Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Компьютерное зрение»**

**по направлению подготовки/специальности 09.03.04 Программная инженерия**

|  |  |
| --- | --- |
| **форма обучения:** | **очная** |
| **год приема:** | **2021** |

**РАЗРАБОТЧИКИ**

**Автор курса:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Доцент учебно-научного центра «Информационная безопасность* | *\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*  *(подпись, дата)* | *Ронкин М.В.* |
| **Дидактика:** |  |  |
| *Доцент кафедры Информационных технологий и систем управления* | *\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*  *(подпись, дата)* | *Папуловская Н.В.* |

**Содержание**

[Аннотация курса 4](#_heading=h.gjdgxs)

[Методика изучения Курса 5](#_heading=h.30j0zll)

[Методические рекомендации к выполнению лабораторного практикума 12](#_heading=h.1fob9te)

[График изучения дисциплины и сдачи контрольных мероприятий 13](#_heading=h.3znysh7)

# Аннотация курса

Курс «Компьютерное зрение» посвящен подробному изучению наиболее популярных в настоящее время архитектур глубоких искусственных нейронных сетей в задачах компьютерного зрения. Данный подход наиболее востребован в настоящее время во многих приложениях реального сектора экономики, начиная от медицинских задач и заканчивая такими приложениями, как «Deep fake» и «Prisma». Особенностью курса является подробный теоретический разбор каждой рассматриваемой архитектуры сети послойно, а также разбор особенностей ее обучения на конкретных практических примерах (распознавание лиц, поиск номеров автомобилей, и т.д.).

Практическая часть (лабораторный практикум) реализуется на базе популярных библиотек обучения нейронных сетей. Особенностью практической части курса является рассмотрение изученного материала на «реальных» данных.

Итоговая работа включает полный цикл обучения нейронной сети начиная от подбора данных и заканчивая численными оценками результатов. В результате прохождения курса студент получит навыки самостоятельного решения задач классификации изображений, их сегментации, а также поиска и выделения на них целевых объектов. При этом студент будет компетентен самостоятельно выбирать архитектуры сетей, особенности их обучения и подготовки данных. Полученные в курсе знания позволят студенту квалифицированно выполнять практические проекты и/или пройти собеседование в крупной компании на должность разработчика систем компьютерного зрения.

# Методика изучения Курса

Изучение курса «Компьютерное зрение» предполагает наличие у студентов базовых знаний по высшей математике (алгебра матриц), статистике и программированию.

Курс содержит три раздела:

1. Введение в системы компьютерного зрения.
2. Методы глубоко обучения.
3. Использование методов глубокого обучения в нейронных сетях.

Каждый раздел содержит теоретический и практический материал.

Первый раздел курса включает исторический ракурс в научную область систем автоматического распознавания образов, основные термины и понятия, знакомство с методами фильтрации и распознавания, понятия нейронной сети и возможности и преимущества их использования в задачах компьютерного зрения.

Краткое содержание лекций первого раздела «**Введение в системы компьютерного зрения»**

**Задание на домашнюю работу.**

* выбрать тему для самостоятельного решения kaggle.com или любую другую задачу компьютерного зрения и соответствующий ей набор данных;
* самостоятельно подобрать архитектуру нейронной сети для решения выбранной задачи;
* подготовить отчет в виде проекта в формате ipnb (jupyter notebook);
* загрузить проект (отчет и доп. материалы, если есть) на GitHub.

**Лекция №1. Современные подходы к задачам компьютерного зрения.**

* задачи компьютерного зрения;
* представление изображения в цифровом виде;
* принципы цифровой обработки изображений;
* основные операции цифровой обработки изображений;

**Лекция №2.** **Особенности искусственных нейронных сетей в задачах компьютерного зрения.**

* особенности машинного обучения;
* нейронные сети и глубокие нейронные сети и их виды;
* основные блоки нейронных сетей;
* основные особенности обучения нейронных сетей.

Самостоятельная работа по первому разделу включает проработку ответов на контрольные вопросы и выполнение домашней работы.

Домашняя работа включает в себя

**Контрольные вопросы по первому разделу:**

1. Методы цифрового представления изображений.
2. Типичные задачи обработки изображений.
3. Современные тенденции решения задач компьютерного зрения и подходы для их решения.
4. Привести примеры задач компьютерного зрения, когда нейронные сети имеют преимущества перед классическими методами, ответ обосновать.
5. Какие виды нейронных сетей популярны в настоящее время в системах компьютерного зрения, какие задачи они решают?
6. Классификация систем компьютерного зрения, области их применения.
7. Методы решения задач компьютерного зрения.
8. Особенности операции свертка.
9. Цели использования операции свертка.
10. Что такое машинное обучение.
11. Отличия методов машинного обучения и других статистических методов.
12. Отличия нейронных сетей и глубоких нейронных сетей.
13. Преимущества использования глубоких нейронных сетей в приложениях компьютерного зрения;
14. Виды нейронных сетей для решения задач компьютерного зрения.
15. Особенности сверточных нейронных сетей среди других подходов к решению задач компьютерного зрения.
16. Объяснить преимущества и недостатки логистической регрессии по сравнению с классифицирующей нейронной сетью.

Второй раздел курса «**Методы глубоко обучения**» посвящен изучению нейронных сетей, основных понятий, классификаций, алгоритмов и особенностей обучения.

Краткое содержание лекций второго раздела.

**Лекция №3.** **Особенности обучения и полносвязных нейронных сетей. Часть 1.**

* описание слоя нейронной сети;
* процедура прямого прохождения;
* метод обратного распространения ошибки;
* стохастический градиентный спуск и его виды;
* проблемы обучения методом обратного распространения ошибки;
* обзор функций активации;
* инициализация весовых параметров нейронных сетей.

**Лекция №4,5.** **Особенности обучения и полносвязных нейронных сетей. Часть 2.**

* Особенности выбора функций активации нейронных сетей;
* регуляризация обучения нейронных сетей: ЛАССО, Тихонов, ДропАут, БатчНорм (и др. нормализации);
* аугментация;
* предобучение нейронных сетей;
* перенос обучения.

Самостоятельная работа по второму разделу включает выполнения обзора по задачам классификации, выполнение обучения полносвязной нейронной сети и перекрёстное рецензирование работ.

**Контрольные вопросы по второй части курса:**

1. Объяснить цель использования мини-батчей в градиентном спуске.
2. Объяснить какие проблемы есть у обычного градиентного спуска, зачем нужны более сложные методы, такие как адаптивные и методы второго порядка.
3. Объяснить, как работает обратное распространение ошибки для многослойного перцептрона с одним выходом.
4. Назовите и прокомментируйте проблему переобучение/недообчения нейронных сетей, как можно снизить вероятность переобучения.
5. Объяснить, как особенности подготовки данных влияют на обусловленность сформированной выборки, зачем нужны тренировочная, тестовая и валидационная выборки.
6. Как вы считаете, зачем нужны разные варианты инициализации весов нейронных сетей, как вы считаете каким образом предобучение нейронных сетей сказывается на результате обучения, можно ли дообучать обученные нейронные сети и как.
7. К чему приводит отсутствие функции активации (линейная активация) в скрытых слоя нейронной сети.
8. назвать основные виды функций активации.
9. Как вы считаете, почему на внутренних слоях сети часто используют функцию ReLU, зачем нужны остальные функции активации,
10. Как вы считаете, как методы дроп-аута помогают в регуляризации обучения нейронных сетей, объясните работу дроп-аута.
11. Как вы считаете, почему методы нормализации (в т.ч. батч нормализация) приобрели широкую популярность, в чем их достоинства и недостатки.
12. Назовите методы регуляризации в нейронных сетях и цели их использования.
13. Как вы считаете, в чем преимущества и недостатки сверточных сетей по сравнению с такими сетями, как полносвязные.
14. Объяснить архитектуру LeNet и цель использования каждого типа слоя сети.
15. Как вы считаете, зачем нужно заменять простую операцию свертки на более продвинутые аналоги, привести примеры.

Третий раздел курса «**Использование методов глубокого обучения в нейронных сетях»** посвящен обзорам решения разных задача, возникающих в системах компьютерного зрения: классификации изображений, сегментации, выделения части изображения, и др. А также тренды и современные научные исследования.

Краткое содержание лекций.

**Лекция №6.** **Особенности задачи классификации изображений**

* виды сверток в сверточных нейронных сетях;
* Виды пулинга;
* Кратко об архитектурах решения задач классификации.

**Лекция №7.** **Особенности задач семантической сегментации и сводящихся к ним задач**

* архитектуры сверточных нейронных сетей;
* задача сегментации;
* транспонированная свертка;
* слои повышения разрешения;
* билинейная интерполяция;
* виды архитектур.

**Лекция №8.** **Особенности задач поиска и выделения объектов и сводящихся к ним задач**

* архитектуры многоэтапного поиска и выделения объектов;
* архитектуры для экземплярной сегментации;
* архитектуры одноэтапного поиска и выделения объектов.

**Лекция №9.** **Обзор задачи генерирования изображений, кодирования и сводящиеся к ним, другие задачи компьютерного зрения и методы их решения при помощи глубоких нейронных сетей**

* вариационный автоэнкодер;
* виды генеративно-состязательных нейронных сетей;
* обзор современных задач компьютерного зрения и методов их решения;
* перспективы развития отрасли.

Самостоятельная работа по разделу включает изучение задач поиска, локализации и выделения объектов. Выполнение домашней работы по методам глубокого обучения в нейронных сетях и подбор данных для выполнения лабораторной работы.

**Контрольные вопросы по третьей части курса:**

1. Объяснить архитектуру LeNet и цель использования каждого типа слоя сети.
2. Как вы считаете, зачем нужно заменять простую операцию свертки на более продвинутые аналоги, привести примеры.
3. Как вы считаете, зачем нужна свертка 1х1 (точечная свертка), какие типы сверток с использование свертки 1х1 вы можете привести.
4. Как вы считаете, зачем нужна глубокая свертка, назовите несколько типов архитектур сверточных нейронных сетей, где она используется.
5. Привести примеры современных архитектур сверточных сетей и рассказать о них, какова их тенденция.
6. Как вы считаете, за счет чего можно от задачи классификации перейти к задаче сегментации, как это реализуется на практике, привести примеры.
7. Привести варианты сверток в декодерах сегментационных нейронных сетей,
8. Кратко объяснить особенности билинейной интерполяции, обратная свертка, свертка с повышением разрешения, рассказать, где эти операции используются.
9. Кратко объяснить особенности работы сетей локализации объектов на изображениях.
10. Кратко объяснить особенности работы сетей многоэтапного (регионного) подхода к обнаружению и выделению объектов на изображениях.
11. Кратко объяснить особенности работы сетей одноэтапных подходов к обнаружению и выделению объектов на изображениях.
12. Кратко объяснить какие задачи могут быть решения при помощи сетей обнаружению и выделения объектов на изображениях.
13. Кратко рассказать о задачах экземплярной сегментации и паноптической сегментации.
14. Какие отличия порождающего(генеративного) подхода от традиционного дискриминантного вы можете называть, и какие сегодня используются принципы порождающих сетей.
15. Как вы думаете, почему именно порождающие – состязательные сети (GAN) получили широкое распространение, в чем их особенности и отличия от других типов порождающих сетей.
16. Как вы считаете, к какому виду обучения относятся автокодирующие сети. Приведите примеры решения задач при помощи автокодирующих сетей, чем автокодирующая сеть отличается от тривиального повторителя.
17. Как вы думаете, в чем особенности соревновательных автоэнкодеров и вариационных автоэнкодеров, как они работают, чем отличаются от обычных GAN и как используются.
18. Кратко рассказать о современных тенденциях решения задач компьютерного зрения и о развивающихся подходах для их решения.

***Методические рекомендации к выполнению практических и лабораторных занятий***

После лекционной части курса студенты проходят практические занятия, которые включают не менее 8 работ.

“Инструменты работы с нейронным сетями“. Изучаются инструменты подготовки данных в языке программирования Python (numpy, pandas, matplotlib, sklearn).

“Подробное исследование работы полносвязной нейронной сети.” Изучается реализация полносвязной нейронной сети, методы ее обучения и особенности работы. Cеть написана на numpy.

“Исследование сверточных слоев и методов работы с ними”. Изучаются реализации сверточных слоев, результаты их работы, а также реализация сверточной нейронной сети. В рамках фреймворков pytorch или tf-keras.

“Исследование особенностей классификации в задачах компьютерного зрения”. Изучаются особенности современных архитектур нейронных сетей в задачах классификации изображений. В рамках фреймворков pytorch или tf-keras.

“Исследование особенностей задач семантической сегментации”. Изучается реализация нейронной сети семантической сегментации, принципы работы с ней и ее обучение. В рамках фреймворков pytorch или tf-keras.

“Исследование особенностей задач поиска, локализации и выделения объектов – быстрые подходы”. Изучается возможности работы с нейронными сетями обнаружения объектов типа one-shot. В рамках фреймворков pytorch или tf-keras

“Исследование особенностей задач поиска, локализации и выделения объектов – регионе подходы”. Изучается возможности работы с нейронными сетями обнаружения объектов типа region-proposal. В рамках фреймворков pytorch – Detectron 2

“Исследование задач кодирования и генерации объектов в системах компьютерного зрения.” Изучаются подходы к задачам генерации изображений и подобные задачи. В рамках фреймворков pytorch или tf-keras

В конце изучения курса студенты выполняют итоговую работу.

# Методические рекомендации к выполнению лабораторного практикума

Перед выполнением лабораторной работы необходимо установить на компьютер

* ▪Python 3.7
* ▪numpy1.19.2
* ▪scipy1.6.2
* ▪matplotlib 3.3.4
* ▪seaborn 0.11.1
* ▪pandas 1.2.4
* ▪scikit-learn 0.24.2
* pytorch 1.7 и выше
* ▪TensorFlow 2

Познакомиться с браузерной средой разработки на Python Jupyter или Google Colab.

Задания к лабораторным работам приведены в <https://github.com/MVRonkin/Neural-Networks-lectures-and-practice/tree/master/%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0>

**Требования к отчету по лабораторной работе**

Отчет по лабораторной работе должен быть в виде документа формата “.ipnb”, ссылки на предоставленный доступ к документу google colab или другие аналогичные форматы, например markdown, pdf, word со структурой:

1. Название работы.
2. краткое пояснение к содержанию.
3. Имя, фамилия, группа студента, выполнившего работу.
4. Задание на лабораторную работу.
5. краткое описание теоретических сведений, соответствующих работе.
6. Код реализации выполнения задания.
7. Визуализация результатов выполнения (если применимо).
8. Выводы.
9. Приложение.

# График изучения дисциплины и сдачи контрольных мероприятий

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Сроки выполнения** | **Виды работы** | **Отчетность** |
| **1 неделя** | Изучение теоретического материала по первой лекции | Ответы на контрольные вопросы |
| **2 неделя** | Выполнение домашней работы | Ответы на контрольные вопросы |
| **3 неделя** | Изучение теоретического материала по лекции | Ответы на контрольные вопросы в форме коллоквиума |
| **4 неделя** | Рецензирование обзоров | Форма рецензии |
| **5 неделя** | Изучение теоретического материала по лекции | аннотация по интересным статьям |
| **6 неделя** | Выполнение домашней работы | Ответы на контрольные вопросы в форме коллоквиума |
| **7 неделя** | Выполнение домашней работы |  |
| **8 неделя** | Выполнение домашней работы | Отчет по домашней работе |
| **9 неделя** | Выполнение лабораторной работы | Ответы на контрольные вопросы в форме коллоквиума |
| **10 неделя** | Выполнение лабораторной работы | отчет по лабораторной работе |
| **11 неделя** | Выполнение лабораторной работы | отчет по лабораторной работе |
| **12 неделя** | Выполнение лабораторной работы | отчет по лабораторной работе |
| **13 неделя** | Выполнение лабораторной работы | отчет по лабораторной работе |
| **14 неделя** | Выполнение лабораторной работы | отчет по лабораторной работе |
| **15 неделя** | Выполнение лабораторной работы | отчет по лабораторной работе |
| **16 неделя** | Выполнение лабораторной работы, | Отчет по домашней работе,  отчет по лабораторной работе |
| **17 неделя** | Подготовка к зачету | Защита итоговой работы |