

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЧЕРЕПОВЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт информационных технологий

Кафедра математики и информатики

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ»

Направление подготовки (специальность):

01.03.02 Прикладная математика и информатика

Образовательная программа:

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Очная форма обучения

Составители:

Венедиктов М.И., старший
преподаватель кафедры МиИ,
Генеральный директор ООО
«Малленом Технолоджис»

г. Череповец - 2022

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Солем Ян Эрик. Программирование компьютерного зрения на языке Python. / пер. с англ. Слинкин А. А. - Москва : ДМК Пресс, 2016. - 312 с. - ISBN 978-5-97060-200-3. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/364299/reading> (дата обращения: 17.05.2022). - Текст: электронный.
2. Шапиро Л. Компьютерное зрение / пер. с англ. — 4-е изд., электрон. — (Лучший зарубежный учебник) / Л. Шапиро. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 763 с. - ISBN 978-5-00101-696-0. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/385339/reading> (дата обращения: 17.05.2022). - Текст: электронный.

Дополнительная литература по дисциплине:

1. Клетте Рейнхард. Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы / пер. с англ. А. А. Слинкин. - Москва : ДМК Пресс, 2019. - 506 с. - ISBN 978-5-97060-702-2. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/385076/reading> (дата обращения: 17.05.2022). - Текст: электронный.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень информационных справочных систем (при необходимости)

1. Электронная библиотека «Университетская библиотека online». URL: <http://biblioclub.ru/>.
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». URL: <http://window.edu.ru/>.
3. Образовательный портал Череповецкого государственного университета. URL: <https://edu.chsu.ru/>.

Учебно-методические указания и рекомендации к изучению тем лекционных и практических занятий, самостоятельной работе студентов

Лекции

№ п/п	Тема лекции	Количество часов
1	Формирование изображений.	4
2	Основы обработки изображений.	4
3	Компьютерное зрение.	4
4	Обработка и подготовка данных.	4
5	Введение в применение нейронных сетей для решения задач компьютерного зрения.	6
Итого		22

Лабораторные работы

№ п/п	Тема лекции	Количество часов
1	Формирование изображений.	6
2	Основы обработки изображений.	6
3	Компьютерное зрение.	12
4	Обработка и подготовка данных.	12
5	Введение в применение нейронных сетей для решения задач компьютерного зрения.	12
Итого		48

Раздел 1. Формирование изображений.

Содержание:

Введение в компьютерное зрение. Задачи компьютерного зрения. Камеры. Геометрические модели камер. Геометрическая калибровка камер. Радиометрия – измерение света. Источники, тени и затемнения. Свет.

Самостоятельная работа по разделу:

По итогам самостоятельной работы студент готовит отчет, включающий в себя ответы на вопросы и решение заданий, предполагавшихся к выполнению в ходе самостоятельной работы. Отчет сдается преподавателю в электронной форме.

Задания для самостоятельной работы

1. Что такое перспективная проекция?
2. Сравнение камеры и человеческого глаза.
3. Изучить элементы аналитической евклидовой геометрии.
4. Подготовить конспект по типам и видам калибровки камер.

Литература:

1. Солем Ян Эрик. Программирование компьютерного зрения на языке Python. / пер. с англ. Слинкин А. А. - Москва : ДМК Пресс, 2016. - 312 с. - ISBN 978-5-97060-200-3. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/364299/reading> (дата обращения: 17.05.2022). - Текст: электронный.
2. Шапиро Л. Компьютерное зрение / пер. с англ. — 4-е изд., электрон. — (Лучший зарубежный учебник) / Л. Шапиро. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 763 с. - ISBN 978-5-00101-696-0. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/385339/reading> (дата обращения: 17.05.2022). - Текст: электронный.
3. Клетте Рейнхард. Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы / пер. с англ. А. А. Слинкин. - Москва : ДМК Пресс, 2019. - 506 с. - ISBN 978-5-97060-702-2. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/385076/reading> (дата обращения: 17.05.2022). - Текст: электронный.

Раздел 2. Основы обработки изображений.

Содержание:

Прикладные программные библиотеки для обработки изображений. Локальные дескрипторы изображений. Преобразования изображений. Линейные фильтры. Определение краев. Текстура. Геометрия нескольких проекций. Стереозрение.

Самостоятельная работа по разделу:

По итогам самостоятельной работы студент готовит отчет, включающий в себя ответы на вопросы и решение заданий, предполагавшихся к выполнению в ходе самостоятельной работы. Отчет сдается преподавателю в электронной форме.

Задания для самостоятельной работы:

1. Изучить документацию библиотеки PIL.
2. Изучить документацию библиотеки Matplotlib.
3. Изучить документацию библиотеки NumPy.
4. Изучить подходы к размытию изображений.
5. Изучить локальные дескрипторы изображений.

Образцы заданий для лабораторных работ:

По итогам выполнения лабораторной работы студент демонстрирует результаты работы программы преподавателю, предварительно разработав тестовые случаи, а также сдает в электронном виде отчет, содержащий порядок выполнения работы.

Лабораторная работа по разделу дисциплины «Основы обработки изображений»

1. Возьмите какое-нибудь изображение и примените к нему гауссово размытие.
2. Нарисуйте изолинии для возрастающих значений.
3. Ответьте на вопросы «Что происходит? Можете ли вы объяснить причину?»
4. Напишите функцию, которая находит контуры простых объектов внутри изображения с помощью градиента.
5. Сделайте выводы.

Литература:

1. Солем Ян Эрик. Программирование компьютерного зрения на языке Python. / пер. с англ. Слинкин А. А. - Москва : ДМК Пресс, 2016. - 312 с. - ISBN 978-5-97060-200-3. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/364299/reading> (дата обращения: 17.05.2022). - Текст: электронный.
2. Шапиро Л. Компьютерное зрение / пер. с англ. — 4-е изд., электрон. — (Лучший зарубежный учебник) / Л. Шапиро. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 763 с. - ISBN 978-5-00101-696-0. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/385339/reading> (дата обращения: 17.05.2022). - Текст: электронный.
3. Клетте Рейнхард. Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы / пер. с англ. А. А. Слинкин. - Москва : ДМК Пресс, 2019. - 506 с. - ISBN 978-5-97060-702-2. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/385076/reading> (дата обращения: 17.05.2022). - Текст: электронный.

Раздел 3. Компьютерное зрение.

Содержание:

OpenCV. Кластеризация изображений. Поиск изображений. Классификация изображений по содержанию. Сегментация. Построение моделей фона и выделение переднего плана. Выделение и классификация движущихся объектов. Алгоритмы слежения за объектом.

Самостоятельная работа по разделу:

По итогам самостоятельной работы студент готовит отчет, включающий в себя ответы на вопросы и решение заданий, предполагавшихся к выполнению в ходе самостоятельной работы. Отчет сдается преподавателю в электронной форме.

Задания для самостоятельной работы:

1. Подготовить конспект на тему «Основные подходы к классификации изображений».
2. Подготовить конспект на тему «Вариационные методы сегментации изображений».
3. Изучить документацию библиотеки OpenCV.
4. Изучить методы, основанные на выделении контуров.
5. Подготовить конспект на тему «Характерные признаки текстур».

Образцы заданий для лабораторных работ:

По итогам выполнения лабораторной работы студент демонстрирует результаты работы программы преподавателю, предварительно разработав тестовые случаи, а также сдает в электронном виде отчет, содержащий порядок выполнения работы.

Лабораторная работа по разделу дисциплины «Компьютерное зрение»

1. Иерархическим методом Ксредних называется метод кластеризации, который рекурсивно применяет методы Ксредних к кластерам для создания дерева постепенно уточняемых кластеров. Каждый узел дерева в этом случае имеет К дочерних узлов. Реализуйте этот алгоритм и примените его к изображениям буквы в разных шрифтах.
2. Применив иерархический метод, визуализируйте дерево, которое показывает среднее изображение для кластера в каждом узле.

Литература:

1. Солем Ян Эрик. Программирование компьютерного зрения на языке Python. / пер. с англ. Слинкин А. А. - Москва : ДМК Пресс, 2016. - 312 с. - ISBN 978-5-97060-200-3. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/364299/reading> (дата обращения: 17.05.2022). - Текст: электронный.
2. Шапиро Л. Компьютерное зрение / пер. с англ. — 4-е изд., электрон. — (Лучший зарубежный учебник) / Л. Шапиро. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 763 с. - ISBN 978-5-00101-696-0. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/385339/reading> (дата обращения: 17.05.2022). - Текст: электронный.
3. Клетте Рейнхард. Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы / пер. с англ. А. А. Слинкин. - Москва : ДМК Пресс, 2019. - 506 с. - ISBN 978-5-97060-702-2. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/385076/reading> (дата обращения: 17.05.2022). - Текст: электронный.

Раздел 4. Обработка и подготовка данных.

Содержание:

Инструменты для разметки и аугментации данных. Методы оценки точности обучения. Типы и форматы наборов данных, популярные открытые инструменты для разметки, сервис kaggle. Подходы к увеличению наборов данных. CVAT для подготовки своего набора данных для обучения. Сколько должно быть данных для получения высокой точности при обучении. IoU, mAP и другие метрики оценки точности обучения нейронных сетей.

Самостоятельная работа по разделу:

По итогам самостоятельной работы студент готовит отчет, включающий в себя ответы на вопросы и решение заданий, предполагавшихся к выполнению в ходе самостоятельной работы. Отчет сдается преподавателю в электронной форме.

Задания для самостоятельной работы:

1. Разметка данных в инструменте CVAT.
2. Разработка программного обеспечения для экспорта данных из CVAT.
3. Подготовка отчета с описанием основных метрик оценки точности нейронных сетей для обработки изображений.

Образцы заданий для лабораторных работ:

По итогам выполнения лабораторной работы студент демонстрирует результаты работы программы преподавателю, предварительно разработав тестовые случаи, а также сдает в электронном виде отчет, содержащий порядок выполнения работы.

Лабораторная работа по разделу дисциплины «Обработка и подготовка данных»

1. Разбить видео на кадры (можно использовать ffmpeg, следует выставить fps = 30).
2. Пройдите регистрацию в инструменте CVAT.

После регистрации и авторизации появится титульный экран «Tasks», где отображены все текущие задачи по разметке. Изначально список пуст, поэтому необходимо создать задачу с нужным файлом для разметки:

3. Нажмите кнопку “+ Create new task”.
4. Далее необходимо сделать следующее:
 - a. Ввести наименование задачи.
 - b. Добавить объект, который необходимо разметить.
 - c. В поле “lables” нажать кнопку “Add lable”.
 - d. Затем в поле “label name” ввести имя для объекта. Выбрать цвет, нажать кнопку “Done”.
 - e. Далее необходимо выбрать файлы, на которых будет происходить разметка.
 - f. После загрузки файлов на сервер нажимаем кнопку «Sumbit».
 - g. После создания задачи в верхнем правом углу появится сообщение о том, что задача была создана.
5. Открываем созданную задачу, нажав на кнопку «Open».

6. После появления окна с деталями задачи, нажимаем на «Job #...»
7. Открывается окно разметчика.
8. Размечаем необходимое количество данных пользуясь подробным руководством по CVAT.
9. После разметки необходимо импортировать разметку:
 - a. Нажимаем «Menu».
 - b. В появившемся меню выбираем «Export as a dataset» → «COCO 1.0»

Вопросы для защиты лабораторной работы по разделу дисциплины «Обработка и подготовка данных»

1. Методы аугментации данных.
2. Что такое валидационный набор данных?
3. Какое соотношение лучше всего выдерживать у тестового и обучающего набора данных?
4. Основные инструменты в CVAT для разметки данных для обучения детектора?
5. В какие форматы возможно экспортировать данные в CVAT?

Литература:

1. Солем Ян Эрик. Программирование компьютерного зрения на языке Python. / пер. с англ. Слинкин А. А. - Москва : ДМК Пресс, 2016. - 312 с. - ISBN 978-5-97060-200-3. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/364299/reading> (дата обращения: 17.05.2022). - Текст: электронный.
2. Шапиро Л. Компьютерное зрение / пер. с англ. — 4-е изд., электрон. — (Лучший зарубежный учебник) / Л. Шапиро. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 763 с. - ISBN 978-5-00101-696-0. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/385339/reading> (дата обращения: 17.05.2022). - Текст: электронный.
3. Клетте Рейнхард. Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы / пер. с англ. А. А. Слинкин. - Москва : ДМК Пресс, 2019. - 506 с. - ISBN 978-5-97060-702-2. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/385076/reading> (дата обращения: 17.05.2022). - Текст: электронный.

Раздел 5. Введение в применение нейронных сетей для решения задач компьютерного зрения.

Содержание:

Адаптивные системы распознавания образов. Обучение нейронных сетей и их основные архитектуры. Персептрон. Теорема Байеса, функции ошибки и регуляризации. Градиентный спуск и функции активации. Обучение нейронных сетей для решения задачи компьютерного зрения.

Задания для самостоятельной работы разделу дисциплины:

1. Изучите теорию и представьте краткий конспект по теме «Нейронные сети. Простая прогнозирующая машина. Простой классификатор».

2. Изучите теорию и представьте краткий конспект по теме «Нейроны. Распространение сигналов по нейронной сети».
3. Изучите теорию и представьте краткий конспект по теме «Использование матричного умножения в нейронной сети с тремя слоями».
4. Изучить современные архитектуры нейронных сетей для классификации изображений.
5. Изучить популярные задачи классификации изображений.

Литература:

1. Солем Ян Эрик. Программирование компьютерного зрения на языке Python. / пер. с англ. Слинкин А. А. - Москва : ДМК Пресс, 2016. - 312 с. - ISBN 978-5-97060-200-3. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/364299/reading> (дата обращения: 17.05.2022). - Текст: электронный.
2. Шапиро Л. Компьютерное зрение / пер. с англ. — 4-е изд., электрон. — (Лучший зарубежный учебник) / Л. Шапиро. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 763 с. - ISBN 978-5-00101-696-0. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/385339/reading> (дата обращения: 17.05.2022). - Текст: электронный.
3. Клетте Рейнхард. Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы / пер. с англ. А. А. Слинкин. - Москва : ДМК Пресс, 2019. - 506 с. - ISBN 978-5-97060-702-2. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/385076/reading> (дата обращения: 17.05.2022). - Текст: электронный.

Средства контроля качества обучения

Вопросы к экзамену:

1. Основы обработки изображений. Основные инструменты.
2. Основы обработки изображений. Применение NumPy и Matplotlib.
3. Основы обработки изображений. Очистка изображений от шумов.
4. Локальные дескрипторы изображений. Детектор углов Харриса.
5. Локальные дескрипторы изображений. SIFT.
6. Локальные дескрипторы изображений. Сопоставление изображений с геометками.
7. Гомографии.
8. Деформирование изображений.
9. Создание панорам.
10. Эпиполярная геометрия.
11. Многовидовая реконструкция.
12. Стереои изображения.
13. Кластеризация изображений. Основные методы.
14. Опишите алгоритм кластеризации методом K-средних.
15. Спектральная кластеризация.
16. Байесовский классификатор.
17. Сегментация изображений. Основные методы.
18. Обработка видео в OpenCV.
19. Трассировка в OpenCV.
20. Искусственные нейронные сети, функции активации, топология сети, количество

- слоев, направление перемещения информации, количество узлов в слое. Реализация искусственных нейронных сетей на языке Python (на основе анализа документации разработчиков). Интеграция алгоритма с программой на языке Python. Примеры использования искусственных нейронных сетей.
21. Обучение искусственной нейронной сети методом обратного распространения ошибки, градиентный спуск. Реализация метода на языке Python (на основе анализа документации разработчиков). Примеры использования метода обратного распространения ошибки.
 22. Введение в нейронные сети. Простая прогнозирующая машина. Простой классификатор.
 23. Нейроны. Распространение сигналов по нейронной сети.
 24. Использование матричного умножения в нейронной сети с тремя слоями.
 25. Подготовка данных: входные значения; выходные значения; случайные начальные значения весовых коэффициентов.
 26. Корректировка весовых коэффициентов в процессе обучения нейронной сети.
 27. Обратное распространение ошибок.
 28. Описание обратного распространения ошибок с помощью матричной алгебры.
 29. Использование градиентного спуска для обновления весовых коэффициентов.
 30. Подготовка данных: входные значения; выходные значения; случайные начальные значения весовых коэффициентов.