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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной и
методической работе
_____/ Шубаева В.Г./
«17» 06 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

НЕЙРОСЕТЕВОЙ АНАЛИЗ

Направление подготовки	01.03.02 Прикладная математика и информатика
Направленность (профиль) программы	Прикладная математика и информатика в экономике и управлении
Уровень высшего образования	бакалавриат
Форма обучения	очная

Составители:
_____/ д.т.н., профессор Фридман Г.М.
_____/ ассистент Ивахненко Д.А.

Санкт-Петербург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ ДИСЦИПЛИНЫ 3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ 3
3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ 3
4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ 4
5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ 5
6. ЗАНЯТИЯ СЕМИНАРСКОГО ТИПА 6
7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ 7
7.1. Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины 7
7.2. Организация самостоятельной работы 7
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ 8
9. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ 9
9.1. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины 9
9.2. Материально-техническое обеспечение учебного процесса 10
10. ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ 11
11. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ 11

1. ЦЕЛЬ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины: представить обучающимся модели современных искусственных нейронных сетей, методы их обучения и способы применения в прикладных задачах анализа данных.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.12 «Нейросетевой анализ» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций, представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции выпускника	**Код и наименование индикаторов достижения компетенций**	**Планируемые результаты обучения по дисциплине**
1	**2**	**3**
ПК-2 Способен выполнить интеллектуальный анализ данных различной природы с использованием современных математических методов, инструментальных	ПК-2.1. Владеет современными математическими методами анализа данных.	***Знать:*** основные определения и принципы построения нейросетевых моделей, основные структуры нейронных сетей, методы обучения и сферы их применения *З (ПК-2.1)* ***Уметь:*** решать задачи вычислительного характера с помощью компьютерных средств и строить нейросетевые модели для решения прикладных задач *У (ПК-2.1)* ***Владеть:*** навыками построения и обучения нейронных сетей для решения задач в профессиональной деятельности *В (ПК-2.1)*

средств и языков программирования	ПК-2.2. Применяет современные инструментальные средства и языки программирования для решения задач интеллектуального анализа данных.	***Знать:*** основные подходы к программной реализации моделей нейронных сетей и сферу их применения *З (ПК-2.2)* ***Уметь:*** применять нейронные сети к решению профессиональных задач *У(ПК-2.2)* ***Владеть:*** современными инструментальными средствами нейросетевого анализа *В(ПК-2.2)*
ПК-5 Способен разрабатывать, адаптировать и применять прикладное программное обеспечение для решения задач в области профессиональной деятельности	ПК-5.1. Разрабатывает и адаптирует прикладное программное обеспечение для решения профессиональных задач.	***Знать:*** основные возможности использования современных технических средств и информационных технологий для решения аналитических и исследовательских задач с помощью нейронных сетей *З (ПК-5.1)* ***Уметь:*** разрабатывать математические нейросетевые модели с помощью технических средств и информационных технологий *У (ПК-5.1)* ***Владеть:*** навыками применения современных инструментальных средств нейросетевого анализа данных *В (ПК-5.1)*

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа, из которых 36 часов самостоятельной работы обучающегося, согласно РУП, отводится на подготовку и защиту экзамена.

Форма промежуточной аттестации: экзамен в 7 семестре.

Распределение фонда времени по темам дисциплины по очной форме обучения представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение фонда времени по темам дисциплины

Номер и наименование тем	Объем дисциплины (ак. часы)			
	Контактная работа			СРО
	ЗЛТ	ПЗ	ЛР	
1	*2*	*3*	*4*	*5*
Тема 1. Введение в нейросетевой анализ. Основные понятия и области применения искусственных нейронных сетей	4	-	-	4
Тема 2. Алгоритмы обучения нейронных сетей	8	14	-	12
Тема 3. Методы регуляризации нейронных сетей	2	8	-	8
Тема 4. Сверточные нейронные сети в прикладных задачах анализа данных	4	12	-	8
Тема 5. Рекуррентные нейронные сети и сети краткосрочной памяти	4	12	-	8
Всего по дисциплине:	**22**	**46**		**76**

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

5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Введение в нейросетевой анализ. Основные понятия и области применения искусственных нейронных сетей

Постановка задачи распознавания образов. Предпосылки возникновения искусственных нейронных сетей. Понятие нейрона. Модель искусственного нейрона. Функция активации. Представление нейронных сетей с помощью направленных графов. Архитектура нейронной сети. Правило Хебба. Обучение с учителем. Обучение с подкреплением. Обучение без учителя. Представление логических операций в виде нейронной сети.

Тема 2. Алгоритмы обучения нейронных сетей

Постановка оптимизационной задачи. Дифференцирование на графе вычислений. Инициализация весов. Метод градиентного спуска. Производная композиции функций. Стохастический градиентный спуск в обучении искусственных нейронных сетей. Прямое распространение ошибки. Алгоритм обратного распространения ошибки. Понятие эпохи. Выбор шага обучения. Понятие мини-батча. Проблема паралича алгоритма. Методы с накоплением импульса. Метод адаптивного градиентного спуска. Метод RMSProp. Обучение искусственной нейронной сети оптимизационным алгоритмом Adam.

Тема 3. Методы регуляризации нейронных сетей

Проблема переобучения нейронных сетей. Метод случайных отключений нейронов для повышения обобщающей способности сети. Вероятность отключения нейронов. Ансамбль нейронных сетей. Предсказания ансамбля нейронных сетей. Обратный метод случайных отключений нейронов.

Батч-нормализация. Ограничение параметров сети. Применение метода случайных отключений нейронов с L2-регуляризацией. Ускоряющий множитель. Эффективная скорость обучения.

Тема 4. Сверточные нейронные сети в прикладных задачах анализа данных

Компьютерное зрение. Каналы в изображении. Карта признаков. Понятие свертки. Операция субдискретизации. Сверточные нейронные сети для задачи распознавания рукописных цифр. Выбор функции активации. Современные сверточные архитектуры. Глубокое остаточное обучение. Шумоподавляющий автокодировщик. Разреженные автокодировщики.

Тема 5. Рекуррентные нейронные сети и сети краткосрочной памяти

Области применения рекуррентных нейронных сетей. Основные архитектуры рекуррентных нейронных сетей. Распространение ошибки в рекуррентной нейронной сети. Проблема затухающих градиентов. Архитектура Long Short-Term Memory (LSTM). Виды узлов в LSTM. Забывающий узел. Модель Gated Recurrent Unit (GRU). Языковое моделирование с помощью рекуррентных нейронных сетей.

6. ЗАНЯТИЯ СЕМИНАРСКОГО ТИПА

Таблица 6.1 – Практические занятия / Семинарские занятия / Лабораторные работы

№ темы	Тема занятия	Вид занятия / Оценочное средство
1	*2*	*3*
2	Занятие 1. Построение простейшей нейронной сети для решения задачи бинарной классификации. Обучение нейронной сети методами градиентного спуска и стохастического градиентного спуска. Занятие 2. Построение двухслойной нейронной сети для решения задачи многоклассовой классификации. Обучение двухслойной нейронной сети методом градиентного спуска по мини-батчам. Занятие 3. Компьютерная реализация алгоритма стохастического градиентного спуска с адаптивным накоплением импульса. Занятие 4. Компьютерная реализация адаптивных градиентных алгоритмов.	ПЗ: Решение практических задач
3	Занятие 5. Вывод формулы обучения с L2-регуляризацией. Решение задачи многоклассовой классификации с регуляризацией. Занятие 6. Применение метода случайных отключений нейронов с L2-регуляризацией. Сравнение качества результатов.	ПЗ: Решение практических задач
4	Занятие 7. Построение сверточной нейронной сети для задачи распознавания цифр на фотографиях зданий. Выбор архитектуры и функции активации. Занятие 8. Сравнение качества классификации сверточных сетей с регуляризацией и без нее. Занятие 9. Применение шумоподавляющих автокодировщиков для улучшения качества предсказаний сверточных нейронных сетей.	ПЗ: Решение практических задач
5	Занятие 10. Применение методов извлечения признаков из текстовых документов. Занятие 11. Построение сети LSTM для задачи проставления меток к текстовым документам. Оценка качества полученной модели. Занятие 12. Применение модели GRU к задаче проставления меток к текстовым документам. Сравнение полученных результатов с результатами, полученными моделью LSTM.	ПЗ: Решение практических задач

* ПЗ – практические занятия, СЗ – семинарские занятия, ЛР – лабораторные работы

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

7.1. Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины

Для формирования четкого представления об объеме и характере знаний и умений, которыми надо будет овладеть по дисциплине в самом начале учебного курса обучающийся должен ознакомиться с учебно-методической документацией:

– рабочей программой дисциплины: с целями и задачами дисциплины, ее связями с другими дисциплинами образовательной программы, перечнем знаний и умений, которыми в процессе освоения дисциплины должен владеть обучающийся,

– порядком проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации;

– графиком консультаций преподавателей кафедры.

Систематическое выполнение учебной работы на занятиях лекционных и семинарских типов, а также выполнение самостоятельной работы позволит успешно освоить дисциплину.

В процессе освоения дисциплины обучающимся следует:

– слушать, конспектировать излагаемый преподавателем материал;

– ставить, обсуждать актуальные проблемы курса, быть активным на занятиях;

– задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений;

– выполнять задания практических занятий полностью и установленные сроки.

При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале не удалось, то обратится к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на занятиях семинарского типа.

Обучающимся, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющим письменного решения задач или не подготовившимся к данному занятию, рекомендуется не позже, чем в 2 - недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме.

7.2. Организация самостоятельной работы

Под самостоятельной работой обучающихся понимается планируемая работа обучающихся, направленная на формирование указанных компетенций, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, без его непосредственного участия.

Методическое обеспечение самостоятельной работы при наличии обучающихся лиц с ограниченными возможностями представляется в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Виды самостоятельной работы по дисциплине представлены в таблице 7.2.1.

Таблица 7.2.1 – Организация самостоятельной работы обучающегося

№ темы	Вид самостоятельной работы
1	*2*
1-5	Изучение литературы основной и дополнительной
1-5	Подготовка к ПЗ
2-5	Выполнение самостоятельного задания
2	Самостоятельное задание: построение и обучение нейронной сети для решения задачи бинарной классификации методами градиентного спуска, стохастического градиентного спуска. Построение и обучение двухслойной нейронной сети для решения задачи многоклассовой классификации с помощью адаптивных алгоритмов обучения. Подготовка к экзамену.
3	Самостоятельное задание: применение обратного метода случайных отключений нейронов в задаче многоклассовой классификации. Обучение нейронной сети с L2-регуляризацией. Подготовка к экзамену.
4	Самостоятельное задание: построение сверточной нейронной сети для задачи распознавания рукописных цифр. Применение регуляризации. Применение шумоподавляющих автокодировщиков для улучшения качества предсказаний. Подготовка к экзамену.
5	Самостоятельное задание: построение рекуррентных нейронных сетей для задачи проставления меток к текстовым документам. Сравнение модели LSTM с моделью GRU. Подготовка к экзамену.
1-5	Подготовка к экзамену

Каждый вид СРО, указанный в таблице 7.2.1 обеспечен методическими материалами.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В рамках реализации дисциплины «*Нейросетевой анализ*» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Все практические занятия проводятся в компьютерной аудитории в форме выполнения расчетно-графических работ. Активно используются обсуждения вариантов постановки задач, методов решения, возможных подходов к их компьютерной реализации. Совместно с обучающимися разрабатывается пошаговый план решения поставленной задачи. Решение *ИЗК* (индивидуальное задание, выполняемое на компьютере) реализуется средствами Wolfram Mathematica и Python.

Проводится обсуждение адекватности вариантов полученного решения. Проводится совместное обсуждение корректности и возможности применения метода к другим практическим задачам.

9. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Таблица 9.1.1 – Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Библиографическое описание издания (автор, заглавие, вид, место и год издания, кол. стр.)	*основная/ дополнительная литература*	Кол-во. экз. в библ. СПбГЭУ	Электронные ресурсы
1. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике : учебное пособие .— 11-е изд., перераб. и доп. — Электрон. дан. — Москва : Юрайт, 2019 .— 404 с.	основная		ЭБС Юрайт
2. Бессмертный И.А. Интеллектуальные системы : учебник и практикум / И.А. Бессмертный, А.Б. Нугуманова, А.В. Платонов. — Электрон. дан. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 243 с.	основная		ЭБС Юрайт
3. Новиков Ф.А. Символический искусственный интеллект: математические основы представления знаний : учебное пособие . — Электрон. дан. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 278 с.	дополнительная		ЭБС Юрайт
4. Бринк Х. Машинное обучение / Х. Бринк, Д. Ричардс, М. Феверолф. — Электрон. дан. — СПб : Питер, 2017. — 336 с.	дополнительная		ЭБС Айбукс
5. Плас, Дж. Вандер. Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение . — Электрон. дан. — СПб: Питер, 2018. — 576 с.	дополнительная		ЭБС Айбукс

Таблица 9.1.2 – Перечень современных профессиональных баз данных (СПБД)

№	Наименование СПБД
1	Электронная библиотека Grebennikon.ru – www.grebennikon.ru
2	Научная электронная библиотека eLIBRARRY – 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

Таблица 9.1.3 – Перечень информационных справочных систем (ИСС)

№	Наименование ИСС

1	Справочная правовая система КонсультантПлюс (инсталлированный ресурс СПбГЭУ или www.consultant.ru)
2	Справочная правовая система «ГАРАНТ» (инсталлированный ресурс СПбГЭУ или www.garant.ru)
3	Информационно-справочная система «Кодекс» (инсталлированный ресурс СПбГЭУ или www.kodeks.ru)
4	Электронная библиотечная система BOOK.ru - www.book.ru
5	Электронная библиотечная система ЭБС ЮРАЙТ – www.urait.ru
6	Электронно-библиотечная система ЗНАНИУМ (ZNANIUM) – www.znanium.com
7	Электронная библиотека СПбГЭУ– opac.unecon.ru

9.2. Материально-техническое обеспечение учебного процесса

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Таблица 9.2.1 – Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (ПО)

№	Наименование ПО
1	Microsoft Windows Professional (КОНТРАКТ № 244/20 «26» июня 2020 г.)
2	Microsoft Office Professional (КОНТРАКТ № 244/20 «26» июня 2020 г.)
3	7-Zip (freeware)
4	Wolfram Mathematica 12 (Сублицензионный договор № 328/20 от 20.08.2020г.)
5	Python 3.7.4 (freeware)

Таблица 9.2.2 – Перечень учебных аудиторий для проведения учебных занятий, оснащенных оборудованием и техническими средствами обучения

Наименование учебных аудиторий, перечень оборудования и технических средств обучения	**Адрес (местоположение) учебных аудиторий**
Ауд. 2015 Лаборатория "Лабораторный комплекс". Специализированная мебель и оборудование: Учебная мебель на 66 посадочных мест, рабочее место преподавателя, доска меловая односекционная - 3 шт., длинный стол - 2 шт., кафедра - 1 шт., стул изо - 12 шт., жалюзи - 3 шт., Компьютер Intel I5-7400/16Gb/1Tb/ видеокарта NVIDIA GeForce GT 710/Монитор DELL S2218H - 20 шт., Беспроводная точка доступа/UNI FI AP PRO/Ubiquiti - 1 шт., Интерактивный проектор Epson-EB-455Wi - 1 шт., Экран с электроприводом ScreenMedia Champion 244x183см SCM-4304 - 1 шт., Коммутатор ProCurve Switch 2626 - 1 шт., Кронштейн потолочный PRB-7 Screen Media - 1 шт., Мультимедийный проектор NEC	191023, г. Санкт-Петербург, ул. Канал Грибоедова, 30/32, литер «А», «Б», «Р»

ME402X - 1 шт., Шкаф телекоммуникационный настенный ЦМО ШРН-Э-6.650 - 1 шт. Наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий: мультимедийные приложения к лекционным курсам и практическим занятиям, интерактивные учебно-наглядные пособия.	

10. 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.

11.ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом и является приложением к рабочей программе дисциплины.