**б) дополнительная литература:**

1. Тихонов С.В. Практические занятия по математическим методам в биологии и экологии: учебное пособие. Ярославль: ЯрГУ, 2003. - 102 с.  
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20030320.pdf>.

**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. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"  
<http://www.edu.ru> (раздел Учебно-методическая библиотека) или по прямой ссылке  
<http://window.edu.ru/library>.
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»  
[www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru).

## 8. 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 (компьютерный класс);
- 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.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (персональный компьютер, мультимедийная установка, настенный проекционный экран).

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, хранящиеся на электронных носителях и обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие рабочей программе дисциплины.

Для проведения занятий лабораторного типа помещение оснащено персональными компьютерами с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для лабораторных работ - списочному составу подгруппы обучающихся.

Автор:

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



А.А. Зубина



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

**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**

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 обработке 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 сравнений?
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?

### 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.

### **Вопросы к устному опросу № 10**

1. Что такое множественная корреляция? Коэффициент множественной корреляции и детерминации.
2. Что такое множественная регрессия? Общее уравнение, примеры использования в биологии.
3. Методы пошаговой регрессии: чем метод включения отличается от метода исключения, примеры применения в биологии.
4. Что такое факторный анализ и его применение в биологии. Выделение фактора и его интерпретация.
5. Применение кластерного анализа в биологических исследованиях. Требования к выбору метода кластеризации.

## Вопросы к устному опросу № 11

1. Что такое метод индексов и где он применяется?
2. Примеры морфофизиологических индексов.
3. Примеры трофологических индексов.
4. Как измерить биоразнообразие? Примеры индексов видового богатства и видового разнообразия.

Фонды оценочных средств по дисциплине предусматривают проверку индикаторов достижения компетенций.

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

#### Список вопросов к теоретической части экзамена.

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.
26. Отличие многомерных методов анализа от одномерных. Сущность кластерного и факторного анализа.
27. Метод индексов – необходимость, области применения. Примеры морфофизиологических индексов. Примеры трофологических индексов. Примеры индексов для измерения видового богатства и видового разнообразия.

### Примерный список заданий к практической части экзамена.

#### Билет 1.

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 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. Получены следующие данные о плодовитости мышей при облучении рентгеновскими лучами:

Доза	Без облучения (контроль)	Доза 100 рентген	Доза 200 рентген
Число мышат от отдельных самок	10	8	7
	12	10	9
	11	7	6
	10	9	4

Задание: С помощью дисперсионного анализа определите влияет ли облучение на плодовитость мышей?

## Билет 2.

1. Был измерен обхват тела (в мм) у густеры озера Швакшта:  
80 88 80 62 80 74 85 65 75 94 75 77 90 80 70

Задание: рассчитать среднее значение, дисперсию, стандартное отклонение, стандартную ошибку и 95%-ный доверительный интервал среднего значения обхвата тела.

2. Получены следующие показатели: длина черепа человека (X) и вес головного мозга человека (Y):

X – 155 190 170 165 160 195 180 185 175

Y – 1,3 1,65 1,44 1,38 1,39 1,72 1,5 1,55 1,45

Задание: рассчитать коэффициент корреляции Пирсона, проверить условия применимости, установить достоверность коэффициента корреляции.

## Билет 3.

1. Получены данные о длине листьев садовой земляники (в см):  
8.2 9.0 7.2 7.5 7.0 7.3 9.1 7.4 8.3 6.9 5.2 5.6 7.1 6.4 8.5 8.1 7.7 7.8 8.0 8.0 9.7  
6.0 6.4 6.8 7.1 6.0 6.4 8.0 7.2 7.4

Задание: проверить нормальность распределения признака графическим методом и с помощью критериев нормальности.

2. Получены следующие данные об урожайности пшеницы при разных дозах удобрения:

Доза удобрения	20 кг/га	30 кг/га	40 кг/га
Урожайность культуры (пшеницы) – 3 повторности.	30	40	37
	35	45	36
	34	48	38

Задание: С помощью дисперсионного анализа определите влияет ли на урожайность культуры внесение удобрения?

## Правила выставления оценки по результатам опроса:

- *Отлично* выставляется за полный ответ на поставленный вопрос с включением в содержание ответа содержания лекции, материалов учебников, дополнительной литературы без наводящих вопросов.

- *Хорошо* выставляется за полный ответ на поставленный вопрос в объеме лекции, с включением в содержание ответа материалов учебников с четкими положительными ответами на наводящие вопросы преподавателя.

- *Удовлетворительно* выставляется за ответ, в котором озвучено более половины требуемого материала, с положительным ответом на большую часть наводящих вопросов.

- *Неудовлетворительно* выставляется за ответ, в котором озвучено менее половины требуемого материала или не озвучено главное в содержании вопроса с отрицательными ответами на наводящие вопросы, или обучающийся отказался от ответа без предварительного объяснения уважительных причин.

## **Правила выставления оценки на экзамене.**

Экзамен состоит из 2 частей: теоретической и практической. В теоретической части студент должен ответить на теоретический вопрос по математической статистике из приведенного списка. В практической части студент должен по билету с 2 задачами, продемонстрировать применение теоретических знаний, а также навыков и умений в их решении с использованием компьютера и пакета изученных программ.

Экзаменационный ответ оценивается по 4-х бальной системе, в соответствие с которой выставляются оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

### **Правила выставления оценки:**

оценка **«отлично»** выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответами при видоизменении заданий, использует в ответе материал дополнительной учебной литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических расчетных задач с использованием компьютера и пакета современных программ;

оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на поставленные вопросы, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения с использованием компьютера и пакета современных программ;

оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если он имеет знания основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ с использованием компьютера и пакета современных программ;

оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями и ошибками выполняет практические работы на компьютере, не ориентируется в используемых программах.



**Приложение №2**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**«Математические методы в биологии»**

**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.

### **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине.**

Для самостоятельной работы рекомендуется использовать учебные пособия, приведенные в списке основной и дополнительной литературы, имеющиеся в библиотеке ЯрГУ.

1. Сиделев С.И. Математические методы в биологии и экологии: введение в элементарную биометрию: учебное пособие. Ярославль: ЯрГУ, 2012. - 138 с.  
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20110318.pdf>.

2. Тихонов С.В. Практические занятия по математическим методам в биологии и экологии: учебное пособие. Ярославль.: ЯрГУ, 2003, 102 с.  
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20030320.pdf>.

#### **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. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"

<http://www.edu.ru> (раздел Учебно-методическая библиотека) или по прямой ссылке

<http://window.edu.ru/library>.

3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»  
[www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru).

4. Научная библиотека ЯрГУ им. П.Г. Демидова (доступ к лицензионным современным библиографическим, реферативным и полнотекстовым профессиональным базам данных и информационным справочным системам)

[http://www.lib.uniyar.ac.ru/content/resource/net\\_res.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/content/resource/net_res.php).