

**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	бакалавр
Образовательный стандарт	СУОС
Форма обучения	Очная

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОП

_____ Р.В. Цветков
«26» марта 2024 г.

Соответствует СУОС

Утверждена протоколом заседания
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
ПК-1	Способен использовать интеллектуальные технологии для проектирования сложных технических систем
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	Трудоёмкость по семестрам
	Очная форма
Лекционные занятия	30
Лабораторные занятия	30
Самостоятельная работа	43
Часы на контроль	16
Промежуточная аттестация (экзамен)	11
Курсовое проектирование	14
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
Текущий контроль	
Курсовые работы, шт.	1
Промежуточная аттестация	
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.	Автокодировщики	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 брейн-вычислениям	2	0	2
9.4.	Модели для AGI	2	4	3
Итого по видам учебной работы:		30	30	43
Экзамены, ач				16
Часы на контроль, ач				16
Курсовое проектирование			14	

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

4.2. Содержание разделов и результаты изучения дисциплины

Раздел дисциплины	Содержание
1. Введение в глубокое обучение	
1.1. Необходимость глубокого обучения	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.
1.2. Инструментарий разработчика	Введение в фреймворки. Примеры библиотек и фреймворков глубокого обучения. Тензоры и внутреннее устройство фреймворков. Сравнение возможностей и ограничения фреймворков. Функции оптимизации НС. Репозитории данных.
2. Сверточные нейронные сети	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.
3. Автокодировщики	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.
4. Рекуррентные НС	
4.1. Типовые архитектуры и их особенности	ВРТТ, классические РНС Элмана, Джордана, проблемы обучения (распространения ошибки), двунаправленные RNN, LSTM, GRU, SCRN.
4.2. Предобученные НС. Визуализация знаний НС	Фреймворки визуализации. Ускорение обучения. Шаблоны улучшенных архитектур. Оптимизация гиперпараметров, ансамблирование моделей. Подходы к определению архитектуры НС для решения новой задачи.
5. Интеллектуальная обработка текстов	

5.1. Способы представление текста	<p>Распределенные представления слов word2vec, GloVe, PV-DM , PV-DBOW</p> <p>Сверточные сети для обработки последовательностей, сравнение с рекуррентными НС в обработке последовательностей, и их объединение.</p>
5.2. Рекурсивные архитектуры	<p>Определение рекурсивной архитектуры и сфер применения.</p> <p>Проблемы при обработке естественного языка. Задачи NLP. RNN, RvNN и TNN – сходство, различия, достоинства и недостатки.</p>
5.3. Языковое моделирование	<p>Проблема моделирования языка. Статистические и нейросетевые подходы.</p> <p>Порождение текстов с использованием рекуррентных НС.</p>
6. Модели с вниманием	
6.1. Внимание и его функции	<p>Понятие внимание. Роль в задачах обработки информации.</p> <p>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.</p>
6.2. Архитектуры encoder-decoder	<p>Принцип и идея архитектуры encoder-decoder. Работа архитектуры на примере перевода текста.</p> <p>Эффективные области применения архитектур encoder-decoder.</p> <p>Достоинства и недостатки, направления развития.</p> <p>Глубокое обучение на конфиденциальных данных. Введение в федеративное обучение.</p>
7. Порождающие модели	
7.1. Введение в порождающие модели	<p>Машина Больцмана, Restricted Boltzmann Machine (RBM), Deep Belief Networks (DBN), Deep Boltzmann Machines (DBM)</p>

7.2. Порождающие состязательные модели	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.
8. Обучение с подкреплением	
8.1. Введение в обучение с подкреплением	Идея. Терминология. Роль среды и взаимодействия с ней. Гипотеза вознаграждения. Марковский процесс принятия решений. Уравнения Беллмана. Улучшение стратегий. TD-learning. TD-Gammon, DQN.
8.2. Типовые архитектуры	Архитектура Gorila. Архитектура AlfaGo. Обучение с подкреплением с противником. Deep Q-networks. Неигровое применение обучения с подкреплением.
9. Тренды в развитии моделей глубокого обучения	
9.1. Аппаратная поддержка моделей глубокого обучения	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.
9.2. Эвристики в улучшении глубоких моделей	Дропаут и байесовские сети. Байесовский GAN и GAN с вариационным выводом. Обнаружение объектов. YoLo, Faster R-CNN, ResNet, UNet, Mask R-CNN и другие.
9.3. На пути к нейроморфингу и брейн-вычислениям	Нейронные машины Тьюринга, Дифференцируемый нейронный компьютер. Современные нейроморфные архитектуры и их аппаратные реализации.
9.4. Модели для AGI	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
Итого часов		30

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
Текущая СР	
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
Итого текущей СР:	18
Творческая проблемно-ориентированная СР	
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
Итого творческой СР:	21
Общая трудоемкость СР:	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

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

Дополнительная литература

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

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

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.