



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра физико-химической биологии, биоинженерии и биоинформатики

УТВЕРЖДАЮ

Декан биолого-почвенного факультета

«24» 03 2023 г.



Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: **Б1.О.6 «КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И
МОДЕЛИРОВАНИЕ В БИОЛОГИИ»**

Направление подготовки: 06.04.01 «Биология»

Направленности (профили) подготовки: «Биотехнология и биоинформационные системы», «Биохимия и молекулярная биология», «Ботаника», «Ихтиология и гидробиология», «Микробиология и вирусология», «Психофизиология, физиология регуляторных систем»

Квалификация выпускника: Магистр

Форма обучения: очная с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Согласовано с УМК биолого-почвенного
факультета

Протокол № 5 от 24.03.2023 г.
Председатель А. Н. Матвеев

Рекомендовано кафедрой:

Протокол № 12 от 20.02.2023 г.
Зав. кафедрой В.П. Саловарова

Иркутск 2023 г.

Содержание

	стр.
I. Цель и задачи дисциплины	3
II. Место дисциплины в структуре ОПОП	3
III. Требования к результатам освоения дисциплины	3
IV. Содержание и структура дисциплины	5
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	
4.3 Содержание учебного материала	
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов	
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)	
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	21
а) перечень литературы	
б) периодические издания	
в) базы данных, поисково-справочные и информационные системы.....	
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины	23
6.1. Учебно-лабораторное оборудование	
6.2. Программное обеспечение	
6.3. Технические и электронные средства обучения	
VII. Образовательные технологии	24
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	26

I. Цель и задачи дисциплины:

Цель: сформировать представления о современных методах математической статистики, математического и компьютерного моделирования, применимых для анализа комплексных биологических данных, построения математических и компьютерных моделей для изучения и понимания процессов, происходящих в различных биосистемах на клеточном, организменном, популяционном и экосистемном уровнях.

Задачи:

- Сформировать представление о современных методах, применимых в компьютерной и вычисленной биологии;
- Сформировать представление о методах программирования и скриптовых языках программирования, применимых в биологических исследованиях;
- Изучить методы установки и настройки программного обеспечения, применимого для биоинформационных исследований;
- Освоить методы математического моделирования, применимые для построения математических и компьютерных моделей сложных биосистем;
- Освоить методы имитационного моделирования для применения их в статических расчетах и построения сложных математических и компьютерных моделей;
- Изучить методы автоматизированной векторной машинной графики для визуализации расчетов и моделирования.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1. Учебная дисциплина **Б1.О.6 «Компьютерные технологии и моделирование в биологии»** относится к обязательной части программы. Изучается на 1 курсе, во 2 семестре

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: «Высшая математика», «Общая биология», «Информатика», «Экология», «Иностранный язык в профессиональной деятельности»

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: «Биоинформационные технологии», «Биомедицинские технологии», «Системная биология», выполнение ВКР.

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки 06.04.01 «Биология»:

ОПК-6: Способен творчески применять и модифицировать современные компьютерные технологии, работать с профессиональными базами данных, профессионально оформлять и представлять результаты новых разработок.

ОПК-8: Способен использовать современную исследовательскую аппаратуру и вычислительную технику для решения инновационных задач в профессиональной деятельности

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ОПК-6 Способен творчески	<i>ИДК ОПК-6.1</i> Знает пути и	Знать: основные направления биологии, в которых с высокой эффективностью можно

<p>применять и модифицировать современные компьютерные технологии, работать с профессиональными базами данных, профессионально оформлять и представлять результаты новых разработок</p>	<p>перспективы применения современных компьютерных технологий в биологических науках и образовании</p>	<p>применить компьютерные технологии и методы анализа комплексных данных. Уметь: выбирать оптимальные методы для анализа биологических данных и моделировании биологических процессов. Владеть: различными спектрами методов применимых для математического описания и анализа сложных биологических систем.</p>
	<p><i>ИДК ОПК-6.2</i> Умеет работать с профессиональными базами и банками данных в избранной области профессиональной деятельности</p>	<p>Знать: основные системы содержащие информацию о новых методах системного анализа и математического моделирования в биологии. Уметь: быстро осваивать и подбирать необходимые методы вычислительной биологии компьютерного и математического моделирования для решения поставленных исследовательских задач. Владеть: навыками анализа сложных данных по взаимодействию различных компонентов в биосистемах.</p>
<p>ОПК-8 Способен использовать современную исследовательскую аппаратуру и вычислительную технику для решения инновационных задач в профессиональной деятельности</p>	<p><i>ИДК ОПК-8.1</i> Знает типы современной аппаратуры для полевых и лабораторных исследований в области профессиональной деятельности</p>	<p>Знать: устройство и принципы работы современных персональных и высокопроизводительных компьютеров, применимых в вычислительной биологии Уметь: организовать работу для проведения исследования и анализа данных в различных операционных системах. Владеть: навивками установки настройки и эксплуатации различных операционных систем на персональных и высокопроизводительных компьютерах</p>
	<p><i>ИДК ОПК-8.2</i> Умеет использовать современную вычислительную технику</p>	<p>Знать: современное программное обеспечение, применимое в компьютерном и математическом моделировании и для анализа комплексных биологических данных Уметь: устанавливать и настраивать различное программное обеспечение, применимое для анализа и визуализации биологических данных Владеть: навыками использования современных программ и скриптовых языков программирования для анализа биологических данных и построения компьютерных моделей.</p>

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 часов.

Из них реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий 106 часов.

Из них 32 часов – практическая подготовка.

Форма промежуточной аттестации: зачет.

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Форма текущего контроля успеваемости/ Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие/	Консультация		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Тема 1. Применение численных методов для решения уравнения и исследования функций одной или нескольких переменных.	2	12	-	-	4	-	3	Опрос КСР
2	Тема 2. Типы распределений случайных величин, применимых при описании биологических данных, работа с математическими формулами, описывающими типы распределений случайных величин.	2	12	-	-	4	-	4	Опрос КСР

3	Тема 3. Метод максимально правдоподобия в биологии, тестирование статических гипотез с помощью метода максимального правдоподобия.	2	12	-	-	4	-	9	Опрос КСР
4	Тема 4. Метод имитационного моделирования (метод «Монте-Карло») в биологии, использование метода имитационного моделирования для планирования биологических экспериментов.	2	12	-	-	4	-	9	Опрос КСР
5	Тема 5. Бутстреп метод для анализа биологических данных, использование бутстреп метода для оценки параметров распределений при анализе биологических данных.	2	12	2	-	4	-	9	Опрос КСР
6	Тема 6. Использование бутстреп метода для тестирования статистических гипотез.	2	12	2	-	4	-	9	Опрос КСР
7	Тема 7. Корреляционный анализ для оценки взаимосвязей при анализе биологических данных.	2	12	-	-	4	-	9	Опрос КСР
8	Тема 8. Регрессионный анализ для определения закономерностей, определяющих взаимосвязи между биологическими величинами.	2	12		-	4	-	9	Опрос КСР
9	Тема 9. Различные методы дисперсионного анализа, применяемые при анализе биологических данных.	2	12		-	4	-	9	Опрос КСР
10	Тема 10. Корреляционный анализ с применением бутстреп метода для анализа достоверности корреляций.	2	10			4		5	Опрос КСР
11	Тема 11. Регрессионный анализ с применением бутстреп метода для тестирования достоверности результатов	2	10			4		5	Опрос КСР

	анализа.								
12	Тема 12. Анализ многомерных статических данных в биологии.	2	10			4		5	Опрос КСР
13	Тема 13. Кластерный анализ с тестированием достоверности кластеризации с помощью бутстреп метода.	2	10			4	1	5	Опрос КСР
14	Тема 14. Метод многомерного шкалирования для анализа сложных биологических данных.	2	10			4	1	5	Опрос КСР
15	Тема 15. Методы машинного обучения в биологии.	2	12			4	1	5	Опрос КСР
16	Тема 16. Исследование биологических процессов с помощью методов теории дифференциальных уравнений и динамических систем.	2	10			6	1	6	Опрос КСР

4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
2	Тема 1. Применение численных методов для решения уравнение и исследования функций одной или нескольких переменных.	Изучение темы с использованием материалов занятия и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию. Решение практической задачи по исследованию функций численными методами	2	3	Письменная работа КСР	Раздел 5 а-г

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
2	Тема 2. Типы распределений случайных величин, применимых при описании биологических данных, работа с математическими формулами, описывающими типы распределений случайных величин.	Изучение темы с использованием материалов занятия и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию. Решение практической задачи по использованию функция распределения для расчета вероятностей случайных величин, подготовка письменного отчёта (посменной работы) по решаемой задаче.	3	4	Письменная работа КСР	- « -
2	Тема 3. Метод максимально правдоподобия в биологии, тестирование статических гипотез с помощью метода максимального правдоподобия.	Изучение темы с использованием материалов занятия и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию. Решение практической задачи по использованию метода максимально правдоподобия, подготовка письменного отчёта (посменной работы) по решаемой задаче.	4	9	Письменная работа КСР	- « -

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
1	Тема 4. Метод имитационного моделирования (метод «Монте-Карло») в биологии, использование метода имитационного моделирования для планирования биологических экспериментов.	Изучение темы с использованием материалов занятия и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию, изучение рекомендуемого программного обеспечения. Решение практической задачи по использованию метода имитационного моделирования, подготовка письменного отчёта (посменной работы) по решаемой задаче.	5	9	Письменная работа КСР	- « -
1	Тема 5. Бутстреп метод для анализа биологических данных, использование бутстреп метода для оценки параметров распределений при анализе биологических данных.	Изучение темы с использованием материалов занятия и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию. Решение практической задачи по использованию бутстреп метода для анализа биологических данных, подготовка письменного отчёта (посменной работы) по решаемой задаче.	6	9	Письменная работа КСР	- « -
1	Тема 6. Использование бутстреп метода для тестирования статистических гипотез.	Изучение темы с использованием материалов занятия и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию. Решение практической задачи по использованию бутстреп метода для тестирования статических гипотез при анализе биологических данных, подготовка письменного отчёта (посменной работы) по решаемой задаче.	7	9	Письменная работа КСР	- « -

Семе стр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
1	Тема 7. Корреляционный анализ для оценки взаимосвязей при анализе биологических данных.	Изучение темы с использованием материалов занятия и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию. Решение практической задачи по использованию корреляционного анализа при анализе биологических данных, подготовка письменного отчёта (посменной работы) по решаемой задаче.	8	9	Письменная работа КСР	- « -
1	Тема 8. Регрессионный анализ для определения закономерностей, определяющих взаимосвязи между биологическими величинами.	Изучение темы с использованием материалов занятия и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию. Самостоятельное изучение темы «Многомерный регрессионный анализ для оценки взаимосвязи между несколькими переменными» Решение практической задачи по использованию регрессионного анализа для оценки закономерностей взаимосвязи между двумя статистическими величинами, подготовка письменного отчёта (посменной работы) по решаемой задаче.	9	9	Письменная работа опрос КСР	- « -
1	Тема 9. Различные методы дисперсионного анализа, применяемые при анализе биологических данных.	Изучение темы с использованием материалов занятия и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию. Решение практической задачи по использованию дисперсионного анализа для оценки взаимосвязей между статическими выборками биологических данных, подготовка письменного отчёта (посменной работы) по решаемой задаче.	10	9	Письменная работа КСР	- « -

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
2	Тема 10. Корреляционный анализ с применением бутстреп метода для анализа достоверностей корреляций.	Изучение темы с использованием материалов занятия и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию. Решение практической задачи по использованию корреляционного анализа с третируванием достоверности результатов бутстреп методом, подготовка письменного отчёта (посменной работы) по решаемой задаче.	2	5	Письменная работа КСР	- « -
2	Тема 11. Регрессионный анализ с применением бутстреп метода для тестирования достоверности результатов анализа.	Изучение темы с использованием материалов занятия и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию. Решение практической задачи по использованию регрессионного анализа с третируванием достоверности результатов бутстреп методом, подготовка письменного отчёта (посменной работы) по решаемой задаче.	3	5	Письменная работа КСР	- « -
2	Тема 12. Анализ многомерных статических данных в биологии.	Изучение темы с использованием материалов занятия и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию. Решение практической задачи по оценкам распределений дистанций между векторами многомерных статических данных, подготовка письменного отчёта (посменной работы) по решаемой задаче.	4	5	Письменная работа КСР	- « -
2	Тема 13. Кластерный анализ с тестированием достоверности кластеризации с помощью бутстреп метода.	Изучение темы с использованием материалов занятия и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию. Решение практической задачи по кластеризации многомерных статических данных, характеризующих сложные биологические объекты, подготовка письменного отчёта (посменной работы) по решаемой задаче.	5	5	Письменная работа КСР	- « -

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
2	Тема 14. Метод многомерного шкалирования для анализа сложных биологических данных.	Изучение темы с использованием материалов занятия и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию. Решение практической задачи по использованию метода многомерного шкалирования по поиску закономерностей в сложных биологических данных, подготовка письменного отчёта (посменной работы) по решаемой задаче.	7	5	Письменная работа КСР	- « -
2	Тема 15. Методы машинного обучения в биологии.	Изучение темы с использованием материалов занятия и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию. Решение практической задачи по использованию наивного Байесовского классификатора для поиска закономерностей распределения характеристик в сложных биологических данных, подготовка письменного отчёта (посменной работы) по решаемой задаче.	9	5	Письменная работа КСР	- « -
2	Тема 16. Исследование биологических процессов с помощью методов теории дифференциальных уравнений и динамических систем.	Изучение темы с использованием материалов занятия и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию. Самостоятельное изучение темы «Использование динамических моделей в виде систем дифференциальных уравнений в молекулярной биофизике – метод молекулярной динамики» Решение практической задачи по разработке системы дифференциальных уравнений для описания эпидемического процесса в популяции организмов, подготовка письменного отчёта (посменной работы) по решаемой задаче.	11	6	Письменная работа опрос КСР	- « -
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час) – 106						
Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий 106 часов.						

4.3 Содержание учебного материала

Тема 1. Применение численных методов для решения уравнение и исследования функций одной или нескольких переменных.

В рамках темы рассматриваются простейшие численные методы для исследования функции (нахождения экстремумов, нулей, точек перегиба) с помощью численных методов, на практических примерах показан процесс исследования функций с визуализацией результата. Рассматриваются методы численного решения систем линейных и не линейных уравнений. Приводятся примеры использования численных методов для анализа биологических данных.

Тема 2. Типы распределений случайных величин, применимых при описании биологических данных, работа с математическими формулами, описывающими типы распределений случайных величин.

В рамках темы рассматриваются понятия функция распределения и функция плотности вероятности для непрерывных и дискретных случайных величин. Рассматриваются классы функции распределения, применимые для описания биологических данных. Изучаются компьютерные вычислительные средства, используемые для работы с функциями распределений.

Тема 3. Метод максимального правдоподобия в биологии, тестирование статических гипотез с помощью метода максимального правдоподобия.

Рассматривается принцип метода максимального правдоподобия и его применение для исследования законов распределения случайных величин. Изучается применение метода максимального правдоподобия для тестирования статистических гипотез и выбора наиболее оптимальных функций распределения случайных величин.

Тема 4. Метод имитационного моделирования (метод «Монте-Карло») в биологии, использование метода имитационного моделирования для планирования биологических экспериментов.

В рамках темы рассматривается принцип работы метода имитационного моделирования. Изучаются программные средства и компьютерные технологии, используемые для решения задач с помощью метода имитационного моделирования. Рассматривается практическая задача по планированию биологического эксперимента с помощью метода имитационного моделирования.

Тема 5. Бутстреп метод для анализа биологических данных, использование бутстреп метода для оценки параметров распределений при анализе биологических данных.

Рассматривается принцип работы бутстреп метода, изучаются программные средства для организации вычислений и тестирования статических гипотез с помощью бутстреп метода. Рассматривается практическая задача по оценке доверительных интервалов параметров распределении для биологических данных.

Тема 6. Использование бутстреп метода для тестирования статистических гипотез.

Рассматривается вопрос по решению задач, связанных с тестированием статистических гипотез с использованием бутстреп метода, рассматриваются вопросы связанные с применимостью и ограничениями метода. Решается практическая задача по оценке достоверности различий между параметрами распределений двух выборок биологических данных с помощью бутстреп метода.

Тема 7. Корреляционный анализ для оценки взаимосвязей при анализе биологических данных.

В рамках темы рассматриваются цели и задачи корреляционного анализа. Изучаются различные способы расчёта коэффициентов корреляция, параметрические и не параметрические способы расчетов достоверностей коэффициентов корреляций. Рассматриваются программные средства, применимые для расчетов коэффициентов корреляций.

Тема 8. Регрессионный анализ для определения закономерностей, определяющих взаимосвязи между биологическими величинами.

Изучаются цели и задачи регрессионного анализа. Рассматриваются различные варианты функциональных зависимостей, применимых для регрессионного анализа и описания взаимосвязей между выборками биологических данных. Рассматриваются программные средства и методы, применимые для регрессионного анализа и оценки достоверности регрессионных моделей.

Тема 9. Различные методы дисперсионного анализа, применяемые при анализе биологических данных.

В рамках темы рассматриваются параметрические и непараметрические методы, применяемые для дисперсионного анализа. Рассматривается практический пример использования методов дисперсионного анализа для биологических данных. Изучаются программные средства и методы, применимые для дисперсионного анализа.

Тема 10. Корреляционный анализ с применением бутстреп метода для анализа достоверностей корреляций.

Изучается возможность использования бутстреп метода для оценки достоверностей результата корреляционного анализа при сложных законах распределения сравниваемых случайных величин. Рассматриваются программные средства и методы для реализации анализа.

Тема 11. Регрессионный анализ с применением бутстреп метода для тестирования достоверности результатов анализа.

В рамках темы изучается возможность использования бутстреп метода для оценки достоверностей результата регрессионного анализа при сложных законах распределения сравниваемых случайных величин. Рассматриваются программные средства и методы для реализации анализа.

Тема 12. Анализ многомерных статических данных в биологии.

Изучаются вопросы, связанные с принципами организации многомерных статистических данных, рассматриваются различные программные методы манипуляции с многомерными, в том числе большими данными. Изучаются различные метрики дистанции, используемые для анализа сходства и различия биологических объектов, охарактеризованных многомерными статистическими данными.

Тема 13. Кластерный анализ с тестированием достоверности кластеризации с помощью бутстреп метода.

В рамках темы изучаются различные методы иерархической кластеризации многомерных данных и метод кластеризации данных К среднего. Изучаются программные средства, используемые для кластерного анализа. Рассматривается бутстреп метод для тестирования достоверности результатов кластеризации. Изучается практический пример кластерного анализа для биологических данных.

Тема 14. Метод многомерного шкалирования для анализа сложных биологических данных.

Изучается принцип работы метода многомерного шкалирования и возможности данного метода для систематизации и визуализации многомерных статистических данных. Рассматривается вопрос, связанный с применением метода многомерного шкалирования для оценки влияния внешних факторов на массив многомерных статистических данных. Изучаются программные средства, используемые для данного анализа. Рассматривается практический пример использования метода для анализа биологических данных

Тема 15. Методы машинного обучения в биологии.

В рамках темы рассматривается классификация методов машинного обучения. Изучаются программные и компьютерные технологии (в том числе технологии высокопроизводительных вычислений), используемых для реализации методов машинного обучения. Рассматривается практический пример использования метода машинного обучения – наивного Байесовского классификатора для анализа биологических данных.

Тема 16. Исследование биологических процессов с помощью методов теории дифференциальных уравнений и динамических систем.

Изучаются основы теории дифференциальных уравнений и динамических систем, применимых для описания сложных биологических процессов. Рассматриваются численные методы, используемые для анализа систем дифференциальных уравнений, изучаются программные средства, реализующие различные спектры этих численных методов. Приводятся примеры практического анализа биологических систем, описавших динамику популяций организмов и динамику эпидемических процессов.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)*
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1	Применение численных методов для решения уравнение и исследования функций одной или нескольких переменных. Исследование функций численными методами.	4	2	Письменная работа КСР	ОПК-6 ОПК-8
2	Тема 2	Типы распределений случайных величин, применимых при описании биологических данных, работа с математическими формулами,	4	2	Письменная работа КСР	ОПК-6 ОПК-8

		описывающими типы распределений случайных величин. Использование функция распределения для расчета вероятностей случайных величин				
3	Тема 3	Метод максимально правдоподобия в биологии, тестирования статистических гипотез с помощью метода максимального правдоподобия. Использование метода максимального правдоподобия в практических задачах.	4	2	Письменная работа КСР	ОПК-6 ОПК-8
4	Тема 4	Метод имитационного моделирования (метод «Монте-Карло») в биологии, использование метода имитационного моделирования для планирования биологических экспериментов. Использование метода имитационного моделирования для практического анализа данных	4	2	Письменная работа КСР	ОПК-6 ОПК-8
5	Тема 5	Бутстреп метод для анализа биологических данных, использование бутстреп метода для оценки параметров распределений при анализе биологических данных. Решение практических задач по анализу биологических данных бутстреп	4	2	Письменная работа КСР	ОПК-6 ОПК-8

		методом.				
6	Тема 6	Использование бутстреп метода для тестирования статистических гипотез. Решение практических задач, связанных с тестированием статистических гипотез бутстреп методом.	4	2	Письменная работа КСР	ОПК-6 ОПК-8
7	Тема 7	Корреляционный анализ для оценки взаимосвязей при анализе биологических данных. Решение практических задач по корреляционному анализу	4	2	Письменная работа КСР	ОПК-6 ОПК-8
8	Тема 8	Регрессионный анализ для определения закономерностей, определяющих взаимосвязи между биологическими величинами. Решение практических задач по регрессионному анализу.	4	2	Письменная работа опрос КСР	ОПК-6 ОПК-8
9	Тема 9	Различные методы дисперсионного анализа, применяемые при анализе биологических данных. Решение практических задач по применению дисперсионного анализа в биологии.	4	2	Письменная работа КСР	ОПК-6 ОПК-8
10	Тема 10	Корреляционный анализ с применением бутстреп метода для анализа достоверностей корреляций. Решение практических задач с использованием метода.	4	2	Письменная работа КСР	ОПК-6 ОПК-8
11	Тема 11	Регрессионный анализ	4	2	Письменная работа	ОПК-6

		с применением бутстреп метода для тестирования достоверности результатов анализа. Решение практических задач с использованием метода.			КСР	ОПК-8
12	Тема 12	Анализ многомерных статических данных в биологии. Решение практических задач по расчетам дистанций между векторами многомерных биологических данных	4	2	Письменная работа КСР	ОПК-6 ОПК-8
13	Тема 13	Кластерный анализ с тестированием достоверности кластеризации с помощью бутстреп метода. Решение практических задач по кластеризации биологических данных	4	2	Письменная работа КСР	ОПК-6 ОПК-8
14	Тема 14	Метод многомерного шкалирования для анализа сложных биологических данных. Решение практических задач по использованию метода.	4	2	Письменная работа КСР	ОПК-6 ОПК-8
15	Тема 15	Методы машинного обучения в биологии. Решение практических задач по кластеризации и систематизации сложных биологических данных.	4	2	Письменная работа КСР	ОПК-6 ОПК-8
16	Тема 16	Исследование биологических процессов с помощью методов теории дифференциальных уравнений и	6	2	Письменная работа опрос КСР	ОПК-6 ОПК-8

		динамических систем. Решение практических задач по разработке и исследованию систем дифференциальных уравнений, описывающих сложные биологические процессы				
--	--	--	--	--	--	--

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1.	Тема 8. Регрессионный анализ для определения закономерностей, определяющих взаимосвязи между биологическими величинами.	Самостоятельное изучение темы «Многомерный регрессионный анализ для оценки взаимосвязи между несколькими переменными». Подготовка доклада по теме.	ОПК-6 ОПК-8	<i>ИДК</i> ОПК-6.1 <i>ИДК</i> ОПК-6.2 <i>ИДК</i> ОПК-8.1 <i>ИДК</i> ОПК-8.2
2.	Тема 16. Исследование биологических процессов с помощью методов теории дифференциальных уравнений и динамических систем.	Самостоятельное изучение темы «Использование динамических моделей в виде систем дифференциальных уравнений в молекулярной биофизике – метод молекулярной динамики». Подготовка доклада по теме.	ОПК-6 ОПК-8	<i>ИДК</i> ОПК-6.1 <i>ИДК</i> ОПК-6.2 <i>ИДК</i> ОПК-8.1 <i>ИДК</i> ОПК-8.2

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов является составной частью учебного процесса и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям, и экзамену по предмету.

Для организации самостоятельной работы по дисциплине «Компьютерные технологии и моделирование в биологии» используются следующие формы самостоятельной учебной работы:

- Работа по изучению темы с использованием материалов практического занятия.
- Подбор, изучение, анализ рекомендованной литературы.
- Подготовка устных докладов по темам занятий
- Изучения тем занятий, вынесенных на самостоятельное изучение, подготовка устных докладов по темам.
- Самостоятельное изучение программного обеспечения для выполнения задач по анализу геномных и протеомных данных.
- Самостоятельное решения домашних задач по анализу геномных и протеомных данных на основе опыта, полученного на практических занятиях.
- Подготовка письменных отчетов по решению домашних задач.

Письменный отчет по решению домашних заданий – это отчет о выполнении домашнего задания по темам дисциплины, содержащий следующую информацию:

- Ф.И.О. номер группы магистранта;
- номер задания;
- формулировка задания;
- список программного обеспечения и интернет сервисов и баз данных, применяемых для решения задания с указанием параметров для запуска;
- описание результат решения задания с приведением таблиц и рисунков в соответствии с формулировкой задания.

Критерий оценки отчета по решению домашнего задания:

- Оценка «зачтено». Задание выполнено правильно и в полном объеме, все таблицы и графики согласно формулировке задания предоставлены в отчете.
- Оценка «не зачтено». Задание выполнено не правильно или не в полном объеме, вопрошается на переделку и доработку.

Устный доклад – это сообщение в течение 10-15 мин, в котором студент в лаконичной форме должен изложить материал по соответствующей теме, придерживаясь следующего плана: введение, основная часть, заключение. Доклад сопровождается презентацией, отражающей основные положения по соответствующей теме, включающей наглядные материалы (схемы, таблицы, фото и т.д.). По окончании доклада студенту задают вопросы, как преподаватель, так и студенты, на которые докладчик должен дать исчерпывающие ответы.

Критерии оценивания устного доклада:

- Оценка «отлично». В докладе полностью раскрыта тема, проанализировано современное состояние вопроса; студент свободно владеет материалом, излагает его логично, последовательно, лаконично, соблюдая основные правила культуры речи. Доклад сопровождается презентацией, которая отражает основные положения доклада, презентация составлена грамотно с соблюдением общих требований, правил шрифтового оформления, подачи графического материала, имеются ссылки на приведенные фото, рисунки, схемы и т.д., приводится список использованной литературы. При обсуждении доклада студент дает исчерпывающие, аргументированные, корректные ответы на вопросы.

- Оценка «хорошо». Тема раскрыта, приведено достаточное количество материала, но при этом материал в недостаточной степени проанализирован автором. Презентация не в полной степени соответствует общим требованиям. Ответы студента не на все вопросы являются исчерпывающими и аргументированными.

- Оценка «удовлетворительно». Тема раскрыта не полно, материал приведен как простая констатация фактов, не проанализирован, студент показывает поверхностные знания. Презентация частично соответствует установленным требованиям. При обсуждении доклада студент не всегда дает правильные, исчерпывающие ответы на задаваемые вопросы.

- Оценка «неудовлетворительно». Тема доклада не раскрыта, скудный объем приведенных материалов; презентация отсутствует. При обсуждении доклада студент не дает ответы или они не соответствуют заданным вопросам.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов): не предусмотрены учебным планом.

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) перечень литературы

1. Хаубольд Б. Введение в вычислительную биологию. Эволюционный подход / Б. Хаубольд, Т. Вие ; пер. с англ. С. В. Чудова ; ред. И. И. Артамонова. - Ижевск :

Регулярная и хаотическая динамика : Ин-т компьютер. исслед., 2011. - 455 с. - ISBN 978-5-4344-0014-5 (2 экз.)

2. Шипачев В.С. Высшая математика. Базовый курс [Текст] : учеб. пособие / В. С. Шипачев ; ред. А. Н. Тихонов. - 8-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во Юрайт, 2011. - 447 с. - ISBN 978-5-9916-0822-0. - ISBN 978-5-9692-0970-1 (10 экз.)

б) периодические издания

1. <https://www.matbio.org/> - сайт журнала «Математическая биология и биоинформатика».
2. <https://journal.r-project.org/> - сайт журнала по статистическим методам на R, «The R Journal».

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. <http://www.biometrika.tomsk.ru/> - электронный журнал «Биометрика» для медиков и биологов – сторонников доказательной биомедицины. Содержит большое количество статей и иных материалов, посвященных математическим моделям в биологии.
2. <http://www.dmb.biophys.msu.ru/models> - ресурс по динамическим моделям в биологии, модели динамики популяций.
3. http://www.apmath.spbu.ru/ru/staff/sokolov/files/sborka_poslednyaya.pdf - учебное пособие «Модели динамики популяций», автор С. В. Соколов.
4. <https://www.elibrary.ru> – электронная библиотека научных статей, монографии и материалов конференций, выпущенных Российскими учеными.
5. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/> - международная база данных научных статей и монографий, посвященная различным вопросам биологии.
6. <https://apps.webofknowledge.com> – международная база данных, индексирующая научные публикации в высокорейтинговых изданиях
7. <https://www.r-project.org/> - сайт проекта по R статистике
8. <http://qsar4u.com/pages/rtutorial.php> - Краткий курс "Введение в R и моделирование с R" (Pavel Polishchuk).
9. https://material.bits.vib.be/topics/metagenomics/tutorials/Ecology_Analysis_using_vegan/tutorial.html - учебник по использованию пакета «vegan» языка программирования R в экологическом анализе
10. <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vignettes/diversity-vegan.pdf> - учебное пособие, описывающее применение пакета «vegan» языка программирования R для расчетов показателей разнообразия.

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

- Аудитория для проведения занятий лабораторного типа. Компьютерный класс (учебная аудитория). Аудитория оборудована: специализированной (учебной) мебелью на 20 посадочных мест, доской меловой; оборудована техническими средствами обучения: Системный блок PentiumG850, Монитор BenQ G252HDA-1 шт.; Системный блокAthlon 2 X2 250, Монитор BenQ G252HDA – 8 шт.; Системный блок PentiumD 3.0GHz, Монитор Samsung 740N – 3 шт.; Моноблок IRU T2105P – 2 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор BenQG955 – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор BenQ GL2250 – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор Samsung T200 HD – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор Samsung T190N – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор Samsung 740N – 1 шт.; Проектор BenQ MX503; экран ScreenVtdiaEcot. С неограниченным доступом к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации, учебно-наглядными пособиями,

обеспечивающими тематические иллюстрации по дисциплине «Компьютерные технологии и моделирование в биологии» в количестве 8 шт., презентации по каждой теме программы.

- Компьютерный класс (учебная аудитория) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, организации самостоятельной работы. Аудитория оборудована: специализированной (учебной) мебелью на 20 посадочных мест, доской меловой; оборудована техническими средствами обучения: Системный блок PentiumG850, Монитор BenQ G252HDA-1 шт.; Системный блок Athlon 2 X2 250, Монитор BenQ G252HDA – 8 шт.; Системный блок PentiumD 3.0GHz, Монитор Samsung 740N – 3 шт.; Моноблок IRU T2105P – 2 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор BenQG955 – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор BenQ GL2250 – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор Samsung T200 HD – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор Samsung T190N – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор Samsung 740N – 1 шт.; с неограниченным доступом к сети Интернет; Проектор BenQ MX503; экран ScreenVtdiaEcot. Ноутбук Lenovo G580 – 1 шт. С неограниченным доступом к сети Интернет.

- Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Аудитория оборудована: специализированной мебелью на 11 посадочных мест; Шкаф для документов - 3 шт.; Сейф – 1 шт.; Шкаф-купе - 2 шт.; Принтер цв. Canon LBR-5050 Laser Printer; Принтер Canon LBP-3010; Ноутбук Lenovo G580 – 1 шт.

6.2. Программное обеспечение:

DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal (Windows 10 Education 32/64-bit (Russian) - Microsoft Imagine, Windows 7 Professional with Service Pack 1 32/64-bit (English) - Microsoft Imagine, Windows Server 2008 Enterprise and Standard without Hyper-V with SP2 32/64-bit (English) - Microsoft Imagine, Access 2016 32/64-bit (Russian) - Microsoft Imagine, Access 2010 32/64-bit (Russian) - Microsoft Imagine). Договор №03-016-14 от 30.10.2014г.

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition. 250-499. Форум Контракт №04-114-16 от 14ноября 2016г KES. Счет №РСЦЗ-000147 и АКТ от 23ноября 2016г Лиц. №1В08161103014721370444.

Microsoft Office Enterprise 2007 Russian Academic OPEN No Level. Номер Лицензии Microsoft 43364238.

Microsoft Windows XP Professional Russian Upgrade Academic OPEN No Level. Номер Лицензии Microsoft 41059241.

Office 365 профессиональный плюс для учащихся. Номер заказа: 36dde53d-7cdb-4cad-a87f-29b2a19c463e.

6.3. Технические и электронные средства:

Презентации по всем темам курса.

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации различных видов учебной работы дисциплины используются как стандартные методы обучения, так и интерактивные формы проведения занятий.

Стандартные методы обучения:

1. Информационная лекция.
2. Практические занятия, предназначенные для освоения студентами базовых методов анализа данных в физико-химической экологии.
3. Самостоятельная работа студентов.
4. Консультации преподавателя.
5. Подготовка ответов на контрольные вопросы.

6. Обучения с применением интерактивных форм образовательных технологий.
7. Кейс-метод – обучение в контексте моделируемой ситуации, воспроизводящей реальные условия научной деятельности (разбор конкретных ситуаций).
8. Информационно-коммуникационные образовательные технологии – лекция-визуализация, представление результатов деятельности (рефератов и отчетов) с использованием специализированных программных сред.
9. Интернет-технология – задействование образовательного портала ИГУ - educa.isu.ru для предоставления письменных отчетов по домашним работам.

Наименование тем занятий с использованием активных форм обучения:

	Тема занятия	Вид занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	Кол-во часов
1	Тема 1. Применение численных методов для решения уравнение и исследования функций одной или нескольких переменных.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	3
2	Тема 2. Типы распределений случайных величин, применимых при описании биологических данных, работа с математическими формулами, описывающими типы распределений случайных величин.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	4
3	Тема 3. Метод максимально правдоподобия в биологии, тестирования статических гипотез с помощью метода максимального правдоподобия.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	9
4	Тема 4. Метод имитационного моделирования (метод «Монте-Карло») в биологии, использование метода имитационного моделирования для планирования биологических экспериментов.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	9
5	Тема 5. Бутстреп метод для анализа биологических данных, использование	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	9

	бутстреп метода для оценки параметров распределений при анализе биологических данных.			
6	Тема 6. Использование бутстреп метода для тестирования статистических гипотез.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	9
7	Тема 7. Корреляционный анализ для оценки взаимосвязей при анализе биологических данных.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	9
8	Тема 8. Регрессионный анализ для определения закономерностей, определяющих взаимосвязи между биологическими величинами.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	9
9	Тема 9. Различные методы дисперсионного анализа, применяемые при анализе биологических данных.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	9
10	Тема 10. Корреляционный анализ с применением бутстреп метода для анализа достоверностей корреляций.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	5
11	Тема 11. Регрессионный анализ с применением бутстреп метода для тестирования достоверности результатов анализа.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	5
12	Тема 12. Анализ многомерных статических данных в биологии.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	5
13	Тема 13. Кластерный анализ с тестированием достоверности кластеризации с помощью бутстреп метода.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	5
14	Тема 14. Метод многомерного шкалирования для анализа сложных биологических данных.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	5
15	Тема 15. Методы машинного обучения в биологии.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	5
16	Тема 16. Исследование биологических процессов с	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на	6

	помощью методов теории дифференциальных уравнений и динамических систем.		образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	
Итого часов				106

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

В рамках дисциплины «Компьютерные технологии и моделирование в биологии» используются следующие формы текущего контроля:

- устный опрос;
- устный доклад по теме;
- письменная работа по решению домашних заданий;

Фонд оценочных средств включает:

- перечень тем докладов по темам дисциплины;
- задачи для самостоятельного домашнего решения;
- вопросы для зачета.

Назначение оценочных средств: выявить сформированность компетенции ОПК-6, ОПК-8 (см. п. III).

Перечень темы устных докладов

1. Тема 8. Многомерный линейный регрессионный анализа.
2. Тема 8. Многомерный нелинейный регрессионный анализ с помощью полиномиальной зависимости.
3. Тема 16. Модели молекулярной динамики в исследовании белковых молекул.
4. Тема 16. Модели молекулярной динамики в белок-белковых взаимодействиях.

Перечень домашних задания для самостоятельного выполнения

1. Тема 1. Решить с помощью численных методов задачу по нахождения максимумов, минимумов и нулей функций.
2. Тема 2. Вычислить с помощью среды программирования R вероятности попадания значений в числовой интервал для нормального, экспоненциального и логнормального распределения.
3. Тема 3. Определить с помощью метода максимального правдоподобия тип функции распределения, наиболее подходящий для описания закона распределения в исследуемой выборке.
4. Тема 4. Определить необходимый и достаточный размер выборки случайных величин в исследовании по планированию эксперимента с помощью метода имитационного моделирования.
5. Тема 5. Рассчитать доверительный интервала для среднего значения и стандартного отклонения с помощью бутстреп метода.
6. Тема 6. Определить достоверность различия между средними значениями и стандартными отклонениями в двух выборках с помощью бутстреп метода.
7. Тема 7. Определить тип распределения, выбрать способ расчета коэффициента корреляции и рассчитать коэффициент корреляции для двух выборок.
8. Тема 8. Провести регрессионный анализ для определения типа функции (регрессионной модели), описывающей зависимость между двумя выборками.
9. Тема 9. Оценить влияние внешних факторов на распределения значения в выборках данных с помощью дисперсионного анализа.

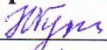
10. Тема 10. Рассчитать коэффициент корреляции между двумя выборками с оценкой достоверности бутстреп методом.
11. Тема 11. Провести регрессионный анализ для определения типа взаимосвязи между двумя выборками с оценкой достоверности бутстреп методом.
12. Тема 12. Оценить дистанция между векторами – массивами многомерных статистических данных с помощью евклидовой метрики и метрики Брея-Кертиса.
13. Тема 13. Провести кластерный анализ для массива многомерных статистических данных с оценкой достоверности кластеризации бутстреп методом.
14. Тема 14. Провести многомерное шкалирование и визуализацию результата для поиска закономерностей сходства и различия объектов, характеризуемых многомерными статистическими данными.
15. Тема 15. Провести охарактеризование объекта для отнесения его к одной из двух заданных групп с помощью наивного Байесовского классификатора.
16. Тема 16. Разработать и исследовать модель эпидемии COVID 19 в Иркутской области на основе данных реальных наблюдений начального периода с марта по конец мая 2020 года.

Примерный список вопросов для зачета

1. Решение систем нелинейных уравнений численными методами.
2. Исследование функций, заданных математическими формулами численными методами.
3. Понятие функции распределения и функции плотности вероятности распределения случайных величин.
4. Типы законов распределения, применимых для описания биологических случайных величин.
5. Метод максимального правдоподобия и его применение для выбора наиболее оптимальных законов распределения случайных величин.
6. Принцип метода имитационного моделирования.
7. Использование метода имитационного моделирования для планирования биологических экспериментов.
8. Бутстреп метод и его применение для оценки доверительных интервалов для средних значений выборок случайных величин.
9. Бутстреп метод для оценки доверительных интервалов для дисперсий выборок случайных величин.
10. Линейный корреляционный анализ, выбор способа расчета коэффициентов корреляций.
11. Регрессионный анализ, принцип выбора наиболее оптимальных функций для регрессионного анализа.
12. Дисперсионный анализ для определения влияния внешних факторов на спектры значений статистических величин.
13. Корреляционный анализ с применением бутстреп метода для оценки достоверностей коэффициентов корреляций.
14. Регрессионный анализ с применением бутстреп метода для оценки достоверности регрессионных функций.
15. Принцип организации многомерных статистических данных.
16. Различные метрики дистанций, применяемые в анализе многомерных статистических данных.
17. Кластерный анализ, методы кластеризации.
18. Оценка достоверности кластеризации с помощью бутстреп метода.
19. Метод многомерного шкалирования.
20. Оценка влияние внешних факторов на массив многомерных статистических данных с использованием метода многомерного шкалирования.

21. Классификации методов машинного обучения.
22. Наивный Байесовский классификатор и его использование для анализа биологических данных.
23. Принципы построения математических моделей с применением теории дифференциальных уравнений.
24. Теория динамических систем.
25. Дифференциальные уравнения для описания динамики популяции и эпидемических процессов.

Разработчик:

 доцент Букин Ю.С.
(подпись)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 06.04.01 Биология.

Программа рассмотрена на заседании кафедры физико-химической биологии, биоинженерии и биоинформатики 20.02.2023 г. протокол № 12.

Зав. кафедрой, д.б.н., профессор В.П. Саловарова 

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