

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
«Цифровая обработка изображений»

Направление подготовки
11.03.01 Радиотехника

Направленность (профиль)
«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

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Цифровая обработка изображений» является подготовка студентов по теоретическим вопросам синтеза современных систем цифровой обработки изображений.

В процессе преподавания дисциплины решаются следующие задачи:

- изучение теории и методов цифровой обработки изображений;
- изучение вопросов формирования цифровых изображений;
- изучение теории улучшения и восстановления изображений;
- формирование знаний в области оценки качества цифровых изображений;
- формирование знаний в области обработки цветных изображений;
- изучение теории сжатия цифровых изображений.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина относится к части Блока 1, формируемой участниками образовательных отношений.

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». Формируемые навыки в ходе освоения курса «Цифровая обработка изображений» на этапах дальнейшего обучения могут являться средством выполнения научных работ. Следует отметить динамику постоянного совершенствования систем цифровой обработки изображений, что требует от процесса преподавания постоянной доработки и переработки некоторых разделов.

В свою очередь данный курс, помимо самостоятельного значения, является вспомогательной дисциплиной для ряда других дисциплин, связанных с вопросами обработки изображений: «Основы теории сжатия информации», «Системы технического зрения».

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, ОП 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-1 Способен осуществлять сбор и обработку исходных данных для решения поставленных профессиональных задач в области радиотехники, осуществлять поиск, анализ и выбор методов их решения	ИД_ПК-1.1 Осуществляет сбор и обработку исходных данных для решения поставленных профессиональных задач	знает: – современную методологию анализа / синтеза двумерных цифровых фильтров в пространственной и частотной областях; умеет: – проводить анализ различных алгоритмов обработки изображений в пространственной и частотной областях
	ИД_ПК-1.2 Проводит анализ и обоснованный выбор методов решения профессиональных	знает: – основы теории многомерной цифровой обработки сигналов; – основные методы кодирования изображений с потерями и без потерь умеет:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
Профессиональные компетенции		
	задач в области радиотехники	<p>– составлять математические модели двумерных цифровых фильтров как элементов систем цифровой обработки изображений;</p> <p>– интерпретировать основные результаты, полученные при решении задач улучшения, восстановления и сжатия цифровых изображений;</p> <p>владеет:</p> <p>– навыками построения, анализа и компьютерного моделирования систем цифровой обработки изображений (двумерных цифровых фильтров, алгоритмов сжатия цифровых изображений и т. п.), рассматриваемых в области радиотехники..</p>

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 акад. часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации
			Контактная работа					Самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	Введение и обзор материала курса	7	2					2	Тестирование
2	Формирование изображений. Камера и ее основные характеристики	7	3			0,5		2	Тестирование
3	Цифровая обработка изображений в среде MATLAB	7	3			0,5		2	Тестирование
4	Фильтрация и улучшение изображений	7	3		9	0,5		3	Тестирование, задание для самостоятельной работы
5	Оценка качества цифровых изображений	7	2			0,5		3	Тестирование
6	Цвет и обработка цветных изображений	7	2		8	0,5		3	Тестирование, задание для самостоятельной работы

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации
			Контактная работа					Самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
7	Сжатие изображений. Стандарт JPEG	7	2			0,5		3	Тестирование
	Промежуточная аттестация						0,3		Зачет
	ИТОГО		17		17	3	0,3	34,7	

Содержание разделов дисциплины:

Тема № 1

Введение и обзор материала курса

Что такое цифровая обработка изображений? Формирование изображений. Цифровое изображение (дискретизация и квантование). Человеческое визуальное восприятие. Цветные изображения и восприятие цвета человеком. Примеры задач, рассматриваемых в области цифровой обработки изображений (изменение размера изображения, интерполяция шаблонов Байера, деформация изображения, фильтрация изображений в пространственной и частотной областях, оценка качества, сжатие изображений). Цифровая обработка изображений для решения задач среднеуровневого и высокоуровневого зрения. Вычислительная фотография.

Тема № 2

Формирование изображений. Камера и ее основные характеристики

Модель формирования изображения. Типы изображений. Камера-обскура. Апертура, линза, фокусировка, глубина резкости, трансфокация (Zoom), поле зрения. Цифровая камера (ПЗС и КМОП-матрицы). Цветные камеры (дихроидные призмы, мозаики фильтров, сменные светофильтры и X3). Проблемы формирования цифровых изображений. Человеческий глаз и камера.

Тема № 3

Цифровая обработка изображений в среде MATLAB

Цифровое изображение в MATLAB. Среда MATLAB. Преимущества и особенности. Эффективный код в среде MATLAB. Примеры MATLAB-функций. Профилирование и отладка. Матрицы в MATLAB. Работа с помощью и m-файлы. Инструкции управления в MATLAB. Работа с функциями в MATLAB. Работа с изображениями в MATLAB. Seam Carving Algorithm – алгоритм «контурного вырезания по шву».

Тема № 4

Фильтрация и улучшение изображений

Обработка изображений. Улучшение и восстановление изображений. Цифровое изображение как функция. Почему изображение может получиться плохо? Тоновое распределение и градационные преобразования. Фильтрация изображений. Виды шумов. Маска и веса. Кросс-корреляция (взаимная корреляция) и свертка. Нелинейная фильтрация (медианный фильтр, билатеральная фильтрация, нелокальные средние). Детали реализации кросс-корреляции и свертки.

Преобразование Фурье. Базисные функции преобразования Фурье. Дискретное преобразование Фурье и его обращение. Преобразование Фурье в MATLAB. Информативность фазы и амплитуды. Теорема о свертке и фильтрация в частотной области.

Тема № 5

Оценка качества цифровых изображений

Как измерить похожесть двух изображений? Метрики близости. Субъективные критерии оценки качества. Объективные критерии оценки качества. Среднеквадратическая ошибка (СКО) и пиковое отношение сигнала к шуму (ПОСШ). Достоинства и недостатки СКО и ПОСШ. Универсальный индекс качества (УИК) и коэффициент структурного подобия (КСП).

Тема № 6

Цвет и обработка цветных изображений

Цветные изображения. Что такое цвет? Дисперсия света. Шкала электромагнитных волн. Восприятие освещенных объектов. Чувствительность фоторецепторных клеток человеческого глаза. Трихроматическая теория. Первые цветные изображения и цветные камеры. Плотность палочек и колбочек на сетчатке глаза человека. Цветовые системы (RGB, CMY, CMYK, YIQ, YUV). Человеческое восприятие (постоянство освещенности, хроматическая адаптация, баланс белого). Примеры задач, связанных с обработкой цветных изображений (градационные преобразования, линейная и нелинейная фильтрация, детектирование лиц, сегментация методом К-средних). Построение простейшего алгоритма сжатия цветных изображений на основе метода К-средних.

Тема № 7

Сжатие изображений. Стандарт JPEG

Алгоритмы сжатия без потерь. Кодирование длин серий (RLE – Run Length Encoding). Групповое кодирование (LZW – Lempel, Ziv, Welch). Кодирование Хаффмана. Арифметическое кодирование.

Алгоритмы сжатия с потерями. Дискретное косинусное преобразование. Стандарт JPEG. Алгоритм Motion JPEG.

5. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и

организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция с элементами лекции-беседы – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

Консультации – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

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

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;
- Adobe Acrobat Reader.

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:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»
http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php.

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. 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. :прил.Электронная версия: <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20100706.pdf>
2. Приоров А. Л. Цифровая обработка изображений: учебное пособие для вузов. / А. Л. Приоров, А. Н. Ганин, В. В. Хрящев; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова - Ярославль: ЯрГУ, 2001. - 216 с. :прил.Электронная версия: <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20070709.pdf>

б) дополнительная литература

1. . Приоров А. Л. Медианная фильтрация: метод. указания. / А. П. Приоров, В. В. Хрящев; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та - Ярославль: ЯрГУ, 2006. - 54 с. :прил.Электронная версия: <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20060714.pdf>
2. Приоров А. Л. Обработка изображений линейными и усредняющими фильтрами: метод. указания. / А. П. Приоров, В. В. Хрящев; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та - Ярославль: ЯрГУ, 2006. - 49 с. :прил.Электронная версия: <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20060713.pdf>

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>).

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 занятий лекционного типа;
- 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.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, хранящиеся на электронных носителях и обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие рабочей программе дисциплины

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 лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий – списочному составу группы обучающихся.

Автор:

Доцент кафедры
цифровых технологий и
машинного обучения, к.т.н.

Хрящев В.В.

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Цифровая обработка изображений»**

**Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

Примерные варианты тестовых заданий

(проверка сформированности ПК-1, индикаторы ИД-ПК-1.1, ИД-ПК-1.2)

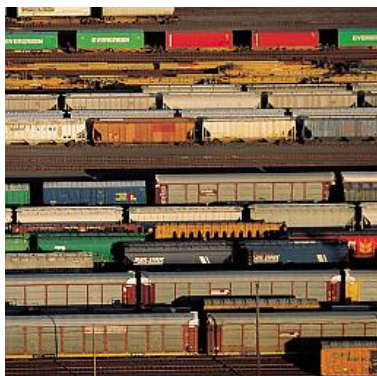
Какие из следующих сигналов являются цифровыми?

- а) Текстовые сообщения, полученные на мобильный телефон.
- б) Видео, полученное из интернет-источника.
- в) Аудиофайл, записанный на CD.
- г) Рисунок, нарисованный карандашом на листке бумаги.
- д) Рентгеновское изображение, сохраненное на пленку.

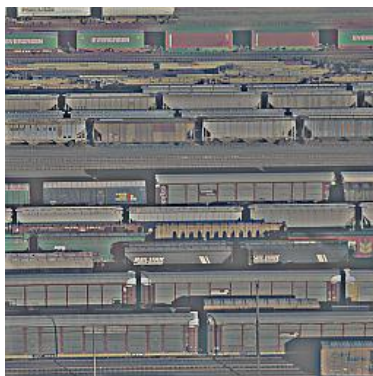
Допустим, что смартфон имеет 10 Мп ($1\text{Мп} = 10^6$ пикселей) камеру. Предполагая то, что сжатие изображения отсутствует, определить объем RGB-изображения (24 бит/пиксель), зафиксированного с использованием камеры смартфона

- а) 30 мегабайт.
- б) 10 мегабайт.
- в) 300 килобайт.
- г) Необходимо больше данных для ответа на вопрос!

В каком из следующих случаев исходное изображение было обработано двумерным ФНЧ?



Исходное изображение



а)



б)

Какое из следующих изображений в лекции называлось маркированным?



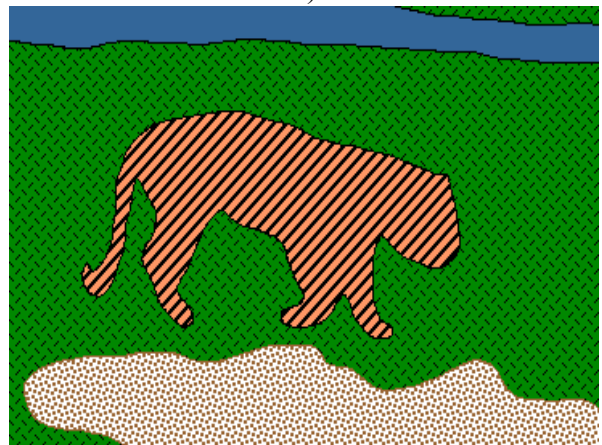
а)



б)



в)



г)

При использовании какого подхода для формирования цветных цифровых изображений требуется операция демозаикинга?

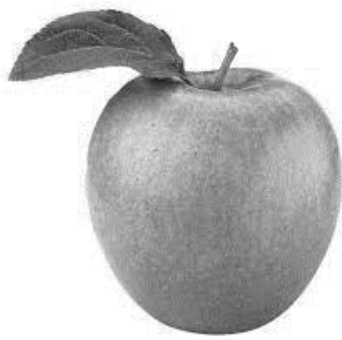
- а) Дихроидные призмы.
- б) Сменные светофильтры.
- в) КМОП-матрица Foveon's X3.
- г) Мозаики фильтров.

Какой из каналов яркости позволит извлечь из исходного изображения следующая строчка кода?

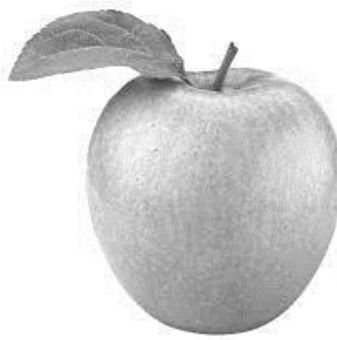
```
>> Ch = I(:, :, :);
```

- а) Только красный.
- б) Только зеленый.
- в) Только синий.
- г) Извлекутся все три.

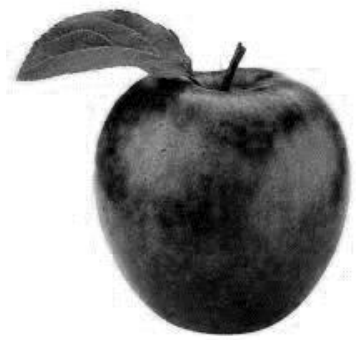
Даны три яркостных канала (R, G, B). Какой цвет имеет объект, представленный на изображении? Ответ необходимо выбирать из вариантов: красный, зеленый, синий, указав в ответе нужное слово.



R



G



B

Для какой цели изначально используется алгоритм Seam Carving?

- а) Изменение разрешения изображения с учетом контента картинки.
- б) Обрезка картинки.
- в) Классическая интерполяция и децимация.
- г) Сегментация изображения.

Чему будет равно значение выходного отсчета, если маска усредняющего (арифметически) фильтра расположена так, как представлено на рисунке ниже?

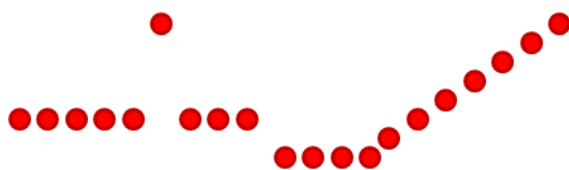
0	0	0	0	0	0
0	90	90	90	90	0
0	90	90	90	90	0
0	90	0	90	90	0
0	90	90	90	90	0
0	0	0	0	0	0

$1/9*$

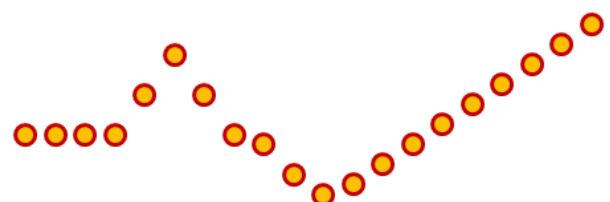
1	1	1
1	1	1
1	1	1

X	X	X	X	X	X
X	40	60	60	40	X
X	50	80	?	60	X
X	50	80	80	60	X
X	30	50	50	40	X
X	X	X	X	X	X

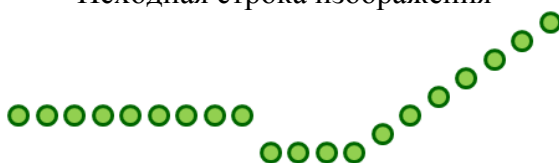
В каком из следующих случаев строка сигнала обработана медианным фильтром?



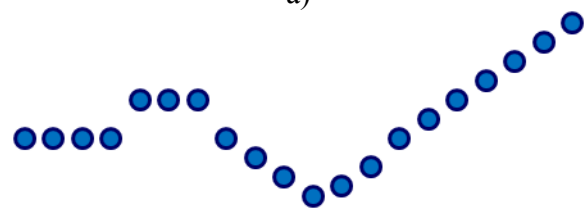
Исходная строка изображения



а)



б)



в)

Какие из следующих цветовых систем подразумевают разделение яркостной и цветовой составляющих изображения?

- а) RGB.

- б) YIQ.
- в) YUV.
- г) YCbCr.

Даны две матрицы квантования. При использовании какой из матриц, квантование коэффициентов будет наиболее сильным?

2	2	3	4	5	6	8	11
2	2	2	4	5	7	9	11
3	2	3	5	7	9	11	12
4	4	5	7	9	11	12	12
5	5	7	9	11	12	12	12
6	7	9	11	12	12	12	12
8	9	11	12	12	12	12	12
11	11	12	12	12	12	12	12

а)

3	3	7	13	15	15	15	15
3	4	7	13	14	12	12	12
7	7	13	14	12	12	12	12
13	13	14	12	12	12	12	12
15	14	12	12	12	12	12	12
15	12	12	12	12	12	12	12
15	12	12	12	12	12	12	12
15	12	12	12	12	12	12	12

б)

Примерные задания для самостоятельной работы

Задание № 1

Фильтрация изображений

Цель работы: получить практику обработки цифровых изображений в среде MATLAB.

Содержание задания

1. Общие сведения

1. Ознакомиться с общими сведениями обработки цифровых изображений в среде MATLAB (см. материалы лекции № 3).

2. Загрузить цифровое изображение с использованием следующей команды:

```
A = double(imread('путь до файла'))/255;
```

3. Выполнить основную часть задания в соответствии с указаниями приведенными ниже.

4. При выполнении задания запрещается использовать готовые функции Image Processing Toolbox пакета MATLAB.

2. Написание Matlab-кода

1. Написать MATLAB-функцию `my_rgb2gray` (сохраненную в файл `my_rgb2gray.m`), которая может быть вызвана следующей командой:

```
B = my_rgb2gray(A);
```

Функция должна обеспечивать преобразование RGB-изображения, представляющего собой матрицу размера $m \times n \times 3$ в полутоновое изображение, представляющее собой матрицу размера $m \times n$. Для выполнения этой операции можно воспользоваться следующей формулой:

$$\text{Яркость} = 0,59 \cdot \text{Зеленый} + 0,3 \cdot \text{Красный} + 0,11 \cdot \text{Синий}.$$

Пример результата работы программного кода приведен на рис. 1.

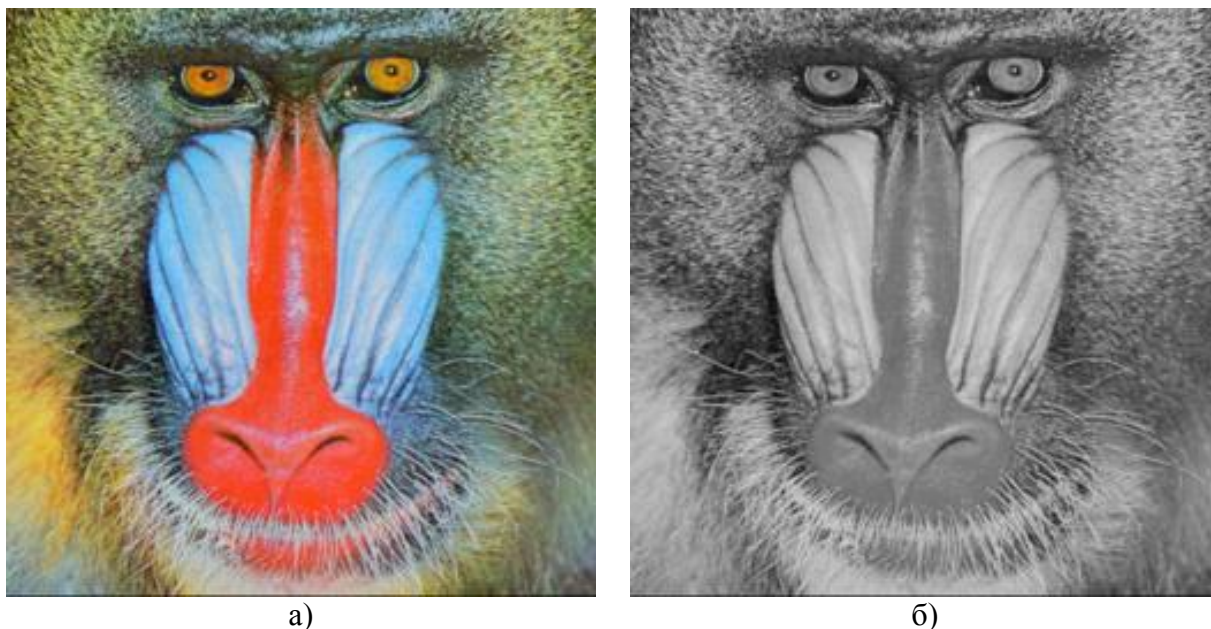
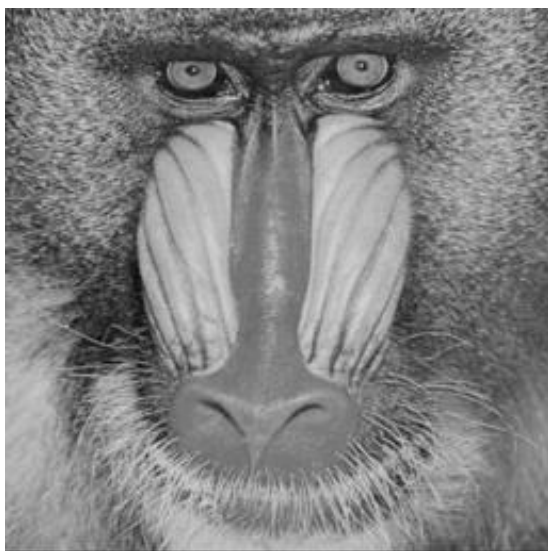


Рис. 1. а) Исходное RGB-изображение; б) полученное полутоновое изображение

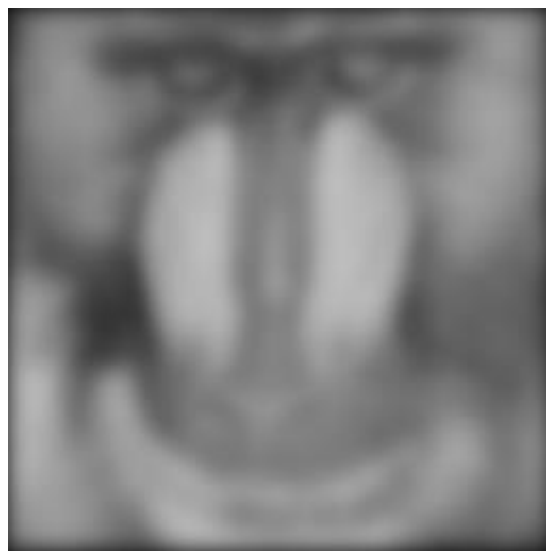
2. Написать Matlab-функцию `my_conv2` (сохраненную в файл `my_conv2.m`), которая может быть вызвана следующей командой:

`B = my_conv2(A, H);`

Функция должна обеспечивать выполнение операции свертки полутонового изображения A с импульсной характеристикой фильтра H . Матрица B должна иметь размер матрицы A , граничный эффект учитывать с использованием нулевого расширения, то есть дополнять границы изображения нулями при обработке пикселей на границе. Пример результата работы программного кода приведен на рис. 2.



а)



б)

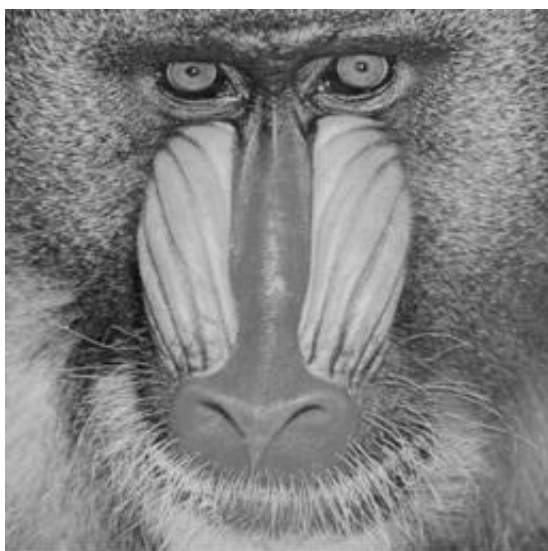
Рис. 2. а) Исходное полутоновое изображение; б) обработанное изображение

Использовать готовые MATLAB-функции `conv2` и `filter2`, выполняющие аналогичную операцию, запрещается. Вы можете осуществить сравнение работы вашего кода с работой этих функций с целью проверки. Реализовывать нужно не кросс-корреляцию, а именно свертку! Для тестирования функции `conv2`, импульсную характеристику фильтра H разрешается задать произвольно, например, как в лекционном материале.

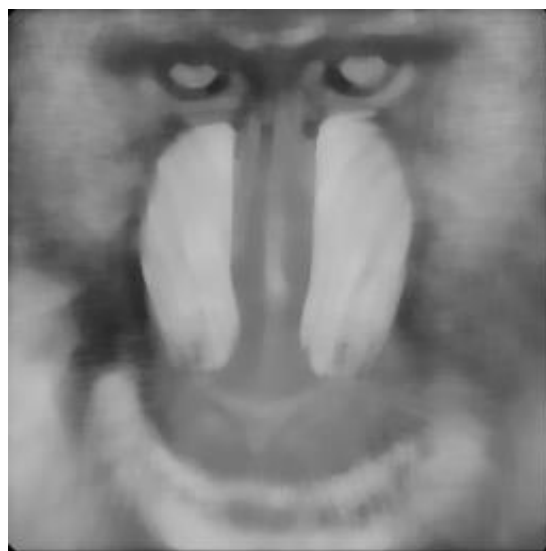
3. Написать Matlab-функцию `my_medfilt2` (сохраненную в файл `my_medfilt2.m`), которая может быть вызвана следующей командой:

```
B = my_medfilt2(A, k);
```

Функция должна обеспечивать выполнение медианной фильтрации полутонового изображения A с использованием маски медианного фильтра размера $k \times k$. Матрица B должна иметь размер матрицы A , граничный эффект учитывать с использованием нулевого расширения, то есть дополнять границы изображения нулями при обработке пикселей на границе. Пример результата работы программного кода приведен на рис. 3.



а)



б)

Рис. 3. а) Исходное полутоновое изображение; б) обработанное изображение

4. Написать Matlab-функцию `my_derivative` (сохраненную в файл `my_derivative.m`), которая может быть вызвана следующей командой:
`[DX,DY] = my_derivative(A);`

Функция должна обеспечивать вычисление производной цифрового изображения по горизонтали – D_x и вертикали – D_y , исходного изображения A . Матрицы D_x и D_y должны иметь размер матрицы A , граничный эффект учитывать с использованием нулевого расширения, то есть дополнять границы изображения нулями при обработке пикселей на границе. При выполнении данного задания используйте написанную вами функцию `my_conv2`. В качестве оператора производной рекомендуется использовать оператор Собеля. Пример результата работы программного кода приведен на рис. 4.

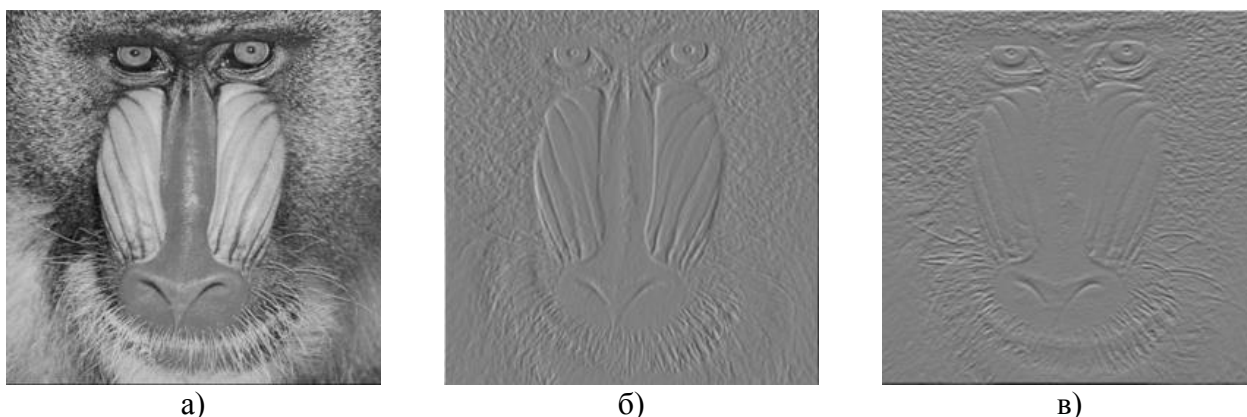


Рис. 4. а) Исходное полутоновое изображение; б) обработанное изображение – производная по горизонтали; в) обработанное изображение – производная по вертикали

5. Создать файл сценарий `main` (сохраненный в файл `main.m`), демонстрирующий работу ваших функций для одного из предлагаемых тестовых изображений.

Задание № 2

Цифровая хромотография изображений российской империи, полученных
С.М. Прокудиным-Горским

Цель работы: получить практику обработки цифровых изображений в среде MATLAB.

Содержание задания

1. Общие сведения

Сергей Михайлович Прокудин-Горский (1863 – 1944) – фотограф, химик (ученик Менделеева Д. И.), изобретатель, издатель, педагог и общественный деятель, член **Императорского Русского географического и Императорского Русского технического обществ**. Внёс значительный вклад в развитие фотографии и кинематографии. Пионер цветной фотографии в России, создатель «Коллекции достопримечательностей Российской Империи».

Прокудин-Горский использовал ранние технологии создания цветных изображений, которые позволяли сформировать три изображения снимаемой статической сцены на стеклянную пластинку с использованием трех (красного, зеленого и синего) светофильтров. В начале 20 века отсутствовали возможности печатать подобные фотографии, поэтому их просмотр осуществлялся с использованием специального проектора. В 1918 г. Прокудин-

Горский иммигрировал из России, а его стеклянные негативы впоследствии были перевезены за границу и приобретены Библиотекой Конгресса США в 1948 г. В настоящее время оцифрованную версию коллекции Прокудина-Горского можно найти на сайте Библиотекой Конгресса США (<http://www.loc.gov/exhibits/empire/gorskii.html>).

Целью данной работы является посторенние алгоритма автоматического формирования цветных изображений (с минимальным количеством визуальных артефактов насколько это возможно) из оцифрованных изображений Прокудина-Горского.

Для решения данной задачи необходимо извлечь, из приводимых для анализа изображений, изображение для красного, зеленого и синего каналов, разместить их друг над другом, выровнять и сформировать единое цветное RGB-изображение. Пример подобного рода изображения, а также полученная на основе его RGB-версия, представлены на рис. 1.



Рис. 1. Пример изображения подаваемого на вход реализуемого алгоритма (слева) и результат обработки (справа)

Обратите внимание, что порядок изображений в файлах сверху вниз (см., например, рис. 1 слева) является BGR, а не RGB! Некоторый начальный код приведен ниже.

```
% Загружаем входное изображение
fullim = double(imread('00153.jpg'));

% Вычисляем высоту изображения для R, G и B
% каналов (1/3 от высота исходного изображения
% fullim)
height = floor(size(fullim,1)/3);

% Разделяем исходное изображение fullim на три
% по одному для R, G и B каналов
B = fullim(1:height,:);
G = fullim(height+1:height*2,:);
R = fullim(height*2+1:height*3,:);

% Здесь должна быть вызвана написанная вами
% функции, условно названная align, которая
% позволяет совместить изображения по R, G и B
```

```

% каналам. Вероятно, для реализации функции align % вам
будут полезны следующие встроенные Matlab-
% функции: circshift, sum, imresize, normxcorr2
alignG = align(G,B);
alignR = align(R,B);

% Здесь по сформированным на этапе совмещения
% изображениям необходимо сформировать трехмерный % массив
данных (используйте функцию cat),
% отобразить его на экран (используйте функцию
% imshow) и сохранить его в файл (используйте
% функцию imwrite)
colorim = uint8(cut(3,alignR,alignG,B));
figure; imshow(colorim)
imwrite(colorim, 'imname.png');

```

2. Написание MATLAB-кода

Написанный программный код должен осуществлять разделение оцифрованного входного изображения Прокудина-Горского на три равные по размеру части для красного, зеленого и синего каналов, а также осуществлять совмещение двух каналов из трех, по отношению к третьему, с целью выравнивания изображений в трех каналах. Для решения этой задачи необходимо попробовать разные порядки согласования каналов и выяснить, какой из них работает лучше всего.

Самым простым способом решения задачи согласования каналов является написание алгоритма, позволяющего с использованием определенной метрики сравнить смещенные друг относительно друга копии изображений двух каналов. И затем, выбрав по определенной метрике из множества смещений наилучшее, совместить изображения каналов между собой. При этом с целью экономии вычислительных операций не нужно перебирать всевозможные смещения изображений, а ограничиться лишь только окрестностью возможных смещений скажем от -15 до 15 пикселей (влево, вправо и вверх, вниз).

Существует множество возможных метрик, с использованием которых можно сопоставить на сходство два изображения. Одной из наиболее простых, применительно к данной задаче, является **сумма квадратов разностей (СКР)** интенсивностей пикселей в двух различных каналах. Реализовать СКР в Matlab можно с использованием следующей команды:

```
SSD = sum(sum((image1-image2).^2));
```

Необходимо отметить, что сопоставляемые изображения не имеют одинаковую яркость соответствующих пикселей сцены, так как несут информацию о разных каналах (красном, зеленом и синем) полноцветного изображения. Поэтому для решения данной проблемы можно использовать метрику нормализованной кросс-корреляции, реализуемую в MATLAB с использованием функции `normxcorr2`. Другим возможным и более эффективным решением является выполнение первоначальной предобработки трех канальных изображений (для красного, зеленого и синего каналов) с использованием встроенной функции пакета MATLAB `edge`. Данная функция позволяет, например, с использованием детектора Кэнни выделить границы на канальных изображениях. Пример подобного выделения границ для канальных изображений (для красного, зеленого и синего каналов), приведенных на рис. 1 (слева), представлен на рис. 2. Листинг функции `edge`,

используемой для получения изображений на рис. 2 может иметь, например, следующий вид:

```
BW = edge(I, 'canny');
```



а) для красного канала



б) для зеленого канала



в) для синего канала

Рис. 2. Пример выделения границ на канальных изображениях с использованием детектора Кэнни

После выделения границ можно попытаться, например, с использованием СКР найти смещения одного канального изображения относительно другого, используя изображения границ канальных изображений, полученных с использованием функции `edge`.

Итоговым результатом вашей работы должен быть файл сценарий `main` (сохраненный в файл `main.m`), демонстрирующий работу вашего алгоритма, а также дополнительно написанные вами функции (например, `align`), вызываемые из файла сценария и позволяющие решить поставленную задачу.

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

Список вопросов к экзамену:

1. Что такое цифровая обработка изображений?
2. Формирование изображений.
3. Цифровое изображение (дискретизация и квантование).
4. Человеческое визуальное восприятие. Цветные изображения и восприятие цвета человеком.
5. Примеры задач, рассматриваемых в области цифровой обработки изображений (изменение размера изображения, интерполяция шаблонов Байера, деформация изображения, фильтрация изображений в пространственной и частотной областях, оценка качества, сжатие изображений).
6. Цифровая обработка изображений для решения задач среднеуровневого и высокоуровневого зрения.
7. Что такое вычислительная фотография?
8. Модель формирования изображения.
9. Типы изображений.
10. Камера-обскура.
11. Апертура, линза, фокусировка, глубина резкости, трансфокация (Zoom), поле зрения.
12. Цифровая камера (ПЗС и КМОП-матрицы). Цветные камеры (дихроидные призмы, мозаики фильтров, сменные светофильтры и X3).
13. Проблемы формирования цифровых изображений.
14. Человеческий глаз и камера.
15. Seam Carving Algorithm – алгоритм «контурного вырезания по шву».
16. Обработка изображений. Улучшение и восстановление изображений.

17. Цифровое изображение как функция.
18. Почему изображение может получиться плохо?
19. Тоновое распределение и градационные преобразования.
20. Фильтрация изображений.
21. Виды шумов.
22. Маска и веса. Кросс-корреляция (взаимная корреляция) и свертка.
23. Нелинейная фильтрация (медианный фильтр, билатеральная фильтрация, нелокальные средние).
24. Детали реализации кросс-корреляции и свертки.
25. Преобразование Фурье.
26. Базисные функции преобразования Фурье.
27. Дискретное преобразование Фурье и его обращение.
28. Информативность фазы и амплитуды.
29. Теорема о свертке и фильтрация в частотной области.
30. Как измерить похожесть двух изображений?
31. Метрики близости.
32. Субъективные критерии оценки качества.
33. Объективные критерии оценки качества.
34. Среднеквадратическая ошибка (СКО) и пиковое отношение сигнала к шуму (ПОСШ). Достоинства и недостатки СКО и ПОСШ.
35. Универсальный индекс качества (УИК) и коэффициент структурного подобия (КСП).
36. Цветные изображения.
37. Что такое цвет? Дисперсия света. Шкала электромагнитных волн. Восприятие освещенных объектов.
38. Чувствительность фоторецепторных клеток человеческого глаза. Трихроматическая теория.
39. Первые цветные изображения и цветные камеры.
40. Плотность палочек и колбочек на сетчатке глаза человека.
41. Цветовые системы (RGB, CMY, CMYK, YIQ, YUV).
42. Человеческое восприятие (постоянство освещенности, хроматическая адаптация, баланс белого).
43. Примеры задач, связанных с обработкой цветных изображений (градационные преобразования, линейная и нелинейная фильтрация, детектирование лиц, сегментация методом К-средних). Построение простейшего алгоритма сжатия цветных изображений на основе метода К-средних.
44. Алгоритмы сжатия без потерь.
45. Кодирование длин серий (RLE – Run Length Encoding).
46. Групповое кодирование (LZW – Lempel, Ziv, Welch).
47. Кодирование Хаффмана.
48. Арифметическое кодирование.
49. Алгоритмы сжатия с потерями.
50. Дискретное косинусное преобразование. Стандарт JPEG. Алгоритм Motion JPEG.

Критерии оценивания ответов на вопросы билета

Критерий	Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (на «хорошо»)	Высокий уровень (на «отлично»)
Соответствие ответа вопросу	Хотя бы частичное (<i>не относящееся к вопросу не подлежит проверке</i>)	Полное	Полное

Наличие примеров	Имеются отдельные примеры	Много примеров	Есть практически ко всем утверждениям
Содержание ответа	Понятийные вопросы изложены с классификациями, проблемные с постановкой проблемы и изложением различных точек зрения. Имеются ошибки или пробелы.	Ответ почти полный, без ошибок, не хватает отдельных элементов и тонкостей	Исчерпывающий полный ответ

Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Цифровая обработка изображений»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Одной из основных форм усвоения учебного материала по дисциплине «Цифровая обработка изображений» является самостоятельная работа студента, причем в достаточно большом объеме. По всем темам предусмотрены задания самостоятельной работы, на которых происходит закрепление изученного материала и отработка навыков анализа и синтеза систем цифровой обработки изображений.

Освоить вопросы дисциплины «Цифровая обработка изображений» самостоятельно студенту достаточно сложно. Посещение всех предусмотренных лекционных и практических занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных самостоятельных занятий в течение семестра сдать зачет практически невозможно.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

а) Для самостоятельной работы рекомендуется использовать учебную литературу, указанную в разделе № 7 данной рабочей программы.

б) 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.