



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
А. Н. Матвеев

« 12 » _____ 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: Б1.О.38 «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В БИОЛОГИИ»

Направление подготовки: 06.03.01 «Биология»

Направление подготовки: 06.03.01 «Биология», профили подготовки «Биохимия», «Зоология беспозвоночных», «Зоология позвоночных», «Микробиология», «Общая ботаника», «Физико-химическая биология и биотехнология», «Физиология»

Квалификация выпускника: Бакалавр

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

Согласовано с УМК биолого-почвенного факультета

Протокол № 8 от 12.08.21
Председатель А. Н. Матвеев

Рекомендовано кафедрой физико-химической биологии, биоинженерии и биоинформатики:

Протокол № 15 от 09.04.21
Зав. кафедрой В.П. Саловарова

Иркутск 2021 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	5
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	6
4.3 Содержание учебного материала	7
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	10
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов	10
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	11
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)	11
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	12
а) перечень литературы	12
б) периодические издания	12
в) периодические издания	15
г) список авторских методических разработок	15
д) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	15
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины	14
6.1. Учебно-лабораторное оборудование	14
6.2. Программное обеспечение	14
6.3. Технические и электронные средства обучения	15
VII. Образовательные технологии	15
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	15

I. Цель и задачи дисциплины:

Цель: Изучить основные методы статистического анализа эмпирического материала и оценки его достоверности, а также сформировать умения применять математическую статистику для выявления существующих закономерностей в различных областях биологии.

Задачи:

- сформировать общее представление о содержании, задачах и методах научно-обоснованных оценок результатов измерений в области биологических исследований;
- изучить математическую основу статистических алгоритмов, используемых в биологических исследованиях;
- овладеть основами теории вероятностей, ключевыми разделам математической статистики и методами обработки результатов исследований;
- освоить схемы составления репрезентативных выборок, научиться формулировать и проверять статистические гипотезы;
- сформировать навыки обработки статистических данных и интерпретации полученных результатов.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1. Учебная дисциплина Б1.О.38 «Математические методы в биологии» относится к обязательной части. Изучается на 3 курсе во пятом семестре.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами бакалавриата («Математика», «Общая биология», «Информатика и информационно-коммуникационные технологии»).

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: «Биофизика», «Большой практикум», «Учебная практика», «Производственная практика», выполнение ВКР.

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенции в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки 06.03.01 «Биология»:

ОПК-6: Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы физики, химии, наук о Земле и биологии, применять методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований, приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии.

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

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ОПК-6 Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы физики, химии, наук о Земле и биологии, применять методы математического анализа и	ИДК <i>опк 6.1</i> Знает основные концепции, методы и современные направления математики, физики, химии и наук о Земле, актуальные проблемы биологических наук и перспективы	Знать: ключевые понятия теории вероятности и математической статистики Уметь: производить статистическую обработку эмпирических результатов, устанавливать характер и тип распределения объектов с разными параметрами признака, выявлять изменчивость признака.

<p>моделирования, теоретических и экспериментальных исследований, приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии</p>	<p>междисциплинарных исследований.</p>	<p>Владеть: терминологией дисциплины, методами оценки численных значений характеристик измеряемых величин.</p>
	<p><i>ИДК ОПК 6.2</i> Умеет использовать навыки лабораторной работы и методы химии, физики, математического моделирования и математической статистики в профессиональной деятельности.</p>	<p>Знать: основные типы математических моделей, используемых в биологии; классические и современные статистические методы, используемые при нахождении эмпирических закономерностей. Уметь: оценивать значимость различия показателей в разных совокупностях, определять величину и направление связи между переменными, характеризующими признаки объектов совокупности Владеть: современными методами математической статистики, используемыми в биологических исследованиях.</p>
	<p><i>ИДК ОПК 6.3</i> Владеет методами статистического оценивания и проверки гипотез, прогнозирования перспектив и социальных последствий своей профессиональной деятельности.</p>	<p>Знать: критерии выбора наиболее оптимальных для данных исследований статистических методов, методы интерпретации результатов расчетов. Уметь: формулировать и проверять статистические гипотезы; использовать полученные знания и навыки для решения профессиональных задач. Владеть: пакетами прикладных программ для статистической обработки результатов исследований.</p>

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Из них реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий не менее 20% часов от аудиторной работы (11 часов)

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. Введение. Основные термины и определения.	5	10		4	2		4	Контрольные вопросы тестирование
2	Тема 2. Описательная статистика и вариационные ряды.	5	12		4	2		6	Контрольные вопросы Решение задач
3	Тема 3. Основы теории вероятности. Теоретические распределения	5	16		6	3		7	- « -
4	Тема 4. Сравнение статистических показателей	5	15		6	2		7	- « -
5	Тема 5. Измерение связи. Корреляционно-регрессионный анализ.	5	17		6	4		7	- « -

6	Тема 6. Сравнение распределений признака. Критерии согласия.	5	12		4	2		6	- « -
7	Тема 7. Многовыборочные методы. Дисперсионный анализ.		16		6	3		7	- « -

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.)		
5	Тема 1. Введение. Основные термины и определения.	Подготовка к контрольному опросу и тестированию	1-2	4	Контрольные вопросы тест	1, 2
5	Тема 2. Описательная статистика и вариационные ряды.	Подготовка к контрольному опросу Решение задач	3-4	6	Контрольные вопросы Задачи	1, 2
5	Тема 3. Основы теории вероятности. Теоретические распределения	Подготовка к контрольному опросу Решение задач	5-7	7	Контрольные вопросы Задачи	1, 2
5	Тема 4. Сравнение статистических показателей	Подготовка к контрольному опросу Решение задач	8-10	7	Контрольные вопросы Задачи	1, 2
5	Тема 5. Измерение связи. Корреляционно-регрессионный анализ.	Подготовка к контрольному опросу Решение задач	11-13	7	Контрольные вопросы Задачи	1, 2
5	Тема 6. Сравнение распределений признака. Критерии согласия.	Подготовка к контрольному опросу Решение задач	14-15	6	Контрольные вопросы Задачи	1, 2
5	Тема 7. Многовыборочные методы. Дисперсионный анализ.	Подготовка к контрольному опросу Решение задач	16-17	7	Контрольные вопросы Задачи	1, 2
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час) – 44						
Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (час) - 44						

4.3 Содержание учебного материала

Тема 1. Введение. Основные термины и определения

Необходимость применения математических методов к изучению биологических явлений. Методологические предпосылки правильного применения статистического метода в биологии. Классы задач и методы их решения в математической статистике. Понятия об однородности материала, точности и многократности измерений, репрезентативности выборки. Соотношение статистического метода с экспериментальным. Биологическая статистика и ее задачи. Deskриптивная и аналитическая статистика. Понятие статистической совокупности. Генеральная совокупность. Выборка. Объем совокупности. Методы рандомизации, как основа обеспечения репрезентативности выборки. Программное обеспечение, применяемое в статистическом анализе: оконно-кнопочные системы и статистические среды.

Тема 2. Описательная статистика и вариационные ряды

Систематизация варьирующих величин – составление вариационного ряда. Определение размаха варьирования. Ранжирование в случае прерывистой (дискретной) изменчивости, разбивка на классы в случае непрерывной изменчивости. Определение оптимального числа классов, расчет величины классового интервала. Систематизация в случае качественной (альтернативной) изменчивости. Полигон распределения, гистограмма распределения. Графическое изображение ряда, как метод анализа распределения.

Основные характеристики вариационного ряда. Характеристика центра распределения. Среднее арифметическое. Определение, значение и математические свойства. Мода и медиана. Характеристики вариации. Среднее квадратичное отклонение (стандартное отклонение). Дисперсия. Вариационный размах. Коэффициент асимметрии. Понятие о степенях свободы. Коэффициент вариации, определение и его значение как меры изменчивости. Особенности определения характеристик в случае разбивки вариационного ряда на классы. Квартили и перцентили. Представление характеристик вариационного ряда в виде гистограммы и box-plot. Планки погрешности, их смысл.

Особенности обработки вариационных рядов в случае малых выборок. Модификации формулы среднего квадратичного отклонения. Правила отбрасывания "выскакивающих" вариант.

Тема 3. Основы теории вероятности. Теоретические распределения

Случайные события. Понятие о вероятности случайного события. Классическое определение вероятности. Эмпирические (опытные, апостериорные) и теоретические (истинные, априорные) вероятности. Прямые и обратные вероятности. Независимые события. Теоремы сложения и умножения вероятностей.

Распределение вариант в вариационном ряду и закономерности распределения вероятностей. Нормальное распределение. Параметры нормального распределения: математическое ожидание и дисперсия. Нормированное отклонение. Дискретные теоретические распределения. Биноминальное распределение. Параметры биномиального распределения и методы их оценки. Распределение Пуассона. Критерии соответствия вариационных рядов теоретическим распределениям. Критерии Шапиро-Уилка и Колмогорова-Смирнова.

Оценка параметров генеральной совокупности. Понятие о доверительных вероятностях и уровнях значимости. Доверительные интервалы. Центральная предельная теорема. Стандартная ошибка, её значение для оценки математического ожидания генеральной совокупности. t-распределение.

Тема 4. Сравнение статистических показателей.

Возможность суждения о параметрах генеральной совокупности по характеристикам выборки. Сравнение средних арифметических двух выборок. Понятие о нулевой гипотезе. Параметрические критерии. t-критерий Стьюдента. Особенности сравнения средних арифметических в случае малых или неравновеликих выборок. Методы сравнения других

характеристик вариационных рядов. F-критерий Фишера. Непараметрические критерии: критерий Манна-Уитни (U-критерий). Интерпретации результатов расчетов по критическим значениям критериев и по уровню значимости.

Тема 5. Измерение связи. Корреляционно-регрессионный анализ.

Функциональная связь и коррелятивная изменчивость (сопряженная вариация). Понятие о двумерных случайных величинах. Измерение степени линейных корреляций. Составление таблиц. Коэффициент линейной корреляции Пирсона - критерий степени связи при двумерном нормальном распределении. Формулы и расчеты. Положительная и отрицательная корреляция. Оценка достоверности значимости корреляции. Непараметрическая корреляция: коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

Понятие о регрессии. Эмпирические линии регрессии. Сглаживание эмпирических линий регрессии. Метод скользящей средней. Типы функциональных зависимостей. Уравнение регрессии. Теоретическая линия регрессии. Метод наименьших квадратов. Коэффициент регрессии. Достоверность регрессионной модели и коэффициента регрессии. Сравнение коэффициентов регрессии. Связь между регрессией и корреляцией.

Тема 6. Сравнение распределений признака. Критерии согласия.

Сравнение фактических данных теоретически ожидаемым. Критерии согласия, общий принцип построения критериев согласия, состоятельность критерия согласия. Критерий χ^2 . Хи-квадрат распределение. Особенности метода и его ограничения. Поправка Йейтса. Схема расчета критерия. Четырехпольные и многопольные таблицы сопряженности. Сопоставление эмпирического и теоретического распределений. Критерий χ^2 для проверки гипотезы о независимости эмпирических распределений.

Тема 7. Дисперсионный анализ.

Дисперсионный анализ и её сущность. Общие предпосылки использования дисперсионного анализа. Теоретические основы дисперсионного анализа. Градации факторов и их характер. Схема варьирования при различии по одному фактору. Разное варьирование вариант и его характеристика. Суммы квадратов и их вычисление. Степени свободы. Общая схема дисперсионного анализа при различии по одному фактору. Схема варьирования при различии по двум факторам. Суммы квадратов степени свободы и их вычисление при двух факторах. Общая схема дисперсионного анализа при различии по двум факторам. Интерпретация результатов дисперсионного анализа.

Непараметрические аналоги: критерий Краскела-Уоллеса и PERMANOVA

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	Основные термины и определения статистики.	2		Контрольные вопросы	ОПК-6 <i>ИДК опк 6.1</i>
2	Тема 2	Описательная статистика и вариационные ряды.	2		Контрольные вопросы Задачи	ОПК-6 <i>ИДК опк 6.1</i> <i>ИДК опк 6.2</i> <i>ИДК опк6.3</i>
3	Тема 3	Теория вероятности. Критерии сравнения теоретических и эмпирических распределений	3		Контрольные вопросы Задачи	ОПК-6 <i>ИДК опк 6.1</i> <i>ИДК опк 6.2</i> <i>ИДК опк6.3</i>

4	Тема 4	Статистические критерии сравнения совокупностей	2		Контрольные вопросы Задачи	ОПК-6 ИДК <i>опк 6.1</i> ИДК <i>опк 6.2</i> ИДК <i>опк6.3</i>
5	Тема 5	Корреляционный анализ	2		Контрольные вопросы Задачи	ОПК-6 ИДК <i>опк 6.1</i> ИДК <i>опк 6.2</i> ИДК <i>опк6.3</i>
6	Тема 5	Регрессионный анализ	2		Контрольные вопросы Задачи	ОПК-6 ИДК <i>опк 6.1</i> ИДК <i>опк 6.2</i> ИДК <i>опк6.3</i>
7	Тема 6	Хи-квадрат	2		Контрольные вопросы Задачи	ОПК-6 ИДК <i>опк 6.1</i> ИДК <i>опк 6.2</i> ИДК <i>опк6.3</i>
8	Тема 7	Дисперсионный анализ	3		Контрольные вопросы Задачи	ОПК-6 ИДК <i>опк 6.1</i> ИДК <i>опк 6.2</i> ИДК <i>опк6.3</i>

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 1. Введение. Основные термины и определения.	1. КВ 1-10 2. Подготовка к тестированию по теме	ОПК-6	ОПК-6 ИДК <i>опк 6.1</i>
2.	Тема 2. Описательная статистика и вариационные ряды.	1. КВ 11-20 2. Решение задач разд. 1	ОПК-6	ОПК-6 ИДК <i>опк 6.1</i> ИДК <i>опк 6.2</i> ИДК <i>опк6.3</i>
3.	Тема 3. Основы теории вероятности. Теоретические распределения	1. КВ 21-30 2. Решение задач разд. 2	ОПК-6	ОПК-6 ИДК <i>опк 6.1</i> ИДК <i>опк 6.2</i> ИДК <i>опк6.3</i>
4.	Тема 4. Сравнение статистических показателей	1. КВ 31-40 2. Решение задач разд. 3	ОПК-6	ОПК-6 ИДК <i>опк 6.1</i> ИДК <i>опк 6.2</i> ИДК <i>опк6.3</i>
5.	Тема 5. Измерение связи. Корреляционно-регрессионный анализ.	1. КВ 41-60 2. Решение задач разд. 4	ОПК-6	ОПК-6 ИДК <i>опк 6.1</i> ИДК <i>опк 6.2</i> ИДК <i>опк6.3</i>
6.	Тема 6. Сравнение распределений признака. Критерии согласия.	1. КВ 61-70 2. Решение задач разд. 5	ОПК-6	ОПК-6 ИДК <i>опк 6.1</i> ИДК <i>опк 6.2</i> ИДК <i>опк6.3</i>
7.	Тема 7. Многовыборочные методы. Дисперсионный анализ.	1. КВ 71-80 2. Решение задач разд. 6	ОПК-6	ОПК-6 ИДК <i>опк 6.1</i> ИДК <i>опк 6.2</i> ИДК <i>опк6.3</i>

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студента преследует следующие цели:

- совершенствование навыков самообразовательной работы как основного пути повышения уровня образования;

- углубление и расширение знаний по предмету.

По дисциплине «Математические методы в биологии» предлагаются следующие формы самостоятельной работы:

- Работа над конспектом лекции;
- Углубленный анализ научно-методической литературы и изучение учебного материала, предусмотренного рабочей программой;
- Самостоятельное изучение отдельных вопросов, углубляющих лекционный материал;
- подготовка к контрольному опросу на лабораторных занятиях;
- решение задач и подготовка отчетов;
- подготовка к тестированию по отдельным разделам дисциплины
- подготовка к зачету.

Письменные работы. Для самостоятельного изучения тем рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу, а также источники, найденные при помощи информационно-справочных и поисковых. Для закрепления материала рекомендуется делать краткие конспекты по теме.

Содержание и форма отчета по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе должен включать следующие разделы:

1. Условия задачи.

2. Проверка выборок на соответствие теоретическим распределениям.

3. Обоснование выбора статистических критериев, процедура и результаты их применения по следующей схеме:

- Формулировка нулевой гипотезы
- Промежуточные и итоговые результаты расчетов.
- Интерпретация результатов – принимается или отвергается нулевая гипотеза на принятом уровне значимости.

4. Графический иллюстративный материал – по рисункам должны быть сделаны выводы.

5. Результаты дополнительной обработки выборок, если это требуется по условиям задачи (например, метод скользящей средней)

6. Общий вывод – ответ на вопрос задачи.

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

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература

1. Катмаков П.С. Биометрия [Электронный ресурс] : Учебное пособие / П. С. Катмаков, В. П. Гавриленко, А. В. Бушов. - 2-е изд., пер. и доп. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Издательство Юрайт, 2019. - 177 с. - ЭБС "Юрайт". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-534-10022
2. Лакин Г.Ф. Биометрия [Текст] : учеб. пособие для студ. биол. спец. вузов / Г. Ф. Лакин. - М. : Высш. шк., 1990. - 352 с. - ISBN 5-06-000471-6 (45 экз.)

б) дополнительная литература

1. Баврин И.И. Высшая математика: учебник / И.И. Баврин. – М.: Академия, 2010. – 616 с. (ISBN 978-5-7695-6838-1, 55 экз.)
2. Боровков А.А. Математическая статистика [Текст] : учебник / А. А. Боровков. - СПб. : Лань, 2010. - 703 с. - ISBN 978-5-8114-1013-2 (1 экз.)

3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст] : учеб. пособие для студ.вузов / В.Е. Гмурман. - 6-е изд.,стер. - М. : Высш.школа, 1998. - 479 с. - ISBN 506003464X (30 экз.)
4. Ефимов В. М. Многомерный анализ биологических данных [Электронный ресурс] : учеб.-метод. комплекс / В. М. Ефимов, В. Ю. Ковалева ; Томский гос. ун-т, Ин-т дистанц. образования. - Электрон. текстовые дан. - Томск : Изд-во ТГУ, 2008. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM)
5. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели / В.Д. Мятлев, Л.А. Панченко, Г.Ю. Ризниченко, А.Т. Терехин. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 320 с. (ISBN 978-5-7695-4704-1, 11 экз.)

в) периодические издания

«Математическая биология и биоинформатика», «Биофизика», «Биотехнология», «Известия РАН. Серия биологическая», «Микробиология», «Молекулярная биология», «Прикладная биохимия и микробиология»

г) список авторских методических разработок:

1. Биофизика: учебно-методическое пособие / А. А. Приставка, Г. В. Юринова, З. А. Ефременко, В. Л. Михайленко, В. П. Саловарова ; [под общ. ред. В. П. Саловаровой]. – Иркутск : Издательство ИГУ, 2021. – 1 электронный оптический диск
2. Физико-химические методы в биологии: теоретические и экспериментальные основы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Л. Михайленко [и др.]. - Электрон. текстовые дан., 5,34 Мб. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2018 . - эл. опт. диск (CD-ROM) - ISBN 978-5-9624-1622-9

д) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. <http://dmb.biophys.msu.ru> - Информационная система «Динамические модели в биологии», рассчитанная на широкий круг пользователей, включает в себя гипертекстовые документы и реляционные базы данных и обеспечивает унифицированный доступ к разнообразной информации по данной предметной области. справочный раздел содержит сведения о научных организациях и университетах России, в которых ведутся работы по математическому моделированию в биологии, персональную информацию о российских ученых, работающих в этой области и их трудах, аннотированный список международных и российских журналов, печатающих статьи по моделированию в биологии. Библиотека содержит библиографическую, аннотированную и полнотекстовую информацию по математическому моделированию биологических процессов, в том числе специально подготовленные электронные версии более 20 российских монографий и учебных пособий по математическим моделям в биологии.
2. <http://elibrary.ru/defaultx.asp> - Научная электронная библиотека, крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 12 млн научных статей и публикаций.
3. <http://tusearch.blogspot.com> - Поиск электронных книг, публикаций, законов, ГОСТов на сайтах научных электронных библиотек. В поисковике отобраны лучшие библиотеки, в большинстве которых можно скачать материалы в полном объеме без регистрации. В список включены библиотеки иностранных университетов и научных организаций.
4. <http://www.statsoft.ru/> - портал Statsoft, содержит электронный учебник по статистике, русский перевод электронной помощи к пакету программ Statistica, ссылки на литературу по статистике.

5. <http://zyurvas.narod.ru/glavrus.html> - сайт Жерновского Ю.В., содержит электронную библиотеку и ссылки на Web-ресурсы по теории вероятности и математической статистике.
6. mytwims.narod.ru - курс по теории вероятностей и математической статистике (Московский гос. авиационный институт);
7. teorver-online.narod.ru – учебник Манита А.Д. Теория вероятностей и математическая статистика (МГУ);
8. ЭБС «Издательство Лань». Адрес доступа <http://e.lanbook.com/>
9. ЭБС «Рукопт». Адрес доступа <http://rucont.ru/>
10. ЭБС «Айбукс». Адрес доступа <http://ibooks.ru>
11. ЭБС «Юрайт». Адрес доступа: <http://biblio-online.ru/>

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Аудитория для проведения занятий практического типа. Аудитория оборудована: *специализированной (учебной) мебелью* на 12 посадочных мест; оборудована *техническими средствами обучения*: Проектор Epson EB-X03, Экран ScreenMedia, Доска аудиторная меловая, магнитная, Лаборатория орган химии - Шкаф вытяжной АФ-221"- 2 шт., Химический шкаф (стеллаж) -1 шт., Лабораторный стол с выкатными тумбами – 5 шт., Холодильник «Минск» - 2шт., Аппарат для вертикального электрофореза – 1 шт., Вакуумный испаритель РВО-64 – 1 шт., Вольметр ВУ-15 – 1 шт., Дезинтегратор УД-20 – 1 шт., Измеритель ионных сопротивлений (импеданса) - 1 шт., Источник питания для электрофореза "Эльф" – 1 шт., Осциллограф универсальный двухлучевой С-55 – 1 шт., Термостат ТС-80 – 1 шт., Центрифуга К-24 – 1 шт., Центрифуга МПВ-310 – 1 шт. Ноутбук Lenovo G580 – 1 шт. служащими для представления учебной информации по дисциплине «Математические методы в биологии» *учебно-наглядными пособиями*, обеспечивающими тематические иллюстрации по дисциплине в виде презентации.

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 tium 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 и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Аудитория оборудована: *специализированной мебелью* на 8 посадочных мест; Вытяжной шкаф – 1шт., Ламинарный шкаф – 2 шт., Термостат ТС-80 – 2 шт., Лабораторный стол металлический – 3 шт., Лабораторный стол с резиновой поверхностью – 2 шт., Холодильник «Атлант» – 1шт. Микроскоп монокулярный – 8 шт, Микроскоп "Биолам"-1 шт., Стерилизатор паровой ВК-75 ПТ "ТЗМОИ" – 1шт., Пипетка автоматическая Ленпипет 0,5-10 м"-1 шт., Пипетка-дозатор"-1 шт., Микроскоп Levenhuk D870Т тринокуляр"-1 шт., Проектор Оверхед"-1 шт., Проектор View Sonic"-1 шт., Проектор View Sonic"-1 шт., Ноутбук Lenovo"-2 шт., Принтер Brother -1 шт., Принтер Canon -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.
- Past 4 – программный пакет для статистических расчетов (с бесплатным доступом)

6.3. Технические и электронные средства:

- Презентации по всем темам курса;
- Система электронного тестирования на базе образовательного портала Educa

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для освоения дисциплины «Математические методы в биологии» применяются следующие образовательные технологии:

- *Информационная лекция* - это сжатое изложение основных научных фактов, что является базой для анализа рассуждений, оценок.
- *Лекция-визуализация*. Учит студентов преобразовывать устную и письменную информацию в визуальную форму, что формирует у них профессиональное мышление за счет систематизации и выделения наиболее значимых, существенных элементов содержания обучения. Задача преподавателя использовать такие формы наглядности, которые не только дополняют словесную информацию, но и сами являются носителями информации (схемы, рисунки, слайды-презентации, и т.п.). Этот вид лекции лучше всего использовать на этапе введения студентов в новый раздел, тему дисциплины.
- *Лабораторные занятия* – занятия, нацеленные на формирование практических навыков с использованием вычислительных средств. Предназначены для углубления и закрепления теоретических знаний, развития навыков самостоятельного анализа эмпирического материала.
- *Коллоквиумы* – вид учебного занятия, проводимого с целью проверки и оценивания знаний учащихся. Коллоквиум может проводиться в форме индивидуальной беседы преподавателя со студентом или как массовый опрос. В ходе группового обсуждения студенты учатся высказывать свою точку зрения по определенному вопросу, защищать свое мнение, применяя знания, полученные на занятиях по предмету. В ходе коллоквиума также проверяются письменные работы студентов, проводится защита докладов.
- *Самостоятельная работа студентов* (см. п.4.4).
- *Дистанционные образовательные технологии*. Под дистанционными образовательными технологиями понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей. При освоении дисциплины «Математические методы в биологии» используется *компьютерные сетевые технологии* (интернет-технологии) – способ дистанционной

передачи информации, основанный на использовании глобальных и локальных компьютерных сетей для обеспечения доступа обучающихся к информационным образовательным ресурсам и для формирования совокупности методических, организационных, технических и программных средств реализации и управления учебным процессом независимо от места нахождения его субъектов. Для организации дистанционного обучения на основе этих технологий используется специализированное программное средство - образовательный портал ИГУ (educa.isu.ru).

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Оценочные материалы для входного контроля

Для входного контроля оценки уровня знаний студентов используется тестирование по некоторым разделам математики и биологии.

Демонстрационный вариант теста для входного контроля

1. Как изменится среднее арифметическое двух чисел, если одно из них увеличить на 1: а) увеличится на 0,5; б) увеличится на 1; в) уменьшится на 0,5; г) увеличится на 0,25;
2. Из колоды в 36 карт случайным образом одна за другой извлекают две карты. Определите вероятность того, что ими окажутся семерки: а) $1/36$; б) $1/9$; в) $8/9$; г) $35/36$
3. Используя таблицу генетического кода определите, какова вероятность, что случайная замена второго нуклеотида в триplete САС не будет сопровождаться заменой гистидина на другую аминокислоту?

Оценочные материалы текущего контроля

Оценочные материалы текущего контроля формируются в соответствии с ЛНА университета. В рамках дисциплины «Математические методы в биологии» используются следующие формы текущего контроля:

- устный опрос;
 - тестирование;
 - решение задач;
 - контроль самостоятельной работы.
- Фонд оценочных средств включает:
- тестовые задания по дисциплине;
 - контрольные вопросы;
 - задачи;
 - перечень вопросов для зачета.

Назначение оценочных средств: выявить сформированность компетенции ОПК-6 (см. п. III). Студенты, не выполнившие задания текущего контроля или получившие за них оценку «не удовлетворительно», до промежуточной аттестации не допускаются, пока не будут ликвидированы все задолженности.

Демонстрационные варианты тестов для текущего контроля

1. Множество отдельных отличающихся друг от друга и в то же время сходных в некоторых отношениях объектов называется:

а) вариацией; б) дисперсией; в) совокупностью; г) медианой.

2. Объемом совокупности называют:

а) различия в совокупности; б) вариацию совокупности; в) число единиц в совокупности; г) дисперсию совокупности.

Критерии оценки результатов тестирования:

- «Отлично»: Выполнение более 85% тестовых заданий
«Хорошо»: Выполнение от 71% до 85% тестовых заданий
«Удовлетворительно»: Выполнение от 60 до 70% тестовых заданий
«Неудовлетворительно»: Выполнение менее 60% тестовых заданий

Демонстрационные варианты задач для текущего контроля

Раздел 1.

Длина тела у 30 особей байкальского вида Большеголовая широколобка (в см):
14,3; 14,3; 12,8; 13,0; 14,3; 10,9; 15,7; 12,0; 11,9; 14,5; 13,8; 10,9; 14,8; 14,4; 12,0; 14,0; 14,0; 14,8;
15,3; 13,0; 13,8; 15,3; 13,5; 13,6; 15,0; 13,8; 13,0; 13,7; 13,5; 16,5

Постройте вариационный ряд и полигон распределения, найдите среднее арифметическое, вариационный размах, дисперсию, стандартное отклонение, коэффициент вариации, коэффициент асимметрии и медиану.

Раздел 2.

Определите вероятность того, что в семье из 6 детей: а) все 6 будут девочки; б) все дети будут одного пола; в) первые 5 детей будут девочками, а 6-й ребенок – мальчик.

Раздел 3.

Было изучено общее содержание азота в плазме крови крыс в возрасте 37 и 180 дней. Результаты выражены в граммах на 100 см³ плазмы.

В возрасте 37 дней: 0,98; 0,83; 0,99; 0,86; 0,90; 0,81; 0,94; 0,92; 0,87.

В возрасте 180 дней: 1,20; 1,18; 1,33; 1,21; 1,20; 1,07; 1,13; 1,12.

Установите достоверность различий между выборками.

Раздел 4.

Исследовалась взаимосвязь между высотой головы x и длиной 3-го членика усика y у *Drosophila funebris*. Для этого с помощью окуляр микрометра получены следующие данные по x и y (в делениях окуляр-микрометра). Что вы можете сказать о взаимосвязи признаков?

x : 15 16 15 15 16 16 17 18 18 17 17 17 15 16 15 15 15 17 15 13 15 14 17 15 16 15 15 16 15 16

y : 29 31 32 33 32 33 33 36 36 35 35 35 35 33 31 31 31 35 33 30 32 31 35 33 33 32 30 33 33 33

Раздел 5.

Проведена иммунизация детей против скарлатины новой вакциной. Результаты серии привитых и непривитых детей были следующими:

Группы	Число детей	
	заболевших	здоровых
С прививкой	6	653
Без прививки	90	628

Эффективна ли иммунизация?

Раздел 6.

Получены следующие данные о плодовитости мышей при облучении рентгеновскими лучами. Установите с помощью дисперсионного анализа, влияет ли облучение на плодовитость мышей.

Группы животных	Число мышат в помете
Контроль (без облучения)	8, 12, 11, 10
Доза 100 рад	8, 10, 7, 9
Доза 200 рад	7, 9, 6, 4

Критерии оценивания решения задач:

Оценка «отлично» выставляется, если задача решена правильно, в ходе решения продемонстрированы понимание метода решения, правильность использования категориального аппарата, способность интерпретировать результаты, приведено детальное и полное описание решения;

Оценка «хорошо» выставляется, если задача решена правильно, но студент затрудняется изложить и обосновать алгоритм решения и / или интерпретировать результаты расчетов;
Оценка «удовлетворительно» выставляется, если задача решена неправильно, но студент демонстрирует верный подход к проблеме, поставленной в задаче;
Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если задача решена неправильно или не решена вовсе.

Контрольные вопросы

1. Определите цели статистического исследования.
2. Перечислите основные виды задач, возникающие при статистическом исследовании объектов.
3. Перечислите основные этапы в становлении биологической статистики.
4. Какую информацию включают в себя статистические данные?
5. Что такое совокупность? Приведите примеры совокупностей в биологии.
6. Чем отличается выборочная совокупности от генеральной?
7. Что такое репрезентативная выборка?
8. Чем объем совокупности отличается от числа степеней свободы?
9. Что такое box-plot?
10. Что характеризуют планки погрешности на гистограмме?
11. Какой вид наблюдений называют вариационным рядом?
12. Перечислите принципы группировки данных при качественной дискретной и непрерывной изменчивости.
13. Какие графики используются для наглядного представления вариационного ряда?
14. Какие формулы используются для расчета средней арифметической?
15. Какие статистические характеристики используются для оценки варьирования изучаемого признака около средней арифметической?
16. Какая величина называется модой вариационного ряда?
17. В каком случае необходимо использовать моду или медиану для характеристики наиболее типичного значения варианта признака?
18. Что такое размах вариационного ряда, лимиты, мода и медиана?
19. Как определяется вариация и среднее квадратическое отклонение?
20. Что такое коэффициент вариации? В чем его отличие от среднего квадратического отклонения?
21. Приведите примеры биологических явлений, осуществление которых может быть оценено известной вероятностью.
22. Что представляет собой доверительная вероятность и доверительный интервал?
23. Что такое нормальная вариационная кривая? Каковы ее характеристики?
24. Охарактеризуйте термины «доверительные границы», «доверительный интервал».
25. Когда и с какой целью используется проверка статистических гипотез?
26. Какую гипотезу называют нулевой?
27. Какую гипотезу называют альтернативной?
28. Что такое уровень значимости? Укажите связь между уровнем значимости и вероятностью.
29. Какая из случайных величин служит для проверки гипотезы о нормальном законе распределения генеральной совокупности?
30. Какой критерий следует использовать при проверке гипотезы о нормальном распределении?
31. Какой критерий служит для сравнения двух средних нормально распределенных генеральных совокупностей?
32. В каких случаях используется критерий Стьюдента?
33. Поясните смысл критерия Фишера, приведите пример, когда он может применяться.
34. Каким образом определяется необходимый объем выборочной совокупности?
35. Что такое непараметрические критерии?

36. Укажите правила ранжирования значений признака совокупности при расчете U-критерия
37. Почему для сравнения выборок лучше одновременно использовать t- и F-критерии?
38. Если одна из сравниваемых выборок не соответствует закону нормального распределения, какой критерий сравнения правильнее использовать?
39. Если обе выборки соответствуют биномиальному распределению, какой критерий сравнения лучше использовать и почему?
40. Как формулируется нулевая гипотеза при сравнении выборочных совокупностей и как интерпретируются результаты расчетов?
41. Что представляет корреляционная зависимость? С какой целью она используется?
42. В чем состоят методы оценки коэффициента корреляции для генеральной совокупности?
43. Что такое положительная и отрицательная корреляция?
44. Как оценивается достоверность коэффициента корреляции?
45. Опишите виды зависимостей и методы их исследования.
46. Что такое индекс детерминации? Каков его математический смысл?
47. Чем отличаются коэффициенты корреляции r и r_s ? Что между ними общего?
48. Как формулируется нулевая гипотеза в корреляционном анализе?
49. Если корреляция недостоверна (отсутствует), имеет ли смысл проведение регрессионного анализа? Почему?
50. Имеются два значения коэффициентов корреляции: $r_1=0,65$ и $r_2=-0,85$. В каком случае взаимосвязь между признаками сильнее и почему?
51. В чем состоит сущность метода наименьших квадратов?
52. Как определяются коэффициенты уравнения регрессии?
53. В чем состоит сущность коэффициентов уравнения регрессии?
54. Когда имеет смысл строить уравнение линейной регрессии между изучаемыми признаками?
55. Перечислите виды регрессионных зависимостей
56. Опишите методы построения прогноза по модели регрессии.
57. Охарактеризуйте одностороннюю и двустороннюю регрессию.
58. Как определяется достоверность коэффициентов регрессии?
59. Для используется алгоритм сглаживания регрессионных зависимостей? Какие методы сглаживания вы знаете?
60. Можно ли экстраполировать теоретические линии регрессии за пределы диапазона эмпирических значений?
61. Что такое номинальные шкалы значений признака?
62. Что такое критерии согласия? В каких случаях они используются?
63. Перечислите самые популярные критерии согласия.
64. Что такое χ^2 – распределение? Каковы его закономерности?
65. Приведите примеры теоретических распределений в биологических системах, с которыми приходится сопоставлять эмпирические вариационные ряды.
66. Понятие вероятности и значимости в применении χ^2 .
67. В чем преимущества и каковы ограничения критерия χ^2 ?
68. Что такое поправка Йейтса? В каких случаях ее необходимо применять?
69. Что такое таблицы сопряженности?
70. В каких еще случаях, кроме сравнения распределения частот, можно использовать хи-квадрат.
71. Что такое многовыборочные тесты?
72. Для чего используется дисперсионный анализ?
73. По каким признакам подразделяют схемы дисперсионного анализа?
74. К каким методам (параметрическим или непараметрическим) относится дисперсионный анализ?

75. Из какого количества частных дисперсий, складывается общая дисперсия при четырехфакторном анализе?
76. Каким образом устанавливается достоверность влияния изучаемого фактора в дисперсионном анализе?
77. Как формулируется нулевая гипотеза при двухфакторном дисперсионном анализе?
78. Какими особенностями должны обладать исследуемые факторы, чтобы их влияние на изучаемый признак можно было оценивать с помощью дисперсионного анализа?
79. Почему показатель дисперсии в дисперсионном анализе обозначается как ms (а не s^2)?
80. Укажите недостатки дисперсионного анализа

Критерии оценивания ответов на контрольные вопросы:

- 1) полнота и правильность ответа;
- 2) степень осознанности, понимания изученного;
- 3) языковое оформление ответа.

Ответ оценивается на «отлично», если студент: полно излагает изученный материал, дает правильное определенное понятий; обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно составленные; излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.

Ответ оценивается на «хорошо», если студент даёт ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1-2 недочёта в последовательности и языковом оформлении излагаемого.

«Удовлетворительно» ставится, если студент обнаруживает знание и понимание основных положений темы, но при этом: излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке теорий; не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры; излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если ответ не удовлетворяет требованиям положительной оценки или студент отказывается отвечать на контрольные вопросы

Оценочные материалы для промежуточной аттестации в форме зачета

Форма промежуточной аттестации - **зачет**. Система оценивания по стобалльной шкале в соответствии с БРС Университета. ОС этого типа должны выявлять степень освоения теоретических знаний как базу для формирования компетенций, умения их применять в ситуациях, моделирующих профессиональную деятельность, а также сформированность компетенции ОПК-6, заявленной в п. III.

Примерный список вопросов к зачету

1. Математическая статистика. Цели, задачи, история развития. Необходимость применения в биологии.
2. Основные понятия статистики: вариация, совокупность, случайная переменная и т.д.
3. Репрезентативность выборки. Методы рандомизации.
4. Группировка данных. Составление вариационного ряда.
5. Графическое представление вариационного ряда для дискретной и непрерывной вариации.
6. Описательная статистика: среднее арифметическое, мода, медиана, стандартное отклонение, коэффициент асимметрии.
7. Степени свободы. Коэффициент вариации. Процентили.
8. Теория вероятности. Виды вероятностей.
9. Теоремы вероятностей.
10. Закономерности случайной вариации. Распределение вариантов в вариационном ряду.

11. Доверительная вероятность, доверительный интервал и уровень значимости. Степени свободы.
12. Нормальное распределение, его особенности и параметры.
13. Биноминальное распределение.
14. Распределение Пуассона.
15. Критерии χ^2 , особенности и область применения.
16. Нулевая гипотеза.
17. t-критерий Стьюдента.
18. F-критерий Фишера.
19. Критерий Манна-Уитни (U-критерий).
20. Корреляция и функциональная связь. Коэффициент корреляции.
21. Достоверность корреляции. Возможность отсутствия корреляции при наличии функциональной взаимосвязи между переменными.
22. Непараметрическая корреляция.
23. Регрессионный анализ. Связь между корреляцией и регрессией.
24. Линии регрессии и уравнения регрессии. Коэффициент регрессии.
25. Оценка достоверности теоретической регрессии.
26. Дисперсионный анализ, назначение и область применения.
27. Схема варьирования при различии по одному фактору.
28. Схема варьирования при различии по двум факторам.

Критерии оценки:

«Отлично»: ответ полный, отражающий большинство сторон рассматриваемого вопроса; в ответе грамотно используется терминология и даются определения; проведен анализ, сравнение и приведены конкретные примеры. Отсутствуют ошибки в формулировке терминов и оценке фактов.

«Хорошо»: в ответе отражена основная суть рассматриваемого вопроса; грамотно использована терминология; проведен анализ, сравнение и приведены примеры. Допускаются незначительные упущения фактов, незначительные ошибки в терминологии.

«Удовлетворительно»: студент выполнил задание, но при этом допустил принципиальные погрешности (незнание необходимой для данного вопроса теории, терминологии и фактологии).

«Неудовлетворительно»: при ответе студентом не выполнены требования, указанные для положительных отметок или студент отказывается отвечать на вопросы билета.

Разработчик:



(подпись)

доцент Приставка А.А.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 06.03.01 Биология.

Программа рассмотрена на заседании кафедры физико-химической биологии, биоинженерии и биоинформатики

« 9 » 04 2021г. Протокол № 15

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.