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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной и методической работе
_____/Шубаева В.Г./
«20» июня 2018 г.

НЕЙРОСЕТЕВОЙ АНАЛИЗ

Рабочая программа дисциплины

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
2018

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ 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 4
6. ЗАНЯТИЯ СЕМИНАРСКОГО ТИПА 5
7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ 6
7.1. Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины 6
7.2. Организация самостоятельной работы 7
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ 7
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 10
11. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ 10

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Задачи:

- исследование областей применения искусственных нейронных сетей,
- освоение методов построение архитектур нейронных сетей для эффективного решения прикладных задач,
- освоение методов обучения нейронных сетей различной структуры.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.14 «Нейросетевой анализ» относится к вариативной части Блока 1 является обязательной для освоения обучающимся после выбора обучающимся направленности (профиля) программы.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование компетенции выпускника	Этапы формирования компетенций	Планируемые результаты обучения/индикаторы достижения компетенций (показатели освоения компетенции)
ОПК-3 способностью к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям	Уровень 2 (углубленный) (ОПК-3)-1	Декомпозиция 2 Знать: основные подходы к программной реализации моделей нейронных сетей и сферу их применения З2(II) (ОПК-3) Уметь: применять нейронные сети к решению профессиональных задач У2(II) (ОПК-3) Владеть: современными инструментальными средствами нейросетевого анализа В2(II) (ОПК-3)
ПК-2 способностью понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	ПК-2	Декомпозиция 8 Знать: основные определения и принципы построения нейросетевых моделей, основные структуры нейронных сетей, методы обучения и сферы их применения З(VIII) (ПК-2) Уметь: решать задачи вычислительного характера с помощью компьютерных средств и строить

Код и наименование компетенции выпускника	Этапы формирования компетенций	Планируемые результаты обучения/индикаторы достижения компетенций (показатели освоения компетенции)
		нейросетевые модели для решения прикладных задач У(VIII) (ПК-2) Владеть: навыками построения и обучения нейронных сетей для решения задач в профессиональной деятельности В(VIII) (ПК-2)

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

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

Форма промежуточной аттестации: экзамен в 7 семестре.

Распределение фонда времени по темам дисциплины представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение фонда времени по темам дисциплины (очная форма обучения)

Номер и наименование тем	Объем дисциплины (ак. часы)			
	Контактная работа			СРО
	ЗЛТ	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5
Тема 1. Основные понятия, задачи и методы нейросетевого анализа. Выбор архитектуры нейронной сети	2	-	-	8
Тема 2. Методы обучения нейронных сетей. Алгоритм обратного распространения ошибки	6	10	-	26
Тема 3. Метод случайных отключений нейронов и регуляризация в нейронных сетях	6	10	-	24
Тема 4 Сверточные нейронные сети	4	6	-	16
Тема 5. Рекуррентные нейронные сети и сети краткосрочной памяти	4	6	-	16
Всего по дисциплине:	**22**	**32**		**90**

*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. Основные понятия, задачи и методы нейросетевого анализа. Выбор архитектуры нейронной сети

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. Методы обучения нейронных сетей. Алгоритм обратного распространения ошибки

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. Метод случайных отключений нейронов и регуляризация в нейронных сетях

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

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. Двунаправленные рекуррентные сети. 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 классификации на k непересекающихся классов. Выбор функции активации. Обучение двухслойной нейронной сети методом градиентного спуска по мини-батчам. Реализация метода адаптивного градиентного спуска.	ПЗ: Расчетно-графическая работа, Доклад КТ№1 Практическое задание 1

3	Занятие 3. Применение обратного метода случайных отключений нейронов в задаче классификации на k непересекающихся классов. Сравнение кривых обучения с участием всех нейронов сети и с исключением нейронов на каждом шаге обучения. Занятие 4. Вывод формулы обучения с L2-регуляризацией. Применение метода случайных отключений нейронов с L2-регуляризацией. Сравнение качества результатов.	ПЗ: Расчетно-графическая работа
4	Занятие 5. Построение сверточной нейронной сети для задачи распознавания рукописных цифр. Выбор архитектуры и функции активации. Сравнение качества классификации сети с качеством, полученным с добавлением регуляризации. Занятие 6. Применение шумоподавляющих автокодировщиков для улучшения качества предсказаний. Визуализация полученных результатов.	ПЗ: Расчетно-графическая работа КТ№2 Практическое задание 2
5	Занятие 7. Извлечение признаков из текстов. Построение сети LSTM для задачи проставления меток к текстовым документам. Оценка качества полученной модели. Занятие 8. Применение модели GRU к задаче проставления меток к текстовым документам. Сравнение полученных результатов с результатами, полученными моделью LSTM.	ПЗ: Расчетно-графическая работа

*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	Изучение литературы по нейросетевому анализу.
2	Самостоятельное задание: построение и обучение модели нейронной сети для задачи бинарной классификации в Wolfram Mathematica. Выбор оптимальной архитектуры. Построение модели двухслойной нейронной сети для решения задачи классификации на k непересекающихся классов. Обучение сети методом адаптивного градиентного спуска. Подготовка к экзамену.
3	Самостоятельное задание: применение обратного метода случайных отключений нейронов в задаче классификации на k непересекающихся классов в Wolfram Mathematica. Обучение нейронной сети с L2-регуляризацией. Сравнение кривых обучения. Подготовка к экзамену.
4	Самостоятельное задание: построение сверточной нейронной сети для задачи распознавания рукописных цифр в Python. 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 в Python. Сравнение модели LSTM с моделью GRU. Подготовка к экзамену.

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

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Нейросетевой анализ» используются как традиционные образовательные технологии, так и технологии, предусматривающие активные и интерактивные методы обучения.

Все практические занятия проводятся в компьютерной аудитории в форме выполнения расчетно-графических заданий. 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	Книгообеспеченность	
		Кол-во. экз. в библ. СПбГЭУ	Электронные ресурсы
1.Бессмертный И. А. Системы искусственного интеллекта : учебное пособие . — 2-е изд., испр. и доп. — Электрон. дан. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 157 с.	основная	–	ЭБС Юрайт
2.Бринк Х. Машинное обучение / Х. Бринк, Д. Ричардс, М. Феверолф. — Электрон. дан. — СПб : Питер, 2017. — 336 с.	основная	–	ЭБС Айбукс
3.Плас, Дж. Вандер. Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение . — Электрон. дан. — СПб: Питер, 2018. — 576 с.	основная	–	ЭБС Айбукс
4.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.	дополнительная	–	ЭБС Юрайт
5.Новиков Ф.А. Символический искусственный интеллект: математические основы представления знаний : учебное пособие . — Электрон. дан. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 278 с.	дополнительная	–	ЭБС Юрайт

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 программного обеспечения (ПО)

№ п/п	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)

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.

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.