

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

модуля(курса)

«Современные нейронные сети и компьютерное зрение»

### 1. АННОТАЦИЯ

Целью реализации дисциплины «Современные нейронные сети и компьютерное зрение» является получение навыков в области компетенций, необходимых для решения практических задач компьютерного зрения с использованием глубокого обучения, включая этапы построения моделей средствами широко известных программных инструментов, анализа качества решения типовых задач и подходов к улучшению полученных результатов.

Дисциплина рассматривается, как один из основных курсов программы профессиональной переподготовки «Искусственный интеллект и глубокое обучение».

### 2. СОДЕРЖАНИЕ

Учебная программа курса

№ п/п	Наименование модуля, разделов и тем	Содержание обучения (по темам в дидактических единицах), наименование и тематика лабораторных работ, практических занятий (семинаров), самостоятельной работы с указанием кол-ва часов, используемых образовательных технологий и рекомендуемой литературы
1.	2.	3.
1	Тема 1. Введение в глубокое обучение (deeplearning)	Лекция – 2 часа. 1. Что такое глубокое обучение (deeplearning)? 2. Истоки возникновения (связь с биологией). 3. Примеры задач компьютерного зрения, которые эффективно решаются с использованием глубокого обучения. 4. Общая схема решения задач средствами глубокого обучения.
2	Тема 2. Многослойные полностью связанные сети.	Лекция – 2 часа. 1. Общая структура модели. 2. Слои, функции активации и функции ошибки. 3. Общая схема метода обратного распространения ошибки.
3	Тема 3. Обзор библиотек глубокого обучения	Практическое занятие – 4 часа. 1. Программный интерфейс библиотек PyTorch, MXNet, TensorFlow. 2. Примеры разработки простейших полносвязных и сверточных нейронных сетей для решения задачи классификации рукописных цифр.
4	Тема 4. Сверточные нейронные сети.	Лекция – 2 часа. 1. Структура модели, основные преобразования (свертка, пространственное объединение, функция активации). 2. Постановка задачи обучения сверточной сети. 3. Оценка объема модели и объема памяти, необходимой для реализации прямого прохода.

		<p>Лабораторная работа – 4 часа.</p> <p>Разработка сверточной нейронной сети. Проведение экспериментов с разными конфигурациями сверточных нейронных сетей. Сбор результатов качества работы сетей.</p> <p>Самостоятельная работа – 4 часа.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установка и настройка среды разработки.</li> <li>2. Изучение инструментария и возможностей GoogleColab.</li> <li>3. Выбор фреймворка глубокого обучения и изучение программного интерфейса для построения, обучения и тестирования нейронных сетей на примере какой-либо практической задачи.</li> </ol>
5	Тема 5. Примеры глубоких нейросетевых моделей для решения классических задач компьютерного зрения.	<p>Лекция – 2 часа.</p> <p>Каждая задача (классификации изображений, семантической сегментации изображений, детектирования объектов) рассматривается по схеме:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Постановка задачи.</li> <li>2. Типовые наборы данных.</li> <li>3. Показатели качества решения задачи.</li> <li>4. 2-3 широко известные глубокие модели.</li> </ol>
5	Тема 6. Перенос обучения глубоких нейронных сетей.	<p>Практическое занятие – 2 час.</p> <p>Изучение подхода «перенос обучения», демонстрация практического применения.</p> <p>Лабораторная работа – 6 часа.</p> <p>Применение переноса обучения. Проведение экспериментов с сетями, существующими для решения классических задач. Сбор результатов качества работы сетей с предварительной настройкой весов.</p> <p>Самостоятельная работа – 2 часа.</p> <p>Изучение широко известных архитектур глубоких моделей, которые можно использовать для «переноса обучения».</p>
	Зачет	Лабораторная работа (2 час)

### 3. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

(формы аттестации, оценочные и методические материалы)

Промежуточная аттестация представляет собой дифференцированный зачет, который проводится по результатам выполнения лабораторной работы.

#### Лабораторные работы

**Лабораторная работа №1.** Решается задача классификации изображений на наборе данных Cifar-10 [<https://www.cs.toronto.edu/~kriz/cifar.html>]. Разработайте сверточную нейронную сеть, которая решает поставленную задачу классификации, с использованием библиотеки PyTorch или MXNet в Jupiternotebook. Подберите оптимальную архитектуру и параметры сети, а также параметры алгоритма обучения.

Последовательность действий, которую должен реализовывать скрипт:

1. Загрузка данных. Необходимо обеспечить демонстрацию избранных изображений и меток классов для подтверждения корректности загрузки.

2. Построение архитектуры сверточной сети. Требуется вывести информацию об архитектуре, возможно выполнить визуализацию графа сети.
3. Обучение модели. Необходимо вывести информацию о параметрах алгоритма обучения. Также по завершении каждой эпохи следует обеспечить вывод точности классификации на тренировочной выборке, а по завершении обучения - вывод общего времени обучения.
4. Тестирование модели. Необходимо обеспечить вывод точности классификации на тестовой выборке, по завершении тестирования - вывод среднего времени классификации одного изображения.

**Лабораторная работа №2.** Решается задача классификации изображений на наборе данных Cifar-10 [<https://www.cs.toronto.edu/~kriz/cifar.html>]. Примените перенос обучения для решения поставленной задачи классификации с использованием библиотеки PyTorch или MXNet в Jupiternotebook. Выбор библиотеки обусловлен тем, какой инструмент был использован при выполнении предшествующей работы. Подберите оптимальную архитектуру и параметры сети, а также параметры алгоритма обучения. Проведите возможные типы эксперименты по переносу обучения: обучение последних модифицированных слоев, соответствующих классификатору (веса остальных слоев зафиксированы), полное обучение сети (начальная инициализация весов случайная или из обученной сети).

Последовательность действий, которую должен реализовывать скрипт:

1. Загрузка данных. Загрузка реализована при выполнении предыдущей работы, поэтому отдельно не оценивается.
2. Построение архитектуры сверточной сети (загрузка и модификация последних слоев). Требуется вывести информацию об архитектуре (слои, использованные от исходной модели + модифицированные слои классификатора), возможно выполнить визуализацию графа сети.
3. Обучение модели. Необходимо вывести информацию о способе инициализации весов сети и параметрах алгоритма обучения.
4. Тестирование модели. Необходимо обеспечить вывод точности классификации на тестовой выборке.

Этапы 2-4 реализуются несколько раз по числу экспериментов переноса и по количеству моделей. Результаты тестирования моделей накапливаются для последующего сравнения. Для множества выбранных моделей, обученных для решения исходной задачи (для лучших подобранных параметров в каждом эксперименте по переносу обучения) необходимо построить сравнительную гистограмму точностей: по горизонтали - модель и тип эксперимента (кратко указать параметры), по вертикали - точность. В гистограмме должны фигурировать результаты не более 4 моделей, которые показали наиболее высокие показатели точности. В целом гистограмма должна содержать 8 бинов (4 модели \* 2 эксперимента). Далее необходимо вывести информацию о модели, для которой получены лучшие результаты решения задачи: название исходной модели, модифицированные слои, тип эксперимента по переносу обучения, параметры обучения (алгоритм оптимизации и его параметры, способ инициализации весов), полученная точность классификации на тестовой выборке.

### **Задания для самостоятельной работы**

Решается задача классификации изображений на одном из ниже перечисленных наборов данных.

1. Распознавание дорожных знаков (recognitionoftrafficsigns). Набор данных GTSRB [<http://benchmark.ini.rub.de/?section=gtsrb&subsection=dataset>].
2. Классификация изображений с большим числом категорий (imageclassificationwith a largenumberofcategories), 100 категорий. Набор данных Cifar-100 [<https://www.cs.toronto.edu/~kriz/cifar.html>].

3. Классификация изображений с большим числом категорий (imageclassificationwith a largenumberofcategories), 101 категория. Набор данных Caltech-101 [[http://www.vision.caltech.edu/Image\\_Datasets/Caltech101](http://www.vision.caltech.edu/Image_Datasets/Caltech101)].
4. Классификация изображений с большим числом категорий (imageclassificationwith a largenumberofcategories), 256 категорий. Набор данных Caltech-256 [[http://www.vision.caltech.edu/Image\\_Datasets/Caltech256](http://www.vision.caltech.edu/Image_Datasets/Caltech256)].
1. Распознавание цифр (digit recognition). Набор данных Street View House Numbers (SVHN) [<http://ufldl.stanford.edu/housenumbers>].
5. Классификация примитивных трехмерных объектов (primitive 3D objectsclassification). Набор данных доступен по ссылке [<https://www.kaggle.com/sirsolim/images-of-primitive-3d-objects-for-classification>].
6. Классификация изображений фруктов (fruitclassificationonimages). Набор данных доступен по ссылке [<https://www.kaggle.com/moltean/fruits>].
7. Классификация клеток крови (bloodcellclassification). Набор данных доступен по ссылке [<https://www.kaggle.com/paultimothymooney/blood-cells>].
8. Классификация художественных стилей (artstylesclassification). Набор данных доступен по ссылке [<https://www.kaggle.com/thedownhill/art-images-drawings-painting-sculpture-engraving>].
9. Классификация изображений еды (foodclassificationproblem). Набор данных доступен по ссылке [[https://www.vision.ee.ethz.ch/datasets\\_extra/food-101](https://www.vision.ee.ethz.ch/datasets_extra/food-101)].
10. Классификация изображений персонажей мультфильма Симпсоны (theSimpsons' characterclassification). Набор данных доступен по ссылке [<https://www.kaggle.com/alexattia/the-simpsons-characters-dataset>].
11. Классификация рукописных букв кириллицы и латиницы (hand-writtenCyrillicandLatinalphabetclassification). Набор данных доступен по ссылке [<https://www.kaggle.com/gregvial/comnist>].
12. Классификация изображений кошек и собак (Dogsvs. Catsclassification). Набор данных доступен по ссылке [<https://www.kaggle.com/c/dogs-vs-cats/data>].
13. Классификация фасона одежды (fashionclassification). Набор данных Fashion MNIST [<https://www.kaggle.com/zalando-research/fashionmnist>].

Задание должно быть выполнено в Jupiter Notebook и содержать соответствующие текстовые пояснения, программный код и результаты его работы.

1. Загрузите данные.
2. Опишите задачу словами.
3. Разбейте данные на обучающую и тестовую выборки
4. Визуализируйте данные из обучающей выборки.
5. Попробуйте построить несколько глубоких нейросетевых моделей. Найдите значения метрик качества на обучающей и тестовой выборке. Сделайте вывод.
6. Сделайте общие выводы.

### Вопросы для собеседования

1. Что такое глубокое обучение (deeplearning)? Классификация моделей по способу обучения. Примеры практического применения методов глубокого обучения.
2. Многослойные полностью связанные сети (Fully-ConnectedNeuralNetworks, FCNN). Многослойный перцептрон (MultipleLayerPerceptron, MLP). Общая структура модели. Слои, функции активации и функции ошибки.
3. Многослойные полностью связанные сети (Fully-ConnectedNeuralNetworks, FCNN). Оптимизационная постановка задачи обучения многослойной нейронной сети. Метод обратного распространения ошибки (BackPropagation, BP). Стохастический градиентный спуск (StochasticGradientDescent, SGD). Настраиваемые параметры метода.
4. Сверточные нейронные сети. Структура модели. Возможные слои (свертка, pooling, dropout, Local Contrast Normalization, Batch Normalization и другие). Функции активации (сигмоидальные, ReLU). Функции ошибки.
5. Сверточные нейронные сети. Оптимизационная постановка задачи обучения сверточной нейронной сети. Метод обратного распространения ошибки для сверточных нейронных сетей.

6. Обучение без учителя. Автокодировщик и стек автокодировщиков. Применение метода обратного распространения ошибки для обучения сети.
7. Обучение без учителя. Ограниченная машина Больцмана. Глубокая машина Больцмана (DeepBoltzmannmachine, DBM). Разверточные нейронные сети.
8. Перенос обучения (transferlearning) глубоких нейронных сетей.
9. Постановка задачи классификации изображений. Примеры наборов данных. Показатель качества классификации top-k.
10. Постановка задачи классификации изображений. Примеры широко известных архитектур моделей (AlexNet, ResNet, DenseNet, другие).
11. Постановка задачи семантической сегментации изображений. Примеры наборов данных. Показатели качества семантической сегментации.
12. Постановка задачи семантической сегментации изображений. Примеры широко известных архитектур моделей (FCN, SegNet, Deeplab, другие).
13. Постановка задачи детектирования объектов на изображениях. Примеры наборов данных. Показатели качества детектирования.
14. Постановка задачи детектирования объектов на изображениях. Примеры широко известных архитектур моделей (R-CNN, FastR-CNN, FasterR-CNN, SSD, YOLO, другие).

#### Методы контроля и оценки результатов освоения модуля

№ п/п	Наименование процедуры	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
1	Промежуточная аттестация. Модуль 4. Современные нейронные сети и компьютерное зрение	<p>Знает различные типы глубоких нейросетевых моделей (модели, обучаемые с учителем: полносвязные сети, сверточные нейронные сети, рекуррентные нейронные сети; модели, обучаемые без учителя: автокодировщики, ограниченные машины Больцмана).</p> <p>Знает постановки задач обучения глубоких нейросетевых моделей; основные показатели качества решения классических задач компьютерного зрения (классификация изображений, детектирование объектов, семантическая сегментация изображений).</p> <p>Знает общую схему решения задач компьютерного зрения с использованием методов глубокого обучения.</p>	Дифференцированный зачет / Лабораторная работа

#### Критерии оценки

№ п/п	Наименование процедуры	Основные показатели оценки		Формы и методы контроля и оценки
	Промежуточная	Зачтено	При выполнении задания	Дифференцированный

аттестация Современные нейронные сети и компьютерное зрение		выполнены все этапы задачи.	зачет / Лабораторная работа
		При выполнении задания выполнены все этапы алгоритма, но отдельные части и аргументация не уточнены или частично не были представлены.	
		Не выполнены все этапы алгоритма, допущены логические ошибки и полученный результат не обоснован.	
	Незачте но	Слушатель не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки и не умеет применять базовые термины и знания при решении типовых практических задач.	

#### 4. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ МОДУЛЯ

##### 4.1 Учебно-методическое и информационное обеспечение программы:

Для эффективного освоения компетенций, формируемых учебной дисциплиной важно использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий.

Изучение учебной дисциплины предполагает наличие аудиторной и самостоятельной видов работ слушателей. В ходе практических занятий рассматриваются практические задачи из практики с целью наиболее полного овладения умениями и навыками.

Лекции по учебной дисциплине призваны формировать знания, предусмотренные учебной программой, и включают теоретическую базу обработки данных, на базе которой строятся прикладные аспекты.

Наряду с проработкой основной литературы (глав базового учебника) предусмотрено самостоятельное чтение дополнительной литературы (статей и других научных публикаций).

Практические занятия в малых группах и самостоятельная внеаудиторная работа направлены на выработку навыков анализа данных.

Для достижения поставленных целей преподавания дисциплины реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекции с использованием компьютерных технологий;
- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием Internet-ресурсов, информационных баз, электронных библиотек, методических разработок, специальной и научной литературы;
- закрепление теоретического материала при проведении практических занятий с использованием учебного и научного оборудования, выполнения проблемно-ориентированных, поисковых, творческих заданий.

Самостоятельная работа слушателей включает:

1. Изучение учебной литературы по курсу.
2. Решение практических ситуаций и задач
3. Изучение источников управленческой информации
4. Работу с ресурсами Интернет
5. Решение практических ситуаций в виде творческих заданий
6. Изучение практических материалов деятельности конкретных предприятий
7. Изучение статистической информации
8. Подготовку к экзамену по курсу «Анализ данных и элементы машинного обучения».

Цель самостоятельной работы - подготовка современного компетентного специалиста и формирование способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

#### 4.2. Содержание комплекта учебно-методических материалов.

Литература:

1. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс. –М.: Издательский дом «Вильямс». – 2006. –1104 с.
2. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. –М.: Финансы и статистика. –2002. –344 с.
3. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. –MIT Press. –2016. – [<http://www.deeplearningbook.org>].
4. Николенко С., Кадури А., Архангельская Е. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. –Изд-во «Питер». –2018. –476 с.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Python [<https://www.python.org>].
2. Anaconda: The Most Popular Python Data Science Platform [<https://www.anaconda.com/download>].
3. Google Colaboratory [[colab.research.google.com](https://colab.research.google.com)].
4. PyTorch [<https://pytorch.org>].
5. TensorFlow [<https://www.tensorflow.org>].
6. MXNet [<https://mxnet.apache.org>].

#### 4.1. Материально-технические условия реализации программы:

Материально-техническая база

№ п.п.	Наименование модуля (тем, разделов)	Материально-технические условия для реализации программ (наличие лабораторий, производственных участков и т.п. по профилю программы повышения квалификации)
1.	Модуль 4. «Современные нейронные сети и компьютерное зрение»	Аудитории, оснащенные достаточным количеством персональных компьютеров с выходом в сеть Интернет.