

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Институт прикладной математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ:

Директор



А. В. Замятин

« 15 » июня 20 23 г.

Рабочая программа дисциплины

**Нейронные сети - II**

по направлению подготовки

**01.04.02 Прикладная математика и информатика**

Направленность (профиль) подготовки :

**Big Data and Data Science**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Магистр**

Год приема

**2023**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.П.В.04

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

А.В. Замятин

Председатель УМК

С.П. Сущенко

Томск – 2023

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

- УК-1 – способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий;
- ОПК-3 – способность разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности;
- ПК-6 – способность управлять получением, хранением, передачей, обработкой больших данных.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИУК-1.1 Выявляет проблемную ситуацию, на основе системного подхода осуществляет её многофакторный анализ и диагностику.

ИУК-1.2 Осуществляет поиск, отбор и систематизацию информации для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации.

ИУК-1.3 Предлагает и обосновывает стратегию действий с учетом ограничений, рисков и возможных последствий.

ИОПК-3.3 Разрабатывает и анализирует новые математические модели для решения прикладных задач профессиональной деятельности в области прикладной математики и информатики.

ИПК-6.1 Осуществляет мониторинг и оценку производительности обработки больших данных.

ИПК-6.2 Использует методы и инструменты получения, хранения, передачи, обработки больших данных.

ИПК-6.3 Разрабатывает предложения по повышению производительности обработки больших данных.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Освоить аппарат создания различных топологий искусственных нейронных сетей, а также технологию разработки программ, использующих основные этапы работы искусственных нейронных сетей (создание структур для представления нейросетей, создание и оценка модели сетей, обучение их).

– Научиться применять понятийный аппарат нейронных сетей для решения практических задач профессиональной деятельности.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Третий семестр, зачет.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Нейронные сети-1.

## **6. Язык реализации**

Английский.

## 7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часа, из которых:

-лекции: 10 ч.

-лабораторные: 20 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## 8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Оптимизация в обучении нейронных сетей

Чем обучение отличается от чистой оптимизации. Минимизация эмпирического риска. Суррогатные функции потерь и ранняя остановка. Пакетные и мини-пакетные алгоритмы. Проблемы оптимизации нейронных сетей. Плохая обусловленность. Локальные минимумы. Плато, седловые точки и другие плоские участки. Утесы и резко растущие градиенты. Долгосрочные зависимости. Неточные градиенты. Плохое соответствие между локальной и глобальной структурами. Теоретические пределы оптимизации. Основные алгоритмы. Стохастический градиентный спуск. Импульсный метод. Метод Нестерова. Стратегии инициализации параметров. Алгоритмы с адаптивной скоростью обучения. AdaGrad. RMSProp. Adam. Выбор правильного алгоритма оптимизации. Приближенные методы второго порядка. Метод Ньютона. Метод сопряженных градиентов. Алгоритм BFGS. Стратегии оптимизации и метаалгоритмы. Пакетная нормировка. Покоординатный спуск. Усреднение Поляка. Предобучение с учителем. Проектирование моделей с учетом простоты оптимизации. Методы продолжения и обучение по плану.

Тема 2. Сверточные сети.

Операция свертки. Мотивация. Пулинг. Свертка и пулинг как бесконечно сильное априорное распределение. Варианты базовой функции свертки. Структурированный выход. Типы данных. Эффективные алгоритмы свертки. Случайные признаки и признаки, обученные без учителя. Нейробиологические основания сверточных сетей. Сверточные сети и история глубокого обучения.

Тема 3. Моделирование последовательностей: рекуррентные и рекурсивные сети.

Развертка графа вычислений. Рекуррентные нейронные сети. Форсирование учителя и сети с рекурсией на выходе. Вычисление градиента в рекуррентной нейронной сети. Рекуррентные сети как ориентированные графические модели. Моделирование контекстно-обусловленных последовательностей с помощью РНС. Двухнаправленные РНС. Архитектуры кодировщик-декодер или последовательность в последовательность. Глубокие рекуррентные сети. Рекурсивные нейронные сети. Проблема долгосрочных зависимостей. Нейронные эхо-сети. Блоки с утечками и другие стратегии нескольких временных масштабов. Добавление прямых связей сквозь время. Блоки с утечкой и спектр разных временных масштабов. Удаление связей. Долгая краткосрочная память и другие вентильные РНС. Долгая краткосрочная память. Другие вентильные РНС. Оптимизация в контексте долгосрочных зависимостей. Отсечение градиентов. Регуляризация с целью подталкивания информационного потока. Явная память.

Тема 4. Практическая методология.

Показатели качества. Выбор базовой модели по умолчанию. Надо ли собирать дополнительные данные? Выбор гиперпараметров. Ручная настройка гиперпараметров. Алгоритмы автоматической оптимизации гиперпараметров. Поиск на сетке. Случайный поиск. Оптимизация гиперпараметров на основе модели. Стратегии отладки. Пример: распознавание нескольких цифр.

## Тема 5. Приложения.

Крупномасштабное обучение для нейронных сетей. Реализации на быстрых CPU. Реализации на GPU. Крупномасштабные распределенные реализации. Сжатие модели. Динамическая структура. Специализированные аппаратные реализации нейронных сетей. Компьютерное зрение. Предобработка. Распознавание речи. Обработка естественных языков. N-граммы. Нейронные языковые модели. Многомерные выходы. Комбинирование нейронных языковых моделей с n-граммами. Нейронный машинный перевод. Историческая справка. Другие приложения. Рекомендательные системы. Представление знаний, рассуждения и ответы на вопросы.

## 9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, выполнения лабораторных работ, тестов по лекционному материалу, выполнения домашних заданий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

### Лабораторная работа №1 «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 №2 «Проектирование сверточной нейронной сети»

**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 №3 «Проектирование рекуррентной нейронной сети»

**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 №4 «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.

## 10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Основой обучения является курс лекций, читаемый преподавателем, а также выполняемые студентом лабораторные работы.

Промежуточная аттестация и зачет осуществляется на основе собеседования при условии успешного выполнения ранее лабораторных работ.

Результаты зачета определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Итоговая оценка знаний обучающегося по дисциплине осуществляется по 5 - балльной системе и включает:

- 60% результата, полученного на зачете;
- 40% результатов текущей успеваемости.

Формула подсчета итоговой оценки:

$$I = 0,4 \frac{P_1 + P_2}{2} + 0,6Э \quad (1)$$

где, P1, P2 – цифровые эквиваленты оценок первой и второй контрольной точки соответственно; Э – цифровой эквивалент оценки на экзамене.

Оценка по традиционной системе	Критерий
Отлично	Теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.
Хорошо	Теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.
Удовлетворительно	Теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки
Неудовлетворительно	Теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к существенному повышению качества выполнения учебных заданий.

## 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» <https://moodle.ido.tsu.ru/course/view.php?id=1396&section=3>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План семинарских / практических занятий по дисциплине.

г) Методические указания по проведению лабораторных работ.

д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) 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
2. Себастьян Рашка, Вахид Мирджалили. Python и машинное обучение. ISBN 978-5-907203-57-0, М.: Диалектика, 2020
3. Ameet V. Joshi. Machine Learning and Artificial Intelligence. ISBN 978-3-030-26621-9. Springer Nature Switzerland AG, 2020
4. Denis Rothman. Artificial Intelligence by Example. Second Edition. ISBN 978-1-83921-153-9. Packt Publishing, 2020
5. Stuart Russel, Peter Norvig. Artificial Intelligence. A Modern Approach. 4th Edition. ISBN: 978-0-13-461099-3. Hoboken: Pearson, 2021
6. Ян Гудфеллоу, Иошуа Бенджио, Аарон Курвилль. Глубокое обучение. Второе цветное издание, исправленное. ISBN 978-5-97060-618-6. М.: ДМК Пресс, 2018
7. Roman Shirkin. Artificial Intelligence. The Complete Beginners' Guide to Artificial Intelligence. ISBN: 9798609154415. Amazon KDP Printing and Publishing, 2020
8. Франсуа Шолле. Глубокое обучение на Python. ISBN 978-5-4461-0770-4. СПб: Питер, 2018

б) дополнительная литература:

1. Эндрю Гласснер. Глубокое обучение без математики. Том 1. Основы. ISBN 978-5-97060-701-5. М.: ДМК Пресс, 2020
2. Эндрю Гласснер. Глубокое обучение без математики. Том 2. Практика ISBN 978-5-97060-767-1. М.: ДМК Пресс, 2020

в) ресурсы сети Интернет:

- [www.MachineLearning.ru](http://www.MachineLearning.ru) — профессиональный вики-ресурс, посвященный машинному обучению и интеллектуальному анализу данных
- ММРО — Математические методы распознавания образов
- Константин Воронцов. Курс «машинное обучение» школы анализа данных компании Яндекс.
- Игорь Кураленок. Курс «машинное обучение» Лекториум.
- Роман Шамин. Курс «Машинное обучение и искусственный интеллект в математике и приложениях». НОЦ Математического института им. В. А. Стеклова РАН

### 13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Для приобретения практических навыков – свободно распространяемые среды с открытым кодом Python (<https://www.python.org/>) и RStudio (<https://www.rstudio.com/>);
- Для проектно-групповой и дистанционной работы – российское ПО Mind (<https://mind.com/>).
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

### 14. Материально-техническое обеспечение

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

## **15. Информация о разработчиках**

Бакланова Ольга Евгеньевна – кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры теоретических основ информатики ТГУ.