

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета физико-  
математических и естественных  
наук

Ю.П. Перелыгин



« 16 » февраля 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**М1.1.3 «Математическое моделирование биологических процессов»**

Направление подготовки **06.04.01 Биология**

Магистерская программа **Физиология растений**

Квалификация (степень) выпускника **магистр**

Форма обучения **очная**

Пенза, 2016

### 1. Цели освоения дисциплины.

Целью освоения дисциплины «Математическое моделирование биологических процессов» является формирование у магистров математического мышления при работе с данными биологических и экологических исследований и экспериментов, знакомство с основными методами математической обработки биологических и экологических данных. Задачи курса – расширение и углубление знаний магистров в следующих областях: 1) приемы анализа, хранения и интерпретации биологической информации, 2) методы знакового и объектного моделирования биологических процессов, 3) оценка корректности разработанных моделей.

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры.

Дисциплина «Математическое моделирование биологических процессов» относится к базовой части учебного плана (М.1.1).

Для освоения этой дисциплины студенты используют знания, умения, навыки, сформированные при изучении общеобразовательных дисциплин бакалавриата: «Информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности», «Методы статистического анализа в биологии».

Подготовка магистрантов по дисциплине «Математическое моделирование биологических процессов» направлена на формирование целостного представления о профессиональной деятельности магистра в области биологии. При этом интеграция профильных дисциплин учебного плана как теоретических, так и практических, призвана обеспечить глубокое осмысление основ профессиональной деятельности и привить студентам навыки практической реализации основных теоретических положений через специфику отдельного предмета.

Изучение данной дисциплины является необходимой основой для приобретения знаний и умений, необходимых для исследования живой природы и ее закономерностей. Освоение данной дисциплины является основой для последующего изучения дисциплины «Компьютерные технологии в биологии», а также для последующего прохождения научно-исследовательской и производственной практики и подготовки к итоговой государственной аттестации.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Математическое моделирование биологических процессов».

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

Коды компетенции	Наименование компетенции	Структурные элементы компетенции (в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать, уметь, владеть)
1	2	3
ОПК-4	способность самостоятельно анализировать имеющуюся информацию, выявлять фундаментальные проблемы, ставить задачу и выполнять полевые, лабораторные биологические исследования при решении конкретных задач с использованием современной аппаратуры и вычислительных средств, нести ответственность за качество работ и научную достоверность результатов	<i>Знать:</i> знать способы анализа биологической и экологической информации и соответствующей ей проблематики с использованием современной вычислительной техники.
		<i>Уметь:</i> применять методы анализа биологической и экологической информации с использованием современной вычислительной техники.
		<i>Владеть:</i> практическими навыками работы с современной вычислительной техникой и использования методов математического моделирования биологических процессов.

<b>ОПК-7</b>	готовность творчески применять современные компьютерные технологии при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче биологической информации для решения профессиональных задач	<i>Знать:</i> знать методологию, конкретные методы и приемы научно-исследовательской работы с использованием современных компьютерных технологий, необходимые для освоения дисциплин по выбору. Знать принципы и методы моделирования биологических процессов и способы оценки корректности разработанных моделей.
		<i>Уметь:</i> применять теоретические знания по методам сбора, хранения, обработки и передачи биологической информации с использованием современных компьютерных технологий, моделировать биологические процессы с последующей критической оценкой предложенных моделей.
		<i>Владеть:</i> практическими навыками и знаниями использования современных компьютерных технологий в биологических и экологических исследованиях.
<b>ПК-3</b>	способность применять методические основы проектирования, выполнения полевых и лабораторных биологических, экологических исследований, использовать современную аппаратуру и вычислительные комплексы (в соответствии с направленностью (профилем) программы магистратуры)	<i>Знать:</i> основные приемы и способы оформления, представления и интерпретации результаты научно-исследовательских работ по принятым и утвержденным формам.
		<i>Уметь:</i> применять полученные знания по оформлению, представлению и интерпретации полученных результатов научно-исследовательских работ в учебной и профессиональной деятельности.
		<i>Владеть:</i> основными приемами и способами оформления, представления и интерпретации результаты научно-исследовательских работ и моделирования биологических процессов.
<b>ПК-4</b>	способность генерировать новые идеи и методические решения	<i>Знать:</i> знать методы и приемы верификации научных данных, которые необходимы для генерирования новых идей в научно-исследовательской работе с использованием современных компьютерных технологий.
		<i>Уметь:</i> применять методы верификации научных данных для оценки пригодности и эффективности использования тех или иных приемов подачи результатов исследовательской деятельности.
		<i>Владеть:</i> основными приемами и навыками поиска новых методических решений в научно-исследовательской деятельности.

#### 4. Структура и содержание дисциплины «Математическое моделирование биологических процессов».

##### 4.1. Структура дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет **3** зачетные единицы, **108** часов.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Семестр	Недели семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)		
				Аудиторная работа			Самостоятельная работа			Собеседование	Доклад	Проверочная работа
				Всего	Лекция	Лабораторные занятия	Всего	Подготовка к лабораторным занятиям	Подготовка к проверочной работе			
1.	<b>Раздел 1. Введение в математическое моделирование биологических процессов.</b>	<b>1</b>	<b>1-5</b>	<b>10</b>		<b>10</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>4</b>			
2.	<b>Тема 1.1.</b> Применение математического моделирования в экологических исследованиях.	1	1	2		2	4	3	1	+	+	
3.	<b>Тема 1.2.</b> Основные типы моделей и особенности моделирования биологических процессов.	1	2-3	4		4	4	3	1	+	+	
4.	<b>Тема 1.3.</b> Особенности непараметрических и оптимизационных моделей биологических процессов.	1	4	2		2	3	2	1	+	+	
5.	<b>Тема 1.4.</b> Особенности стохастических и динамических моделей биологических процессов.	1	5	2		2	3	2	1	+	+	
6.	<b>Раздел 2. Применение многомерного анализа в моделировании биологических процессов.</b>	<b>1</b>	<b>6-8</b>	<b>6</b>		<b>6</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>4</b>			
7.	<b>Тема 2.1.</b> Практические основы применения факторного анализа в моделировании биологических процессов.	1	6	2		2	3	2	1	+	+	
8.	<b>Тема 2.2.</b> Практические основы применения кластерного анализа в моделировании биологических процес-	1	7	2		2	3	2	1	+	+	

	сов.											
9.	<b>Тема 2.3.</b> Практические основы применения дискриминантного анализа в моделировании биологических процессов.	1	8	2		2	4	2	2	+		+
10.	<b>Раздел 3. Использование зависимостей и качественных признаков в моделировании биологических процессов.</b>	1	<b>9-13</b>	<b>10</b>		<b>10</b>	<b>24</b>	<b>16</b>	<b>8</b>			
11.	<b>Тема 3.1.</b> Основы использования расчетов параметрической и непараметрической корреляции в математическом моделировании.	1	9	2		2	6	4	2	+	+	
12.	<b>Тема 3.2.</b> Общие положения использования регрессионного и корреляционного анализов в математическом моделировании.	1	10	2		2	4	2	2	+	+	
13.	<b>Тема 3.3.</b> Применение сравнения качественных признаков и расчетов долей в математическом моделировании.	1	11	2		2	6	4	2	+	+	
14.	<b>Тема 3.4.</b> Использование порядковых, качественных и количественных признаков в математическом моделировании.	1	12-13	4		4	8	6	2	+	+	
15.	<b>Раздел 4. Применение пакетов статистических программ в математическом моделировании биологических процессов.</b>	1	<b>14-18</b>	<b>10</b>		<b>10</b>	<b>24</b>	<b>16</b>	<b>8</b>			
16.	<b>Тема 4.1.</b> Пакеты статистических программ: PAST, Systat, NCSS, SPSS, Statistica.	1	14-15	4		4	8	6	2	+	+	
17.	<b>Тема 4.2.</b> Многомерные статистики и регрессионный анализ выборок.	1	16	2		2	4	2	2	+	+	
18.	<b>Тема 4.3.</b> Графический редактор системы Statistica.	1	17	2		2	6	4	2	+	+	
19.	<b>Тема 4.4.</b> Описательная статистика в системе Statistica.	1	18	2		2	6	4	2	+		+
	Общая трудоемкость, в часах		<b>108</b>	<b>36</b>		<b>36</b>	<b>72</b>	<b>48</b>	<b>24</b>	Промежуточная аттестация		
										Форма	Семестр	
										Зачет	1	

## **4.2. Содержание дисциплины.**

### **Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ В МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.**

#### **Тема 1.1. Применение математического моделирования в экологических исследованиях.**

Объективная необходимость применения математического моделирования в современных экологических исследованиях. Типичные модели случайного процесса. Нормальное и ненормальное распределение. Теоретико-множественные и комбинаторные основания в экологии. Статистические и математические компьютерные программы. Параметрический и непараметрический анализ данных.

#### **Тема 1.2. Основные типы моделей и особенности моделирования биологических процессов.**

Цели использования моделей в экологии. Классификация моделей. Настройка модели. Взаимосвязь объекта и модели. Значение моделирования и примеры применения в экологических и биологических исследованиях.

#### **Тема 1.3. Особенности непараметрических и оптимизационных моделей биологических процессов.**

Применение непараметрических статистических моделей. Шкалы измерения признаков: номинальная, порядковая (ранговая), интервальная шкалы. Унификация шкал признаков. Метод максимального корреляционного пути.

Исследование операций на основе оптимизационных моделей. Динамическое программирование. Оптимизация пути. Линейное программирование. Нелинейное программирование. Многокритериальные задачи. Проблема оптимизации в условиях неопределенности. Теория игр. Конфликтные ситуации.

Решение задач и выполнение упражнений по описательным статистическим процедурам, подготовка выборок к анализу, интерпретация полученной описательной статистической информации.

#### **Тема 1.4. Особенности стохастических и динамических моделей биологических процессов.**

Стохастические варианты моделей и методов. Сумма и произведение независимых событий. Простые формулы теории вероятности. Формула полной вероятности. Редкие болезни и редкие признаки. Теория мишени. Ряд Пуассона.

Классификация популяционных волн. Моделирование численности взаимодействующих популяций. Прогрессия размножения, параметры и поведение. Модели баланса вещества и энергии. Модели биологической борьбы с нежелательным видом. Модели эпидемии. Модели динамики возрастных групп.

Примеры расчета описательных выборочных показателей. Возможные ошибки и методы их предотвращения.

### **РАЗДЕЛ 2. ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА В МОДЕЛИРОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.**

#### **Тема 2.1. Практические основы применения факторного анализа в моделировании биологических процессов.**

Представление о многомерном пространстве и размерности. Многомерные распределения случайных событий. Многомерный параметрический анализ: метод главных компонент, многомерный факторный анализ. Многомерный непараметрический анализ: метризация пространства и меры расстояния, многомерное непараметрическое шкалирование.

#### **Тема 2.2. Практические основы применения кластерного анализа в моделировании биологических процессов.**

Формальные основания для классификации. Общие представления о классификации. Методы кластер-анализа. Количественные методы классификации (кластер-анализ). Кластерный анализ: дерево кластеров, методы построения деревьев, эллипсоиды средних, ди-

станции.

### **Тема 2.3. Практические основы применения дискриминантного анализа в моделировании биологических процессов.**

Общие представления о классификации. Дискриминантный анализ, основные понятия и особенности. Количественные и качественные методы классификации.

## **РАЗДЕЛ 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ И КАЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ В МОДЕЛИРОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.**

### **Тема 3.1. Основы использования расчетов параметрической и непараметрической корреляции в математическом моделировании.**

Коэффициент корреляции. Параметрическая и непараметрическая корреляции. Непараметрический коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Область применения альтернативных непараметрических корреляций: корреляция Кендалла, Тау- и Гамма-корреляции. Параметрический коэффициент корреляции Пирсона ( $r$ ). Связь регрессии и корреляции – коэффициент детерминации. Статистическая значимость корреляции Пирсона.

Регрессионный анализ зависимостей (решение задач).

### **Тема 3.2. Общие положения использования регрессионного и корреляционного анализов в математическом моделировании.**

Регрессионный и корреляционный анализы – особенности применения и методы анализа зависимостей. Сравнение двух линий регрессии. Стандартные ошибки коэффициентов регрессии. Доверительная область для линии регрессии. Оценка параметров уравнения регрессии по выборке: коэффициенты сдвига ( $\alpha$ ,  $a$ ) и наклона ( $\beta$ ,  $b$ ). Вычисление уравнения регрессии: метод наименьших квадратов. Разброс значений вокруг прямой регрессии: остаточные стандартное отклонение и дисперсия.

### **Тема 3.3. Применение сравнения качественных признаков и расчетов долей в математическом моделировании.**

Выполнение упражнений и решение задач по сравнению качественных признаков и расчету долей.

### **Тема 3.4. Использование порядковых, качественных и количественных признаков в математическом моделировании.**

Односторонний и двусторонний точный критерий Фишера. Сравнение долей – использование  $z$ -критерия, замечания по его использованию. Таблицы сопряженности и критические значения:  $z$ - и  $\chi^2$ -критериев. Критерий  $\chi^2$  для таблиц  $2 \times 2$ . Преобразование таблиц сопряженности. Критерий  $\chi^2$  для произвольной таблицы сопряженности.

## **РАЗДЕЛ 4. ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТОВ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПРОГРАММ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.**

### **Тема 4.1. Пакеты статистических программ: PAST, Systat, NCSS, SPSS, Statistica.**

Пакеты статистических программ, применяемые в экологических исследованиях: PAST, Statistica, Systat, NCSS, SPSS. Возможности применения пакета статистических программ Statistica в математическом моделировании. Форматы таблиц данных и таблиц результатов в системе Statistica. Примеры использования графического редактора системы Statistica в математическом моделировании.

### **Тема 4.2. Многомерные статистики и регрессионный анализ выборок.**

Многомерное шкалирование. Канонический анализ. Факторный анализ. Дискриминантный анализ: виды анализа, таблицы результатов, графическое отображение полученных результатов анализа. Метод главных компонент и классификация.

Непараметрический анализ выборок: таблицы  $2 \times 2$ ,  $\chi^2$ -тест, непараметрические корреляции (Спирмена, Кендалла, тау, гамма). Оценка характера распределения данных. Анализ ANOVA-MANOVA. Сравнение групп: тесты Уалда-Вольфица, Колмогорова-Смирнова, Манна-Уитни, Краскелла-Уоллиса, Вилкоксона.

### **Тема 4.3. Графический редактор системы Statistica.**

Основные приемы и варианты использования анализа данных для математического моделирования с помощью графического редактора системы Statistica.

### **Тема 4.4. Описательная статистика в системе Statistica.**

Использование анализа выборок в математическом моделировании: вычисление среднего, медианы, моды, геометрического и гармонического среднего, степени вариации, стандартного отклонения, стандартной ошибки среднего. Примеры графического представления полученных результатов анализа.

## **5. Образовательные технологии.**

В ходе освоения дисциплины «Математическое моделирование биологических процессов» при проведении **аудиторных** занятий используются следующие образовательные технологии:

1. Технология традиционного обучения реализуется в ходе проведения следующих видов учебной работы:

1.1. *Семинары традиционные*, имеющие основной целью углубленное изучение определенных тем курса. В виде традиционных семинаров реализуются темы 1.2, 2.2, 3.2, 4.2.

2. Технология развития критического мышления реализуется в ходе проведения следующих видов учебной работы:

2.1. *Лабораторно-практические занятия с элементами семинара-круглого стола*, в ходе которых происходит групповое обсуждение магистрами учебной проблемы под руководством преподавателя. В ходе проведения круглого стола студенты приобретают навыки устного изложения заранее подготовленного материала, умение выслушивать коллег-сокурсников, делать заключения. В виде семинаров-круглых столов реализуются темы 1.1, 1.4, 3.3, 4.1.

2.2. *Лабораторно-практические занятия с элементами семинара-тренинга*, в ходе которых происходит отработка практического применения полученных знаний на индивидуальном и групповом уровне, обсуждается проблемная ситуация, поставленная преподавателем, связанная со способами и вариантами обработки научной информации. В ходе проведения тренинга магистры приобретают умение излагать, и аргументировано отстаивать точку зрения, обоснованно критиковать оппонентов, сопоставлять различные подходы к решению проблемной ситуации, делать выводы. В виде семинаров-тренингов реализуются темы 1.2, 1.3, 2.3, 3.1, 3.2, 3.4, 4.1, 4.2.

3. Медиатехнологии реализуются в ходе проведения следующих видов учебной работы:

3.1. *Семинары традиционные*, в ходе которых магистры делают краткие сообщения по рассматриваемой проблематике с использованием презентации. В виде традиционных семинаров с использованием медиатехнологий реализуются темы 1.2, 1.4, 3.1, 3.2, 4.1.

3.2. *Лабораторно-практические занятия с элементами семинара-круглого стола*, в ходе которых магистры делают краткие сообщения по рассматриваемой проблематике с использованием презентации. В результате использования этой технологии магистры учатся лаконично и ярко представлять информацию в аудитории. В виде семинаров-круглых столов с использованием медиатехнологий реализуются темы 1.2, 3.1, 4.2.

4. Кейс-технология реализуется в ходе проведения следующих видов учебной работы:

4.1. *Лабораторно-практические занятия с элементами семинара-тренинга*, в ходе которых в качестве одной из технологий используется такой прием как мозговой штурм. Мозговой штурм позволяет, используя групповую форму работы смоделировать процесс получения абсолютно новых для магистров знаний. В виде семинаров-тренингов с использованием кейс-технологий реализуются темы 1.2, 1.4, 3.2, 3.3, 4.3, 4.4.

Занятия, проводимые в интерактивной форме, составляют 40 % от общего количества аудиторных занятий.

При организации **самостоятельной работы** используются следующие технологии:

1. Технология систематизации имеющейся информации (подготовка к контрольной



работе; темы 1.3, 1.4, 3.1, 3.3, 4.1, 4.2)

2. Технология поиска и сбора новой информации (работа на компьютере с целью поиска информации в базах данных, работа с учебной, справочной и научной литературой с целью подготовки к лабораторно-практическим занятиям и написанию реферата, темы 1.2, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.4, 4.1, 4.2);

3. Технология анализа и представления новой информации (работа по подготовке устных сообщений на лабораторно-практических занятиях с элементами семинара-круглого стола (темы 1.1, 1.2, 1.4, 3.1, 3.3, 4.1, 4.2), по подготовке для выступлений с презентациями на лабораторно-практических занятиях с элементами семинара-тренинга (темы 1.2, 1.3, 1.4, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4.), по подготовке к написанию реферата, по подготовке к зачету).

В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по собственной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины базируется на следующих возможностях: обеспечение внеаудиторной работы со студентами в том числе в электронной образовательной среде с использованием соответствующего программного оборудования, дистанционных форм обучения, возможностей интернет-ресурсов, индивидуальных консультаций и т.д.

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

### Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

#### 6.1. План самостоятельной работы студентов.

Неделя	№ темы	Вид самостоятельной работы	Рекомендуемая литература	Часы
1	2	3	4	5
1	<b>1.1</b>	<i>Подготовка к аудиторному занятию.</i> Вопросы: 1. Объективная необходимость применения математического моделирования в современных экологических исследованиях. 2. Типичные модели случайного процесса. 3. Нормальное и ненормальное распределение. 4. Теоретико-множественные и комбинаторные основания в экологии. 5. Статистические и математические компьютерные программы. 6. Параметрический и непараметрический анализ данных.	а) 1, 2; б) 1, 4, 5, 7, 8, 9. в) 1, 2, 3, 5, 6, 7.	3
2-3	<b>1.2</b>	<i>Подготовка к аудиторному занятию.</i> Вопросы: 1. Цели использования моделей в экологии. 2. Классификация моделей. 3. Настройка модели. 4. Взаимосвязь объекта и модели. 5. Значение моделирования и примеры применения в экологических и биологических исследованиях.	а) 1, 2; б) 1, 2, 4, 5, 7, 8. в) 1, 3, 4, 5, 8, 9.	3
4	<b>1.3</b>	<i>Подготовка к аудиторному занятию.</i> Вопросы: 1. Применение непараметрических статистических моделей. 2. Шкалы измерения признаков: номинальная, порядковая (ранговая), интервальная шкалы. Унификация шкал признаков. 3. Метод максимального корреляционного пути. 4. Исследование операций на основе оптимизационных моделей. 5. Динамическое программирование. Оптимизация	а) 1, 2; б) 2, 3, 4, 6, 7, 8. в) 1, 2, 4, 5, 8, 9.	2

1	2	3	4	5
		пути. 6. Линейное программирование. Нелинейное программирование. 7. Многокритериальные задачи. Проблема оптимизации в условиях неопределенности. 8. Теория игр. Конфликтные ситуации.		
5	<b>1.4</b>	<i>Подготовка к аудиторному занятию.</i> Вопросы: 1. Стохастические варианты моделей и методов. 2. Сумма и произведение независимых событий. 3. Простые формулы теории вероятности. Формула полной вероятности. 4. Редкие болезни и редкие признаки. Теория мишени. Ряд Пуассона. 5. Классификация популяционных волн. 6. Моделирование численности взаимодействующих популяций. Прогрессия размножения, параметры и поведение. 7. Модели баланса вещества и энергии. 8. Модели биологической борьбы с нежелательным видом. 9. Модели эпидемии. 10. Модели динамики возрастных групп. 11. Примеры расчета описательных выборочных показателей. Возможные ошибки и методы их предотвращения.	а) 1, 3; б) 1, 3, 4, 6, 8, 9. в) 1, 3, 4, 5, 7, 8.	2
6	<b>2.1</b>	<i>Подготовка к аудиторному занятию.</i> Вопросы: 1. Представление о многомерном пространстве и размерности. 2. Многомерные распределения случайных событий. 3. Многомерный параметрический анализ. 4. Метод главных компонент. 5. Многомерный факторный анализ. 6. Многомерный непараметрический анализ. 7. Метризация пространства и меры расстояния. 8. Многомерное непараметрическое шкалирование.	а) 1, 2; б) 1, 3, 4, 5, 7, 8. в) 2, 3, 4, 6, 8, 9.	2
7	<b>2.2</b>	<i>Подготовка к аудиторному занятию.</i> Вопросы: 1. Формальные основания для классификации. 2. Общие представления о классификации. 3. Методы кластер-анализа. 4. Количественные методы классификации (кластер-анализ).  5. Дерево кластеров, методы построения деревьев. 6. Эллипсоиды средних, дистанции.	а) 2, 3; б) 3, 4, 6, 8, 9. в) 1, 2, 4, 6, 7, 9.	2
8	<b>2.3</b>	<i>Подготовка к аудиторному занятию.</i> Вопросы: 1. Общие представления о классификации. 2. Дискриминантный анализ, основные понятия и особенности. 3. Количественные методы классификации. 4. Качественные методы классификации.	а) 1, 3; б) 1, 2, 4, 5, 8, 9. в) 3, 4, 5, 6, 7, 8.	2
	<b>1.1-2.3</b>	<i>Подготовка к проверочной работе № 1.</i>	а) 1, 2, 3. б) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. в) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,	8

1	2	3	4	5
			8, 9.	
9	<b>3.1</b>	<i>Подготовка к аудиторному занятию.</i> Вопросы: 1. Коэффициент корреляции. 2. Параметрическая и непараметрическая корреляции. 3. Непараметрический коэффициент ранговой корреляции Спирмена. 4. Область применения альтернативных непараметрических корреляций: Кендалла, Тау- и Гамма-корреляции. 5. Параметрический коэффициент корреляции Пирсона (r). 6. Связь регрессии и корреляции – коэффициент детерминации. 7. Статистическая значимость корреляции Пирсона. 8. Регрессионный анализ зависимостей.	а) 1, 3; б) 3, 4, 5, 7, 8, 9. в) 1, 4, 5, 6, 7, 9.	4
10	<b>3.2</b>	<i>Подготовка к аудиторному занятию.</i> Вопросы: 1. Регрессионный и корреляционный анализы – особенности применения и методы анализа зависимостей. 2. Сравнение двух линий регрессии. 3. Стандартные ошибки коэффициентов регрессии. 4. Доверительная область для линии регрессии. 5. Оценка параметров уравнения регрессии по выборке: коэффициенты сдвига ( $\alpha$ , a) и наклона ( $\beta$ , b). 6. Вычисление уравнения регрессии: метод наименьших квадратов. 7. Разброс значений вокруг прямой регрессии. 8. Остаточные стандартное отклонение и дисперсия.	а) 1, 2; б) 1, 2, 4, 7, 8, 9. в) 1, 3, 5, 6, 7, 8.	2
11	<b>3.3</b>	<i>Подготовка к аудиторному занятию.</i> Вопросы: 1. Сравнение качественных признаков. 2. Методы расчета долей. 3. Сравнение долей. 4. Использование z-критерия, замечания по его использованию.	а) 2, 3; б) 1, 2, 3, 5, 7, 9. в) 1, 3, 4, 6, 8, 9.	4
12-13	<b>3.4</b>	<i>Подготовка к аудиторному занятию.</i> Вопросы: 1. Односторонний точный критерий Фишера. 2. Двусторонний точный критерий Фишера. 3. Таблицы сопряженности и критические значения: z- и $\chi^2$ -критериев. 4. Критерий $\chi^2$ для таблиц 2×2. 5. Преобразование таблиц сопряженности. 6. Критерий $\chi^2$ для произвольной таблицы сопряженности.	а) 2, 3; б) 2, 3, 6, 7, 8, 9. в) 1, 2, 3, 4, 6, 9.	6
14-15	<b>4.1</b>	<i>Подготовка к аудиторному занятию.</i> Вопросы: 1. Пакеты статистических программ, применяемые в экологических исследованиях: PAST, Statistica, Systat, NCSS, SPSS. 2. Возможности применения пакета статистических программ Statistica в математическом моделировании. 3. Форматы таблиц данных и таблиц результатов в системе Statistica. 4. Примеры использования графического редактора системы Statistica в математическом моделировании.	а) 1, 3; б) 1, 4, 5, 7, 8, 9. в) 2, 3, 5, 6, 7, 9.	6

1	2	3	4	5
16	<b>4.2</b>	<i>Подготовка к аудиторному занятию.</i> Вопросы: 1. Многомерное шкалирование. 2. Канонический анализ. 3. Факторный анализ. 4. Дискриминантный анализ: виды анализа, таблицы результатов, графическое отображение полученных результатов анализа. 5. Метод главных компонент и классификация. 6. Непараметрический анализ выборок: таблицы 2×2, $\chi^2$ -тест, непараметрические корреляции. 7. Оценка характера распределения данных. 8. Анализ ANOVA-MANOVA. 9. Сравнение групп: тесты Уалда-Вольфица, Колмогорова-Смирнова, Манна-Уитни, Краскелла-Уоллиса, Вилкоксона.	а) 1, 2; б) 1, 4, 5, 7, 8, 9. в) 1, 3, 4, 6, 7, 9.	2
17	<b>4.3</b>	<i>Подготовка к аудиторному занятию.</i> Вопросы: 1. Графический редактор системы Statistica: возможности и примеры использования. 2. Анализ данных с помощью графического редактора системы Statistica. 3. Основные приемы и варианты использования.	а) 1, 3; б) 1, 3, 4, 7, 8, 9. в) 1, 3, 4, 6, 7, 9.	4
18	<b>4.4</b>	<i>Подготовка к аудиторному занятию.</i> Вопросы: 1. Особенности пакета статистических программ Statistica. 2. Знакомство с системой Statistica, форматы таблиц данных и таблиц результатов. 3. Анализ выборок: вычисление среднего, медианы, моды, геометрического и гармонического среднего. 4. Анализ выборок: вычисление степени вариации, стандартного отклонения, стандартной ошибки среднего.	а) 1, 2; б) 1, 2, 4, 5, 7, 9. в) 2, 3, 4, 6, 7, 9.	4
18	<b>3.1-4.4</b>	<i>Подготовка к проверочной работе № 2.</i>	а) 1, 2, 3. б) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. в) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.	16

## 6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов – это самостоятельное изучение учебной, научной литературы по темам программы, работа с другими, в том числе электронными источниками информации, подготовка к лабораторным занятиям, проверочным работам, написание и оформление докладов. Более подробные указания приведены в УМК дисциплины.

## 6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов.

### *Контроль освоения компетенций*

№ п/п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Проверочная работа № 1	<b>1.1-2.3</b>	ОПК-4; ПК-3
2	Проверочная работа № 2	<b>3.1-4.4</b>	ОПК-7; ПК-4
3	Зачёт	<b>1, 4</b>	ОПК-4,7; ПК-3,4

### **Лабораторные работы:**

Работа № 1. Создание и поддержание искусственной экосистемы аквариума.

Работа № 2. Построение блок-схемы экосистемы.

Работа № 3. Изготовление модели-мобиля.

Работа № 4. Дидактическая игра «Круговорот углерода».

Работа № 5. Выбор модельных характеристик.

Работа № 6. Моделирование условий рассеивания выбросов промышленных предприятий.

Работа № 7. Оценка состояния окружающей среды с использованием модельных биоиндикаторов.

Работа № 8. Конструирование модели грунтовых вод.

Работа № 9. Рост населения и суммарный коэффициент рождаемости.

### **Демонстрационный вариант проверочной работы № 1.**

1. Модели с нулевой результирующей всех действующих в них сил называются:

- а) равновесными;                      б) стохастическими;
- в) динамическими;                    г) статическими.

2. Модели, допускающие наличие случайных воздействий, называются:

- а) равновесными;                      б) стохастическими;
- в) динамическими;                    г) статическими.

3. Модели, описывающие развитие системы во времени, называются:

- а) равновесными;                      б) стохастическими;
- в) динамическими;                    г) статическими.

4. Модели, описывающие состояние объекта в конкретный момент времени:

- а) равновесные;                        б) стохастические;
- в) динамические;                      г) статические.

5. Модели, предполагающие наличие жестких функциональных связей между переменными:

- а) детерминированными;            б) стохастическими;
- в) динамическими;                    г) статическими.

6. Сильная взаимосвязь между факторами в корреляционно-регрессионной модели:

- а) коллинеарность;                    б) мультикорреляция;
- в) внутренняя регрессия;            г) дисперсия.

7. Коэффициент множественной корреляции характеризует:

- а) значимость модели;
- б) достоверность исследования;
- в) рекомендуемое количество переменных;
- г) взаимосвязь между переменными факторами.

8. Форма математической модели отображающая последовательность некоторой системы операций над исходными данными с целью получения результата:

- а) аналитическая;                      б) графическая;
- в) цифровая;                            г) алгоритмическая.

9. Планирование эксперимента необходимо для:

- а) точного предписания действий в процессе моделирования;
- б) выбора числа и условий проведения опытов, для решения поставленной задачи;
- в) выполнения плана экспериментирования на модели;
- г) сокращения числа опытов.

10. Свойство, при котором модели могут быть полностью или частично использоваться при создании других моделей, называется:

- а) универсальностью;                б) неопределенностью;
- в) неизвестностью;                    г) случайностью.

### **Демонстрационный вариант проверочной работы № 2.**

1. Множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, образующих определенную целостность, единство, определяется как:

- а) механизм;    б) иерархия;    в) система;    г) классификация.

2. Модели классифицируются по следующим признакам:
  - а) цель создания;
  - б) фактор времени;
  - в) субъект исследования;
  - г) способ представления.
3. По виду функциональных зависимостей математические модели подразделяются:
  - а) на функциональные;
  - б) на линейные;
  - в) на корреляционные;
  - г) на нелинейные.
4. На каком этапе процесса моделирования осуществляется проверка адекватности:
  - а) 1-й этап;
  - б) 2-й этап;
  - в) 3-й этап;
  - г) 4-й этап.
5. Модели, описывающие состояние системы в определенный момент времени, называются:
  - а) динамическими информационными моделями;
  - б) статическими информационными моделями;
  - в) предметными моделями;
  - г) образными информационными моделями.
6. Математическая модель, решаемая с помощью методов линейного программирования:
  - а) экономико-математическая модель;
  - б) статистическая модель;
  - в) математическая модель, записанная с помощью системы линейных уравнений и неравенств;
  - г) линейная модель.
7. Объектом моделирования может быть:
  - а) материальный объект;
  - б) природное явление;
  - в) процесс;
  - г) рецепт на получение лекарства.
8. Все переменные двойственной задачи будут:
  - а) положительными;
  - б) отрицательными;
  - в) нулевыми;
  - г) любыми.
9. Модель производства, основанная на производственных функциях, построенная на основе обработки статистических данных, является:
  - а) имитационной;
  - б) нормативной;
  - в) дискриптивной;
  - г) стохастической.
10. Целевая функция двойственной задачи будет:
  - а) на минимум;
  - б) противоположной целевой функции прямой ЗЛП;
  - в) любой;
  - г) на максимум.

**Примерный перечень вопросов для подготовки к докладу:**

1. Линейное программирование. Нелинейное программирование.
2. Многокритериальные задачи.
3. Теория игр. Конфликтные ситуации.
4. Стохастические варианты моделей и методов.
5. Сумма и произведение независимых событий.
6. Простые формулы теории вероятности.
7. Формула полной вероятности. Редкие болезни и редкие признаки.
8. Теория мишени. Ряд Пуассона.
9. Классификация популяционных волн.
10. Моделирование численности взаимодействующих популяций.
11. Прогрессия размножения, параметры и поведение.
12. Модели баланса вещества и энергии.
13. Модели биологической борьбы с нежелательным видом.
14. Модели эпидемии. Модели динамики возрастных групп.
15. Примеры расчета описательных выборочных показателей. Возможные ошибки и методы их предотвращения.
16. Представление о многомерном пространстве и размерности.
17. Многомерные распределения случайных событий.
18. Многомерный параметрический анализ: метод главных компонент, многомерный факторный анализ.
19. Многомерный непараметрический анализ: метризация пространства и меры расстояния, многомерное непараметрическое шкалирование.
20. Формальные основания для классификации. Общие представления о классификации.

21. Методы кластер-анализа. Количественные методы классификации (кластер-анализ).
22. Кластерный анализ: дерево кластеров, методы построения деревьев, эллипсоиды средних, дистанции.
23. Дискриминантный анализ, основные понятия и особенности.
24. Количественные и качественные методы классификации.
25. Коэффициент корреляции.

**Примерный перечень вопросов к зачёту:**

1. Линейное программирование. Нелинейное программирование.
2. Многокритериальные задачи.
3. Теория игр. Конфликтные ситуации.
4. Стохастические варианты моделей и методов.
5. Сумма и произведение независимых событий.
6. Простые формулы теории вероятности.
7. Формула полной вероятности. Редкие болезни и редкие признаки.
8. Теория мишени. Ряд Пуассона.
9. Классификация популяционных волн.
10. Моделирование численности взаимодействующих популяций.
11. Прогрессия размножения, параметры и поведение.
12. Модели баланса вещества и энергии.
13. Модели биологической борьбы с нежелательным видом.
14. Модели эпидемии. Модели динамики возрастных групп.
15. Примеры расчета описательных выборочных показателей. Возможные ошибки и методы их предотвращения.
16. Представление о многомерном пространстве и размерности.
17. Многомерные распределения случайных событий.
18. Многомерный параметрический анализ: метод главных компонент, многомерный факторный анализ.
19. Многомерный непараметрический анализ: метризация пространства и меры расстояния, многомерное непараметрическое шкалирование.
20. Формальные основания для классификации. Общие представления о классификации.
21. Методы кластер-анализа. Количественные методы классификации (кластер-анализ).
22. Кластерный анализ: дерево кластеров, методы построения деревьев, эллипсоиды средних, дистанции.
23. Дискриминантный анализ, основные понятия и особенности.
24. Количественные и качественные методы классификации.
25. Коэффициент корреляции.
26. Параметрическая и непараметрическая корреляции.
27. Непараметрический коэффициент ранговой корреляции Спирмена.
28. Область применения альтернативных непараметрических корреляций: корреляция Кендалла, Тау- и Гамма-корреляции.
29. Параметрический коэффициент корреляции Пирсона ( $r$ ).
30. Связь регрессии и корреляции – коэффициент детерминации.
31. Регрессионный и корреляционный анализы – особенности применения и методы анализа зависимостей.
32. Сравнение двух линий регрессии. Стандартные ошибки коэффициентов регрессии.
33. Доверительная область для линии регрессии.
34. Оценка параметров уравнения регрессии по выборке: коэффициенты сдвига ( $\alpha$ ,  $a$ ) и наклона ( $\beta$ ,  $b$ ).
35. Вычисление уравнения регрессии: метод наименьших квадратов.
36. Разброс значений вокруг прямой регрессии: остаточные стандартное отклонение и дисперсия.
37. Односторонний и двусторонний точный критерий Фишера.
38. Таблицы сопряженности и критические значения:  $z$ - и  $\chi^2$ -критериев. Критерий  $\chi^2$  для таблиц  $2 \times 2$ .
39. Преобразование таблиц сопряженности.

40. Пакеты статистических программ, применяемые в экологических исследованиях: PAST, Statistica, Systat, NCSS, SPSS.
41. Возможности применения пакета статистических программ Statistica в математическом моделировании.
42. Форматы таблиц данных и таблиц результатов в системе Statistica.
43. Многомерное шкалирование.
44. Канонический анализ. Факторный анализ.
45. Дискриминантный анализ: виды анализа, таблицы результатов, графическое отображение полученных результатов анализа.
46. Метод главных компонент и классификация.
47. Непараметрический анализ выборок: таблицы  $2 \times 2$ ,  $\chi^2$ -тест, непараметрические корреляции (Спирмена, Кендалла, тау, гамма).
48. Оценка характера распределения данных. Анализ ANOVA-MANOVA.
49. Сравнение групп: тесты Уалда-Вольфица, Колмогорова-Смирнова, Манна-Уитни, Краскелла-Уоллиса, Вилкоксона.
50. Использование анализа выборок в математическом моделировании: вычисление среднего, медианы, моды, геометрического и гармонического среднего, степени вариации, стандартного отклонения, стандартной ошибки среднего.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Математическое моделирование биологических процессов».**

### **а) основная литература:**

1. Авдин В.В. Математическое моделирование экосистем: Учебное пособие. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. - 40 с. <http://window.edu.ru/resource/630/47630/files/susu37.pdf>
2. Динамические системы и модели биологии / А.С. Братусь, А.С. Новожилов, А.П. Платонов. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 400 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=397222>
3. Статистический анализ данных в MS Excel: Учебное пособие / А.Ю. Козлов, В.С. Мхитарян, В.Ф. Шишов. - М.: ИНФРА-М, 2012. - 320 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=238654>

### **б) дополнительная литература:**

1. Экология: задачи и упражнения: учеб.-метод. пособ. для студ. всех спец. / Сост. С.В. Саксонов и др., Федер. агентство по образ. - Тольятти, 2007. - 99 с. (Библиотека ПГУ, 4 экз.)
2. Ибрагимов, Н.Х. Практический курс дифференциальных уравнений и математического моделирования. Классические и новые методы. Нелинейные математические модели. Симметрия и принципы инвариантности. [Электронный ресурс] — Электрон.дан. — М.: Физматлит, 2012. — 332 с. <http://e.lanbook.com/book/59600>
3. Математические методы анализа дискретных структур генетического кода / Гупал В.М. - М.: ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 334 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=516085>
4. Основы информатизации и математического моделирования экологических систем: Учебное пособие / Мешалкин В.П., Бутусов О.Б., Гнаук А.Г. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2017. - 357 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=560753>
5. Статистический анализ данных, моделирование и исследование вероятностных закономерностей. Компьютерный подход / Б.Ю. Лемешко, С.Б. Лемешко, С.Н. Постовалов и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 890 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=515227>
6. Численные методы в математическом моделировании : учеб. пособие / Н.П. Савенкова, О.Г. Проворова, А.Ю. Мокин. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : АРГАМАК-МЕДИА : ИНФРА-М, 2017. — 176 с. <http://znanium.com/bookread2.php?book=774278>
7. «Russian Journal of Ecosystem Ecology» – международный научный рецензируемый периодический электронный журнал [https://e.lanbook.com/journal/2677#journal\\_name](https://e.lanbook.com/journal/2677#journal_name)



**в) интернет-ресурсы:**

1. Анализ данных и компьютерные методы в биологических исследованиях: [http://vertebrata.bio.msu.ru/html/data\\_analysis\\_rus.html](http://vertebrata.bio.msu.ru/html/data_analysis_rus.html)
2. Лекции по математическим моделям в биологии: <http://bourabai.kz/cm/biology.htm>
3. Пособие «Математическое моделирование живых систем» <http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/28064/1/978-5-7996-0975-7.pdf>
4. Ризниченко Г.Ю. Введение в математическую биологию <http://mathbio.ru/basic/>
5. Ризниченко Г.Ю. Лекции по математическим моделям в биологии <http://www.library.biophys.msu.ru/LectMB/>
6. Статистика в медико-биологических исследованиях <http://www.medstatistica.com/articles.html>
7. Сайт компании StatSoft <http://www.statsoft.ru/>
8. Учебники и монографии по математической биологии <http://mathbio.ru/author/books/>
9. Электронный журнал «Биометрика»: <http://www.biometrika.tomsk.ru/index.htm>

**г) программное обеспечение:**

Антивирус Касперского, Open Office; Mozilla Firefox; Google Chrome; Adobe Acrobat Reader, Statistica, PAST.

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

**«Математическое моделирование биологических процессов».**

Лекционная аудитория, оборудованная интерактивной доской Smart Board и персональным компьютером. Компьютерный класс с доступом в Интернет.

Электронные презентации по теме курса. Демонстрация ресурсов Интернет (избранных сайтов).

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование биологических процессов» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 06.04.01 Биология.

Программу составили:

1. Чернышов В.А., к.б.н., доцент



---

**Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.**

Программа одобрена на заседании кафедры «Зоология и экология»

Протокол № 5

от «13» сентября 2016 года

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_



С.В. Титов

Программа согласована с заведующим выпускающей кафедрой

«Общая биология и биохимия» \_\_\_\_\_



Г.А.Карпова

Программа одобрена методической комиссией факультета физико-математических и естественных наук

Протокол № 7

от «10» февраля 2016 года

Председатель методической комиссии факультета физико-математических и естественных наук \_\_\_\_\_



М.А.Родионов

**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год  
и регистрации изменений**

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата, подпись зав. кафедрой)	Внесенные изменения	Номера листов (страниц)		
			замененных	новых	аннулированных
2017-2018	Протокол № 1 от 31.08.2017 	Заменен список литературы			
2018-2019	Протокол № 1 от 31.08.2018 	Без изменений			
2019-2020	Протокол № 1 от 30.08.2019 	Без изменений			