

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Галунин Сергей Александрович
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 26.06.2023 13:33:40
Уникальный программный ключ:
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП
«Ремонт и техническое обслужи-
вание медицинской техники»



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ»

для подготовки бакалавров

по направлению

12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»

по профилю

«Ремонт и техническое обслуживание медицинской техники»

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

старший преподаватель, к.т.н. Тероева Ю.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры БТС
14.05.2019, протокол № 3

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
ФИБС, 30.05.2019, протокол № 9

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФИБС
Обеспечивающая кафедра	БТС
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	2
Курс	4
Семестр	8
Виды занятий	
Лекции (академ. часов)	17
Практические занятия (академ. часов)	17
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	35
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	37
Всего (академ. часов)	72
Вид промежуточной аттестации	
Дифф. зачет (семестр)	8

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ»

Дисциплина посвящена рассмотрению основ моделирования процессов и систем с акцентом на практическом применении рассматриваемых подходов в задачах биомедицинской инженерии и медицинской информатики. Рассмотрены базовые аспекты моделирования: классификация моделей, требования к моделям, основы теории подобия, основы построения математических моделей, имитационное моделирование, объектно-ориентированный подход в моделировании. Программа дисциплины включает рассмотрение различных моделей биологических процессов и систем, применяемых в научных исследованиях и индустрии. Практические занятия посвящены исследованию пакетов и языков программирования, используемых для решения задач компьютерного моделирования. В рамках курсового проекта студентам предложено разработать модель биологического процесса и системы, используя современные программные средства для математического моделирования, такие как MATLAB и Julia.

SUBJECT SUMMARY

«MODELING OF BIOLOGICAL PROCESSES AND SYSTEMS»

The discipline is dedicated to studying basics in processes and systems modeling with focus on practical implementation of these approaches in biomedical engineering and medical informatics. It covers the core aspects of modeling, including classification of models, modeling requirements, basics of similarity theory, mathematical modeling, simulation, and object-oriented modeling. The program includes investigation of various biological systems and processes models that are successfully utilized in science and technology. Practical exercises are devoted on studying platforms and programming languages frequently used for computer modeling. In their course works students are offered to develop models of biological processes

and systems in modern computing and modeling environments, e.g. MATLAB and Julia.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Цель дисциплины - формирование компетенции обучающегося в области моделирования биологических процессов и систем, знакомство со свойствами, характеризующими живые и биотехнические системы, а также получение навыков экспериментальной оценки этих свойств, теоретических знаний о методах моделирования и практических навыков применения их к различным объектам моделирования.

2. Задачи дисциплины:

Изучение общих проблем и перспектив развития методов и средств математического моделирования в задачах исследования и оптимизации биологических процессов и систем.

Получение практических навыков реализации математических моделей биологических процессов и систем средствами компьютерного моделирования.

3. Знание классификации моделей, специфики моделируемого объекта, методов синтеза и исследования моделей.

Знание этапов моделирования.

Знание типовых математических схем.

4. Умение осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы, выбирать класс модели и оптимизировать ее структуру в зависимости от поставленной задачи, свойств моделируемого объекта и условий проведения эксперимента.

5. Формирование навыков адекватно ставить задачи исследования и оптимизировать сложные объекты на основе методов математического моделирования.

Получение навыков создания компьютерных моделей.

Получение навыков выполнения всех этапов моделирования от постановки за-

дачи до экспериментальной апробации модели.

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Информационные технологии»
2. «Биофизика»
3. «Системный анализ медико-биологических исследований»
4. «Теория случайных процессов»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Методы и технологии тестовых исследований»
2. «Производственная практика (преддипломная практика)»
3. «Основы организации научных исследований»

3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
ПК-2	Способен к моделированию элементов и процессов биологических и биотехнических систем, их исследованию на базе профессиональных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов
<i>ПК-2.1</i>	<i>Разрабатывает алгоритмы и реализует математические и компьютерные модели элементов и процессов биологических и биотехнических систем</i>
<i>ПК-2.2</i>	<i>Проводит исследования моделей элементов и процессов биотехнических систем с использованием программных продуктов и анализирует их результат</i>

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1	2		0
2	Научное моделирование	2	2		5
3	Особенности моделирования БТС	2	2		5
4	Моделирование временных рядов	5	5	0	10
5	Конечные автоматы	2	2	0	7
6	Основы машинного обучения	5	4	1	10
	Итого, ач	17	17	1	37
	Из них ач на контроль	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	72/2			

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Предмет дисциплины и ее задачи. Место моделирования биологических процессов и систем (МБПиС) в медицине и технике. Структура содержания дисциплины и ее связь с другими дисциплинами учебного плана.
2	Научное моделирование	Понятие модели. Объекты, цели и задачи моделирования. Классификация методов моделирования. Связь моделирования с различными науками. Компьютерные и математические модели. Принципы имитационного моделирования и примеры моделей. Понятие адекватности модели. Обобщенный алгоритм построения модели. Цель моделирования. Постановка задачи. Построение концептуальной модели. Формализация содержательной части модели. Алгоритмизация процессов функционирования системы. Оптимизация структуры. Расчет параметров модели. Принятие решений по результатам моделирования.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
3	Особенности моделирования БТС	<p>История первых моделей в биологии. Современная классификация моделей биологических процессов. Специфика моделирования живых систем. Биологический объект моделирования и его свойства. Понятие биологической модели.</p> <p>Условия подобия двух объектов. Константы подобия. Сходственные параметры математических моделей. Построение функциональных зависимостей, связывающих масштабы сходственных параметров с размерами тела животных и человека. Процедура переноса. Пример экстраполяции результатов комбинированного воздействия факторов среды с экспериментальных животных на человека.</p>
4	Моделирование временных рядов	<p>Понятие временного ряда. Примеры временных рядов в медицинских и биологических данных. Классификация методов анализа временных рядов. Задачи и цель моделирования БМС. Примеры моделей биомедицинских сигналов (ЭКГ, ЭЭГ, сигнала движения). Регрессионный анализ. Модель линейной регрессии.</p>
5	Конечные автоматы	<p>Абстрактный конечный автомат, входной и выходной алфавит. Автоматы Мура и Мили. Задание конечных автоматов: таблица, структура, граф, матрица. Практическое применение конечных автоматов. Области применения конечных автоматов в биомедицинской инженерии.</p> <p>Определение вероятностного автомата: автоматы Мура и Мили. Y-детерминированные P-автоматы, матрица переходов, таблица начальных состояний, граф, таблица выходов. Расчет конечных состояний автомата. Цепи Маркова. Биологические модели на основе цепей Маркова. Применение дискретностochasticких схем в биомедицинской инженерии.</p>
6	Основы машинного обучения	<p>Определение машинного обучения и науки о данных. Задачи для машинного обучения. Процесс машинного обучения: сбор данных, анализ и подготовка данных, тренировка модели, оценка и улучшение модели. Алгоритмы машинного обучения: обучение с учителем и без учителя, мета-обучение. Регрессия, ассоциативные правила, K-средних, метод ближайших соседей, деревья решений, модельные деревья, нейронные сети, метод опорных векторов.</p>

4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Введение в Julia. Установка, базовые понятия.	1
2. Режимы работы терминала.	1
3. Базовые типы. Композитные типы.	3
4. Функции. Создание функций. Множественная диспетчеризация.	3
5. Базовые конструкции языка.	2
6. Менеджер пакетов Pkg.	1
7. Создание модулей и пакетов.	2
8. Специальные возможности Julia.	2
9. Система контроля версий Git	2
Итого	17

4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.6 Индивидуальное домашнее задание

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

4.7 Доклад

Доклад не предусмотрен.

4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	2
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	5
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	9
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	5
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	7
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	5
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	4
ИТОГО СРС	37

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библи.
Основная литература		
1	Пустозеров, Евгений Анатольевич. Моделирование биологических процессов и систем [Текст] : учеб. пособие / Е. А. Пустозеров, 2021. -71, [1] с.	35
2	Инженерная физиология и моделирование систем организма [Текст] : монография / В.М.Ахутин, В.П.Нефедов, М.П.Сахаров и др.; Отв. ред. В.Н.Новосельцев, 1987. -236 с.	53
3	Устюжанин, Валерий Александрович. Моделирование биотехнических систем [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению "Биотехн. системы и технологии" / В. А. Устюжанин, И. В. Яковлева, 2014. -215 с.	53
Дополнительная литература		
1	Лазарев, Юрий. Моделирование процессов и систем в MATLAB [Текст] : учеб. курс / Ю. Лазарев, 2005. -511 с.	12
2	Medical Devices and Human Engineering [Текст] / ed.: J. D. Bronzino, D. R. Peterson, 2015. -XXII, 891 с.	4

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Мухин О. И., курс «Моделирование систем» http://stratum.ac.ru/education/textbooks/modelir/contents.html
2	Моделирование процессов и систем. Нелинейные динамические системы. Онлайн-курс https://openedu.ru/course/hse/MODSYS/
3	Ризниченко Г.Ю., «Курс лекций: математические модели в биологии» http://spkurdymov.ru/education/kurs-lekcij-matematicheskie-modeli-v-biologii/
4	Ризниченко Г.Ю., «Математическая биология» http://mathbio.ru
5	Официальный сайт языка программирования Julia https://julialang.org/

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=11344>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Моделирование биологических процессов и систем» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

Зачет с оценкой

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.

Особенности допуска

Для допуска к зачету студенту необходимо выполнить 3 контрольных работ.

Итоговая оценка за курс рассчитывается как среднее арифметическое из оценок, полученных студентом за 3 контрольные работы на знание теоретического материала и материала практических занятий. Округление происходит по математическим правилам.

6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Что такое временной ряд? Чем он характеризуется?
2	Примеры регулярных и нерегулярных временных рядов, встречающихся в медицине.
3	Опишите модель линейной регрессии.
4	Какими свойствами обладает случайная составляющая модели линейной регрессии?
5	Как определить наилучшее (с точки зрения суммарной ошибки) значение коэффициентов модели простой ЛР?
6	Какие требования предъявляются к остаткам модели линейной регрессии?
7	Дайте определение научному моделированию. В чем его отличие от других видов моделирования?
8	Свойства моделей (приведите не менее 5).
9	Типы подобия. Приведите не менее 2х примеров для каждого типа.
10	Дайте описание модели классификатора и хотя бы один пример. Какие задачи решает классификация? Какие свойства классов вам известны?
11	Цель и задачи моделирования БТС. Трудности моделирования БТС с учетом особенностей объекта моделирования.
12	Классификация моделей на детерминированные и стохастические. Приведите определение и по 1му примеру.
13	Математическое моделирование. Определение, преимущества/недостатки и основные виды.
14	Опишите этапы построения модели.

Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

Контрольная работа 1.

1. Дайте определение научному моделированию. В чем его отличие от других видов моделирования?

2. Свойства моделей (приведите не менее 5).

3. Типы подобия. Приведите не менее 2х примеров для каждого типа.

Контрольная работа 2.

1. Дайте определение конечного автомата. Какими способами он может быть задан?

2. Проведены замеры уровня гормона в крови у женщин на разных неделях беременности. Результаты наблюдений показаны в таблице.

Построены две модели линейной регрессии с коэффициентами:

1) $b_0 = -3, b_1 = 6$ 2) $b_0 = -2, b_1 = 4$

А) нарисуйте распределение данных и регрессионные прямые. Отметьте на графике остатки для одной модели. Проанализируйте качество моделей визуально;

Б) рассчитайте SSE и R^2 ;

В) учитывая полученные данные выберите лучшую модель и сделайте вывод о силе связи между переменными.

3. На рисунке приведен конечный автомат, который выдает на выходе 1 только в том случае, если на его вход подряд подана определенная комбинация 0 и 1.

1) Опишите используемый входной и выходной алфавиты.

2) Постройте матрицу переходов и выходов.

3) Какая входная последовательность (слово) обеспечивает на выходе автомата 1?

Контрольная работа 3.

1. Опишите составной тип, описывающий врача (`Doctor`). В параметрах предусмотрите имя, специальность, цену часа приема и стаж работы (лет). Подумайте, какие из свойств типа могут быть изменены, а какие нет. Обеспечьте возможность изменять хотя бы одно свойств – стаж работы.

2. Напишите функцию `count_total_salary()`, которая принимает на вход аргумент типа `Doctor` и возвращает зарплату врача за весь период работы из расчёта 40 рабочих часов/месяц.

3. Напишите *в одну строку* функцию `get_name()`, которая принимает на вход аргумент типа `Doctor` и возвращает его имя.

4. Приведите пример переменных заданного типа:

a. `Bool` _____

b. `Vector{String}` _____

c. `Symbol` _____

d. `UnitRange{Int64}` _____

5. Каким образом задается переменная типа: “кортеж, содержащий строки или целые числа”

6. В чем отличие абстрактных и конкретных типов? Приведите хотя бы 2 примера конкретных типов.

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
1	Введение	
2	Научное моделирование	
3	Особенности моделирования БТС	
4		
5		Контрольная работа
6	Конечные автоматы	
7		
8		
9		
10		
11		Контрольная работа
12	Основы машинного обучения	
13	Моделирование временных рядов	
14		
15		
16		
17		Контрольная работа

6.4 Методика текущего контроля

Методика текущего контроля на лекционных занятиях.

Текущий контроль включает в себя:

- контроль посещаемости (не менее 80% занятий),

- **выполнение 3-х контрольных работ**, оценка за которые по четырех-

балльной шкале выставляется по следующим критериям:

- «отлично» - вопрос раскрыт полностью, задача решена правильно
- «хорошо» - вопрос раскрыт не полностью, задача решена частично
- «удовлетворительно» - в ответе на вопрос имеются существенные ошибки; задача не решена или решена неправильно, но ход решения правильный
- «неудовлетворительно» - отсутствует ответ на вопрос или содержание ответа не совпадает с поставленным вопросом, задача не решена, ход реше-

ния неправильный.

- выполнение практических заданий. Оценка в формате зачтено/ не зачтено.

Методика текущего контроля на практических (семинарских) занятиях

В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д.

На практических занятиях студенту предлагаются задания и упражнения для развития навыков программирования. Студент должен продемонстрировать преподавателю выполненное задание в виде работоспособной программы, отчет по выполнению заданий не требуется.

7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, маркерная или меловая доска.	
Практические занятия	Лаборатория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом. Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», рабочим местом преподавателя и проектором, экраном.	Julia (версия не ниже 1.8.2), Visual Studio Code, браузер и доступ к сети Интернет.
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Дата	Изменение	Дата и номер протокола заседания УМК	Автор	Начальник ОМОЛА
1	31.08.2020	РП ГИА актуальна	№ 10 от 31.08.2020 г.	старший преподаватель, Ю.А. Тероева	
2	19.05.2021	РП ГИА актуальна	№ 8 от 19.05.2021 г.	старший преподаватель, к.т.н. Ю.А. Тероева	
3	18.05.2022	РП ГИА актуальна	№ 8 от 18.05.2022 г.	старший преподаватель, к.т.н. Ю.А. Тероева	