

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный экономический университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности

В.Г. Шубаева

«24» мая 2023 г.

Алгоритмы машинного обучения

Рабочая программа дисциплины

Направление подготовки/
Специальность

01.04.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) программы/

Специализация

Математическое и компьютерное моделирование в экономике и управлении

Уровень высшего образования

Магистратура

Форма обучения

очная

Год набора

2023

Составитель(и):

Старший преподаватель, Ивахненко Дарья Александровна

Часов по учебному плану	144	Виды контроля в семестрах: Экзамен: семестр 3
в том числе:		
контактная работа	48	
самостоятельная работа	60	
практическая подготовка	0	
часов на контроль	36	

Распределение часов дисциплины:

Семестр:	3
Вид занятий	Часы
Лекционные занятия	20
Практические занятия	28
Лабораторные работы	
Итого аудиторных часов	48
Самостоятельная работа	60
Часы на контроль	36
Итого академических часов	144
Общая трудоемкость в зачетных единицах	4

Санкт-Петербург
2023

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	3
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ*	3
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
5.1 Рекомендуемая литература	5
5.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в т.ч. отечественного производства	5
5.3 Перечень информационных справочных систем (ИСС) и современных профессиональных баз данных (СПБД).....	5
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	6
7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
8. ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ	8
ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ.....	9
1.1 Контрольные вопросы и задания к промежуточной аттестации	9
1.2 Темы письменных работ.....	9
1.3 Контрольные точки	9
1.4 Другие объекты оценивания	10
1.5 Самостоятельная работа обучающегося	10
1.6 Шкала оценивания результата	10

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель:	Представить обучающимся возможности методов машинного обучения на основе классических и нейросетевых подходов, продемонстрировать инструменты для реализации и обучения предсказательных и прогнозных моделей.
--------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В Алгоритмы машинного обучения относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Код и наименование компетенции выпускника	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-2 - Способен совершенствовать существующие и разрабатывать новые алгоритмы интеллектуального анализа данных с использованием современных математических методов, выполнять программную реализацию этих алгоритмов	ПК-2.2 - Применяет современные инструментальные средства и языки программирования для программной реализации алгоритмов интеллектуального анализа данных	<p>Знать: теоретические основы машинного обучения и нейросетевых подходов, их обоснование и инструментальные средства для их программной реализации</p> <p>Уметь: применять математические методы для формирования алгоритма решения прикладных задач на основе машинного обучения и нейросетевых подходов.</p> <p>Владеть: современными инструментальными средствами для программной реализации и обучения алгоритмов машинного обучения и нейросетевых архитектур.</p>

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ*

Номер и наименование тем и/или разделов/тем	Содержание дисциплины	Объем дисциплины (академические часы)			
		Контактная работа			СРО
		ЗЛТ	ПЗ	ЛР	
Тема 1. Композиции алгоритмов. Введение в нейронные сети	Алгоритмы построения композиций алгоритмов машинного обучения. Понятия архитектуры нейронной сети: входной слой, скрытый слой, выходной слой, функция активации. Представление нейронной сети как композиции алгоритмов. Применение полносвязных нейронных сетей для	2	2		4

	решения прикладных задач.				
Тема 2. Методы обучения нейронных сетей. Регуляризация нейронных сетей	Метод обратного распространения ошибки. Дифференцирование на графе вычислений. Градиентные методы обучения нейронных сетей: метод градиентного спуска, метод стохастического градиентного спуска, метод импульсов, метод Нестерова, алгоритмы Adagrad, RMSProp, Adam. Методы регуляризации в нейронных сетях: l1- и l2-регуляризаторы, метод последовательного отключения нейронов, метод ранней остановки. Нормализация данных. Батч-нормализация.	4	6		12
Тема 3. Алгоритмы машинного обучения в компьютерном зрении. Сверточные нейронные сети	Методы обработки и шумоподавления в изображениях. Метод направленных градиентов. Подходы к анализу изображений на основе гистограмм. Понятие свёртки. Свёрточный слой. Дополнение и сдвиг. Слой субдискретизации. Дифференцирование на графе вычислений для свёрточной нейронной сети. Аугментации.	4	6		12
Тема 4. Алгоритмы обработки текстов на естественном языке	Методы анализа текстовых документов. Наивный байесовский классификатор. Методы векторного представления текстов: "мешок слов", tf-idf, word2vec, fastText. Предобработка текстов. Регулярные выражения. Задача восстановления пробелов в тексте.	2	4		8
Тема 5. Рекуррентные нейронные сети. Трансформеры	Методы анализа последовательностей. Устройство рекуррентной нейронной сети. Дифференцирование на графе вычислений для рекуррентной нейронной сети. Проблема длинных зависимостей. Сеть LSTM. Сеть GRU. Применение рекуррентных нейронных сетей для задачи восстановления пробелов в тексте. Механизм "внимания". Устройство трансформеров. Методы векторного представления представления текстов на основе трансформеров.	4	4		12
Тема 6. Построение композиции классических и нейросетевых моделей машинного обучения	Методы нейросетевой обработки различных типов данных. Формирование сложной архитектуры нейронной сети для обработки различных типов данных. Применение трансферного обучения для формирования признакового описания объектов. Эмбединги. Применение классических моделей машинного обучения на основе трансферного обучения.	4	6		12
Контроль:					36
Всего по дисциплине:		20	28	0	60

*ЗЛТ – занятия лекционного типа, ПЗ – все виды занятий семинарского типа, кроме лабораторных работ, ЛР – лабораторные работы, СРО – самостоятельная работа обучающегося

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Рекомендуемая литература

Библиографическое описание издания (автор, заглавие, вид, место и год издания, кол. стр.)	Электронные ресурсы
Галушкин, А. И. Нейронные сети: основы теории / А.И. Галушкин. - Москва : Гор. линия-Телеком, 2012. - 496 с.	https://znanium.com/catalog/product/353660
Бессмертный, И. А. Системы искусственного интеллекта : учебное пособие для академического бакалавриата / И. А. Бессмертный. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 157 с.	https://urait.ru/bcode/423120
Плас, Дж. Вандер. Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение . — Электрон. дан. — СПб: Питер, 2018. — 576 с.	https://ibooks.ru/products/356721?category_id=13200
Бринк Х. Машинное обучение / Х. Бринк, Д. Ричардс, М. Феверолф. — Электрон. дан. — СПб : Питер, 2017. — 336 с.	https://ibooks.ru/bookshelf/355472/reading

5.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в т.ч. отечественного производства

- 7-Zip
- Python
- Anaconda Individual Edition
- Adobe Reader
- LibreOffice
- ОС Альт образование 10

5.3 Перечень информационных справочных систем (ИСС) и современных профессиональных баз данных (СПБД)

№	Наименование СПБД/ ИСС
1.	Электронная библиотека Grebennikon.ru – www.grebennikon.ru
2.	Научная электронная библиотека eLIBRARY – www.elibrary.ru
3.	Научная электронная библиотека КиберЛеника – www.cyberleninka.ru
4.	База данных ПОЛПРЕД Справочники – www.polpred.com
5.	База данных OECD Books, Papers & Statistics на платформе OECD iLibrary www.oecd-ilibrary.org
6.	Справочная правовая система КонсультантПлюс (инсталлированный ресурс СПбГЭУ или www.consultant.ru)
7.	Справочная правовая система «ГАРАНТ» (инсталлированный ресурс СПбГЭУ или www.garant.ru)

8.	Информационно-справочная система «Кодекс» (инсталлированный ресурс СПбГЭУ или www.kodeks.ru)
9.	Электронная библиотечная система BOOK.ru - www.book.ru
10.	Электронная библиотечная система ЭБС ЮРАЙТ – www.urait.ru
11.	Электронно-библиотечная система ЗНАНИУМ (ZNANIUM) – www.znanium.com
12.	Электронная библиотека СПбГЭУ – opac.unicon.ru

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ) групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Помещения оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование учебных аудиторий, перечень	Адрес (местоположение) учебных аудиторий
Ауд. 406 Учебная аудитория (для проведения занятий лекционного типа и занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации), оборудована мультимедийным комплексом. Специализированная мебель и оборудование: Учебная мебель на 36 посадочных мест; доска меловая - 1 шт.; тумба - 1 шт.; Компьютер Athlon 64 x2 4400 2.3/4Gb./150Gb - 1 шт., Проектор цифровой Acer X1240 - 1 шт., Колонки Hi-Fi PRO MASK6T-W (2 шт.) - 1 шт., Экран Projecta Compact Electrol 153x200 см Matte White S - 1 шт. Наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий: мультимедийные приложения к лекционным курсам и практическим занятиям, интерактивные учебно-наглядные пособия.	196084, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 103, лит. А, пом. 1Н, 2Н
Ауд. 401 пом 2 Лаборатория "Лабораторный комплекс". Специализированная мебель и оборудование: Учебная мебель на 25 посадочных мест; Компьютер Intel Core I5-7400/DDR4 8GB/1Tb/Dell 23 E2318H - 20 шт., Ноутбук HP 250 G6 1WY58EA - 5 шт. Наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий: мультимедийные приложения к лекционным курсам и практическим занятиям, интерактивные учебно-наглядные пособия.	196084, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 103, лит. А, пом. 1Н, 2Н

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Приступая к изучению дисциплины, обучающемуся необходимо ознакомиться со следующими документами:

- учебно-методической документацией;
- локальными нормативными актами, регламентирующими основные вопросы организации и осуществления образовательной деятельности, в том числе регламентирующие порядок проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся;
- графиком консультаций сотрудников профессорско-преподавательского состава.

Уровень и глубина освоения дисциплины определяются активной и систематической работой обучающихся на лекционных занятиях, занятиях семинарского типа, выполнением самостоятельной работы, в том числе в части выделения наиболее значимых и актуальных проблем для дальнейшего изучения. Особым условием качественного освоения дисциплины является эффективная организация труда, позволяющая распределить учебную нагрузку равномерно в соответствии с графиком учебного процесса.

При подготовке к учебным занятиям обучающимся предоставляется возможность посещения консультаций сотрудников профессорско-преподавательского состава СПбГЭУ согласно расписанию, установленному в графике консультаций.

Аудиторная и внеаудиторная работа обучающихся должна быть направлена на формирование:

- фундаментальных основ мировоззрения обучающихся и естественнонаучного познания;
- базисных знаний, соответствующих направлению подготовки и заявленной профессиональной области, формирующих целевую и профессиональную основу для подготовки кадров;
- профессиональных компетенций ориентированных на удовлетворение потребностей рынка труда;
- индивидуальной траектории посредством освоения уникального набора профессиональных компетенций дополняющих компетентностную модель обучающегося, за счет ориентации на конкретные профессиональные специализированные области знаний, определяемые представителями рынка труда;
- метанавыков обучающихся, таких как: командная работа и лидерство, анализ данных, цифровые навыки, разработка и реализация проектов, межкультурное взаимодействие.

8. ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

В целях освоения учебной программы дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья Университет обеспечивает:

– для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению: размещение в доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, местах и в адаптированной форме справочной информации о расписании учебных занятий; присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь; выпуск альтернативных форматов методических материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);

– для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху: надлежащими звуковыми средствами воспроизведение информации;

– для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата: возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, туалетные комнаты и другие помещения кафедры, а также пребывание в указанных помещениях.

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечены печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья. Образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах или в отдельных организациях.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

1.1 Контрольные вопросы и задания к промежуточной аттестации

- 1 Алгоритмы построения композиций алгоритмов машинного обучения.
- 2 Понятия архитектуры нейронной сети: входной слой, скрытый слой, выходной слой, функция активации. Представление нейронной сети как композиции алгоритмов.
- 3 Применение полносвязных нейронных сетей для решения прикладных задач.
- 4 Метод обратного распространения ошибки. Дифференцирование на графе вычислений.
- 5 Градиентные методы обучения нейронных сетей.
- 6 Методы регуляризации в нейронных сетях. Батч-нормализация.
- 7 Методы обработки и шумоподавления в изображениях.
- 8 Метод направленных градиентов. Подходы к анализу изображений на основе гистограмм.
- 9 Понятие свёртки. Свёрточный слой. Дополнение и сдвиг. Слой субдискретизации. Дифференцирование на графе вычислений для свёрточной нейронной сети.
- 10 Методы анализа текстовых документов. Наивный байесовский классификатор.
- 11 Методы векторного представления текстов: "мешок слов", tf-idf.
- 12 Методы векторного представления текстов: word2vec, fastText.
- 13 Предобработка текстов. Регулярные выражения.
- 14 Задача восстановления пробелов в тексте.
- 15 Методы анализа последовательностей. Устройство рекуррентной нейронной сети. Дифференцирование на графе вычислений для рекуррентной нейронной сети.
- 16 Сеть LSTM. Сеть GRU.
- 17 Применение рекуррентных нейронных сетей для задачи восстановления пробелов в тексте.
- 18 Механизм "внимания". Устройство трансформеров.
- 19 Методы векторного представления представлений текстов на основе трансформеров.
- 20 Формирование сложной архитектуры нейронной сети для обработки различных типов данных.
- 21 Применение трансферного обучения для формирования признакового описания объектов. Эмбединги.
- 22 Применение классических моделей машинного обучения на основе трансферного обучения.

1.2 Темы письменных работ

Рабочей программой дисциплины не предусмотрено.

1.3 Контрольные точки

Номер контрольной точки	Тип контрольной точки	Способ проведения	Номера тем
1	Решение задач	с помощью технических средств и информационных систем	1-3

2	Решение задач	с помощью технических средств и информационных систем	4-6
3	Текущий контроль	с помощью технических средств и информационных систем	1-6

1.4 Другие объекты оценивания

Рабочей программой дисциплины не предусмотрено.

1.5 Самостоятельная работа обучающегося

Наименования самостоятельной работы	Номера тем
Выполнение домашних заданий	2-6
Подготовка к лекционным и практическим занятиям	1-6
Подготовка к экзамену	1-6
Решение профессиональных задач	1-6

1.6 Шкала оценивания результата

Шкалы оценивания и процедуры оценивания результатов обучения **по дисциплине** регламентируются Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования и Положением о балльно-рейтинговой системе.

Для оценки сформированности результатов обучения по дисциплине используется **балльно-рейтинговая система успеваемости обучающихся**:

Формой итогового контроля по дисциплине является экзамен (или дифференцированный зачет), итоговая оценка формируется в соответствии со шкалой, приведенной ниже в таблице:

Баллы	Оценка
≤ 54	неудовлетворительно
55-69	удовлетворительно
70-84	хорошо
≥ 85	отлично

Шкала оценивания результата

2 (балл до 54)	Демонстрирует непонимание проблемы. Многие требования, предъявляемые к заданию не выполнены. Демонстрируется первичное восприятие материала. Работа незакончена и /или это плагиат.
----------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3 (балл 55-69)	Демонстрирует частичное понимание проблемы. Большинство требований, предъявляемых, к заданию выполнены. Владение элементами заданного материала. В основном выполненный материал понятен и носит целостный характер.
4 (балл 70-84)	Демонстрирует значительное понимание проблемы обозначенной дисциплиной. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены. Содержание выполненных заданий раскрыто и рассмотрено с разных точек зрения.
5 (балл 85-100)	Демонстрирует полное понимание проблемы. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены. Продemonстрировано уверенное владение материалом дисциплины. Выполненные задания носят целостных характер, выполнены в полном объеме, структурированы, представлены различные точки зрения, продемонстрирован творческий подход.