

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**

---

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИКНК  
\_\_\_\_\_ Д.П. Зегжда  
«17» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**«Применение методов искусственного интеллекта для цифровой обработки сигналов»**

Разработчик	Высшая школа программной инженерии
Направление (специальность) подготовки	09.03.04 Программная инженерия
Наименование ООП	09.03.04_01 Технология разработки и сопровождения качественного программного продукта
Квалификация (степень) выпускника	<b>бакалавр</b>
Образовательный стандарт	<b>СУОС</b>
Форма обучения	<b>Очная</b>

**СОГЛАСОВАНО**

Руководитель ОП

\_\_\_\_\_ А.В. Петров

«18» февраля 2025 г.

Соответствует СУОС

Утверждена протоколом заседания  
высшей школы "ВШПИ"

от «18» февраля 2025 г. № 1

РПД разработали:

Специалист по учебно-методической работе 1 категории Т.А. Вишневская

Доцент, к.т.н., доц. В.С. Тутыгин

# 1. Цели и планируемые результаты изучения дисциплины

## Цели освоения дисциплины

Дисциплина предусматривает систему теоретической и практической подготовки разработчиков программных систем цифровой обработки сигналов (ЦОС) с использованием современных аппаратных средств (цифровых сигнальных процессоров и ПЛИС). В процессе обучения студенты получают представления и базовые подходы к построению алгоритмов ЦОС, моделированию процессов цифровой обработки в среде MATLAB, сравнению эффективности различных алгоритмов, выбору оптимальных параметров в программах цифровой обработки, реализации программ цифровой обработки в системах проектирования цифровых сигнальных процессоров и ПЛИС со встроенным ядром АРМ.

## Результаты обучения выпускника

Код	Результат обучения (компетенция) выпускника ООП
ПК-13	Способен разрабатывать приложения с использованием стандартных методов анализа, моделирования, обработки данных и производить их масштабирование
ИД-6 ПК-13	Разрабатывает программную реализацию алгоритмов цифровой обработки сигналов и моделирования физических процессов, применяя методы математического моделирования и искусственного интеллекта

## Планируемые результаты изучения дисциплины

### знания:

- Знает основные понятия и математический аппарат моделирования систем и обработки сигналов

### умения:

- Умеет применить на практике теоретические знания для разработки программных средств моделирования систем и обработки сигналов

### навыки:

- Владе программными инструментами моделирования

## **2. Место дисциплины в структуре ООП**

В учебном плане дисциплина «Применение методов искусственного интеллекта для цифровой обработки сигналов» относится к модулю «Модуль цифровых компетенций» / «Технологии искусственного интеллекта и вычислительной математики для обработки данных. Электив».

Изучение дисциплины базируется на результатах освоения следующих дисциплин:

- Высшая математика

### 3. Распределение трудоёмкости освоения дисциплины по видам учебной работы и формы текущего контроля и промежуточной аттестации

#### 3.1. Виды учебной работы

Виды учебной работы	Трудоёмкость по семестрам
	Очная форма
Лекционные занятия	28
Практические занятия	18
Самостоятельная работа	59
Часы на контроль	16
Промежуточная аттестация (экзамен)	11
Промежуточная аттестация (зачет)	4
Курсовое проектирование	8
Общая трудоёмкость освоения дисциплины	144, ач
	4, зет

#### 3.2. Формы текущего контроля и промежуточной аттестации

Формы текущего контроля и промежуточной аттестации	Количество по семестрам
	Очная форма
<b>Текущий контроль</b>	
Курсовые работы, шт.	1
<b>Промежуточная аттестация</b>	
Зачеты, шт.	1
Экзамены, шт.	1

## 4. Содержание и результаты обучения

### 4.1 Разделы дисциплины и виды учебной работы

№ раздела	Разделы дисциплины, мероприятия текущего контроля	Очная форма		
		Лек, ач	Пр, ач	СР, ач
1.	Введение. Основные термины и понятия.			
1.1.	Основные задачи цифровой обработки сигналов	1	0	2
2.	Виды сигналов и средств их измерения			
2.1.	Аналоговые и цифровые, детерминированные и случайные сигналы.	1	0	2
3.	Математические основы цифровой обработки сигналов			
3.1.	Математическое представление дискретизированных сигналов.	0	0	4
3.2.	Разложение сигналов в ряды	2	0	3
3.3.	Методы исследования подобия сигналов	2	0	2
4.	Методы цифровой обработки сигналов			
4.1.	Методы цифровой фильтрации.	2	2	4
4.2.	Методы спектрального анализа сигналов. Дискретное и быстрое преобразование Фурье (ДПФ и БПФ) и их применение. Разложение в комплексный ряд Фурье. Применение прямого и обратного БПФ	2	2	4
4.3.	Методы аппроксимации сигналов.	2	2	2
4.4.	Методы цифровой обработки нестационарных сигналов.	2	2	2
5.	Программные средства цифровой обработки сигналов в MATLAB			
5.1.	Основы программирования в MATLAB	2	0	2
5.2.	Программирование базовых операций цифровой обработки в MATLAB	2	0	2
6.	Программные средства цифровой обработки для обнаружения и определения параметров сигналов.			
6.1.	Программные средства цифровой частотной, оптимальной и адаптивной фильтрации	0	2	2
6.2.	Программирование спектрального анализа сигналов	0	0	4

6.3.	Программирование сложных видов цифровой обработки для обнаружения и определения параметров сигналов.	2	2	4
6.4.	Программирование алгоритмов анализа нелинейных и нестационарных сигналов в условиях шумов.	2	0	4
7.	<b>МЕТОДЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ И ИЗОБРАЖЕНИЙ</b>			
7.1.	Принципы решения задач классификации сигналов и изображений	2	0	6
7.2.	Принципы выбора структуры и параметров нейронной сети для классификации объектов	2	2	4
7.3.	Методы использования нечеткой логики и нейронных сетей для классификации текстурных изображений	2	4	6
<b>Итого по видам учебной работы:</b>		28	18	59
Зачеты, ач				8
Экзамены, ач				8
<b>Часы на контроль, ач</b>				16
<b>Курсовое проектирование</b>			8	
<b>Промежуточная аттестация (экзамен)</b>			11	
<b>Промежуточная аттестация (зачет)</b>			4	
<b>Общая трудоёмкость освоения: ач / зет</b>			144 / 4	

## 4.2. Содержание разделов и результаты изучения дисциплины

Раздел дисциплины	Содержание
<b>1. Введение. Основные термины и понятия.</b>	
<b>1.1. Основные задачи цифровой обработки сигналов</b>	Определение понятия "сигнал". Классификация сигналов. Понятия цифровой обработки сигналов, ее методы, средства и основные задачи. Этапы развития систем цифровой обработки сигналов (ЦОС). Примеры практической реализации систем ЦОС. Этапы создания систем ЦОС.
<b>2. Виды сигналов и средств их измерения</b>	
<b>2.1. Аналоговые и цифровые, детерминированные и случайные сигналы.</b>	Дискретизация и квантование сигналов. Систематическая и случайная, статическая и динамическая погрешности в цифровой системе измерения сигналов. Арифметический и геометрический способы суммирования погрешностей
<b>3. Математические основы цифровой обработки сигналов</b>	
<b>3.1. Математическое представление дискретизированных сигналов.</b>	Понятия дискретизированного и цифрового сигналов. Представление дискретизированного сигнала в виде многомерного вектора. Связь точности представления сигнала с размерностью вектора.
<b>3.2. Разложение сигналов в ряды</b>	Скалярное произведение для двумерных, многомерных векторов и в пространстве функций. Ортонормированный базис. Система ортонормированных функций. Разложение в ряд Фурье.
<b>3.3. Методы исследования подобия сигналов</b>	Скалярное произведение и расстояние для двумерных векторов. Определение показателя степени близости векторов и функций. Коэффициент ковариации, корреляции и коэффициент Минковского.
<b>4. Методы цифровой обработки сигналов</b>	
<b>4.1. Методы цифровой фильтрации.</b>	Методы частотной, оптимальной, адаптивной фильтрации. Частотные фильтры: линейный низкочастотный фильтр, фильтр Баттерворта, Чебышёва, инверсный фильтр Чебышёва, эллиптический фильтр, фильтр Бесселя, фильтр скользящего среднего, медианный фильтр, их сравнительные характеристики. Оптимальный фильтр Колмогорова-Винера. Назначение адаптивных фильтров.

<b>4.2. Методы спектрального анализа сигналов. Дискретное и быстрое преобразование Фурье (ДПФ и БПФ) и их применение. Разложение в комплексный ряд Фурье. Применение прямого и обратного БПФ</b>	Дискретное и быстрое преобразование Фурье (ДПФ и БПФ) и их применение. Разложение в комплексный ряд Фурье. Применение прямого и обратного БПФ
<b>4.3. Методы аппроксимации сигналов.</b>	Методы получения аналитического описания функциональной зависимости одной величины от другой при наличии случайных погрешностей. Подгонка кривых.
<b>4.4. Методы цифровой обработки нестационарных сигналов.</b>	Методы частотно-временного анализа нестационарных сигналов, основанные на преобразовании Гильберта-Хуанга.
<b>5. Программные средства цифровой обработки сигналов в MATLAB</b>	
<b>5.1. Основы программирования в MATLAB</b>	Основные операторы MATLAB. Выполнение операций с матрицами. Особенности синтаксиса при выполнении поэлементных операций. Построение графиков функций двух и трех переменных. Технология программирования интерфейса пользователя.
<b>5.2. Программирование базовых операций цифровой обработки в MATLAB</b>	Элементарные базовые операции цифровой обработки: линейная свертка, корреляция, функциональные преобразования, цифровая фильтрация, модуляция. Их назначение и программирование в MATLAB.
<b>6. Программные средства цифровой обработки для обнаружения и определения параметров сигналов.</b>	
<b>6.1. Программные средства цифровой частотной, оптимальной и адаптивной фильтрации</b>	Программная реализация фильтров низких частот, фильтров скользящего среднего и медианных, оптимального фильтра Колмогорова-Винера, фильтров Баттерворта, Чебышёва, инверсного Чебышёва, фильтров на основе прямого и обратного БПФ.
<b>6.2. Программирование спектрального анализа сигналов</b>	Эффект Гиббса. Оконная фильтрация для подавления боковых лепестков в спектре. Окна Барлетта, Хемминга, Хеннинга, Блекмана-Харриса, Кайзера, Ханна.
<b>6.3. Программирование сложных видов цифровой обработки для обнаружения и определения параметров сигналов.</b>	Использование корреляции, передискретизации, сплайн-аппроксимации и итерационного повторения операций в задачах определения частоты и временного сдвига сигналов: эхо-сигналов спектрометров, спутниковых ЛЧМ-сигналов, радиолокационных сигналов.



<b>6.4. Программирование алгоритмов анализа нелинейных и нестационарных сигналов в условиях шумов.</b>	Эмпирическая модовая декомпозиция (EMD) Хуанга. Преобразование Гильберта. Алгоритм очистки сигналов от шумов с использованием EMD Хуанга.
<b>7. МЕТОДЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ И ИЗОБРАЖЕНИЙ</b>	
<b>7.1. Принципы решения задач классификации сигналов и изображений</b>	Математические основы нейронных сетей. Представление данных для нейронных сетей. Использование тензоров. Программная основа для создания нейронных сетей. Язык Python, библиотеки Keras и Tensorflow.
<b>7.2. Принципы выбора структуры и параметров нейронной сети для классификации объектов</b>	Использование глубокого обучения свёрточной нейронной сети для классификации изображений. Функции слоёв Convolution, Maxpooling, Flatten, Dense. Принцип выбора количества слоёв и количества нейронов в слоях. Программная реализация свёрточной нейронной сети на языке Python. Создание и использование обученной нейронной сети.
<b>7.3. Методы использования нечеткой логики и нейронных сетей для классификации текстурных изображений</b>	Цифровое описание текстурного изображения, основанное на вычислении GLCM - матрицы и статистических характеристик Харалика. Использование нечёткой логики и нейронной сети прямого распространения для классификации цифровых описаний текстурных изображений. Программная реализация нейронной сети прямого распространения на языке Python.

## 5. Образовательные технологии

В преподавании курса используются преимущественно традиционные образовательные технологии: лекции, лабораторные работы, расчетные задания, курсовое проектирование. Часть лабораторных работ реализуются в интерактивной форме с элементами индивидуального обучения и опережающей самостоятельной работы. Объём лекционных занятий составляет 67% общего объёма аудиторных занятий.

## 6. Лабораторный практикум

Не предусмотрено

## 7. Практические занятия

№ раздела	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ач
		Очная форма
1.	Разложение дискретизированных сигналов в действительный и комплексный ряд Фурье.	2
2.	Цифровая фильтрация шумов в среде MATLAB	2
3.	Программирование сложных видов цифровой обработки для обнаружения и определения параметров сигналов.	4
4.	Подгонка кривых	2
5.	Частотно-временной анализ нестационарных сигналов методом Гильберта-Хуанга	2
6.	Программные средства классификации объектов с помощью сверточной нейронной сети глубокого обучения	2
7.	Программные средства классификации текстурных изображений с созданием 3D цифровых описаний и нейронной сети прямого распространения.	4
Итого часов		18

## 8. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

## Примерное распределение времени самостоятельной работы студентов

Вид самостоятельной работы	Примерная трудоемкость, ач
	Очная форма
<b>Текущая СР</b>	
работа с лекционным материалом, с учебной литературой	16
опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
самостоятельное изучение разделов дисциплины	8
выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	8
подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
<b>Итого текущей СР:</b>	<b>32</b>
<b>Творческая проблемно-ориентированная СР</b>	
выполнение расчётно-графических работ	0
выполнение курсового проекта или курсовой работы	22
поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
работа над междисциплинарным проектом	0
исследовательская работа, участие в конференциях, семинарах, олимпиадах	0
анализ данных по заданной теме, выполнение расчётов, составление схем и моделей на основе собранных данных	0
выполнение индивидуальных расчетных заданий	5
<b>Итого творческой СР:</b>	<b>27</b>
<b>Общая трудоемкость СР:</b>	<b>59</b>

## 9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 9.1. Адрес сайта курса

<http://dl.spbstu.ru/course/view.php?id=4861>

## 9.2. Рекомендуемая литература

### Основная литература

№	Автор, название, место издания, издательство, год (годы) издания	Год изд.	Источник
1	Тутыгин В.С. Цифровая обработка сигналов: Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2017.	2017	ИБК СПбПУ
2	Тутыгин В.С. Цифровая обработка сигналов: Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2015.	2015	ИБК СПбПУ

### Ресурсы Интернета

1. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. Учебное пособие для вузов. СПб. Питер, 2011, 608с.: <https://www.twirpx.com/file/7694/>
2. Тутыгин В.С. Цифровая обработка сигналов. Учебное пособие. Конспект лекций. -СПб., Изд-во Политехн. ун-та, 2017, 165 с.: <http://elib.spbstu.ru/dl2/s17-36.pdf>
3. Романюк Ю. А. Конспект лекций по цифровой обработке сигналов – М. : МФТИ. – 2016.: [https://mipt.ru/drec/forstudents/study/studyMaterials/5kurs.1/sign/f\\_28c5tb/](https://mipt.ru/drec/forstudents/study/studyMaterials/5kurs.1/sign/f_28c5tb/)
4. Юкио Сато. Без паники! Цифровая обработка сигналов. - М. Изд-во Додэка XXI. 2010, 176 с.: <http://www.softlabirint.ru/book/10862-bez-paniki-cifrovaya-obrabotka-signalov-2010-pdf-djvu.html>
5. Яневич Ю. М. Задачи приема сигналов и определения их параметров на фоне шумов. Конспект лекций. Физический ф-т СПбГУ: <http://www.phys.spbu.ru/library/studentlectures/yanevich.html>
6. Paolo Prandnoni, Martin Vetterli Digital Signal Processing, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse, 2016: <https://ru.coursera.org/learn/dsp>
7. Франсуа Шолле. Глубокое обучение на Python. 2-е изд - СПб.: Питер, 2023: [https://coderbooks.ru/glubokoe\\_obuchenie\\_na\\_Python\\_2izd\\_sholle\\_2023](https://coderbooks.ru/glubokoe_obuchenie_na_Python_2izd_sholle_2023)

## 9.3. Технические средства обеспечения дисциплины

Пакет MATLAB-2014A, комплект базовых программ, файлы с набором сигналов и изображений, используемых при выполнении лабораторных работ, САПР Code Composer Studio 16.01, САПР Xilinx Vivado 2013.2

## **10. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Компьютерный класс, оборудованный 14-ю компьютерами, с установленным пакетом MATLAB 2014-2018, проектором для демонстрации презентаций, отладочные платы на базе FPGA Xilinx ZYNQ - 7000 SoC, модули разработчика на базе DSP TMS320F28335

## 11. Критерии оценивания и оценочные средства

### 11.1. Критерии оценивания

Для дисциплины «Применение методов искусственного интеллекта для цифровой обработки сигналов» предусмотрены следующие формы аттестации: зачёт, экзамен. Дисциплина реализуется с применением системы индивидуальных достижений.

#### Текущий контроль успеваемости

Максимальное значение персонального суммарного результата обучения (ПСРО) по приведенной шкале - 100 баллов

Максимальное количество баллов приведенной шкалы по результатам прохождения двух точек контроля - 80 баллов.

Подробное описание правил проведения текущего контроля с указанием баллов по каждому контрольному мероприятию и критериев выставления оценки размещается в СДО в навигационном курсе дисциплины.

#### Промежуточная аттестация по дисциплине

Максимальное количество баллов по результатам проведения аттестационного испытания в период промежуточной аттестации – 20 баллов приведенной шкалы.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с расписанием.

Оценки **«отлично» (от 90 до 100 баллов)** заслуживает студент, обнаруживший всестороннее систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, . Как правило, оценка «отлично» выставляется студентам, освоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, способным привести практические примеры, иллюстрирующие понимание сути экзаменационных вопросов.

Оценки **«хорошо» (от 70 до 89 баллов включительно)** заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, успешно выполнивший предусмотренные в программе задания, но не изложивший в ответе математические основы рассмотренных методов цифровой обработки. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студентам, показавшим понимание сути экзаменационных вопросов, но не полно раскрывшим их содержание.

Оценки **«удовлетворительно» (от 44 до 69 баллов включительно)** заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объеме не менее ½ части необходимого уровня отличной оценки. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется

студентам, не способным применить математические формулировки методов цифровой обработки при ответе на экзаменационные вопросы.

Оценка «**неудовлетворительно**» (от 0 до 43 баллов включительно) выставляется студентам, продемонстрировавшим непонимание сути экзаменационных вопросов, обнаружившим значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившим принципиальные ошибки в письменных ответах на экзаменационные вопросы и практические задания.

Результаты промежуточной аттестации, определяются на основе баллов, набранных в рамках применения, СИД

Баллы по приведенной шкале в рамках применения СИД (ПСРО+ ПА)	Оценка по результатам промежуточной аттестации
	Экзамен/диф.зачет/зачет
0 - 60 баллов	Неудовлетворительно/не зачтено
61 - 75 баллов	Удовлетворительно/зачтено
76 - 89 баллов	Хорошо/зачтено
90 и более	Отлично/зачтено

## 11.2. Оценочные средства

Оценочные средства по дисциплине представлены в фонде оценочных средств, который является неотъемлемой частью основной образовательной программы и размещается в электронной информационно-образовательной среде СПбПУ на портале [etk.spbstu.ru](http://etk.spbstu.ru)

## 12. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Методические рекомендации по каждому разделу приводятся в лекциях в качестве дополнительных слайдов, со ссылкой на рекомендуемую литературу для самостоятельного изучения, и предварительного списка вопросов, заданий для самостоятельной работы.

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на лабораторных работах, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

Во время лекции студент должен вести краткий конспект. Если какие-то материалы конспекта вызывают затруднения, необходимо постараться найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если студенту самостоятельно не удалось разобраться в материале, необходимо сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции. Обучающемуся необходимо регулярно отводить время

для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Практические занятия составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Они направлены на подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений.

При подготовке к экзамену в дополнение к изучению конспектов лекций и учебных пособий, необходимо пользоваться учебной литературой, рекомендованной в настоящей программе. При подготовке к экзамену нужно изучить теорию: определения всех понятий и подходы к оцениванию до состояния понимания материала и самостоятельно решить по несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо уметь качественно интерпретировать итог решения.

### **13. 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.