

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Галунин Сергей Александрович
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 20.03.2023 10:38:56
Уникальный программный ключ:
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП
«Биотехнические и медицинские
аппараты и системы»



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

**«ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ БИОМЕДИЦИНСКИХ
ДАННЫХ»**

для подготовки бакалавров

по направлению

12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»

по профилю

«Биотехнические и медицинские аппараты и системы»

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

профессор, д.т.н., старший научный сотрудник Калиниченко А.Н.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры БТС
01.02.2022, протокол № 1

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
ФИБС, 31.03.2022, протокол № 6

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФИБС
Обеспечивающая кафедра	БТС
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	4
Курс	4
Семестр	7
Виды занятий	
Лекции (академ. часов)	34
Лабораторные занятия (академ. часов)	17
Практические занятия (академ. часов)	17
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	69
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	75
Всего (академ. часов)	144
Вид промежуточной аттестации	
Дифф. зачет (курс)	4

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ БИОМЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ»

Дисциплина посвящена изучению различных методов обработки биомедицинских сигналов и данных, а также используемых при этом специализированных программных средств. В ней рассматриваются методы сжатия и интерполяции данных, вейвлет-анализ сигналов, основы машинного обучения. Также даются основы распознавания образов и их применения для задач автоматического анализа биомедицинских сигналов. Рассматриваются различные классы биомедицинских сигналов и практически применяемые методы их обработки на различных этапах: предварительная обработка, классификация биосигналов, распознавание патологических проявлений.

SUBJECT SUMMARY

«SOFTWARE TOOLS FOR THE BIOMEDICAL DATA ANALYSIS»

The discipline is devoted to studying of various methods of biomedical signals and data processing and also of the used software tools. The following methods are considered: data compression and interpolation, wavelet analysis, machine learning basics. Also basic knowledge of pattern recognition and their application to the biomedical signals analysis are given. Various kinds of bio-medical signals are considered in connection with the practically used methods of these signals analysis: preliminary processing, biosignals forms classification and pathological phenomena recognition.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. При изучении дисциплины обучающиеся получают теоретические знания по наиболее современным методам и алгоритмам обработки и анализа биомедицинских сигналов и данных, применяемым в приборах и системах медицинского назначения, а также практические навыки программно-алгоритмической реализации рассматриваемых методов.

2. Задачи дисциплины:

Изучение принципов, методов и алгоритмов обработки и анализа биомедицинских сигналов и данных.

Изучение современных технологий разработки программного обеспечения.

Приобретение навыков программирования алгоритмов цифровой обработки сигналов и данных.

Формирование умения применять полученные знания в разработках, связанных с исследованием и проектированием программно-алгоритмического обеспечения приборов, систем и комплексов биомедицинского назначения.

Ознакомление с современными тенденциями развития компьютерных методов анализа данных и перспективами их использования в биологии и медицине.

3. Освоение знаний и развитие способностей к моделированию элементов и процессов биологических и биотехнических систем, их исследованию на базе профессиональных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов

4. Выработка умения находить оптимальные решения задач автоматического анализа биомедицинских данных.

5. Освоение навыков разработки программных средств обработки и анализа биомедицинских сигналов и данных.

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Информационные технологии»
2. «Методы обработки и анализа биомедицинских сигналов и данных»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Медицинские базы данных»

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	Лаб, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Алгоритмы анализа ритма сердца по ЭКГ	4	2	4	1	10
2	Анализ ишемических изменений ЭКГ	4	2	2		8
3	Анализ variability сердечного ритма	4	2	4		9
4	Анализ ЭКГ высокого разрешения	2	2			8
5	Анализ ЭКГ при искусственной электрокардиостимуляции сердца	4	1	3		8
6	Контроль параметров искусственной вентиляции лёгких	4	2			8
7	Контроль глубины анестезии по ЭЭГ	4	2	4		8
8	Вейвлет-преобразование	4	2			8
9	Основы искусственных нейронных сетей	4	2			8
	Итого, ач	34	17	17	1	75
	Из них ач на контроль	0	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	144/4				

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Алгоритмы анализа ритма сердца по ЭКГ	Задача автоматического контроля ритма сердца по ЭКГ в приборах и системах мониторингового контроля сердечной деятельности. Этапы обработки и анализа ЭКГ. Предварительная обработка сигнала ЭКГ и анализ уровня помех. Алгоритмы выделения и обнаружения QRS-комплекса ЭКГ. Алгоритмы классификации формы QRS-комплексов. Методы классификации на основе признаков формы, корреляции, и спектральных показателей. Алгоритмы распознавания нарушений сердечного ритма.
2	Анализ ишемических изменений ЭКГ	Проявление ишемии сердца в ЭКГ. Смещение и форма ST-сегмента. Устранение дрейфа изоэлектрической линии с помощью сплайн-интерполяции. Анализ смещения и формы ST-сегмента.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
3	Анализ variability сердечного ритма	Задача анализа variability сердечного ритма. Кардиоритмокардиография. Ритмограмма, гистограмма, скаттерограмма RR-интервалов ЭКГ. Расчёт параметров ВСР во временной области. Основные статистические и геометрические показатели variability сердечного ритма. Расчёт параметров ВСР в частотной области.
4	Анализ ЭКГ высокого разрешения	Задачи анализа ЭКГ высокого разрешения (ЭКГ ВР). Поздние потенциалы и их диагностическое значение. Метод регистрации сигналов ЭКГ ВР (система отведений и частотный диапазон сигнала). Фильтрация ЭКГ и метод синхронного усреднения. Анализ поздних потенциалов. Критерии выявления поздних потенциалов. Спектрально-временное картирование кардиоцикла ЭКГ с использованием оконного дискретного преобразования Фурье.
5	Анализ ЭКГ при искусственной электрокардиостимуляции сердца	Задачи искусственной электрокардиостимуляции сердца. Искусственная электрокардиостимуляция сердца и основные режимы работы имплантируемых электрокардиостимуляторов. Пятибуквенная кодировка режимов. Особенности ЭКГ при искусственной электрокардиостимуляции сердца. Автоматический анализ ЭКГ при искусственной электрокардиостимуляции сердца. Распознавание импульса стимуляции и его устранение из ЭКГ.
6	Контроль параметров искусственной вентиляции лёгких	Задачи искусственной вентиляции лёгких (ИВЛ). Основные режимы ИВЛ. Сигналы потока, давления и объёма. Петли «давление-объём» и «поток-объём». Основные показатели искусственной вентиляции лёгких: растяжимость лёгких, сопротивление дыхательных путей, постоянная времени. Способы расчёта.
7	Контроль глубины анестезии по ЭЭГ	Задачи контроля глубины анестезии по ЭЭГ. BIS-мониторы и BIS-индекс (индекс глубины анестезии). Регистрация ЭЭГ при контроле глубины анестезии в ходе хирургических операций. Изменения свойств ЭЭГ при анестезии. Параметры ЭЭГ, используемые для анализа глубины анестезии: спектральные параметры, отношение «всплески-подавление», биспектральные показатели. Энтропийные методы анализа глубины анестезии. Алгоритм расчёта спектральной энтропии. Комбинированный алгоритм определения индекса анестезии.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
8	Вейвлет-преобразование	<p>Основные принципы вейвлет-преобразования. Понятие вейвлета. При-меры вейвлетов: Хаара, «мексиканская шляпа». Связь между параметром растяжения вейвлета и его частотными свойствами (спектром). Непрерывное вейвлет-преобразование и его дискретная аппроксимация.</p> <p>Дискретное вейвлет-преобразование. Идея дискретного вейвлет-преобразования. Банк цифровых фильтров. Масштабирующие и детализирующие коэффициенты. Выигрыш в объёме данных по сравнению с непрерывным вейвлет-преобразованием.</p> <p>Формы графического представления вейвлет-преобразования. Двух-мерные и трёхмерные графики вейвлет-разложения. Скалограмма, скейлограмма и «скелетон».</p>
9	Основы искусственных нейронных сетей	<p>Биологический нейрон и принципы взаимодействия нейронов. Искусственный нейрон и его математическое описание. Виды активационных функций. Принцип построения искусственных нейронных сетей. Структуры нейронных сетей. Классы задач, решаемых нейронными сетями (классификация, кластеризация, регрессия). Сети прямого распространения. Сети с обратными связями.</p> <p>Принципы обучения искусственных нейронных сетей. Обучающая, валидационная и тестовая выборки. Алгоритм обратного распространения.</p> <p>Моделирование нейронных сетей с использованием пакета MATLAB. Примеры медицинских применений.</p>

4.2 Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
1. Расчет корреляционной матрицы ЭЭГ	3
2. Классификация ЭКГ с помощью ВКФ	3
3. Векторкардиограмма	2
4. Методы ритмокардиографии	3
5. Вариабельность сердечного ритма	3
6. Исследование ритмов ЭЭГ	3
Итого	17

4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Сплайн-интерполяция и её применение для анализа биосигналов	2
2. Алгоритмы классификации форм ЭКГ	3
3. Непрерывное вейвлет-преобразование и исследование ЭКГ	2
4. Дискретное вейвлет преобразование	2
5. Расчёт параметров искусственной вентиляции лёгких	2
6. Анализ ЭКГ при искусственной электрокардиостимуляции	2
7. Искусственные нейронные сети и методы их обучения	2
8. Применение искусственных нейронных сетей в биомедицинских задачах	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 ин-

формационными ресурсами сети Интернет.

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	12
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	6
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	12
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	6
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	6
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	6
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	6
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	6
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	6
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	9
ИТОГО СРС	75

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 библ.
Основная литература		
1	Немирко, Анатолий Павлович. Математический анализ биомедицинских сигналов и данных [Текст] / А. П. Немирко, Л. А. Манило, А. Н. Калининченко, 2017. -246 с.	36
2	Калиниченко, Александр Николаевич. Цифровая обработка сигналов в медицинских приборах и системах [Текст] : учеб. пособие / А. Н. Калининченко, 2022. -99 с.	20
3	Дюк, Вячеслав Анатольевич. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях [Текст] : монография / В.А. Дюк, В.Л. Эмануэль, 2003. -528 с.	85
Дополнительная литература		
1	Марпл-мл., Стенли Лоренс. Цифровой спектральный анализ и его приложения [Текст] : монография / С. Л. Марпл-мл.; Пер. с англ. О. И. Хабарова и Г. А.Сидоровой; Под ред. И. С. Рыжака, 1990. -584 с. с.	23
2	Микрокомпьютерные медицинские системы. Проектирование и применения [Текст] : монография / Г.Фурно, Д.Дас, Г.Спренгер и др; Под ред. У.Томпкинса, Дж.Уэбстера; Пер. с англ. под ред. Е.А.Умрюхина, 1983. - 544 с.	16
3	Хемминг, Ричард В. Цифровые фильтры [Текст] / Р.В. Хемминг ; пер. с англ. В.И. Ермишина ; под ред. А.М. Трахтмана, 1980. -224 с.	29

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

№ п/п	Электронный адрес
1	The Research Resource for Complex Physiologic Signals http://www.physionet.org

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=11791>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Программные средства обработки биомедицинских данных» 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

Условиями допуска к дифференцированному зачету являются: посещаемость лекций и практических занятий не менее 70 %; выполнение 2-х тестов с оценками "отлично", "хорошо" или "удовлетворительно"; выполнение и защита всех лабораторных работ.

Дифференцированный зачет проводится в форме собеседования, студент отвечает на два теоретических вопроса.

Критерии выставления оценки за дифференцированный зачет:

- «отлично» -оба вопроса раскрыты полностью;
- «хорошо» -один из вопросов раскрыт не полностью, но пробелы не имеют принципиального значения;
- «удовлетворительно» -один из вопросов не раскрыт или изложен с существенными пробелами, при условии, что второй вопрос раскрыт полностью;
- «неудовлетворительно» -отсутствует правильный ответ на оба вопроса или содержание ответа не соответствует поставленным вопросам.

Итоговая оценка по дисциплине рассчитывается, как среднее арифметическое оценок за тесты и дифференцированный зачет.

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

Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Последовательность этапов анализа ЭКГ в системах мониторингового контроля.
2	Предварительная обработка ЭКГ (фильтрация сетевой наводки, ФНЧ, ФВЧ).
3	Классификация QRS-комплексов на основе признаков формы, корреляции и спектральных параметров.
4	Распознавание нарушений сердечного ритма по ЭКГ.
5	Анализ ЭКГ при искусственной электрокардиостимуляции сердца.
6	Непрерывное вейвлет-преобразование и его дискретная аппроксимация.
7	Методика ЭКГ высокого разрешения.
8	Сигналы потока, объема, давления при искусственной вентиляции легких и их автоматический анализ.

9	Применение синхронного усреднения при анализе вызванных потенциалов ЭЭГ.
10	Анализ глубины анестезии по ЭЭГ.
11	Ритмокардиография. Ритмограмма, гистограмма и скаттерограмма сердечного ритма.
12	Электроэнцефалограмма. Методы регистрации. Основные параметры сигнала ЭЭГ и требования к аппаратуре съема ЭЭГ.
13	Основные понятия машинного обучения.
14	Принципы построения и классификация искусственных нейронных сетей.

Вариант теста

Вопрос 1: Какой метод обработки сигналов используется для получения графиков вызванных потенциалов ЭЭГ?

Варианты ответа:

- Метод синхронного усреднения
- Адаптивная цифровая фильтрация
- Дискретная свёртка сигналов
- Рекурсивная цифровая фильтрация

Вопрос 2: Что называется последовательностью NN интервалов при анализе variability сердечного ритма?

Варианты ответа:

- Последовательность значений смежных RR интервалов между QRS-комплексами фонового ритма ЭКГ
- Последовательность значений RR интервалов, предшествующих QRS-комплексам фонового ритма ЭКГ
- Последовательность значений RR интервалов, следующих за QRS-комплексом фонового ритма ЭКГ
- Последовательность значений RR интервалов между всеми QRS-комплексами относящимися к классу «норма»

Вопрос 3: Какой из перечисленных методов наиболее эффективен для повышения помехоустойчивости процедуры динамического определения параметров искусственной вентиляции легких?

Варианты ответа:

- Аппроксимация полиномом
- Сглаживание сигналов фильтром нижних частот
- Метод синхронного усреднения
- Авторегрессионное моделирование

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
5	Алгоритмы анализа ритма сердца по ЭКГ Анализ variability сердечного ритма Анализ ЭКГ высокого разрешения	
6		
7		
8		
9		
10		Тест
11	Вейвлет-преобразование Контроль глубины анестезии по ЭЭГ Контроль параметров искусственной вентиляции лёгких	
12		
13		
14		
15		Тест

6.4 Методика текущего контроля

Текущий контроль **на лекционных занятиях** включает в себя:

- контроль посещаемости (не менее 70% занятий),
- выполнение 2-х **тестов**, каждый из вариантов которых содержит по три вопроса с четырьмя вариантами ответа. Оценка за тесты выставляется по следующим критериям:

- оценка "отлично" ставится за все правильные ответы,
- оценка "хорошо" - за два правильных ответа,
- оценка "удовлетворительно" - за один правильный ответ,
- оценка "неудовлетворительно" - при отсутствии правильных ответов.

В процессе обучения студент обязан выполнить **6 лабораторных работ**. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспериментальных исследований, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме. Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется индивидуально или в бригадах до 3 человек. Оформление отчета студентами осуществляется в количестве одного отчета на бригаду в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ. Отчет оформ-

ляется после выполнения экспериментальных исследований и представляется преподавателю на проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите. Лабораторные работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по теоретической части, или по процедуре проведения экспериментальных исследований, или по последующей обработке результатов, после чего ему предоставляется время для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, работа считается защищенной. На защите лабораторной работы студент должен показать: понимание методики исследования и знание особенностей её применения, понимание и умение объяснять особенности применяемых методов, возможные области их применения и т.д., умение давать качественную и количественную оценку полученных экспериментальных результатов и прогнозировать реакции исследуемого объекта на различные воздействия, навыки и умения, приобретенные при выполнении лабораторной работы.

Текущий контроль **практических занятий** включает в себя контроль посещаемости (не менее 70 % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен. При этом активность студентов может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

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. Проектор, экран, компьютер., маркерная или меловая доска.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше. 2
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом. Рабочие места, оснащенные персональными компьютерами (не менее одного на трех обучающихся). Проектор, экран, компьютер., маркерная или меловая доска.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше; 3) MATLAB 2019 и выше.
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом. Проектор, экран, компьютер., маркерная или меловая доска.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше; 3) MATLAB 2019 и выше.
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