

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Институт прикладной математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ

Директор института прикладной
математики и компьютерных наук

А.В. Замятин

2021 г.



Нейронные сети

рабочая программа дисциплины

Закреплена за кафедрой	<i>теоретических основ информатики</i>
Учебный план	<i>01.03.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Математические методы в экономике»</i>
Форма обучения	<i>очная</i>
Общая трудоёмкость	<i>4 з.е.</i>
Часов по учебному плану	<i>144</i>
в том числе:	
аудиторная контактная работа	<i>54.7</i>
самостоятельная работа	<i>89.3</i>
Вид(ы) контроля в семестрах	
экзамен/зачет/зачет с оценкой	<i>Семестр 7 – экзамен</i>

Программу составил:

канд. техн. наук,

доцент кафедры теоретических основ информатики



С.В. Аксёнов

Рецензент:

канд. техн. наук,

доцент кафедры теоретических основ информатики



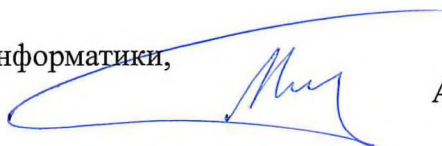
О.В. Марухина

Рабочая программа дисциплины «Нейронные сети» разработана в соответствии с образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат, самостоятельно устанавливаемым федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика (утвержден Ученым советом НИ ТГУ, протокол от 27.10.2021 г. № 08).

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры теоретических основ информатики

Протокол от 04 июня 2021 г. № 05

Заведующий кафедрой теоретических основ информатики,
д-р техн. наук, профессор



А.В. Замятин

Рабочая программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии института прикладной математики и компьютерных наук (УМК ИПМКН)

Протокол от 17 июня 2021 г. № 05

Председатель УМК ИПМКН,
д-р техн. наук, профессор



С.П. Сущенко

Цель освоения дисциплины

Цель – научить студентов разрабатывать интеллектуальные системы с использованием инструментария библиотек Python, R, публичных облачных сервисов, оценивать эффективность их работы и внедрять в приложения.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Нейронные сети» относится к факультативным дисциплинам, предлагается обучающимся на выбор. Дисциплина входит в факультативный модуль «Введение в искусственный интеллект».

Пререквизиты дисциплины: «Статистические методы машинного обучения», «Введение в интеллектуальный анализ данных».

Постреквизиты дисциплины: НИР.

2. Компетенции и результаты обучения, формируемые в результате освоения дисциплины

Таблица 1.

Компетенция	Индикатор компетенции	Код и наименование результатов обучения (планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций)
ОПК-3. Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	ИОПК-3.1. Демонстрирует навыки применения современного математического аппарата для построения адекватных математических моделей реальных процессов, объектов и систем в своей предметной области. ИОПК-3.2. Демонстрирует умение собирать и обрабатывать статистические, экспериментальные, теоретические и т.п. данные для построения математических моделей, расчетов и конкретных практических выводов.	ОР-1. Обучающийся будет: - Знать процедуры выявления, формирования и согласования требований к результатам аналитических работ с применением технологий нейронных сетей. ОР-2. Обучающийся будет: - Знать принципы планирования и организации аналитических работ с использованием технологий нейронных сетей. ОР-3. Обучающийся сможет: - Подготавливать данные для проведения аналитических работ по исследованию больших данных методами нейронных сетей ОР-4. Обучающийся сможет: - проводить аналитическое исследование и разрабатывать приложения с применением технологий нейронных сетей в соответствии с требованиями заказчика ОР-5. Обучающийся сумеет проводить аналитическое исследование и разрабатывать приложения с применением технологий нейронных сетей в соответствии с требованиями заказчика ОР-6. Обучающийся овладеет методами разработки предложений по повышению производительности обработки больших данных.

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура и трудоемкость видов учебной работы по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

Таблица 2.

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах	
	7 семестр	всего
Общая трудоемкость	144	144
Контактная работа:	54,7	54,7
Лекции (Л):	32	32
Практики (ПЗ)		
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Семинары (СЗ)		
Групповые консультации	2	2
Индивидуальные консультации	2,4	2,4
Промежуточная аттестация	2,3	2,3
Самостоятельная работа обучающегося:	89,3	89,3
- изучение учебного материала	29	29
- подготовка к лабораторным занятиям	28,6	28,6
- подготовка к рубежному контролю по теме/разделу	31,7	31,7
Вид промежуточной аттестации (зачет, зачет с оценкой, экзамен)	Экзамен	Экзамен

3.2. Содержание и трудоемкость разделов дисциплины

Таблица 3.

Код занятия	Наименование разделов и тем и их содержание	Вид учебной работы, занятий, контроля	С е м е с т р	Часы в электронной форме	Всего (час.)	Литература	Код (ы) результата(ов) обучения
	Раздел 1. Основы нейрокомпьютерных вычислений.		7		13	1, 2	ОР-1, ОР-2
1.1.	Основные положения нейросетевых вычислений	Лекции	7		4		
1.2.	Основы проектирования нейросетевых архитектур	Лаб. работы	7		2		
1.3.	Изучение учебного материала и подготовка к рубежному контролю по теме	СРС	7	7			
	Текущий контроль успеваемости	Письменный опрос	7				
	Раздел 2. Нейронные сети встречного распространения.		7		13	2, 3, 7	ОР-1, ОР-2, ОР-3, ОР-4
2.1.	Настройка архитектуры и алгоритмы настройки нейронных сетей встречного распространения	Лекции	7		4		
2.2.	Построение нейросетевого регрессора	Лаб. работы	7		2		
2.3.	Изучение учебного материала и подготовка к рубежному контролю по теме	СРС	7	7			
	Текущий контроль успеваемости	Письменный опрос	7				
	Раздел 3. Алгоритмы оптимизации в обучении нейросетевых моделей		7		13	2, 4, 6	ОР-4, ОР-5, ОР-6
3.1.	Оптимизаторы обучения нейронных сетей	Лекции	7		4		
3.2.	Исследование архитектур и оптимизаторов нейронной сети – классификатора для повышения её эффективной работы	Лаб. работы	7		2		
3.3.	Изучение учебного материала и подготовка к рубежному контролю по теме	СРС	7	7			
	Текущий контроль успеваемости	Письменный опрос	7				
	Раздел 4. Рекуррентные нейронные сети		7		13	1, 2, 8	ОР-1, ОР-2, ОР-3, ОР-4, ОР-5
4.1.	Нейронные сети с обратными связями	Лекции	7		4		
4.2.	Настройка рекуррентной нейросети для исследования сигналов	Лаб. работы	7		2		

4.3.	Изучение учебного материала и подготовка к рубежному контролю по теме	СРС	7	7			
	Текущий контроль успеваемости	Письменный опрос	7				
	Раздел 5. Сверточные нейронные сети		7		13	4, 5, 10	ОР-2, ОР-3
5.1.	Сверточные нейронные сети и автоэнкодеры	Лекции	7		4		
5.2	Исследование изображений сверточными нейронными сетями	Лаб. работы	7		2		
5.3	Изучение учебного материала и подготовка к рубежному контролю по теме	СРС	7	7			
	Текущий контроль успеваемости	Письменный опрос	7				
	Раздел 6. Обучение без учителя и обучение с подкреплением в нейросетевых моделях		7		13	3, 9, 11	ОР-2, ОР-4, ОР-5
6.1.	Нейронные сети, обучающиеся без учителя и с подкреплением	Лекции	7		4		
6.2	Выделение групп объектов с помощью самоорганизующихся нейронных сетей	Лаб. работы	7		2		
6.3.	Изучение учебного материала и подготовка к рубежному контролю по теме	СРС	7	7			
	Текущий контроль успеваемости	Письменный опрос	7				
	Раздел 7. Визуализация и объяснимость нейронных сетей		7		13	4, 9	ОР-2, ОР-4, ОР-5, ОР-6
7.1.	Визуализация и объяснимость нейросетевых моделей	Лекции	7		4		
7.2.	Визуализация структуры и процесса активации нейронной сети	Лаб. работы	7		2		
7.3.	Изучение учебного материала и подготовка к рубежному контролю по теме	СРС	7	7			
	Текущий контроль успеваемости	Письменный опрос	7				
	Раздел 8. Память нейросетевых моделей		7		14,6	8, 9	ОР-2, ОР-4, ОР-5, ОР-6
8.1	Хранение ассоциаций и управление памятью в нейросетевых моделях	Лекции	7		4		
8.2	Построение адаптивных нейронных сетей	Лаб. работы	7		2		
8.3	Изучение учебного материала и подготовка к рубежному контролю по теме	СРС	7	8,6			
	Текущий контроль успеваемости	Письменный опрос	7				
	Консультации	К	7		4,4		
	Подготовка к промежуточной аттестации в форме экзамена	СРС	7	31,7			
	Прохождение промежуточной аттестации в форме экзамена	Э	7		2,3		

4. Образовательные технологии, учебно-методическое и информационное обеспечение для освоения дисциплины

Теоретический материал по дисциплине дается в виде лекций с применением стандартных средств демонстрации мультимедиа в формате .pdf. На лабораторных занятиях студенты решают задачи по построению систем искусственного интеллекта с помощью средств библиотек Python и R. Текущий контроль по лабораторным работам осуществляется в виде обсуждения алгоритма и результатов его работы.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине организуется в следующих формах:

1) самостоятельное изучение основного теоретического материала, ознакомление с дополнительной литературой, Интернет-ресурсами;

2) подготовка к выполнению лабораторных работ.

Текущий контроль по лабораторным работам осуществляется в виде обсуждения производительности реализованных систем искусственного интеллекта и результатов их работы. Текущий контроль успеваемости по теоретическому материалу осуществляется на контрольных неделях семестра.

Итоговая оценка выставляется как среднеарифметическое по результатам контрольных и лабораторных работ с округлением до ближайшего целого.

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций, и методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения, приведены в Приложении 1 к рабочей программе «Фонд оценочных средств».

4.1. Рекомендуемая литература и учебно-методическое обеспечение

№ п/п	Авторы / составители	Заглавие	Издательство	Год издания, количество страниц
Основная литература				
1.	Джоэл Грас	Data Science: Наука о данных с нуля. 2-е издание. ISBN 978-5-9775-6731-2	СПб: БХВ-Петербург	2021 г., 416 с.
2.	Себастьян Рашка, Вахид Мирджалили	Python и машинное обучение. ISBN 978-5-907203-57-0	М.: Диалектика	2020 г., 848 с.
3.	Ameet V. Joshi	Machine Learning and Artificial Intelligence. ISBN 978-3-030-26621-9	Springer Nature Switzerland AG	2020 г., 261 с.
4.	Denis Rothman	Artificial Intelligence by Example. Second Edition. ISBN 978-1-83921-153-9	Packt Publishing	2020 г., 578 с.
5.	Stuart Russel, Peter Norvig	Artificial Intelligence. A Modern Approach. 4 th Edition. ISBN: 978-0-13-461099-3	Hoboken: Pearson	2021 г., 1136 с.
6.	Эндрю Гласснер	Глубокое обучение без математики. Том 1. Основы. ISBN 978-5-97060-701-5	М.: ДМК Пресс	2020 г., 580 с.
7.	Эндрю Гласснер	Глубокое обучение без математики. Том 2. Практика ISBN 978-5-97060-767-1	М.: ДМК Пресс	2020 г., 612 с.
8.	Ян Гудфеллоу, Иошуа Бенджио,	Глубокое обучение. Второе цветное издание,	М.: ДМК Пресс	2018 г., 652 с.

	Аарон Курвилль	исправленное. ISBN 978-5-97060-618-6		
9.	Roman Shirkin	Artificial Intelligence. The Complete Beginners' Guide to Artificial Intelligence. ISBN: 9798609154415	Amazon KDP Printing and Publishing	2020 г., 107 с.
10.	Франсуа Шолле	Глубокое обучение на Python. ISBN 978-5-4461-0770-4	СПб: Питер	2018 г., 400 с.

4.2. Базы данных и информационно-справочные системы, в том числе зарубежные

При осуществлении образовательного процесса используется облачный сервис Google Colab, пакет Anaconda (Python, R), библиотеки для глубокого обучения Tensorflow, Keras, Pytorch, сервисы OpenAI.

4.3. Перечень лицензионного и программного обеспечения

При освоении дисциплины используются компьютерные классы ИПМКН ТГУ с доступом к ресурсам Научной библиотеки ТГУ, в том числе отечественным и зарубежным периодическим изданиям и Интернету.

4.4. Оборудование и технические средства обучения

Для реализации дисциплины необходимы лекционные аудитории и аудитории для проведения лабораторных занятий. Специальные технические средства (проектор, компьютер и т.д.) требуются для демонстрации материала в рамках изучаемых разделов, проведения защиты проектов в конце семестра. Вся основная и дополнительная литература, необходимая для самостоятельной работы и подготовки к экзамену, имеется в научной библиотеке ТГУ.

5. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины

Исходным звеном является лекция:

Лекционный курс и практические задания СКВОТ AI 1: Основные концепции современного искусственного интеллекта [Электронный ресурс] / Электронный университет – MOODLE.– ТГУ 2020. – URL: <https://moodle.ido.tsu.ru/course/view.php?id=1168> (дата обращения: 15.10.2020).

Лекционный курс и практические задания СКВОТ AI 2: Современные инструменты поддержки разработки систем искусственного интеллекта [Электронный ресурс] / Электронный университет – MOODLE.– ТГУ 2020. – URL: <https://moodle.ido.tsu.ru/course/view.php?id=1169> (дата обращения: 15.10.2020).

Лекционный курс и практические задания СКВОТ AI 3: Разработка приложений искусственного интеллекта [Электронный ресурс] / Электронный университет – MOODLE.– ТГУ 2020. – URL: <https://moodle.ido.tsu.ru/course/view.php?id=11701168> (дата обращения: 15.10.2020).

Лекционный курс и практические задания СКВОТ AI 4: Искусственный интеллект в задачах кибербезопасности [Электронный ресурс] / Электронный университет – MOODLE.– ТГУ 2020. – URL: <https://moodle.ido.tsu.ru/course/view.php?id=1171> (дата обращения: 15.10.2020).

Лекционный курс и практические задания СКВОТ AI 5: Приобретение знаний в системах искусственного интеллекта [Электронный ресурс] / Электронный университет – MOODLE.– ТГУ 2020. – URL: <https://moodle.ido.tsu.ru/course/view.php?id=1172> (дата обращения: 15.10.2020).

Лекционный материал затем закрепляется путем решения задач по изучаемой теме на лабораторных занятиях:

Лабораторные работы.

Лабораторная работа №1. «Основы проектирования нейросетевых архитектур»

Цель работы – написать программу на языках Python и R, выполняющую построение и обучение нейронных сетей прямого распространения, решающую задачи бинарной и многоклассовой классификации (выборки получены от преподавателя), требуется подобрать безизбыточную архитектуру сети, работающей с допустимым уровнем ошибки и визуализировать процесс обучения моделей. Результаты работы привести в отчете.

Лабораторная работа №2 «Построение нейросетевого регрессора»

Цель работы – написать программу на языках Python и R, выполняющую построение и обучение нейронных сетей прямого распространения, решающих задачу регрессии (выборки получены от преподавателя), требуется подобрать безизбыточную архитектуру сети, работающей с допустимым уровнем ошибки и визуализировать процесс обучения моделей. Результаты работы привести в отчете.

Лабораторная работа №3 «Исследование архитектур и оптимизаторов нейронной сети – классификатора для повышения её эффективной работы»

Цель работы – исследовать на языках Python и R методы настройки параметров и гиперпараметров нейронных сетей с помощью разных оптимизаторов, перебора архитектур для решения задач многоклассовой, бинарной классификации, а также регрессии для выборок, предоставленных преподавателем. Результаты работы привести в отчете.

Лабораторная работа №4 «Настройка рекуррентной нейросети для исследования сигналов»

Цель работы – написать программу на языке Python, выполняющую построение и обучение модели прогнозирования будущих значений на основе данных временной последовательности (выборка получена от преподавателя), требуется подобрать архитектуру рекуррентной нейронной сети, работающей с допустимым уровнем ошибки и визуализировать процесс обучения моделей и привести метрики качества. Результаты работы привести в отчете.

Лабораторная работа №5 «Исследование изображений сверточными нейронными сетями»

Цель работы – написать программу на языках Python и R, выполняющую построение и обучение классификатора изображений с помощью сверточных нейронных сетей (выборки получены от преподавателя), требуется подобрать безизбыточную архитектуру сети, работающей с допустимым уровнем ошибки и визуализировать процесс обучения моделей. Результаты работы привести в отчете.

Лабораторная работа №6 «Выделение групп объектов с помощью самоорганизующихся нейронных сетей»

Цель работы – написать программу на языке Python, выполняющую задачу кластеризации данных с использованием самоорганизующихся архитектур, требуется подобрать архитектуру сети, привести метрики качества модели и визуализировать процесс обучения модели. Результаты работы привести в отчете.

Лабораторная работа №7 «Визуализация структуры и процесса активации нейронной сети»

Цель работы – написать программу на языке Python, выполняющую визуализацию активностей слоев сверточной нейронной сети, визуализацию весовых коэффициентов нейронной сети (в картах признаков), а также регионов, оказывающих максимальное влияние на результат классификации изображений. Результаты работы привести в отчете.

Лабораторная работа №8 «Построение адаптивных нейронных сетей»

Цель работы – написать программу на языке Python, выполняющую построение и обучение модели классификатора (выборка изображений получена от преподавателя), а также привести эксперименты по дообучению нейронной сети путем добавления новых обучающих данных, в процессе функционирования модели. Показать на каких наборах данных модель сохраняет знания, полученные ранее, а на каких начинает терять память о зависимостях. Результаты работы привести в отчете.

6. Преподавательский состав, реализующий дисциплину

Аксёнов Сергей Владимирович – канд. техн. наук, доцент кафедры теоретических основ информатики ТГУ.

7. Язык преподавания – русский язык.