



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра физико-химической биологии, биоинженерии и биоинформатики



Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: Б1.О.45 «**МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**»

Специальность: 06.05.01 «Биоинженерия и биоинформатика»

Специализация: «Биоинженерия и биоинформатика»

Квалификация выпускника: биоинженер и биоинформатик

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

Согласовано с УМК биолого-почвенного
факультета
Протокол № 4 от 20.03.2024
Председатель А. Н. Матвеев

Рекомендовано кафедрой физико-химической
биологии, биоинженерии и биоинформатики
Протокол № 15 от 17.04.2024
Зав. кафедрой В. П. Соловарова

Иркутск 2024 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	7
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	14
а) перечень литературы	
б) периодические издания	
в) список авторских методических разработок	
г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы.....	
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины	17
6.1. Учебно-лабораторное оборудование	
6.2. Программное обеспечение	
6.3. Технические и электронные средства обучения	
VII. Образовательные технологии	20
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	21

I. Цель и задачи дисциплины:

Цель: Изучить основы и методы математического моделирования различных биологических процессов и систем для практического применения полученных знаний и навыков для решения профессиональных задач.

Задачи:

- изучить спектр математических методов, применяемый для моделирования биологических систем и биологических процессов;
- изучить способы математической формализации типовых биологических процессов с помощью алгебраических и дифференциальных уравнений и методов имитационного моделирования;
- изучить методы теории вероятностей и математической статистики, применимые при анализе биологических данных
- освоить методы аналитического и численного исследования математических моделей;
- ознакомиться с различными типовыми моделями биологических процессов и биологических систем и научиться исследовать их с помощью различных аналитических и численных методов;
- рассмотреть основные направления биологии, использующие математические модели для исследований закономерностей в биологических системах.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1. Учебная дисциплина Б1.О.45 «**Моделирование биологических процессов**» относится к обязательной части образовательной программы.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: «Математика», «Физика», «Информатика», «Иностранный язык».

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: выполнение ВКР.

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки 06.05.01 «Биоинженерия и биоинформатика», специализация «Биоинженерия и биоинформатика»:

ОПК-2: Способен использовать специализированные знания фундаментальных разделов математики, физики, химии и биологии для проведения исследований в области биоинженерии, биоинформатики и смежных дисциплин (модулей)

ОПК-3: Способен проводить экспериментальную работу с организмами и клетками, использовать физико-химические методы исследования макромолекул, математические методы обработки результатов биологических исследований

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

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ОПК-2 Способен использовать специализированные знания фундаментальных разделов математики, физики, химии и биологии для проведения исследований в области биоинженерии, биоинформатики и смежных дисциплин (модулей)	<i>ИДК ОПК-2.1</i> Демонстрирует специализированные знания в области фундаментальных разделов математики, физики, химии, биологии и перспективы междисциплинарных исследований	Знать: литературу по теме, владеть навыками анализа информации сети «интернет» для поиска и освоения новых методов анализа данных и информационных технологий, применимых при изучении физиологии, генетики и экологии биосистем. Уметь: выбирать оптимальные методы и программы для решения задач в области анализа биологической информации по разным разделам биологических дисциплин включающих физиологию, генетику и экологию на уровне организмов и биосистем. Владеть: методами построение сложных алгоритмов, принцип нисходящего программирования для анализа сложных биологических моделей и биосистем в физиологии, биохимии (метаболизме), генетики и экологии.
	<i>ИДК ОПК-2.2</i> Умеет использовать навыки проведения исследований в области биоинженерии, биоинформатики с учетом специализированных фундаментальных знаний	Знать: классификацию алгоритмов, основные типы алгоритмов, синтаксис базовых алгоритмов в языках программирования, процедуры и функции в языках программирования, базовые функции обработки и визуализации статистических данных и результатов моделирования научных экспериментов. Уметь: анализировать входные и выходные данные разрабатываемого алгоритма, производить отладку и тестирование разработанных алгоритмов описываемых биологических моделей и систем, научных экспериментов, обрабатывать и визуализировать статистические данные и результаты моделирования с помощью базовых средств языков программирования. Владеть: навыками анализа сложных данных в различных отраслях биологии и биоинформатики для планирования и проведения научных экспериментов.
	<i>ИДК ОПК-2.3</i> Владеет методами химии, физики и математического моделирования для проведения исследований в области биоинженерии, биоинформатики	Знать: классификацию основных типов математических моделей и математических функций для описания и исследования биологических систем и биологических процессов. Уметь: осуществлять интерпретацию результатов математического моделирования и математических расчетов. Владеть: методами анализа комплексных биологических данных с использованием

		различных вычислительных и численных методов
ОПК-3 Способен проводить экспериментальную работу с организмами и клетками, использовать физико-химические методы исследования макромолекул, математические методы обработки результатов биологических исследований	<i>ИДК ОПК-3.1</i> Проводит экспериментальную работу с организмами и клетками с использованием физико-химических методов исследования макромолекул	Знать: основные математические понятия и методы, применимые для анализа биологических систем и биологических данных, полученных при исследовании биологических объектов. Уметь: адекватно выбрать математический метод для описания биологических объектов и биологических процессов с учетом возможности применение современных вычислительных систем. Владеть: основными принципами формализации сложных биологических систем в виде математических моделей, анализируемых с помощью современного вычислительного оборудования.
	<i>ИДК ОПК-3.2</i> Демонстрирует практические навыки математических методов обработки результатов экспериментальных исследований	Знать: цель, основные задачи и области применения математических и статистических методов в рамках направления подготовки. Уметь: формализовать исследуемую биологическую систему и биологический процесс в виде математической модели, использовать биологические данные для проверки и тестирования математических моделей и анализа достоверностей результатов. Владеть: методами анализа и исследования разработанных математических моделей для описания различных биологических процессов и биосистем, методами тестирования достоверностей получаемых данных.
	<i>ИДК ОПК-3.3</i> Владеет опытом применения методов для исследования макромолекул, обработки результатов биологических исследований, прогнозирования перспектив и социальных последствий своей профессиональной деятельности.	Знать: особенности и основные свойства биологических систем, описываемых с помощью математических методов, методов кластеризации и систематизации биологических объектов. Уметь: выбирать адекватные методы для анализа биологических данных систематизации и кластеризации биологических объектов. Владеть: навыками совершенствования своих профессиональных качеств в области построения математических моделей и анализа и систематизации биологических данных.

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Из них реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий 54 часа.

Форма промежуточной аттестации: зачет.

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

№ п/н	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся , практическую подготовку и трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа	Форма текущего контроля успеваемости/ Форма промежуточной аттестации (по семестрам)		
					Контактная работа преподавателя с обучающимися						
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие/	Консультация				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	Тема 1. Методы линейной алгебры в биологических исследованиях.	8	7	2	1	2		4	KCP		
2	Тема 2. Понятие функция, математические методы исследований функций и их применения для описания биологических систем.	8	9	4	1	4		4	KCP		
3	Тема 3. Дифференциальные уравнения и системы уравнений, описание сложных биологических систем в виде дифференциальных уравнений.	8	7	2	1	2		4	KCP		
4	Тема 4. Численные методы интегрирования	8	9	2	1	2		6			

	дифференциальных уравнений.							
5	Тема 5. Теория вероятностей и ее применение для исследования биологических систем.	8	9	2	1	2		KCP
6	Тема 6. Методы математической статистики. Основы тестирования статистических гипотез при исследовании биологических данных.	8	9	2	1	2		KCP
7	Тема 7. Методы теории случайных процессов для описания биологических систем.	8	12	4	2	4		KCP
8	Тема 8. Имитационное компьютерное моделирование в биологии.	8	12	4	2	4		KCP
9	Тема 9. Простейшие математические модели биологических процессов, описываемые системами дифференциальными уравнениями с несколькими переменными.	8	12	4	2	4		KCP
10	Тема 10. Примеры математических моделей в генетике, эволюционной биологии, биохимии, экологии.	8	12	4	2	4		KCP

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.)		
8	Тема 1. Методы линейной алгебры в биологических исследованиях.	1. Разбор темы лекции и практического занятия. 2. Решение домашних задание по теме системы линейных и нелинейных уравнений.		1	4	KCP	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.)		
8	Тема 2. Понятие функция, математические методы исследований функций и их применения для описания биологических систем.	1. Разбор темы лекции и практического занятия. 2. Решение домашних задание по теме системы линейных и нелинейных уравнений.	2	4	KCP	- « -
8	Тема 3. Дифференциальные уравнения и системы уравнений, описание сложных биологических систем в виде дифференциальных уравнений.	1. Разбор темы лекции и практического занятия. 2. Решение домашних задание по теме системы линейных и нелинейных уравнений.	4	4	KCP	- « -
8	Тема 4. Численные методы интегрирования дифференциальных уравнений.	1. Разбор темы лекции и практического занятия. 2. Решение домашних задание по теме системы линейных и нелинейных уравнений.	5	6	KCP	- « -
8	Тема 5. Теория вероятностей и ее применение для исследования биологических систем.	1. Разбор темы лекции и практического занятия. 2. Решение домашних задание по теме системы линейных и нелинейных уравнений.	6	6	KCP	- « -

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
8	Тема 6. Методы математической статистики. Основы тестирования статистических гипотез при исследовании биологических данных.	1. Разбор темы лекции и практического занятия. 2. Решение домашних задание по теме системы линейных и нелинейных уравнений.	8	6	KCP	- « -
8	Тема 7. Методы теории случайных процессов для описания биологических систем.	1. Разбор темы лекции и практического занятия. 2. Решение домашних задание по теме системы линейных и нелинейных уравнений.	9	6	KCP	- « -
8	Тема 8. Имитационное компьютерное моделирование в биологии.	1. Разбор темы лекции и практического занятия. 2. Решение домашних задание по теме системы линейных и нелинейных уравнений.	10	6	KCP	- « -
8	Тема 9. Простейшие математические модели биологических процессов, описываемые системами дифференциальными уравнениями с несколькими переменными.	1. Разбор темы лекции и практического занятия. 2. Решение домашних задание по теме системы линейных и нелинейных уравнений.	11	6	KCP	- « -

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
8	Тема 10. Примеры математических моделей в генетике, эволюционной биологии, биохимии, экологии.	1. Разбор темы лекции и практического занятия. 2. Решение домашних задание по теме системы линейных и нелинейных уравнений.	13	6	KCP	- « -
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час) – 54						
Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий 54 часа.						

4.3 Содержание учебного материала

Тема 1. Методы линейной алгебры в биологических исследованиях. Данная тема предназначена для обучения студентов навыкам решения систем линейных и нелинейных уравнений аналитическими и численными методами. Рассматривается тема векторов в многомерном пространстве.

Тема 2. Понятие функция, математические методы исследований функций и их применения для описания биологических систем. Вводится понятие функции и функциональная зависимость. Рассматриваются примеры элементарных функций, их комбинаций для описания биологических процессов. Изучаются методы дифференциального и интегрального исчисления для исследования функций.

Тема 3. Дифференциальные уравнения и системы уравнений, описание сложных биологических систем в виде дифференциальных уравнений. Рассматриваются линейные, нелинейные дифференциальные уравнения и системы дифференциальных уравнений. Осваиваются методы аналитического и численного интегрирования дифференциальных уравнений. Рассматриваются различные классы задач по составлению дифференциальных уравнений для описания биологических систем.

Тема 4. Численные методы интегрирования дифференциальных уравнений. В рамках темы рассматривается метод Эйлера и метод Эйлера с пересчетом для численного интегрирования дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений. Рассматривается алгоритм реализации метода с помощью языков программирования высокого уровня. Изучается вопрос о точности численных методов для решения различных практических задач в области анализа биологических систем.

Тема 5. Теория вероятностей и ее применение для исследования биологических систем. Рассматриваются основные понятия теории вероятностей. Разбираются различные задачи на основные теоремы теории вероятностей. Вводится понятия закона распределения случайных чисел. Изучаются основные законы распределения случайных величин в биологии.

Тема 6. Методы математической статистики. Основы тестирования статистических гипотез при исследовании биологических данных. Водится понятие задачи, связанной с проверкой статистических гипотез. Рассматривается ряд простейших задач, связанных с проверкой и тестирование статистических гипотез. Изучаются аналитические численные методы (бутсрап анализ) для тестирования статистических гипотез.

Тема 7. Методы теории случайных процессов для описания биологических систем. В данное теме рассматриваются основание понятия теории случайных процессов. Приводятся приемы задач, связанных с исследованием биологических систем и биологических процессов методами теории случайных процессов

Тема 8. Имитационное компьютерное моделирование в биологии. Рассматриваются основные подходы имитационного моделирования. Изучается спектр биологических задач решаемых методом имитационного моделирования.

Тема 9. Простейшие математические модели биологических процессов, описываемые системами дифференциальными уравнениями с несколькими переменными. В рамках темы рассматриваются различные простейшие биологические

системы и модели (модели динамики популяций, модели эпидемических процессов, модели метаболизма и регуляции экспрессии генов), описываемые системами уравнений первого порядка, разрешенными относительно производной.

Тема 10. Примеры математических моделей в генетике, эволюционной биологии, биохимии, экологии. Рассматривается спектр сложных моделей биологических процессов и систем, исследуемых с помощью комплексного подхода, использующего разные математические методы: модели стохастических генетических процессов, модели эволюционной динамики, модели молекулярной динамики, модели квантов механических биологических процессов.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/н	№ раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочн ые средства	Формируемы е компетенции (индикаторы) *
			Всего часов	Из них практическа я подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1	Решение систем алгебраических линейных и нелинейных уравнений, составление систем алгебраических уравнений, описывающих биологические процессы, численные методы решения систем алгебраических уравнений	2	2	Опрос КСР	ОПК-2 <i>ИДК ПК 2.1</i> <i>ИДК ПК -2.2</i> <i>ИДК ПК -2.3</i> ОПК-3 <i>ИДК ПК 3.1</i> <i>ИДК ПК -3.2</i> <i>ИДК ПК -3.3</i>
2	Тема 2	Исследование функций с помощью методов математического анализа. Составление и исследование функций, описывающих биологические процессы	4	4	Опрос КСР	ОПК-2 <i>ИДК ПК 2.1</i> <i>ИДК ПК -2.2</i> <i>ИДК ПК -2.3</i> ОПК-3 <i>ИДК ПК 3.1</i> <i>ИДК ПК -3.2</i> <i>ИДК ПК -3.3</i>
3	Тема 3	Решение и исследование дифференциальных уравнений и систем дифференциальных	2	2	Опрос КСР	ОПК-2 <i>ИДК ПК 2.1</i> <i>ИДК ПК -2.2</i> <i>ИДК ПК -2.3</i>

		уравнений аналитическими методами				ОПК-3 <i>ИДК ПК 3.1</i> <i>ИДК ПК -3.2</i> <i>ИДК ПК -3.3</i>
4	Тема 4	Решение и исследование дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений численными методами	2	2	Опрос КСР	ОПК-2 <i>ИДК ПК 2.1</i> <i>ИДК ПК -2.2</i> <i>ИДК ПК -2.3</i> ОПК-3 <i>ИДК ПК 3.1</i> <i>ИДК ПК -3.2</i> <i>ИДК ПК -3.3</i>
5	Тема 5	Решение задач по теории вероятностей и законов распределений	2	2	Опрос КСР	ОПК-2 <i>ИДК ПК 2.1</i> <i>ИДК ПК -2.2</i> <i>ИДК ПК -2.3</i> ОПК-3 <i>ИДК ПК 3.1</i> <i>ИДК ПК -3.2</i> <i>ИДК ПК -3.3</i>
6	Тема 6	Решение задач по теме аналитические и численные методы тестирования статистических гипотез	2	2	Опрос КСР	ОПК-2 <i>ИДК ПК 2.1</i> <i>ИДК ПК -2.2</i> <i>ИДК ПК -2.3</i> ОПК-3 <i>ИДК ПК 3.1</i> <i>ИДК ПК -3.2</i> <i>ИДК ПК -3.3</i>
7	Тема 7	Решение задач по теме описание и исследование биологических систем методами теории случайных процессов.	4	4	Опрос КСР	ОПК-2 <i>ИДК ПК 2.1</i> <i>ИДК ПК -2.2</i> <i>ИДК ПК -2.3</i> ОПК-3 <i>ИДК ПК 3.1</i> <i>ИДК ПК -3.2</i> <i>ИДК ПК -3.3</i>
8	Тема 8	Решение задач по теме разработка и исследование имитационных моделей биологических процессов	4	4	Опрос КСР	ОПК-2 <i>ИДК ПК 2.1</i> <i>ИДК ПК -2.2</i> <i>ИДК ПК -2.3</i> ОПК-3 <i>ИДК ПК 3.1</i>

						<i>ИДК ПК -3.2</i> <i>ИДК ПК -3.3</i>
9	Тема 9	Решение задач по исследованию биологических систем, поведение которых описывается системами дифференциальных уравнений	4	4	Опрос КСР	<i>ОПК-2</i> <i>ИДК ПК 2.1</i> <i>ИДК ПК -2.2</i> <i>ИДК ПК -2.3</i> <i>ОПК-3</i> <i>ИДК ПК 3.1</i> <i>ИДК ПК -3.2</i> <i>ИДК ПК -3.3</i>
10	Тема 10	Исследование математических модели описывающих сложные генетические сети, регулирующие внутриклеточные процессы.	4	4	Опрос КСР	<i>ОПК-2</i> <i>ИДК ПК 2.1</i> <i>ИДК ПК -2.2</i> <i>ИДК ПК -2.3</i> <i>ОПК-3</i> <i>ИДК ПК 3.1</i> <i>ИДК ПК -3.2</i> <i>ИДК ПК -3.3</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 4. Решение и исследование дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений численными методами.	Самостоятельное изучение темы модель конкурентного исключения Гаузе с одним общим ресурсом и двумя конкурирующими видами. Подготовка отчета по решению самостоятельного задания по данной теме..	ОПК-2 ОПК-3	<i>ИДК ОПК-2.1</i> <i>ИДК ОПК-2.2</i> <i>ИДК ОПК-2.3</i> <i>ИДК ОПК-3.1</i> <i>ИДК ОПК-3.2</i> <i>ИДК ОПК-3.3</i>

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 зачету по предмету.

Для организации самостоятельной работы по дисциплине «Моделирование биологических процессов» используются следующие формы самостоятельной учебной работы:

- Работа по изучение темы с использованием материалов практического занятия.
- Подбор, изучение, анализ рекомендованной литературы.
- Изучения тем занятий, вынесенных на самостоятельное изучение, подготовка отчета по решению задач по темам, выносимы на самостоятельное изучение.

Самостоятельное решения домашних задач по анализу данных на основе опыта, полученного на практических занятиях.

- Подготовка письменных отчетов по решению домашних задач и загрузка отчетов на образовательный портал ИГУ.

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

- Ф.И.О. номер группы студента;

- номер задания;

- формулировка задания;

- описание хода решения задания;

- 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 неправильно или не в полном объеме, вопросится на переделку и доработку.

Подготовка к зачету в виде тестирования. К зачету в виде тестирования допускаются студенты, получившие зачеты по всем самостоятельным заданиям.

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

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) перечень литературы

1. Мятлев В.Д., Панченко Л.А., Ризниченко Г.Ю., Терехин А.Т. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели. изд.: Академия, 2009 г. 315 с. (Университетский учебник. Высшая математика и ее приложение в биологии) ISBN 978-5-7695-4704-1.+
2. Дамешек Л.Ю. Высшая математика [Текст]: учебное пособие для биологов. "Иркутский гос. ун-т". - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. - 213 с.: ил., табл.; 21 см.; ISBN 978-5-9624-0637-4+
3. 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». Содержит большое количество статей в pdf – формате.
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://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.
2. <http://www.jcbi.ru/> - сайт объединенного центра вычислительной биологии и биоинформатики

3. <http://mathmod.aspu.ru/> - Сайт совместной лаборатории Института математических проблем биологии Российской академии наук и Астраханского государственного университета
4. <http://www.exponenta.ru/> - образовательный математический сайт
5. <http://www.library.biophys.msu.ru/MathMod/BM.HTML> - книга Г.Ю. Ризниченко «Биология математическая»
6. <http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1156624&uri=index.htm> - Бейли Н.. Математика в биологии и медицине. – М.: Мир, 1970.
7. <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.
8. <http://www.library.biophys.msu.ru/FominBerk/main.htm> - Фомин С.В., Беркинблит М.Б. Математические проблемы в биологии. - М.: Гаука, 1973. - 200 с.
9. <https://www.elibrary.ru> – электронная библиотека научных статей, монографий и материалов конференций, выпущенных Российскими учеными.
10. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/> - международная база данных научных статей и монографий, посвященная различным вопросам биологии.
11. <https://apps.webofknowledge.com> – международная база данных, индексирующая научные публикации в высокорейтинговых изданиях

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 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.; 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 «Моделирование биопроцессов» 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 цвет. 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. Форус Контракт №04-114-16 от 14ноября 2016г KES. Счет №РСЦЗ-000147 и АКТ от 23ноября 2016г Лиц.№1B08161103014721370444.

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 и использованию математических методов с помощью методов математического анализа
3. Самостоятельная работа студентов (выполнение домашних заданий, выполнения домашних заданий по теме для самостоятельного изучения, подготовка к зачеты в виде теста).
4. Консультации преподавателя.

Дистанционные образовательные технологии. Под дистанционными образовательными технологиями понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей - интернет-технология – задействование образовательного портала ИГУ - educa.isu.ru для предоставления письменных отчетов по домашним работам.

Наименование тем занятий с использованием дистанционных образовательных технологий:

№	Тема занятия	Вид занятия	Дистанционная образовательная технология	Кол-во часов
1	Тема 1. Методы линейной алгебры в биологических исследованиях.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	4
2	Тема 2. Понятие функция, математические методы исследований функций и их применения для описания бионических систем.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	4
3	Тема 3. Дифференциальные уравнения и системы уравнений, описание сложных биологических систем в виде дифференциальных уравнений.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	4
4	Тема 4. Численные методы интегрирования дифференциальных уравнений.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	6
5	Тема 5. Теория вероятностей и ее применение для исследования биологических систем.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	6
6	Тема 6. Методы математической статистики. Основы тестирования статистических гипотез при исследовании биологических данных.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	6
7	Тема 7. Методы теории случайных процессов для описания биологических систем.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	6
8	Тема 8. Имитационное компьютерное моделирование в биологии.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	6
9	Тема 9. Простейшие математические модели биологических процессов, описываемые системами дифференциальными	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	6

	уравнениями с несколькими переменными.			
10	Тема 10. Примеры математических моделей в генетике, эволюционной биологии, биохимии, экологии.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educaisu.ru	6
Итого часов				54

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Входного контроля оценки уровня знаний студентов для данной дисциплины не предусмотрено.

Оценочные материалы текущего контроля

Оценочные материалы текущего контроля формируются в соответствии с ЛНА университета.

В рамках дисциплины «Моделирование биологических процессов» используются следующие формы текущего контроля:

- письменная работа по решению самостоятельных заданий (все формулировки заданий для самостоятельного решения с необходимыми сопроводительными материалами выложены на образовательном портале ИГУ в темах курса «Моделирование биологических процессов»);

Перечень посменных работ для самостоятельного выполнения по разделам – темам дисциплины.

Задание по теме 1:

Задание по теме 2:

Задание по теме 3:

Задание по теме 4:

Задание по теме 5:

Задание по теме 6:

Задание по теме 7:

Задание по теме 8:

Задание по теме 9:

Задание по теме 10:

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проходит в форме зачета (8 семестр), к которому допускаются студенты, выполнившие в полном объеме аудиторную нагрузку, самостоятельную работу. Студенты, имеющие задолженность, должны выполнить все обязательные виды деятельности.

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации включает:

- тестовые задания для зачета.

Назначение оценочных средств: выявить сформированность компетенций ОПК-2, ОПК-3 (см. п. III).

Тестовое задание включает два варианта по 20 вопросов по всем темам курса. К тесту допускаются студенты, сдавшие все домашние задания и получившие по каждому заданию зачет.

Критерий оценивания тестового задания для зачета

№	Тип задания	Критерии оценки	Результат оценивания
1	Задание закрытого типа на установление соответствие	Считается верным, если правильно установлены все соответствия (позиции одного столбца верно соотнесены с позициями другого столбца)	Полное совпадение с верным ответом – 1 балл Все остальные случаи – 0 баллов
2	Задание закрытого типа на установление последовательности	Считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр	Полное совпадение с верным ответом – 1 балл Все остальные случаи – 0 баллов
3	Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора	Считается верным, если правильно указана цифра (буква) правильного ответа и приведены корректные аргументы, используемые при выборе ответа	Полное совпадение с верным ответом – 1 балл Все остальные случаи – 0 баллов
4	Задание комбинированного типа с выбором нескольких верных ответов из четырех предложенных и обоснованием выбора	Считается верным, если правильно указаны цифры (буквы) правильного ответа и приведены корректные аргументы, используемые при выборе ответа	Полное совпадение с верным ответом – 1 балл Все остальные случаи – 0 баллов
5	Задание открытого типа с развернутым ответом	Считается верным, если ответ совпадает с эталонным ответом по содержанию и полноте	Полное соответствие эталонному ответу – 1 балл Все остальные случаи – 0 баллов

Система получения баллов за тестирование

Оценка	критерий
зачтено	15 и более баллов
Не зачтено	14 баллов и менее

Оценочные материалы для промежуточной аттестации (зачет)

Тестирование (Вариант 1).

Индекс и содержание формируемой компетенции	Индикаторы компетенций	Тестовые задания для промежуточной аттестации
<p>ОПК-2 Способен использовать специализированные знания фундаментальных разделов математики, физики, химии и биологии для проведения исследований в области биоинженерии, биоинформатики и смежных дисциплин (модулей)</p>	<p><i>ИДК ОПК-2.1</i> Демонстрирует специализированные знания в области фундаментальных разделов математики, физики, химии, биологии и перспективы междисциплинарных исследований</p>	<p>Задание комбинированного типа с выбором одного или нескольких верных ответов из четырех предложенных с аргументацией выбора</p> <p>Вопрос 1. Что представляет собой линейное уравнение с двумя переменными? a) Описание нелинейной динамики b) Уравнение прямой линии на плоскости c) Описание экспоненциального роста d) Уравнение параболы Ответ _____ Правильный ответ: b Аргументация: Линейное уравнение с двумя переменными задает прямую на координатной плоскости.</p>
	<p><i>ИДК ОПК-2.2</i> Умеет использовать навыки проведения исследований в области биоинженерии, биоинформатики с учетом специализированных фундаментальных знаний</p>	<p>Вопрос 2. Как называется функция, описывающая скорость изменения популяции по времени? a) Алгебраическая функция b) Производная c) Интеграл d) Модулятор Ответ _____ Правильный ответ: b Аргументация: Производная функции численности популяции по времени показывает скорость её изменения.</p>
	<p><i>ИДК ОПК-2.3</i> Владеет методами химии, физики и</p>	<p>Вопрос 3. Какой тип уравнений используется для описания взаимодействующих популяций? a) Алгебраические уравнения b) Линейные уравнения c) Дифференциальные уравнения d) Интегральные уравнения</p>

	математического моделирования для проведения исследований в области биоинженерии, биоинформатики	Ответ _____ Правильный ответ: с Аргументация: Взаимодействие популяций описывается через системы дифференциальных уравнений.
ОПК-3 Способен проводить экспериментальную работу с организмами и клетками, использовать физико-химические методы исследования макромолекул, математические методы обработки результатов биологических исследований	<i>ИДК ОПК-3.1</i> Проводит экспериментальную работу с организмами и клетками с использованием физико-химических методов исследования макромолекул	Вопрос 4. акой метод численного интегрирования основан на использовании линейного приближения? а) Метод Рунге-Кутты б) Метод Монте-Карло в) Метод Эйлера г) Метод Ньютона Ответ _____ Правильный ответ: с Аргументация: Метод Эйлера использует линейное приближение для расчета следующего значения функции.
	<i>ИДК ОПК-3.2</i> Демонстрирует практические навыки математических методов обработки результатов экспериментальных исследований	Вопрос 5. Какова вероятность выпадения «1» при броске честного кубика? а) 1/6 б) 1/2 в) 1/3 г) 1/4 Ответ _____ Правильный ответ: а Аргументация: У кубика 6 граней, каждая равновероятна.
	<i>ИДК ОПК-3.3</i> Владеет опытом применения методов для исследования	Вопрос 6. Как называется гипотеза, принимаемая по умолчанию в статистическом тестировании? а) Альтернативная б) Нулевая в) Основная г) Обратная Ответ: б Аргументация: Нулевая гипотеза предполагает отсутствие эффекта или различия и проверяется на статистическую значимость
		Вопрос 7. Какой процесс описывается как случайная величина, зависящая от времени? а) Статистическая дисперсия б) Гауссов процесс

	<p>макромолекул, обработки результатов биологических исследований, прогнозирования перспектив и социальных последствий своей профессиональной деятельности.</p> <p>c) Случайный процесс d) Плотность вероятности Ответ _____ Правильный ответ: с Аргументация: Случайный процесс — это множество случайных величин, зависящих от времени</p> <p>Вопрос 8. Что используется в имитационном моделировании для генерации случайных чисел? a) Интеграл b) Производная c) Генератор псевдослучайных чисел d) Дифференциальный оператор Ответ _____ Правильный ответ: c Аргументация: Генераторы псевдослучайных чисел — основа имитационного моделирования стохастических процессов.</p> <p>Вопрос 9. Какая модель описывает конкуренцию двух видов? a) Модель Лотки-Вольтерры b) Модель Хардди-Вайнберга c) Модель Монте-Карло d) Модель Эйлера Ответ _____ Правильный ответ: a Аргументация: Модель Лотки-Вольтерры описывает взаимодействие видов — хищник-жертва или конкуренция.</p> <p>Вопрос 10. Какое уравнение описывает динамику аллелей в популяции без мутаций и отбора? a) Уравнение Шрёдингера b) Уравнение Хардди-Вайнберга c) Уравнение Пуассона d) Уравнение Фишера Ответ _____ Правильный ответ: b Аргументация: Закон Хардди-Вайнберга — математическая модель популяционной генетики при идеальных условиях.</p>
--	--

Вопрос 11.

Как называется комбинация элементарных функций для моделирования биологического процесса?

- a) Функциональная группа
- b) Модельная система
- c) Композиция функций
- d) Биохимический каскад

Ответ _____

Правильный ответ: с

Аргументация: Композиция функций — это вложение одной функции в другую, применяемое при моделировании.

Вопрос 12.

Какой из методов решения дифференциальных уравнений является аналитическим?

- a) Метод Эйлера
- b) Метод Рунге-Кутты
- c) Метод разделения переменных
- d) Метод Монте-Карло

Ответ _____

Правильный ответ: с

Аргументация: Метод разделения переменных позволяет получить точное решение без приближений.

Вопрос 13.

Какой вид моделирования используют в биохимии для исследования динамики молекул?

- a) Дискретное моделирование
- b) Имитационное моделирование
- c) Квантово-механическое моделирование
- d) Стохастическое моделирование

Ответ _____

Правильный ответ: с

Аргументация: В биохимии молекулярная динамика часто включает квантово-механические расчеты.

Задание закрытого типа на установление соответствия

Вопрос 14.

Сопоставьте термин и определение:

- a) Метод Эйлера
- б) Начальные условия
- в) Общее решение

- г) Частное решение
1. Численный метод интегрирования дифференциальных уравнений
 2. Значения переменных в начальный момент времени
 3. Формула с произвольными постоянными, описывающая класс решений
 4. Конкретное решение, удовлетворяющее начальному условию

Ответ _____

Правильный ответ:

- а — 1
- б — 2
- в — 3
- г — 4

Вопрос 15.

Сопоставьте термин и определение:

- а) Математическое ожидание
 - б) Дисперсия
 - в) Нормальное распределение
 - г) р-значение
1. Среднее значение случайной величины
 2. Средний квадрат отклонения от среднего
 3. Колоколообразная функция плотности вероятности
 4. Вероятность наблюдаемого эффекта при верной нулевой гипотезе

Ответ _____

Правильный ответ:

- а — 1
- б — 2
- в — 3
- г — 4

Задание закрытого типа на установление последовательности

Вопрос 16.

Численное интегрирование методом Эйлера, реализация на языке программирования R.

Рассмотрим следующее дифференциальное уравнение первого порядка:

$$dy/dt = f(t, y) = -2 * y + t$$

с начальным условием:

$$y(0) = 1$$

Используя метод Эйлера, необходимо численно решить данное уравнение на интервале $[0, 5]$ с шагом $h = 0.1$.

	<p>Требуется выполнить следующие шаги в правильной последовательности (пронумеровать их от 1 до N): (Перемешайте представленные ниже шаги случайным образом перед выдачей их пользователю для усложнения задачи.)</p> <p>Шаги (В СЛУЧАЙНОМ ПОРЯДКЕ):</p> <p>A. <code>y[i+1] <- y[i] + h * f(t[i], y[i])</code> (Вычисление следующего значения y с использованием формулы метода Эйлера) B. <code>t <- seq(0, 5, by = h)</code> (Создание вектора значений времени t от 0 до 5 с шагом h) C. <code>h <- 0.1</code> (Определение размера шага h равного 0.1) D. <code>y <- numeric(length(t))</code> (Создание числового вектора y для хранения результатов численного решения, соответствующего размеру вектора t) E. <code>plot(t, y, type = "l", xlab = "t", ylab = "y(t)", main = "Численное решение dy/dt = -2y + t методом Эйлера")</code> (Визуализация полученного решения: построение графика зависимости $y(t)$) F. <code>y[1] <- 1</code> (Установка начального условия $y(0) = 1$ в первый элемент вектора y) G. <code>f <- function(t, y) { -2 * y + t }</code> (Определение функции $f(t, y)$, представляющей правую часть дифференциального уравнения) H. <code>for (i in 1:(length(t) - 1)) { ... }</code> (Начало цикла для итеративного вычисления значений y для каждого шага времени)</p> <p>Правильный ответ:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. C 2. B 3. D 4. F 5. G 6. H 7. A 8. E <p>Вопрос 17.</p> <p>Численное решение нелинейного уравнение построением графика функции в R Пусть необходимо найти приближенное решение нелинейного уравнения: $f(x) = x^3 - 2*x - 5 = 0$ графическим методом, используя язык программирования R. Предположим, что решение находится в интервале [1, 3].</p> <p>Ниже представлены фрагменты кода, необходимые для построения графика функции и визуального определения корня. Расположите эти фрагменты в правильной последовательности, чтобы получилась работающая программа на R.</p> <p>Фрагменты кода (В СЛУЧАЙНОМ ПОРЯДКЕ):</p> <p>A. <code>f <- function(x) { x^3 - 2*x - 5 }</code> B. <code>abline(h = 0, col = "red")</code></p>
--	---

	<p>C. plot(x, y, type = "l", xlab = "x", ylab = "f(x)", main = "Графическое решение уравнения $x^3 - 2x - 5 = 0$") D. x <- seq(1, 3, length.out = 100) E. y <- f(x)</p> <p>Требуется: Укажите правильную последовательность букв, соответствующих фрагментам кода, чтобы получить работающую программу, отображающую график функции и позволяющую визуально оценить корень уравнения.</p> <p>Правильный ответ: A, D, E, C, B</p> <p>Задание открытого типа с развернутым ответом</p> <p>Вопрос 18.</p> <p>Опишите принцип работы критерия Стьюдента для тестирования достоверности различий между средними значениями при неравных дисперсиях?</p> <p>Ответ:</p> <p>Когда дисперсии двух сравниваемых групп значительно отличаются (т.е., не выполняется предположение о гомогенности дисперсий), для проверки достоверности различий между средними значениями используется модификация t-критерия Стьюдента, известная как t-критерий Уэлча (Welch's t-test) или t-критерий с поправкой Уэлча. Принцип работы этого критерия практически такой же, как и у стандартного t-критерия, но с двумя ключевыми отличиями:</p> <ol style="list-style-type: none"> Формула для t-статистики: Формула немного отличается, чтобы учесть неравные дисперсии. Расчет степеней свободы (df): Расчет df также модифицирован, обычно приводит к нецелым значениям, и более сложный, чем для стандартного t-критерия. <p>Давайте рассмотрим подробнее:</p> <ol style="list-style-type: none"> Гипотезы: Гипотезы формулируются так же, как и в стандартном t-критерии: <ul style="list-style-type: none"> H0 (Нулевая гипотеза): Средние значения двух групп равны ($\mu_1 = \mu_2$). H1 (Альтернативная гипотеза): Средние значения двух групп не равны ($\mu_1 \neq \mu_2$) (двусторонняя) или $\mu_1 > \mu_2$ (односторонняя) или $\mu_1 < \mu_2$ (односторонняя). Расчет t-статистики (t-критерий Уэлча): Формула для t-статистики Уэлча выглядит следующим образом: $t = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) / \sqrt{(s_1^2 / n_1) + (s_2^2 / n_2)}$ где: <ul style="list-style-type: none"> \bar{x}_1 и \bar{x}_2 - средние значения первой и второй групп s_1^2 и s_2^2 - дисперсии первой и второй групп n_1 и n_2 - размеры выборок первой и второй групп <p>Ключевое отличие: В знаменателе используется <i>непосредственная оценка стандартной ошибки разницы между средними значениями</i>, рассчитанная на основе <i>индивидуальных дисперсий</i> каждой группы и размеров выборок, без объединения дисперсий в одну общую оценку (как делается в стандартном t-критерии).</p>
--	---

3. Расчет степеней свободы (df - t-критерий Уэлча):

Это наиболее сложное отличие. Степени свободы для t-критерия Уэлча вычисляются с использованием формулы,

известной как формула Велча-Саттертуэйта:

$$df = ((s1^2 / n1) + (s2^2 / n2))^2 / (((s1^2 / n1)^2 / (n1 - 1)) + ((s2^2 / n2)^2 / (n2 - 1)))$$

где:

- $s1^2$ и $s2^2$ - дисперсии первой и второй групп
- $n1$ и $n2$ - размеры выборок первой и второй групп

Важно отметить, что полученное значение df часто не является целым числом. В большинстве случаев его округляют до ближайшего целого числа, но некоторые статистические пакеты и калькуляторы используют не округленное значение для большей точности.

4. Определение p-значения:

После вычисления t-статистики и степеней свободы, p-значение определяется с использованием t-распределения с соответствующими степенями свободы. Этот шаг аналогичен стандартному t-критерию.

5. Принятие решения:

P-значение сравнивается с уровнем значимости (α), обычно 0.05.

- Если p-значение $\leq \alpha$: Нулевая гипотеза отклоняется. Делается вывод, что существует статистически значимая разница между средними значениями групп, даже при неравных дисперсиях.
- Если p-значение $> \alpha$: Нулевая гипотеза не отклоняется. Делается вывод о том, что нет достаточных оснований утверждать о наличии статистически значимой разницы между средними значениями групп при данном уровне значимости.

Вопрос 19.

Принцип построения уравнения Колмогорова для переходных вероятностей в теории случайных процессов?

Ответ:

Уравнение Колмогорова (точнее, прямое уравнение Колмогорова или уравнение Чепмена-Колмогорова) является фундаментальным уравнением в теории случайных процессов, описывающим эволюцию переходных вероятностей во времени. Оно выражает связь между вероятностью перехода системы из одного состояния в другое в разные моменты времени. Важно отметить, что существует два типа уравнений Колмогорова: прямое (forward) и обратное (backward). Здесь речь пойдет о прямом уравнении.

Общая идея:

Основная идея заключается в том, что переход из состояния i в состояние j в момент времени $t + \Delta t$ может произойти через любое промежуточное состояние k в момент времени t . То есть, система сначала переходит из состояния i в состояние k за время t , а затем из состояния k в состояние j за время Δt . Уравнение суммирует вероятности всех таких путей.

Основные понятия:

- Случайный процесс: Это семейство случайных величин $\{X_t, t \in T\}$, где t - параметр времени, а X_t - состояние системы в момент времени t . T может быть дискретным или непрерывным.
- Состояние: Значение, которое может принимать случайная величина X_t . Состояния могут быть дискретными

	<p>или непрерывными.</p> <ul style="list-style-type: none"> Переходная вероятность: Вероятность того, что система, находящаяся в состоянии i в момент времени s, перейдет в состояние j в момент времени t (где $t > s$). Обозначается как: <ul style="list-style-type: none"> $P(Xt = j Xs = i)$ или, более компактно, $Pij(s, t)$. Марковское свойство (отсутствие последействия): Будущее состояние процесса зависит только от текущего состояния и не зависит от прошлых состояний. Это критическое условие для применения уравнения Колмогорова. Формально: <ul style="list-style-type: none"> $P(Xt = j Xs = i, Xr = kr \text{ для всех } r < s) = P(Xt = j Xs = i)$ <p>Построение уравнения Чепмена-Колмогорова (основа для уравнения Колмогорова):</p> <p>Уравнение Чепмена-Колмогорова выражает связь между переходными вероятностями для трех моментов времени $s < u < t$:</p> $Pij(s, t) = \sum_k Pik(s, u) * Pkj(u, t) \quad (\text{для дискретных состояний})$ $Pij(s, t) = \int Pik(s, u) * Pkj(u, t) dk \quad (\text{для непрерывных состояний})$ <p>Где:</p> <ul style="list-style-type: none"> $Pij(s, t)$ - вероятность перехода из состояния i в состояние j за время $(t - s)$. $Pik(s, u)$ - вероятность перехода из состояния i в состояние k за время $(u - s)$. $Pkj(u, t)$ - вероятность перехода из состояния k в состояние j за время $(t - u)$. \sum_k или $\int dk$ - суммирование (или интегрирование) по всем возможным состояниям k. <p>Построение прямого уравнения Колмогорова (уравнение эволюции):</p> <p>Прямое уравнение Колмогорова получается из уравнения Чепмена-Колмогорова путем рассмотрения очень малого интервала времени Δt после момента времени t. Предполагается, что интенсивность переходов между состояниями известна.</p> <ol style="list-style-type: none"> Предположение о малом времени: Предполагаем, что Δt достаточно мало, чтобы за это время произошел только один переход (либо вообще не произошло переходов). Определение интенсивностей переходов: Вводим понятие интенсивности перехода $qij(t)$, которое представляет собой скорость, с которой система переходит из состояния i в состояние j в момент времени t. Формально: $qij(t) = \lim(\Delta t \rightarrow 0) [Pij(t, t + \Delta t) / \Delta t] \quad \text{для } i \neq j$ $qii(t) = \lim(\Delta t \rightarrow 0) [(Pii(t, t + \Delta t) - 1) / \Delta t]$ Разложение $Pij(t, t + \Delta t)$ в ряд Тейлора (или аналогичное представление): Используя предположение о малом Δt, мы можем аппроксимировать переходные вероятности: <ul style="list-style-type: none"> $Pij(t, t + \Delta t) \approx qij(t) * \Delta t \quad (\text{для } i \neq j)$ $Pii(t, t + \Delta t) \approx 1 + qii(t) * \Delta t$ Подстановка в уравнение Чепмена-Колмогорова: Подставляем эти аппроксимации в уравнение Чепмена-Колмогорова: $Pij(s, t + \Delta t) = \sum_k Pik(s, t) * Pkj(t, t + \Delta t)$ $Pij(s, t + \Delta t) \approx Pik(s, t) * (1 + qkk(t) * \Delta t) + \sum(k \neq j) Pik(s, t) * (qkj(t) * \Delta t)$ Перегруппировка и предел: Переносим $Pij(s, t)$ в левую часть, делим обе части на Δt и берем предел при $\Delta t \rightarrow 0$
--	---

		<p>0:</p> $10. [Pij(s, t + \Delta t) - Pij(s, t)] / \Delta t \approx \sum_{k \neq j} (k) P_{ik}(s, t) * q_{kj}(t) + P_{jj}(s, t) * q_{jj}(t)$ $11. \partial P_{ij}(s, t) / \partial t = \sum_k P_{ik}(s, t) * q_{kj}(t)$ <p>Вопрос 20.</p> <p>Имитационные модели для исследования процессов видеообразования?</p> <p>Ответ:</p> <p>Имитационные модели играют важную роль в исследовании процессов видеообразования, поскольку они позволяют исследователям экспериментировать с различными сценариями, параметрами и генетическими механизмами, которые сложно изучить в реальных популяциях или в контролируемых лабораторных условиях. Эти модели помогают понять, какие факторы могут приводить к дивергенции популяций и, в конечном итоге, к образованию новых видов.</p> <p>Вот основные типы имитационных моделей, используемых для изучения видеообразования:</p> <p>1. Индивидуально-ориентированные модели (Agent-Based Models, ABM):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Принцип работы: Эти модели имитируют поведение отдельных особей в популяции. Каждая особь обладает набором характеристик (генотип, фенотип, местоположение и т.д.) и правил поведения (размножение, миграция, взаимодействие с другими особями). Моделирование происходит дискретно во времени, и поведение каждой особи обновляется на каждом временном шаге. • Преимущества: <ul style="list-style-type: none"> ○ Позволяют моделировать сложные взаимодействия между особями и окружающей средой. ○ Легко включать различные типы генетических механизмов (мутации, рекомбинация, генетический дрейф). ○ Позволяют отслеживать генеалогию особей и анализировать структуру популяций. • Применение для исследования видеообразования: <ul style="list-style-type: none"> ○ Изучение роли географической изоляции (аллопатрическое видеообразование). ○ Исследование влияния экологического отбора (экологическое видеообразование). ○ Моделирование репродуктивной изоляции (пре- и пост-зиготические барьеры). ○ Анализ влияния полового отбора на дивергенцию популяций.
--	--	---

Тестирование (Вариант 2).

Индекс и содержание формируемой компетенции	Индикаторы компетенций	Тестовые задания для промежуточной аттестации
ОПК-2 Способен	ИДК ОПК-2.1 Демонстрирует	Задание комбинированного типа с выбором одного или нескольких верных ответов из четырех предложенных и аргументацией выбора

<p>использовать специализированные знания фундаментальных разделов математики, физики, химии и биологии для проведения исследований в области биоинженерии, биоинформатики и смежных дисциплин (модулей)</p>	<p>специализированные знания в области фундаментальных разделов математики, физики, химии, биологии и перспективы междисциплинарных исследований</p>	<p>Вопрос 1. Что такое определитель матрицы? a) Среднее значение вектора b) Характеристика обратимости матрицы c) Сумма диагональных элементов d) Скалярное произведение векторов Ответ: b Аргументация: Если определитель матрицы равен нулю, она необратима.</p> <p>Вопрос 2. Какая функция описывает экспоненциальный рост бактерий? a) $y = \sin(x)$ b) $y = x^2$ c) $y = e^x$ d) $y = \log(x)$ Ответ: c Аргументация: Экспоненциальный рост описывается функцией вида $y = e^{(kx)}$.</p> <p>Вопрос 3. Что такое начальное условие для дифференциального уравнения? a) Значение переменной b) Значение производной в начале c) Функция роста d) Диапазон времени Ответ: b Аргументация: Начальное условие задает значение функции или производной в начальный момент времени.</p> <p>Вопрос 4. В чем недостаток метода Эйлера? a) Сложная реализация b) Высокая точность c) Низкая точность при больших шагах d) Требует символьных вычислений Ответ: c Аргументация: Метод Эйлера точен лишь при малом шаге, иначе дает грубые ошибки.</p> <p>Вопрос 5. Какой закон распределения применим к числу мутаций на участке ДНК? a) Нормальный b) Равномерный</p>
ОПК-3	<i>ИДК ОПК-3.1</i>	

<p>Способен проводить экспериментальную работу с организмами и клетками, использовать физико-химические методы исследования макромолекул, математические методы обработки результатов биологических исследований</p>	<p>Проводит экспериментальную работу с организмами и клетками с использованием физико-химических методов исследования макромолекул</p>	<p>c) Пуассоновский d) Биномиальный Ответ: c Аргументация: Пуассоновское распределение описывает редкие случайные события, например, мутации. <i>Вопрос 6.</i> Какой метод статистики используется для проверки различий между средними двух групп? a) Регрессия b) Корреляция c) t-тест d) Кластеризация Ответ: c Аргументация: t-тест используется для проверки различий между двумя средними значениями. <i>Вопрос 7.</i> Какой процесс описывается уравнением Колмогорова? a) Нелинейная динамика b) Стохастический процесс c) Дифференцирование функции d) Упрощенное моделирование Ответ: b Аргументация: Уравнения Колмогорова описывают переходные вероятности в случайных процессах. <i>Вопрос 8.</i> Что является выходом имитационного моделирования? a) Абстрактная формула b) Статистическое распределение результатов c) График дифференциального уравнения d) Дифференциальная система Ответ: b Аргументация: Имитационное моделирование многократно повторяет процесс и анализирует распределение результатов. <i>Вопрос 9.</i> Какое уравнение описывает рост популяции с учетом ограничений среды? a) Экспоненциальное b) Логистическое c) Синусоидальное d) Линейное Ответ: b Аргументация: Логистическая модель учитывает ограниченность ресурсов и насыщение популяции. <i>Вопрос 10.</i></p>
	<p><i>ИДК ОПК-3.2</i> Демонстрирует практические навыки математических методов обработки результатов экспериментальных исследований</p>	<p>Аргументация: Уравнения Колмогорова описывают переходные вероятности в случайных процессах. <i>Вопрос 8.</i> Что является выходом имитационного моделирования? a) Абстрактная формула b) Статистическое распределение результатов c) График дифференциального уравнения d) Дифференциальная система Ответ: b Аргументация: Имитационное моделирование многократно повторяет процесс и анализирует распределение результатов. <i>Вопрос 9.</i> Какое уравнение описывает рост популяции с учетом ограничений среды? a) Экспоненциальное b) Логистическое c) Синусоидальное d) Линейное Ответ: b Аргументация: Логистическая модель учитывает ограниченность ресурсов и насыщение популяции. <i>Вопрос 10.</i></p>
	<p><i>ИДК ОПК-3.3</i> Владеет опытом применения методов для исследования макромолекул, обработки результатов биологических исследований, прогнозирования перспектив и социальных</p>	

	<p>последствий своей профессиональной деятельности.</p> <p>Какая модель используется для описания частоты аллелей с учетом мутации и отбора?</p> <p>a) Модель Монте-Карло b) Модель Рунге-Кутты c) Модель Кимуры d) Модель Хардди-Вайнберга</p> <p>Ответ: c</p> <p>Аргументация: Модель Кимуры учитывает мутации и отбор в популяционной генетике.</p> <p>Вопрос 11.</p> <p>Какая функция описывает поведение колебательной системы?</p> <p>a) Логарифмическая b) Синусоидальная c) Квадратичная d) Ступенчатая</p> <p>Ответ: b</p> <p>Аргументация: Колебания описываются синусом или косинусом во времени.</p> <p>Вопрос 12.</p> <p>Какой метод позволяет находить точные решения некоторых ОДУ?</p> <p>a) Метод Монте-Карло b) Метод разделения переменных c) Метод Эйлера d) Имитационное моделирование</p> <p>Ответ: b</p> <p>Аргументация: Разделение переменных позволяет аналитически решать некоторые дифференциальные уравнения.</p> <p>Вопрос 13.</p> <p>Какой метод моделирования используется для эволюционной динамики?</p> <p>a) Имитационное моделирование b) Системы линейных уравнений c) Теорема Байеса d) Уравнение Пуассона</p> <p>Ответ: a</p> <p>Аргументация: Имитационное моделирование помогает проследить эволюционные сценарии и динамику популяций.</p> <p>Задание закрытого типа на установление соответствия</p> <p>Задание закрытого типа на установление соответствия</p>
--	--

Вопрос 14.

Сопоставьте термин и определение:

- а) Ранг матрицы
- б) Определитель
- в) Собственные значения
- г) Линейная зависимость
 - Количество линейно независимых строк или столбцов матрицы
 - Число, характеризующее матрицу и определяющее её обратимость
 - Числа, при которых $Ax=\lambda x$, λ имеет ненулевое решение
 - Существование нетривиальной линейной комбинации векторов, дающей ноль

Ответ _____

Правильный ответ:

- а — 1
- б — 2
- в — 3
- г — 4

Вопрос 15.

Сопоставьте термин и определение:

- а) Производная
- б) Интеграл
- в) Периодическая функция
- г) Логарифм
 - Показывает скорость изменения функции
 - Вычисление площади под графиком функции
 - Значения функции повторяются через равные промежутки
 - Обратная функция к показательной

Ответ _____

Правильный ответ:

- а — 1
- б — 2
- в — 3
- г — 4

Задание закрытого типа на установление последовательности

Вопрос 16.

Численное интегрирование методом Эйлера с пересчетом, реализация на языке программирования R.

Предположим, вам необходимо численно решить следующее дифференциальное уравнение методом Эйлера в R:

$$dy/dx = f(x, y) = y * \cos(x)$$

с начальным условием:

$$y(0) = 0.5$$

Решение необходимо найти на интервале $[0, 10]$ с шагом $h = 0.05$.

Ниже представлены фрагменты кода, необходимые для решения этой задачи. Ваша задача - расположить эти фрагменты в правильной последовательности, чтобы получилась работающая программа на R, реализующая метод Эйлера и визуализирующую результат.

Фрагменты кода (В СЛУЧАЙНОМ ПОРЯДКЕ):

- A. `y <- numeric(length(x))`
- B. `plot(x, y, type="l", xlab="x", ylab="y(x)", main="Решение методом Эйлера")`
- C. `f <- function(x, y) { y * cos(x) }`
- D. `for (i in 1:(length(x)-1)) { y[i+1] <- y[i] + h * f(x[i], y[i]) }`
- E. `x <- seq(0, 10, by=h)`
- F. `h <- 0.05`
- G. `y[1] <- 0.5`

Требуется: Укажите правильную последовательность букв, соответствующих фрагментам кода, чтобы получить рабочую программу, реализующую метод Эйлера.

Правильный ответ: F, E, A, G, C, D, B

Вопрос 17.

Численное решение нелинейного уравнение построением графика функции в R.

Рассмотрим нелинейное уравнение:

$$g(x) = \sin(x) - x/3 = 0$$

Необходимо найти приближенное решение этого уравнения графическим методом с использованием R. Известно, что один из корней находится в окрестности $x = 2$. Для этого необходимо построить график функции на интервале, позволяющем визуально определить этот корень.

Ниже представлены фрагменты кода, необходимые для построения графика функции $g(x)$ в R. Ваша задача - расположить их в правильной последовательности, чтобы получить график, позволяющий визуально оценить корень уравнения $g(x) = 0$.

Фрагменты кода (В СЛУЧАЙНОМ ПОРЯДКЕ):

- A. `x <- seq(0, 4*pi, length.out = 200) # Создаем вектор x для построения графика`
- B. `y <- g(x) # Вычисляем значения функции g(x)`
- C. `plot(x, y, type="l", xlab="x", ylab="g(x)", main="Графическое решение sin(x) - x/3 = 0") # Строим график функции`
- D. `abline(h=0, col="blue", lty=2) # Добавляем горизонтальную линию y=0 для визуализации корней`

E. g <- function(x) { sin(x) - x/3 } # Определяем функцию g(x)
Требуется: Укажите правильную последовательность букв, соответствующих фрагментам кода, чтобы получить график функции $g(x)$ с линией $y=0$, позволяющий оценить корень уравнения.
Правильный ответ: E, A, B, C, D

Задание открытого типа с развернутым ответом

Вопрос 18.

Опишите принцип работы критерия Стьюдента для тестирования достоверности различий между средними значениями при равных дисперсиях?

Ответ:

Критерий Стьюдента (t-критерий) используется для определения, существует ли статистически значимая разница между средними значениями двух групп. Он основан на оценке отношения между величиной разницы между средними значениями и величиной внутригрупповой изменчивости. Чем больше разница между средними и чем меньше изменчивость внутри групп, тем больше вероятность, что разница статистически значима (не случайна). Вот основные принципы работы критерия Стьюдента:

1. Формулирование гипотез:

- Нулевая гипотеза (H_0): Предполагает отсутствие различий между средними значениями двух групп. ($\mu_1 = \mu_2$)
- Альтернативная гипотеза (H_1): Утверждает наличие различий между средними значениями двух групп. Альтернативная гипотеза может быть двусторонней ($\mu_1 \neq \mu_2$) или односторонней ($\mu_1 > \mu_2$ или $\mu_1 < \mu_2$), в зависимости от того, предполагаем ли мы просто различие или различие в определенном направлении.

2. Расчет статистики t (t-статистика):

Критерий Стьюдента вычисляет t-статистику, которая представляет собой отношение разницы между средними значениями двух групп к стандартной ошибке разницы. Формула для t-статистики зависит от того, какой вариант t-критерия используется:

- Независимый t-критерий (для двух независимых групп):
$$t = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) / s_{\text{pooled}} * \sqrt{1/n_1 + 1/n_2}$$

где: * \bar{x}_1 и \bar{x}_2 - средние значения первой и второй групп * s_{pooled} - объединенная оценка стандартного отклонения (предполагается равенство дисперсий) или скорректированная оценка, если дисперсии не равны (например, t-критерий Уэлча). * n_1 и n_2 - размеры выборок первой и второй групп

- Парный t-критерий (для двух зависимых групп - например, "до" и "после" для одной и той же группы):
$$t = \bar{x}_{\text{diff}} / (s_{\text{diff}} / \sqrt{n})$$
 где: * \bar{x}_{diff} - среднее значение разности между парными наблюдениями * s_{diff} - стандартное отклонение разности между парными наблюдениями * n - количество пар

3. Определение степеней свободы (df):

Степени свободы определяют форму t-распределения, которое используется для оценки p-значения.

- Независимый t-критерий:

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Если дисперсии считаются равными: $df = n_1 + n_2 - 2$ ○ Если дисперсии не считаются равными (<i>t</i>-критерий Уэлча): расчет df более сложный и обычно округляется до ближайшего целого числа. • Парный <i>t</i>-критерий: $df = n - 1$, где n - количество пар. <p>4. Определение р-значения:</p> <p>Р-значение (probability value) - это вероятность получить наблюдаемую разницу между средними значениями (или еще более экстремальную), при условии, что нулевая гипотеза верна. Р-значение находится с использованием <i>t</i>-статистики и степеней свободы, обращаясь к <i>t</i>-распределению.</p> <p>5. Принятие решения:</p> <p>Р-значение сравнивается с заранее выбранным уровнем значимости (α), обычно 0.05.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Если р-значение $\leq \alpha$: Нулевая гипотеза отклоняется. Делается вывод о том, что существует статистически значимая разница между средними значениями групп. • Если р-значение $> \alpha$: Нулевая гипотеза не отклоняется. Делается вывод о том, что нет достаточных оснований утверждать о наличии статистически значимой разницы между средними значениями групп. Это <i>не</i> означает, что разницы нет, это означает, что у нас недостаточно доказательств для ее подтверждения на данном уровне значимости. <p>Вопрос 19.</p> <p>Модель Джукса-Кантора накопления мутаций, объяснения принципа работы с точки зрения теории случайных процессов?</p> <p>Ответ:</p> <p>Модель Джукса-Кантора (Jukes-Cantor model) - это самая простая модель эволюции последовательностей ДНК. С точки зрения теории случайных процессов, она представляет собой непрерывный во времени, однородный марковский процесс на дискретном пространстве состояний, где состояниями являются четыре нуклеотида: А, С, Г и Т.</p> <p>Основные принципы модели Джукса-Кантора (JC69):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Состояния: Модель рассматривает каждый сайт (позицию) в последовательности ДНК как независимую случайную величину, которая может находиться в одном из четырех состояний: А, С, Г или Т. • Марковское свойство: Состояние сайта в будущем зависит только от его текущего состояния и не зависит от его прошлых состояний. • Однородность во времени: Вероятность замены нуклеотида не зависит от времени. Скорость мутаций постоянна на протяжении всего времени эволюции. • Однаковая вероятность замены: Любой нуклеотид имеет одинаковую вероятность быть замененным на любой из трех других нуклеотидов. Другими словами, все замены равновероятны. • Непрерывное время: Эволюция происходит непрерывно во времени. <p>Представление как марковского процесса:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Пространство состояний: $S = \{A, C, G, T\}$ (четыре нуклеотида).
--	--

- Время: t (непрерывное время, обычно измеряемое в единицах времени эволюции).
- Переходные вероятности: $P_{ij}(t)$ - вероятность того, что нуклеотид i будет заменен на нуклеотид j за время t .
- Матрица интенсивностей (Q-матрица): Это ключевой элемент, описывающий скорости переходов между состояниями. В модели Джукса-Кантора она имеет следующий вид:

$$\begin{matrix} & A & C & G & T \\ A & -3\mu & \mu & \mu & \mu \\ C & \mu & -3\mu & \mu & \mu \\ G & \mu & \mu & -3\mu & \mu \\ T & \mu & \mu & \mu & -3\mu \end{matrix}$$

Где:

- μ (мю) - это скорость мутации, общая для всех замен.
- $q_{ij} = \mu$ для $i \neq j$ (скорость замены нуклеотида i на нуклеотид j).
- $q_{ii} = -3\mu$ (диагональные элементы), которые соответствуют сумме скоростей выхода из состояния i . Отрицательное значение необходимо, чтобы строки матрицы в сумме давали 0.

Уравнение Колмогорова (прямое уравнение) для модели Джукса-Кантора:

Как и в общих марковских процессах, эволюцию переходных вероятностей в модели JC69 можно описать с помощью прямого уравнения Колмогорова:

$$dP(t)/dt = P(t) * Q$$

Где:

- $P(t)$ - матрица переходных вероятностей в момент времени t . Элемент (i, j) этой матрицы - $P_{ij}(t)$.
- Q - матрица интенсивностей, описанная выше.

Решение уравнения Колмогорова для модели Джукса-Кантора:

Решение этого матричного дифференциального уравнения дает формулы для переходных вероятностей:

$$P_{ij}(t) = 0.25 + 0.75 * \exp(-4\mu t) \quad (\text{если } i = j) \quad (\text{вероятность остаться в том же состоянии})$$

$$P_{ij}(t) = 0.25 - 0.25 * \exp(-4\mu t) \quad (\text{если } i \neq j) \quad (\text{вероятность замены на другой нуклеотид})$$

Эти формулы показывают, что:

- Со временем вероятность остаться в том же состоянии ($P_{ii}(t)$) уменьшается, приближаясь к 0.25 (вероятность случайного выбора этого нуклеотида).
- Со временем вероятность замены на другой нуклеотид ($P_{ij}(t), i \neq j$) увеличивается, также приближаясь к 0.25.
- В конечном итоге, система достигает равновесия, где каждый нуклеотид встречается с вероятностью 0.25.

Расстояние Джукса-Кантора:

Наблюдая за количеством различий между двумя последовательностями ДНК, мы можем оценить время (или эволюционное расстояние) между ними. Однако наблюдаемое количество различий (r) недооценивает истинное количество замен, поскольку некоторые позиции могли мутировать несколько раз. Модель Джукса-Кантора

	<p>позволяет скорректировать эту недооценку.</p> <p>Эволюционное расстояние d (количество замен на сайт) оценивается как:</p> $d = -3/4 * \ln(1 - 4/3 * p)$ <p>Где:</p> <ul style="list-style-type: none"> • p - доля сайтов, где последовательности различаются (наблюдаемое расстояние). • d - скорректированное расстояние (Джукса-Кантора). <p>Вопрос 20.</p> <p>Имитационные модели при исследовании процессов динамики популяций?</p> <p>Ответ:</p> <p>Имитационные модели играют ключевую роль в исследовании динамики популяций, предоставляя мощный инструмент для понимания и прогнозирования изменений в размере и структуре популяций живых организмов. Эти модели позволяют исследователям:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Изучать сложные взаимодействия: Учитывать влияние различных факторов, таких как рождаемость, смертность, миграция, конкуренция, хищничество, болезни и изменения окружающей среды. • Проверять гипотезы: Оценивать, насколько хорошо различные теоретические модели соответствуют наблюдаемым данным. • Прогнозировать будущее: Предсказывать изменения в численности популяций в различных сценариях. • Оценивать эффективность управления популяциями: Оценивать влияние стратегий управления, таких как регулирование охоты, создание охраняемых территорий или борьба с инвазивными видами. <p>Имитационные модели учитывают случайные колебания в рождаемости, смертности, миграции и других параметрах, которые могут влиять на динамику популяции. Они используют вероятностные распределения для описания этих случайных событий.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Типы: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Дискретные модели (матричные модели Лесли): Популяция делится на возрастные классы, и изменение численности каждого класса описывается с помощью матрицы. Параметры модели (выживаемость, плодовитость) могут быть стохастическими. ◦ Непрерывные модели (стохастические дифференциальные уравнения): Добавляют случайный шум к детерминированным дифференциальным уравнениям. ◦ Модели Монте-Карло: Имитируют случайные события большое количество раз, чтобы оценить вероятность различных исходов. • Преимущества: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Более реалистичны, чем детерминированные модели. ◦ Учитывают влияние случайных событий на динамику популяций, особенно в малых популяциях. ◦ Позволяют оценивать риск вымирания. • Недостатки: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Более сложны в анализе, чем детерминированные модели.
--	---

		<ul style="list-style-type: none">○ Требуют больше вычислительных ресурсов.○ Труднее интерпретировать результаты.
--	--	--

Разработчик:

Букин

доцент Букин Ю.С.

(подпись)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 06.05.01 «Биоинженерия и биоинформатика».

Программа рассмотрена на заседании кафедры физико-химической биологии, биоинженерии и биоинформатики 17.04.2024 г. протокол № 15.

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

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