

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

---

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИКНК  
\_\_\_\_\_ Д.П. Зегжда  
«17» июня 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**«Методы глубокого машинного обучения»**

Разработчик	Высшая школа компьютерных технологий и информационных систем
Направление (специальность) подготовки	09.03.01 Информатика и вычислительная техника
Наименование ООП	09.03.01_01 Разработка компьютерных систем
Квалификация (степень) выпускника	<b>бакалавр</b>
Образовательный стандарт	<b>СУОС</b>
Форма обучения	<b>Очная</b>

СОГЛАСОВАНО	Соответствует СУОС
Руководитель ОП	Утверждена протоколом заседания
_____ Р.В. Цветков	высшей школы "ВШКТиИС" от «26» марта 2024 г. № 1

РПД разработал:  
Доцент, к.т.н., доц. В.А. Сушников

## **1. Цели и планируемые результаты изучения дисциплины**

### **Цели освоения дисциплины**

1. Обучить современным методам решения задач с использованием различных архитектур глубокого обучения.
2. Познакомить с современным инструментарием разработки сетей глубокого обучения.

### **Результаты обучения выпускника**

Код	Результат обучения (компетенция) выпускника ООП
<b>ПК-1</b>	<b>Способен использовать интеллектуальные технологии для проектирования сложных технических систем</b>
ИД-3 ПК-1	Проектирует сложные системы на основе методов глубокого машинного обучения; разрабатывает архитектуру системы глубокого обучения, интегрирует предобученные структуры в состав общей системы, выбирает общую стратегию глубокого обучения и тестирования разрабатываемой системы машинного обучения, выбирает подходящий фреймворк для разработки, проводит коррекцию архитектуры системы глубокого обучения по результатам моделирования при наличии такой необходимости

### **Планируемые результаты изучения дисциплины**

#### **знания:**

- основные методы глубокого машинного обучения; основные принципы организации систем глубокого обучения; основные принципы тестирования систем глубокого обучения

#### **умения:**

- комбинировать различные методы глубокого обучения в одной системе; проводить оценку функциональной пригодности разработанной системы глубокого обучения; формировать тесты для проверки работоспособности системы глубокого обучения

#### **навыки:**

- программирование методов глубокого обучения; владение фреймворками глубокого обучения; отладка систем глубокого обучения

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

В учебном плане дисциплина «Методы глубокого машинного обучения» относится к модулю «Модуль цифровых компетенций».

Изучение дисциплины базируется на результатах освоения следующих дисциплин:

- Нейронные сети

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

#### **3.1. Виды учебной работы**

Виды учебной работы	Трудоемкость по семестрам
	Очная форма
Лекционные занятия	30
Лабораторные занятия	30
Самостоятельная работа	43
Часы на контроль	16
Промежуточная аттестация (экзамен)	11
Курсовое проектирование	14
<b>Общая трудоемкость освоения дисциплины</b>	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>	
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	Лаб, ач	СР, ач
1.	Введение в глубокое обучение			

1.1.	Необходимость глубокого обучения	1	0	2
1.2.	Инструментарий разработчика	1	6	2
2.	Сверточные нейронные сети	2	4	2
3.	Автокодеровщики	2	0	2
4.	Рекуррентные НС			
4.1.	Типовые архитектуры и их особенности	2	0	2
4.2.	Предобученные НС. Визуализация знаний НС	0	2	2
5.	Интеллектуальная обработка текстов			
5.1.	Способы представление текста	2	4	2
5.2.	Рекурсивные архитектуры	1	4	2
5.3.	Языковое моделирование	1	0	2
6.	Модели с вниманием			
6.1.	Внимание и его функции	2	0	2
6.2.	Архитектуры encoder-decoder	2	0	2
7.	Порождающие модели			
7.1.	Введение в порождающие модели	2	0	2
7.2.	Порождающие состязательные модели	2	0	2
8.	Обучение с подкреплением			
8.1.	Введение в обучение с подкреплением	2	2	2
8.2.	Типовые архитектуры	2	4	2
9.	Тренды в развитии моделей глубокого обучения			
9.1.	Аппаратная поддержка моделей глубокого обучения	0	0	2
9.2.	Эвристики в улучшении глубоких моделей	2	0	2
9.3.	На пути к нейроморфингу и брайн-вычислениям	2	0	2
9.4.	Модели для AGI	2	4	3
<b>Итого по видам учебной работы:</b>		30	30	43
Экзамены, ач				16
<b>Часы на контроль, ач</b>				16
<b>Курсовое проектирование</b>				14

Промежуточная аттестация (экзамен)	11
Общая трудоёмкость освоения: ач / зет	144 / 4

## 4.2. Содержание разделов и результаты изучения дисциплины

Раздел дисциплины	Содержание
<b>1. Введение в глубокое обучение</b>	
<b>1.1. Необходимость глубокого обучения</b>	История появления глубокого обучения. Основная терминология, соотношение с биологическим прототипом и соотношение с классическими ранее известными архитектурами и подходами к обучению. Трудности принятия научным сообществом и первое применение в реальных задачах.
<b>1.2. Инструментарий разработчика</b>	Введение в фреймворки. Примеры библиотек и фреймворков глубокого обучения. Тензоры и внутреннее устройство фреймворков. Сравнение возможностей и ограничений фреймворков. Функции оптимизации НС. Репозитории данных.
<b>2. Сверточные нейронные сети</b>	Базовая архитектура: состав, структура, обрабатывающие способности, требовательность к данным. Подходы к обучению: первоначальная схема и ее модификации. Функционирование сети и особенности обработки информации при передаче от слоя к слою – математический аспект. Достоинства базовой архитектуры и сферы приложений. Недостатки, ограничения и требования по вычислительной мощности средств реализации. Современные свёрточные архитектуры.
<b>3. Автокодеровщики</b>	Основные свойства автокодировщиков и варианты их использования. Базовая архитектура: состав, структура, обрабатывающие способности, требовательность к данным. Сравнение с методом главных компонент. Принципиальные отличия Denoising и Sparse автокодировщиков.
<b>4. Рекуррентные НС</b>	
<b>4.1. Типовые архитектуры и их особенности</b>	ВРТТ, классические РНС Элмана, Джордана, проблемы обучения (распространения ошибки), двунаправленные RNN, LSTM, GRU, SCRN.
<b>4.2. Предобученные НС. Визуализация знаний НС</b>	Фреймворки визуализации. Ускорение обучения. Шаблоны улучшенных архитектур. Оптимизация гиперпараметров, ансамблирование моделей. Подходы к определению архитектуры НС для решения новой задачи.
<b>5. Интеллектуальная обработка текстов</b>	

<b>5.1. Способы представление текста</b>	Распределенные представления слов word2vec, GloVe, PV-DM , PV-DBOW Сверточные сети для обработки последовательностей, сравнение с рекуррентными НС в обработке последовательностей, и их объединение.
<b>5.2. Рекурсивные архитектуры</b>	Определение рекурсивной архитектуры и сфер применения. Проблемы при обработке естественного языка. Задачи NLP. RNN, RvNN и TNN – сходство, различия, достоинства и недостатки.
<b>5.3. Языковое моделирование</b>	Проблема моделирования языка. Статистические и нейросетевые подходы. Порождение текстов с использованием рекуррентных НС.
<b>6. Модели с вниманием</b>	
<b>6.1. Внимание и его функции</b>	Понятие внимание. Роль в задачах обработки информации. Подходы к реализации в классических методах. История применения механизмов внимания в глубоких сетях (фовелиальное (foveal glimpses) зрение 2010, where to attend модели, периферическое зрение), соотнесение с биологическим прототипом. Базовые модели с вниманием. Жесткое и мягкое внимание. Достоинства, недостатки. Современные архитектуры, связь с кодировщиками и декодировщиками, рекуррентными сетями. Модели внимания без рекуррентности. Примеры приложений моделей с вниманием. Направления совершенствования. Новейшие архитектуры - трансформеры.
<b>6.2. Архитектуры encoder-decoder</b>	Принцип и идея архитектуры encoder-decoder. Работа архитектуры на примере перевода текста. Эффективные области применения архитектур encoder-decoder. Достоинства и недостатки, направления развития. Глубокое обучение на конфиденциальных данных. Введение в федеративное обучение.
<b>7. Порождающие модели</b>	
<b>7.1. Введение в порождающие модели</b>	Машина Больцмана, Restricted Boltzmann Machine (RBM), Deep Belief Networks (DBN), Deep Boltzmann Machines (DBM)

<b>7.2. Порождающие состязательные модели</b>	Порождающие состязательные сети или Генеративно-состязательная нейросеть - состав и назначение. Процесс обучения дискриминатора, процесс обучения генератора и Проблемы обучения генеративно-состязательных нейросетей. НС, творчество и решение творческих задач. НС рисует, сочиняет стихи и музыку, пишет научные статьи, решает логические задачи, отбирает новости, советует, программирует и кодирует, проверяет код, читает мысли, ищет новые лекарства, открывает планеты, создает новые НС... и ошибается. Как избежать ошибок. Как обмануть НС.
<b>8. Обучение с подкреплением</b>	
<b>8.1. Введение в обучение с подкреплением</b>	Идея. Терминология. Роль среды и взаимодействия с ней. Гипотеза вознаграждения. Марковский процесс принятия решений. Уравнения Беллмана. Улучшение стратегий. TD-learning. TD-Gammon, DQN.
<b>8.2. Типовые архитектуры</b>	Архитектура Gorila. Архитектура AlfaGo. Обучение с подкреплением с противником. Deep Q-networks. Неигровое применение обучения с подкреплением.
<b>9. Тренды в развитии моделей глубокого обучения</b>	
<b>9.1. Аппаратная поддержка моделей глубокого обучения</b>	Введение в распараллеливание вычислений. Аппаратные и программные платформы. Ускорение вычислений с использованием видеокарт. Cuda. Основные технологии, связь с программными пакетами. Облачные технологии. Кластеры компьютеров. Примеры.
<b>9.2. Эвристики в улучшении глубоких моделей</b>	Дропаут и байесовские сети. Байесовский GAN и GAN с вариационным выводом. Обнаружение объектов. YoLo, Faster R-CNN, ResNet, UNet, Mask R-CNN и другие.
<b>9.3. На пути к нейроморфингу и брейн-вычислениям</b>	Нейронные машины Тьюринга, Дифференцируемый нейронный компьютер. Современные нейроморфные архитектуры и их аппаратные реализации.
<b>9.4. Модели для AGI</b>	Модель PathNet. Классика ML и ее место в AGI. Проект CYC. Место законов робототехники и правового регулирования. Обзор тенденций в DL по материалам последних конференций.

## **5. Образовательные технологии**

1. При изучении дисциплины используются традиционные технологии - лекции в сочетании с лабораторными занятиями, а также самостоятельное изучение определённых разделов.

## **6. Лабораторный практикум**

№ раздела	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ач
		Очная форма
1.	Сверточные нейронные сети	10
2.	Обработка и анализ данных, представленных в виде последовательностей с использованием рекуррентных сетей	10
3.	Обучение с подкреплением	6
4.	Модели для AGI	4
<b>Итого часов</b>		<b>30</b>

## **7. Практические занятия**

Не предусмотрено

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

Самостоятельная работа студентов направлена на освоение учебного материала, получение навыков самостоятельного изучения литературы по курсу, приобретение практических навыков решения прикладных задач, подготовки к выступлениям на семинарах, научных конференциях.

## 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	0
опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	4
самостоятельное изучение разделов дисциплины	4
выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	10
подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
<b>Итого текущей СР:</b>	18
<b>Творческая проблемно-ориентированная СР</b>	
выполнение расчётно-графических работ	0
выполнение курсового проекта или курсовой работы	7
поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	6
работа над междисциплинарным проектом	0
исследовательская работа, участие в конференциях, семинарах, олимпиадах	8
анализ данных по заданной теме, выполнение расчётов, составление схем и моделей на основе собранных данных	0
<b>Итого творческой СР:</b>	21
<b>Общая трудоемкость СР:</b>	43

## 9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 9.1. Адрес сайта курса

<https://dl.spbstu.ru/course/view.php?id=3654>

## **9.2. Рекомендуемая литература**

### **Основная литература**

<b>№</b>	<b>Автор, название, место издания, издательство, год (годы) издания</b>	<b>Год изд.</b>	<b>Источник</b>
1	Васильев А.Н., Тархов Д.А. Нейросетевые методы и алгоритмы математического моделирования: Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. URL: <a href="http://elib.spbstu.ru/dl/2/si21-221.pdf">http://elib.spbstu.ru/dl/2/si21-221.pdf</a>	2014	ЭБ СПбПУ
2	Станкевич Л.А. Когнитивные системы и роботы: Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. URL: <a href="http://elib.spbstu.ru/dl/2/i19-63.pdf">http://elib.spbstu.ru/dl/2/i19-63.pdf</a>	2019	ЭБ СПбПУ

### **Дополнительная литература**

<b>№</b>	<b>Автор, название, место издания, издательство, год (годы) издания</b>	<b>Год изд.</b>	<b>Источник</b>
1	Шолле Ф. Глубокое обучение на R: Санкт-Петербург: Питер, 2018. URL: <a href="https://ibooks.ru/reading.php?short=1&amp;productid=358166">https://ibooks.ru/reading.php?short=1&amp;productid=358166</a>	2018	Подписанное издание
2	Николенко С., Кадурин А., Архангельская Е. Глубокое обучение: Санкт-Петербург: Питер, 2019. URL: <a href="https://ibooks.ru/reading.php?short=1&amp;productid=356955">https://ibooks.ru/reading.php?short=1&amp;productid=356955</a>	2019	Подписанное издание

### **Ресурсы Интернета**

1. Машинное обучение. Курс.: <https://www.coursera.org/learn/machine-learning>

## **9.3. Технические средства обеспечения дисциплины**

Для успешного освоения разделов дисциплины и разработки собственных программ моделирования нейронных сетей студентам рекомендуется использовать фреймворки глубокого обучения, предварительно ознакомившись с доступными демонстрационными примерами, соответствующими рассматриваемой модели нейронной сети.

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

Для проведения занятий используется специализированный лабораторный класс с выходом в интернет на базе персональных компьютеров с операционной системой Windows.

## **11. Критерии оценивания и оценочные средства**

### **11.1. Критерии оценивания**

Для дисциплины «Методы глубокого машинного обучения» формой аттестации является 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.

Экзамен проводится в устной форме. Экзаменационные билеты состоят из двух вопросов из перечня экзаменационных вопросов.

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

<b>Баллы по приведенной шкале в рамках применения СИД (ПСРО+ ПА)</b>	<b>Оценка по результатам промежуточной аттестации</b>
	<b>Экзамен/диф.зачет/зачет</b>
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**

Студентам рекомендуется самостоятельная работа с литературой - учебными пособиями, учебниками и книгами как по теоретической, так и по практической части дисциплины, а также знакомство со статьями из ведущих российских и зарубежных периодических изданий с аннотированием и реферированием наиболее интересных статей и статей, рекомендованных в качестве перспективных для практического применения. Просмотр видео лекций по темам дисциплины, предоставленных в свободный доступ ведущими российскими и зарубежными университетами, рекомендуется для тех разделов дисциплины, которые вызывают особые затруднения в освоении. Кроме того, для всех разделов дисциплины предусмотрен разбор демонстрационных примеров в современных программных средах и рекомендуется периодически возвращаться к пройденному материалу. В процессе лекций проводятся экспресс-опросы и консультации для получения обратной связи от студентов по пройденному материалу, выяснения наиболее трудных для понимания разделов и разбору возникающих вопросов.

## **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.