

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра цифровых технологий и машинного обучения

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета



(подпись)

И.С. Огнев

«23» мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины
«Системы технического зрения»

Направление подготовки
«11.03.01 Радиотехника»

Направленность (профиль)
«00 Радиотехника»

Форма обучения
очная

Программа одобрена
на заседании кафедры
от «17» апреля 2023 года, протокол № 8

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «25» апреля 2023 года

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Системы технического зрения» является подготовка студентов по теоретическим вопросам синтеза современных систем смыслового понимания цифровых изображений.

В процессе преподавания дисциплины решаются следующие задачи:

- изучение алгоритмов обработки бинарных изображений;
- изучение алгоритмов сегментации цифровых изображений;
- изучение методов машинного обучения применительно к системам технического зрения;
- изучение алгоритмов детектирования и распознавания объектов на цифровых изображениях;
- формирование знаний в области видеонаблюдения;
- формирование знаний в области стереозрения;
- формирование знаний в области управления автономными мобильными роботами с использованием систем технического зрения.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина «Системы технического зрения» (Б1.В.ДВ.07.01) относится к дисциплинам по выбору обязательной части Блока 1.

Для изучения дисциплины требуется знание основ теории сигналов и теории цепей дискретного времени, изучаемых в дисциплинах «Основы теории цепей (часть 2)», «Основы цифровой обработки сигналов», а также основ теории обработки многомерных сигналов, изучаемых в дисциплине «Цифровая обработка изображений». Формируемые навыки в ходе освоения дисциплины «Системы технического зрения» на этапах дальнейшего обучения могут использоваться при выполнении научной работы. Следует отметить динамику постоянного совершенствования систем технического зрения, что требует от процесса преподавания постоянной доработки и переработки некоторых разделов.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
Профессиональные компетенции		
ПК-2	ИД_ПК-2.1 Знает основные характеристики радиотехнических устройств и систем	Знать: <ul style="list-style-type: none">– основы теории смыслового понимания цифровых изображений;– современную таксономию области технического зрения;
	ИД_ПК-2.2 Применяет экспериментальные методы исследования процессов в радиотехнических устройствах и системах	Уметь: <ul style="list-style-type: none">– проводить анализ различных алгоритмов, входящих в состав современных систем технического зрения;

	ИД_ПК-2.3 Проводит теоретические исследования радиотехнических устройств и систем	Знать: – основные алгоритмы, позволяющие выполнить синтез современных систем технического зрения. Уметь: – составлять модели, позволяющие выполнить конвейерную / многоэтапную обработку цифровых изображений; – интерпретировать основные результаты, полученные при решении задач сегментации, классификации и т. п. цифровых изображений.
	ИД_ПК-2.4 Оформляет Отчёты в соответствии предъявляемыми требованиями	Владеть навыками: построения, анализа и компьютерного моделирования систем технического зрения, рассматриваемых в области радиотехники

4. Объём, структура и содержание дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зачёт. ед., 72 акад. часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоёмкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам) Формы ЭО и ДОТ (при наличии)
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	Введение и обзор материала курса	7		4	1			6,7	
2	Анализ бинарных изображений. Первое понятие о распознавании образов	7		4	2	1		1	Отчёт по лабораторной работе
3	Алгоритмические и математические принципы систем автоматического распознавания номерных знаков	7		4	1	1		1	
4	Сегментация изображений	7		4	2	1		1	Задание для самостоятельной работы Отчёт по лабораторной работе
5	Введение в методы машинного обучения	7		6	2			1	Отчёт по лабораторной работе
6	Детектирование объектов на цифровых	7		2	2			1	Отчёт по лабораторной работе

	изображениях								
7	Распознавание объектов на цифровых изображениях	7		2	2	1		1	Задание для самостоятельной работы Отчёт по лабораторной работе
8	Основы видеонаблюдения	7		2	2			1	Отчёт по лабораторной работе
9	Трёхмерное зрение и формирование структуры из движения	7		2	1			1	Отчёт по лабораторной работе
10	Системы технического зрения в задаче управления автономными мобильными роботами (опционально)	7		2	2	1		1	Отчёт по лабораторной работе
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>							1	
	Промежуточная аттестация	7					0,3		Зачёт
	ИТОГО	7		34	17	5	0,3	15,7	72
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>							10	

Примечание: объём (в часах) самостоятельной работы в рамках установленного данной РПД количества часов, выполняемой студентом с применением ЭО и ДОТ (в ЭУК «Метрология, стандартизация, сертификация» в LMS Moodle), определяется каждым студентом в зависимости от уровня его подготовки и способов выполнения данного вида работ.

Содержание тем дисциплины

Тема № 1

Введение и обзор материала курса

Что такое техническое (компьютерное) зрение? Цель технического зрения. Информация, извлекаемая из цифровых изображений. Сложности, возникающие при построении систем технического зрения. Связь курса «Системы технического зрения» с другими дисциплинами. Техническое зрение в современной трактовке. Примеры практических задач, решаемых в области технического зрения.

Тема № 2

Анализ бинарных изображений. Первое понятие о распознавании образов

Что такое бинарное изображение? Задачи, в которых используются бинарные изображения. Пороговая бинаризация полутоновых изображений. Метод Оцу. Морфологическая обработка бинарных и полутоновых изображений (дилатация, эрозия, замыкание, размыкание). Маркировка связных компонент. Признаки, используемые для описания областей, найденных на изображении. Что такое распознавание образов? Как анализировать признаки (ручной подбор, графический анализ, машинное обучение)?

Тема № 3

Алгоритмические и математические принципы систем автоматического распознавания номерных знаков

Общие сведения о распознавании номерных знаков. Фильтрация и улучшение цифровых изображений. Детектирование номерной пластины. Сегментация номерной пластины. Выделение признаков, описывающих символы номерного знака. Распознавание символов.

Тема № 4

Сегментация изображений

Что такое сегментация? Автоматическая и интерактивная сегментация. Примеры использования сегментации в практических задачах.

Алгоритмы автоматической сегментации. Сегментация через поиск однородностей внутри областей. Сегментация, основанная на различных методах кластеризации (алгоритм К-средних, алгоритм сдвига среднего, алгоритм графового разбиения Ши). Алгоритмы сегментации, основанные на разрастании областей, слиянии и разделении областей. Сегментация через поиск неоднородностей на границах изображения. Детекторы границ (детектор Кэнни, детектор линейных сегментов, детектор, основанный на использовании обученных словарей). Преобразование Хафа. Преобразование Радона.

Алгоритмы интерактивной сегментации. Алгоритмы «волшебная палочка» и «умные ножницы». Алгоритм разреза графа (GraphCuts). Матирование изображений. Алгоритм ChromaKeying.

Тема № 5

Введение в методы машинного обучения

Что такое машинное обучение? Примеры задач, решаемых с использованием методов машинного обучения. Обучение с учителем (регрессия и классификация) и обучение без учителя (кластеризация и понижение размерности данных). Линейная регрессия с одной и множеством переменных. Алгоритм градиентного спуска. Логистическая регрессия. Бинарная и многоклассовая классификация.

Линейная и нелинейная классификация. Биологические и искусственные нейронные сети. Искусственные нейронные сети прямого распространения. Архитектуры искусственных нейронных сетей. Обучение искусственных нейронных сетей (алгоритм обратного распространения ошибки). Классификация объектов на цифровых изображениях с использованием искусственных нейронных сетей. Построение автономного наземного транспортного средства с использованием искусственной нейронной сети (проект ALVINN).

Отладка алгоритмов машинного обучения. Машинное обучение в задаче оптического распознавания символов (детектирование текста, сегментация символов, классификация символов). Формирование большого количества данных для решения задачи машинного обучения. Анализ производительности конвейерной системы.

Тема № 6

Детектирование объектов на цифровых изображениях

Признаки, используемые для детектирования и распознавания объектов на цифровых изображениях. Детектирование объектов в скользящем окне. Алгоритм Виола / Джонса для детектирования лиц на цифровых изображениях. Примеры алгоритмов детектирования дорожных и номерных знаков на цифровых изображениях.

Тема № 7

Распознавание объектов на цифровых изображениях

Распознавание лиц на основе анализа главных компонент. Общая идея анализа главных компонент. Сокращение размерности данных. Собственные лица. Классификация по методу ближайшего соседа.

Тема № 8

Основы видеонаблюдения

Построение моделей фона и выделение переднего плана. Выделение и классификация движущихся объектов. Алгоритмы слежения за объектами.

Тема № 9

Трехмерное зрение и формирование структуры из движения

Модель формирования изображений на основе перспективной проекции. Определение глубины с использованием стереоскопической системы. Стереοизображения. Поиск соответствий. Эпиполярная геометрия. Диспаритет. Карта глубины. Проблемы, возникающие при использовании стереоскопической системы, и возможные варианты их решения. Формирование структуры из движения.

Тема № 10

Системы технического зрения в задаче управления автономными мобильными роботами (опционально)

Что такое робот и автономный мобильный робот? Примеры роботизированных платформ. Задачи восприятия, локализации, познания и управления движением автономного мобильного робота. Управление автономным мобильным роботом с использованием цветowych меток и системы технического зрения.

Список лабораторных работ

1. Анализ бинарных изображений и первое понятие о распознавании образов.
2. Алгоритмы сегментации цифровых изображений.
3. Классификация рукописных символов на основе методов машинного обучения.
4. Детектирование лиц на основе алгоритма Виола / Джонса.
5. Распознавание лиц на основе анализа главных компонент и метода ближайшего соседа.
6. Обнаружение движущихся объектов на основе методов вычитания фона.
7. Построение карты глубины на основе стереопары.
8. Управление автономным мобильным роботом с использованием цветowych меток (опционально).

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Практическое занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных знаний. На практических занятиях разбирается краткая теория и оттачиваются практические навыки решения задач по предложенным темам.

Лабораторное занятие – это проведение студентами по заданию преподавателя опытов с использованием приборов, инструментов и других технических приспособлений, то есть это изучение каких-либо явлений с помощью специального оборудования. Лабораторные занятия, являясь одной формой учебных занятий, дают возможность наглядно сформировать представление об изучаемых явлениях и процессах, помогают овладеть техникой эксперимента, а также решать практические задачи путем постановки опыта. Лабораторное занятие направлено на экспериментальное подтверждение теоретических положений.

Консультация – занятие, посвященное консультациям по организации самостоятельной работы, ответам на вопросы студентов или разбору трудных тем.

Практические и лабораторные занятия проводятся в специально-оборудованных компьютерных классах с использованием специализированного программного

обеспечения. Защита результатов индивидуальных заданий проводится по традиционной методике в классе.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

Электронный учебный курс «Системы технического зрения» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором:

- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

- Microsoft Windows и Microsoft Office для подготовки рабочих программ и демонстрации иллюстративного материала;
- Mathworks MatLab,
- Wolfram Mathematica.
- для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ: Автоматизированная библиотечная информационная система "БУКИ-NEXT" (АБИС "Буки-Next").

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

- Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://www.window.edu.ru>
- Портал научной электронной библиотеки - <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
- Федеральная университетская компьютерная сеть России - <http://www.runnet.ru/>

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Приоров, А.Л. Цифровая обработка изображений: учеб. пособие для вузов / А. Л. Приоров, И. В. Апальков, В. В. Хрящев ; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та. – Ярославль: ЯрГУ, 2007. – 234 с.
2. Обработка и передача мультимедийной информации: учеб. пособие для вузов / А. Л. Приоров, В. В. Хрящев ; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та. – Ярославль: ЯрГУ, 2010. – 187 с.

б) дополнительная литература

1. Приоров, А.Л. Медианная фильтрация: метод. указания / А.Л. Приоров, В.В. Хрящев. – Ярославль, ЯрГУ, 2006. – 54 с.

2. Приоров, А.Л. Обработка изображений линейными и усредняющими фильтрами: метод. указания / А.Л. Приоров, В.В. Хрящев. – Ярославль: ЯрГУ, 2006. – 49 с.

в) ресурсы сети «Интернет»:

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://www.edu.ru> (раздел Учебно-методическая библиотека) или по прямой ссылке <http://window.edu.ru/library>).
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» (www.biblioclub.ru).

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения лабораторных работ;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в аудитории для практических занятий (семинаров), лабораторных – списочному составу группы обучающихся.

Учебно-методическое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав:

Автор:

Доцент кафедры
цифровых технологий и
машинного обучения

А.В. Хрящев

**Приложение № 1 к рабочей программе дисциплины
«Системы технического зрения»**

**Фонд оценочных средств
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,
необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности,
характеризующих этапы формирования компетенций**

**1.1. Контрольные задания и иные материалы,
используемые в процессе текущей аттестации**

**Задание для самостоятельной работы № 1
Простой алгоритм распознавания номерных знаков**

Цель работы: получить практический опыт решения простой задачи технического зрения и опробовать синтез алгоритмов распознавания в среде MATLAB.

Содержание задания

1. Общие сведения

Необходимо реализовать алгоритм системы автоматического распознавания автомобильных номеров на изображениях. Задача состоит в определении положения символов, составляющих номер, и распознавании цифровой части номера (три основные цифры, без кода региона). Примерный алгоритм решения задачи приведен ниже:

1. Исправление контраста и освещённости.
2. Подавление шума.
3. Бинаризация и сегментация изображения.
4. Вычисление параметров найденных объектов.
5. Распознавание цифр номера и выделение их на изображении.
6. Вывод найденного номера.

Алгоритм должен быть реализован в виде функции, на вход которой передаётся имя файла с картинкой, на выход – массив цифр найденного номера. Если какая-то цифра не распознана, в соответствующем элементе массива передаётся –1. Можно распознавать не все цифры, но чем больше распознаётся – тем лучше. Кроме того, в функции должна визуализироваться обрабатываемая картинка и на ней цветной рамкой должна отмечаться каждая найденная цифра. Сигнатура функции должна быть следующей:

```
function digits = CarNumberRecognition(filename, flag)
% Входные параметры
% filename – путь к изображению
% flag – если этот параметр равен 1, то визуализировать картинку
% с найденными цифрами, в противном случае ничего
% не визуализировать
% Выходные параметры
% digits – массив цифр найденного номера
```

Сама функция должна располагаться в файле CarNumberRecognition.m.

Характеристики входных данных:

1. Изображения номеров являются полутоновыми и сделаны с небольшим запасом.

2. Цифры и буквы на номерных знаках размещены последовательно (в виде одной строки).

3. Отношение высоты к ширине видимых на изображении символов не обязательно совпадает с тем, которое задается ГОСТом. Отличия могут достигать 25%.

2. Написание MATLAB-кода

Рассмотрим более подробно основные шаги решения поставленной задачи.

1. Загрузить входное изображение с использованием следующей команды:
`inputim = double(imread('38.bmp'))`. Примеры изображений, с которыми придется работать приведены на рис. 1.



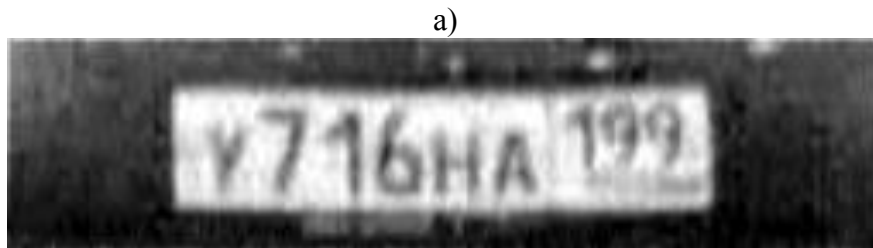
Рис. 1. Примеры тестовых изображений

2. Реализовать этап предобработки изображения (исправление контраста, подавление шума и т. д.). При выполнении данного и последующих этапов разрешается использовать стандартные функции MATLAB, например, из Image Processing Toolbox.

Пример изображения с улучшенным контрастом представлен на рис. 2б. Данное изображение получено с использованием стандартной функции пакета MATLAB `imadjust`, которая выполняет линейное растяжение гистограммы изображения. При отсутствии параметров функция осуществляет растяжение гистограммы так, чтобы минимальная и максимальная яркости пикселей были 0 и 255, соответственно. Необходимо отметить, что подобный способ коррекции контраста не является единственным. Возможные варианты можно также найти в соответствующей научно-технической литературе.

Пример изображения, полученного из картинки на рис. 2б с подавленным шумом представлен на рис. 3б. Данное изображение получено с использованием стандартной функции пакета MATLAB `medfilt2`, которая выполняет медианную фильтрацию изображения.





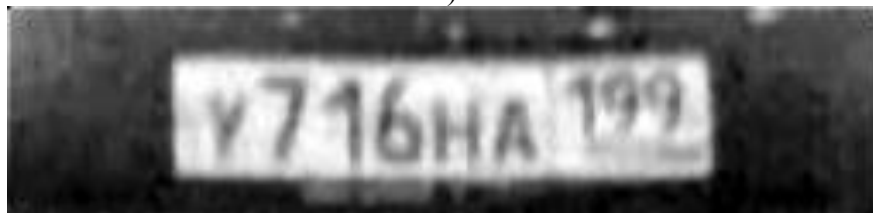
б)

Рис. 2. а) Изображение до обработки; б) изображение после обработки

Замечание. Для удобства дальнейшей обработки картинку рекомендуется автоматически обрезать с использованием метода проекций.



а)



б)

Рис. 3. а) Изображение до обработки; б) изображение после обработки

3. Осуществить бинаризацию изображения полученного на предыдущем этапе. Выполнить данную операцию в MATLAB можно с использованием, например, функции `graythresh`, позволяющей найти порог бинаризации методом Оцу и функции `im2bw`, которая позволяет получить бинарное изображение для данного входного и заданного порога бинаризации, рассчитанного, например, с использованием функции `graythresh`. Более простой вариант, подобрать порог бинаризации вручную и использовать следующую команду:

```
BW = adjustimage < 160;
```

Здесь 160 – это подобранное пороговое значение, `adjustimage` – входное полутоновое изображение, `BW` – выходное бинарное изображение со значениями от 0 до 1. Пример обработки представлен на рис. 4.

Замечание. Для дополнительной обработки бинарного изображения можно использовать морфологические операции наращивания, эрозии, замыкания, размыкания, реализованные в MATLAB с использованием функций `imdilate`, `imerode`, `imclose`, `imopen`, соответственно. Форма структурирующего элемента может быть задана с использованием функции `strel`.



а)



б)

Рис. 4. а) Изображение до обработки; б) изображение после обработки

4. Выполнить сегментацию объектов на полученном бинарном изображении. Последнюю можно осуществить с использованием алгоритма маркировки связанных компонент. Для выполнения указанной операции можно воспользоваться встроенной в MATLAB функцией `bwlabel`. Результат работы функции `bwlabel` представлен на рис. 5. Изображение на рис. 5а морфологической обработке не подвергалось!



а)



б)

Рис. 5. а) Изображение до обработки; б) изображение после использования алгоритма маркировки связанных компонент

5. Воспользоваться встроенной в MATLAB функцией `regionprops` для вычисления параметров (свойств или дескрипторов), найденных выше связанных компонент. В данном случае может понадобиться вычисление свойств «площадь», «описывающий прямоугольник» или каких-то других свойств, необходимых для построения эмпирически полученных ограничений на то, какие связанные компоненты являются цифрами центральной части номерной пластины, а какие нет. В рассмотренном на рис. 5 случае этими компонентами являются области расположения цифр «7», «1», «6». Именно их и требуется найти по заданию, а затем распознать. Самый простой критерий для решения данной задачи состоит в использовании эмпирики об отношении наибольшей стороны описывающего связную компоненту прямоугольника к его наименьшей стороне. Можно придумать что-то другое!

6. После нахождения связанных компонент, отвечающих предположительно за символы, нужно решить операцию распознавания символов. Для выполнения данной задачи можно использовать следующую последовательность действий. Во-первых, создать базу данных эталонных символов. В настоящем задании база данных (рис. 6) приведена в качестве вспомогательных данных и создавать самостоятельно ее не нужно!



Рис. 6. Эталонные изображения символов цифр номерного знака

Во-вторых, с использованием функции `imresize` требуется привести размер по строкам и по столбцам для детектированных символов к размеру эталонных. Размер всех эталонов по умолчанию 200 на 200 пикселей.

Замечание. Полученные после операции ресайзинга символы в общем случае будут представлять полутоновые изображения, которые требуют повторной бинаризации (см. выше). Пример изменения размера символов и их повторной бинаризации представлен на рис. 7.

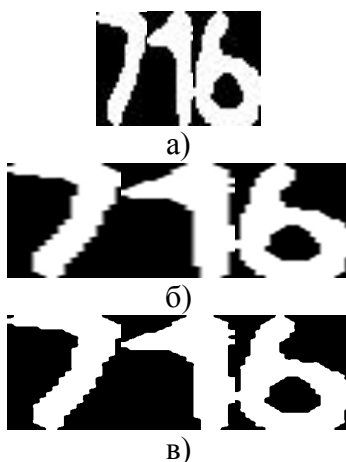


Рис. 7. а) Символы до изменения размера; б) символы после изменения размера с использованием функции `imresize` и настройкой параметра 'Method' как 'bicubic' (бикубическая интерполяция); в) символы после изменения размера с использованием функции `imresize`, настройкой параметра 'Method' как 'bicubic' (бикубическая интерполяция) и повторной бинаризации

В-третьих, после выполнения вышеозначенных действий, можно воспользоваться встроенной функцией `corr2` пакета MATLAB для вычисления коэффициента корреляции между одним из изображений символов (рис. 7в) и каждым эталонным изображением (рис. 6). Результатом сравнения являются десять значений, из которых нужно выбрать максимальное. Наибольшее значение коэффициента корреляции указывает на наибольшую похожесть между двумя сравниваемыми изображениями символов. Указанную выше операцию сравнения нужно выполнить для всех фрагментов детектированных символов.

Замечание. Если максимальное абсолютное значение коэффициента корреляции, полученное в процессе десяти сравнений детектированного фрагмента символа с эталонами, является крайне низким, скажем, меньше 0,55, то, вероятно, символ можно считать не распознанным и на выход функции `CarNumberRecognition` в одну из ячеек параметра `digits` нужно передавать -1.

7. После выполнения вышеуказанных действий необходимо вывести результат обработки либо в командную строку MATLAB в виде текста (для рассмотренного выше случая текст в идеале выглядит следующим образом: «716»), либо, по необходимости, визуализировать полученный результат так, как представлено на рис. 8.

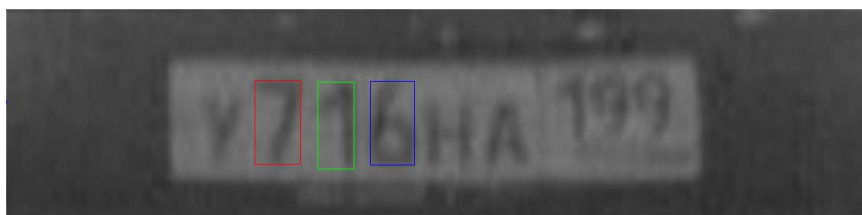


Рис. 8. Итоговый результат обработки тестового изображения

Для рисования прямоугольников можно воспользоваться встроенной в MATLAB функцией `rectangle`, в которой нужно указать параметры описывающего связную компоненту прямоугольника. Эти параметры были найдены выше с использованием функции `regionprops`.

Замечание. При выполнении задания исходное множество фрагментов пятидесяти номерных знаков необходимо разделить на два: обучающее множество (с именами файлов от 1.bmp до 35.bmp) и тестовое множество (с именами файлов от 36.bmp до 50.bmp). С использованием обучающего множества фрагментов необходимо настроить внутренние параметры вашего алгоритма распознавания, а с использованием тестового – проверить правильность работы алгоритма.

8. Итогом данного практического задания является функция `CarNumberRecognition` (сигнатура которой была описана выше) сохраненная в файл `CarNumberRecognition.m`. Дополнительно к Отчёту по работе необходимо приложить текстовый файл с кратким описанием того, какие операции в работе были полезными для реализации отдельных этапов распознавания, а какие нет.

Задание для самостоятельной работы № 2

Сегментация цифровых RGB-изображений с использованием метода К-средних

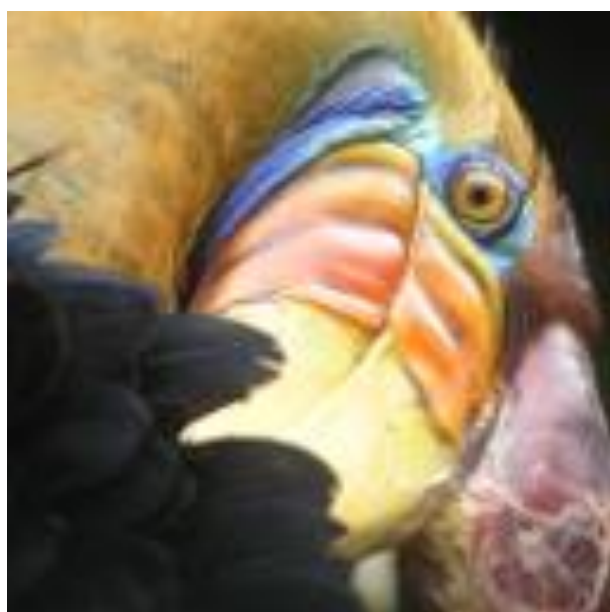
Цель работы: получить практику реализации алгоритмов сегментации цифровых изображений в среде MATLAB.

Содержание задания

1. Общие сведения

Настоящее задание посвящено использованию алгоритма К-средних в задаче сегментации цифровых RGB-изображений. Пример сегментации изображения с использованием алгоритма К-средних представлен на рис. 1б.

Для простоты решения задачи разобьем ее на несколько этапов, которые последовательно перечислены ниже. Преодоление всех означенных ниже шагов позволит достичь общего успеха при решении рассматриваемой задачи.



а)



б)

Рис. 1. а) Исходное RGB-изображение с разрешением 128x128 пикселей; б) отсегментированное RGB-изображения с использованием алгоритма К-средних

2. Реализация алгоритма К-средних

Алгоритм К-средних представляет метод для автоматического объединения множества подобных данных в группы. Метод К-средних представляет итерационную процедуру, которая начинается со случайного определения начальных значений средних, а затем сопровождается итерационным назначением примеров ближайшим средним и пересчетом этих средних с учетом объединения данных в группы.

Реализация алгоритма К-средних в MATLAB может выглядеть следующим образом:

```
% Начальная инициализация средних
centroids = kMeansInitCentroids(X, K);

for iter = 1:iterations
% Шаг 1. Связать каждую точку из обучающего множества
% данных X с ближайшим средним. Ниже idx(i)
% соответствует индексу среднего, который назначается
% примеру i из множества X
idx = findClosestCentroids(X, centroids);

% Шаг 2. Пересчитать значения средних с учетом
% предыдущего шага
centroids = computeMeans(X, idx, K);
end
```

В цикле, представленном выше, алгоритм `iterations` раз выполняет два шага. На первом шаге, с использованием функции `findClosestCentroids`, осуществляется назначение примеров из обучающего множества данных ближайшим средним. На втором шаге, с использованием функции `computeMeans`, выполняется пересчет средних с учетом объединения данных из обучающего множества в группы. Необходимо отметить, что итоговое решение, полученное на основе алгоритма К-средних, не всегда является идеальным и зависит от начального задания средних. Поэтому на практике алгоритм К-средних запускают обычно несколько раз с различными начальными условиями. При этом возможный подход к выбору наилучшего решения может состоять в поиске решения с наименьшим значением стоимостной функции. Ниже кратко излагается реализация двух основных этапов алгоритма К-средних.

3. Поиск ближайших средних

На данном шаге алгоритм К-средних связывает каждый пример из обучающего множества данных с ближайшим средним для текущих позиций этих средних. Для определения расстояния от каждого примера из обучающего множества до каждого среднего предлагается использовать евклидово расстояние. При этом пример связывается с тем средним, евклидово расстояние до которого является наименьшим.

Программный код, реализующий действия выше, должен заключаться внутри функции `findClosestCentroids`. Функция `findClosestCentroids` принимает на вход матрицу данных `X` и текущие позиции всех средних `centroids`. Выходом данной функции является одномерный массив `idx`, который содержит индекс ближайшего среднего (из множества $\{1, \dots, K\}$, где K – общее число средних) для каждого обучающего примера.

4. Вычисление средних

На данном шаге алгоритм K-средних выполняет пересчет средних с учетом объединения данных в группы. Для пересчета средних используется формула для вычисления математического ожидания по выборке, применяемая по отдельности к каждой размерности обучающих данных, объединенных в группы.

Программный код, реализующий действия выше, должен заключаться внутри функции `computeMeans`. Функция `computeMeans` принимает на вход матрицу данных `X`, одномерный массив `idx`, который содержит индекс ближайшего среднего (из множества $\{1, \dots, K\}$, где K – общее число средних) для каждого обучающего примера и число средних (кластеров) K . Выходом данной функции является массив `centroids`, который содержит координаты рассчитанных средних.

5. Случайная инициализация

На практике хорошей стратегией для инициализации средних является случайных выбор примеров из обучающего множества, которые и становятся этими средними. В настоящем задании для реализации функции `kMeansInitCentroids` можно использовать следующий программный код:

```
% Случайная инициализация средних с  
% использованием примеров выбранных случайно  
% из обучающей выборки  
  
% Случайное переупорядочение индексов примеров  
randidx = randperm(size(X, 1));  
  
% Выбор первых K примеров в качестве средних  
centroids = X(randidx(1:K), :);
```

Функция `kMeansInitCentroids` принимает на вход матрицу данных `X` и число средних (кластеров) K . Выходом данной функции является массив `centroids`, который содержит координаты средних, выбранных случайным образом из примеров в обучающем множестве данных.

6. Сегментация изображений с использованием алгоритма K-средних

Для выполнения задания необходимо первоначально загрузить изображение, используя следующий код:

```
% Загрузка 128x128 RGB-изображение  
% (birdsmall.png)  
A = double(imread('bird_small.png'))/255;
```

Используя команду `reshape` можно сформировать матрицу данных `X` на основе изображения `A`. Для выполнения этой операции можно воспользоваться следующим кодом:

```
% Определение размера изображения  
img_size = size(A);  
  
% Преобразовать RGB-изображение в матрицу данных
```



```
% X размера Nx3. Здесь N – это число пикселей
% в изображении. Каждая строка в матрице X
% содержит яркость пикселя по R, G и B каналам
X = reshape(A, img_size(1) * img_size(2), 3);
```

Для обработки матрицы X можно использовать заготовку кода, представленную в пункте 2 выше. При этом необходимо задать число кластеров K и число итераций алгоритма *iterations*. Для определенности число кластеров может быть выбрано равным 16, а число итераций – 10.

После нахождения векторов *centroids* и *idx* необходимо сформировать отсегментированное изображение. Для этого требуется построить матрицу данных *X_segmented*, которая является аналогом матрицы X, но при этом содержит информацию о полученных сегментах. А затем преобразовать *X_segmented*, используя команду *reshape* в итоговое отсегментированное изображение. Программный код, реализующий действия выше, выглядит следующим образом:

```
% Восстановление изображения из индексов idx
% путем отображения каждого индекса в значение
% соответствующего среднего
X_segmented = centroids(idx,:);

% Формирование матрицы B отсегментированного изображения
B = reshape(X_segmented, img_size(1), img_size(2), 3);
```

7. Написание файла сценария *main*

Итоговым результатом работы должен быть файл сценарий *main.m*, демонстрирующий работу вашего алгоритма и вызывающий функции *kMeansInitCentroids*, *findClosestCentroids*, *computeMeans*. В заключении необходимо отметить, что с ростом размера изображения, время, затрачиваемое на выполнение алгоритма, будет увеличиваться. Поэтому, при необходимости, разрешение изображений, используемых для тестирования, может быть уменьшено.

1.2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Оценка за Отчёт о лабораторной работе выставляется по следующему критерию:

- содержание Отчёта полностью соответствует требованиям содержания работы;
- правильность расчёта составляющих погрешностей и суммарной погрешности в соответствии с видом измерения и типовой методикой обработки результатов;
- представление результатов измерений соответствует требованиям типовых методик обработки результатов.

Правильное оформление Отчёта с 1 и 2 попытки соответствует оценке «отлично», с 3 и 4 – оценке «хорошо», с 5 – 7 – оценке «удовлетворительно», в остальных случаях – «неудовлетворительно».

Оценка собеседования по теоретической части выставляется в соответствии со следующими критериями:

Критерий оценивания	Оценка удовлетворительно	Оценка хорошо	Оценка отлично
Полнота ответа на вопросы	– один из вопросов раскрыт полностью, остальные вопросы раскрыты поверхностно; – один из вопросов раскрыт поверхностно, по остальным вопросам раскрыта основная суть	– один из вопросов раскрыт поверхностно, остальные вопросы раскрыты полностью; – по всем вопросам раскрыта основная суть, упущены незначительные детали	все вопросы раскрыты полностью,
Правильность ответов на вопросы билета	Ответы на вопросы не содержат существенных ошибок, есть ошибки в деталях, которые остаются непонятны студенту по результатам уточняющих вопросов	ответы на вопросы не содержат ошибок или ошибки исправлены по результатам уточняющих вопросов только частично	ответы на вопросы не содержат ошибок

Список вопросов для зачёта:

1. Что такое техническое (компьютерное) зрение?
2. Цель технического зрения. Информация, извлекаемая из цифровых изображений.
3. Сложности, возникающие при построении систем технического зрения.
4. Техническое зрение в современной трактовке. Примеры практических задач, решаемых в области технического зрения.
5. Что такое бинарное изображение?
6. Задачи, в которых используются бинарные изображения.
7. Пороговая бинаризация полутоновых изображений. Метод Оцу.
8. Морфологическая обработка бинарных и полутоновых изображений (дилатация, эрозия, замыкание, размыкание).
9. Маркировка связных компонент.
10. Признаки, используемые для описания областей, найденных на изображении.
11. Что такое распознавание образов?
12. Как анализировать признаки (ручной подбор, графический анализ, машинное обучение)?
13. Общие сведения о распознавании номерных знаков.
14. Что такое сегментация?
15. Автоматическая и интерактивная сегментация.
16. Примеры использования сегментации в практических задачах.
17. Алгоритмы автоматической сегментации.
18. Сегментация через поиск однородностей внутри областей.
19. Сегментация, основанная на различных методах кластеризации (алгоритм К-средних, алгоритм сдвига среднего, алгоритм графового разбиения Ши).
20. Алгоритмы сегментации, основанные на разрастании областей, слиянии и разделении областей.

21. Сегментация через поиск неоднородностей на границах изображения.
22. Детекторы границ (детектор Кэнни, детектор линейных сегментов, детектор, основанный на использовании обученных словарей).
23. Преобразование Хафа.
24. Преобразование Радона.
25. Алгоритмы интерактивной сегментации.
26. Алгоритмы «волшебная палочка» и «умные ножницы».
27. Алгоритм разреза графа (GraphCuts).
28. Матирование изображений. Алгоритм ChromaKeying.
29. Что такое машинное обучение?
30. Примеры задач, решаемых с использованием методов машинного обучения.
31. Обучение с учителем (регрессия и классификация) и обучение без учителя (кластеризация и понижение размерности данных).
32. Линейная регрессия с одной и множеством переменных.
33. Алгоритм градиентного спуска.
34. Логистическая регрессия.
35. Бинарная и многоклассовая классификация.
36. Линейная и нелинейная классификация.
37. Биологические и искусственные нейронные сети.
38. Искусственные нейронные сети прямого распространения. Архитектуры искусственных нейронных сетей.
39. Обучение искусственных нейронных сетей (алгоритм обратного распространения ошибки).
40. Классификация объектов на цифровых изображениях с использованием искусственных нейронных сетей. Построение автономного наземного транспортного средства с использованием искусственной нейронной сети (проект ALVINN).
41. Отладка алгоритмов машинного обучения.
42. Машинное обучение в задаче оптического распознавания символов (детектирование текста, сегментация символов, классификация символов).
43. Формирование большого количества данных для решения задачи машинного обучения.
44. Анализ производительности конвейерной системы.
45. Признаки, используемые для детектирования и распознавания объектов на цифровых изображениях.
46. Детектирование объектов в скользящем окне.
47. Алгоритм Виола / Джонса для детектирования лиц на цифровых изображениях.
48. Примеры алгоритмов детектирования дорожных и номерных знаков на цифровых изображениях.
49. Общая идея анализа главных компонент. Сокращение размерности данных.
50. Распознавание лиц на основе анализа главных компонент. Собственные лица. Классификация по методу ближайшего соседа.
51. Построение моделей фона и выделение переднего плана.
52. Выделение и классификация движущихся объектов.
53. Алгоритмы слежения за объектами.
54. Модель формирования изображений на основе перспективной проекции.
55. Определение глубины с использованием стереоскопической системы.
56. Стереοизображения. Поиск соответствий. Эпиполярная геометрия. Диспаратет. Карта глубины.
57. Проблемы, возникающие при использовании стереоскопической системы, и возможные варианты их решения.
58. Формирование структуры из движения.
59. Что такое робот и автономный мобильный робот?

60. Примеры роботизированных платформ.
61. Задачи восприятия, локализации, познания и управления движением автономного мобильного робота.
62. Управление автономным мобильным роботом с использованием цветowych меток и системы технического зрения.

Правила выставления оценки на зачёте.

Оценка на зачёте формируется из результатов текущей аттестации и оценивания ответов на вопросы билета. Результирующая оценка вычисляется в виде взвешенной суммы оценок. Вес оценок текущей аттестации и ответа на билет имеет следующие значения:

- оценка тестов текущего контроля – 0,1;
- оценка выполнения домашней контрольной работы – 0,15;
- оценка выполнения лабораторных работ – 0,15;
- оценка ответа на билет – 0,6.

В билет включается два вопроса. На подготовку к ответу дается не менее 1 часа.

По итогам ответа на билет выставляется одна из оценок: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Оценивание ответа на вопросы билета проводится по следующим критериям:

Критерий оценивания	Оценка удовлетворительно	Оценка хорошо	Оценка отлично
Полнота ответа на вопросы билета	– один из вопросов раскрыт полностью, второй вопрос не раскрыт – по обоим вопросам раскрыта основная суть без изложения деталей	– один из вопросов раскрыт полностью, по второму вопросу раскрыта основная суть без деталей. – по обоим вопросам раскрыта основная суть, упущены незначительные детали	Оба вопроса раскрыты полностью,
Правильность ответов на вопросы билета	Ответы на вопросы не содержат существенных ошибок, есть ошибки в деталях, которые остаются непонятны студенту по результатам уточняющих вопросов	ответы на вопросы не содержат ошибок или ошибки исправлены по результатам уточняющих вопросов только частично	ответы на вопросы не содержат ошибок или небольшое количество ошибок исправлены по результатам уточняющих вопросов

Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины «Системы технического зрения»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Одной из основных форм усвоения учебного материала по дисциплине «Системы технического зрения» является самостоятельная работа студента, причём в достаточно большом объёме. По всем темам предусмотрены задания самостоятельной работы, на которых происходит закрепление изученного материала и отработка навыков анализа и синтеза систем технического зрения.

Освоить вопросы дисциплины «Системы технического зрения» самостоятельно студенту достаточно сложно. Посещение всех предусмотренных практических и лабораторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных самостоятельных занятий в течение семестра сдать зачёт практически невозможно.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

а) Для самостоятельной работы рекомендуется использовать учебную литературу, указанную в разделе № 8 данной рабочей программы.

б) Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» (www.biblioclub.ru) – электронная библиотека, обеспечивающая доступ к наиболее востребованным материалам-первоисточникам, учебной, научной и художественной литературе ведущих издательств (регистрация в электронной библиотеке – только в сети университета. После регистрации работа с системой возможна с любой точки доступа в сети Интернет).

в) Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru/library>).

Целью создания информационной системы «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (ИС «Единое окно») является обеспечение свободного доступа к интегральному каталогу образовательных Интернет-ресурсов и к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования.

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» создана по заказу Федерального агентства по образованию в 2005–2008 гг. Главной разработчик проекта – Федеральное государственное автономное учреждение Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций (ФГАУ ГНИИ ИТТ «Информика») www.informika.ru.

ИС «Единое окно» объединяет в единое информационное пространство электронные ресурсы свободного доступа для всех уровней образования в России.