

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
«Основы теории сжатия информации»**

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

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Основы теории сжатия информации» является подготовка студентов по теоретическим вопросам сжатия данных различного вида, включая звуковые сигналы, изображения и видеопоследовательности.

В процессе преподавания дисциплины решаются следующие задачи:

- ознакомление с общими вопросами, рассматриваемыми в теории сжатия;
- ознакомление с методами сжатия с потерей информации и без потери информации;
- формирование знаний в области сжатия одномерных сигналов, цифровых изображений и видео.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина является дисциплиной по выбору и относится к части Блока 1, формируемой участниками образовательных отношений.

Для освоения дисциплины требуется знание основ теории информации и теории кодирования сигналов как носителей информации, а также основ теории обработки многомерных сигналов, изучаемых в дисциплинах «Основы теории информации» и «Цифровая обработка изображений». Формируемые навыки в ходе освоения дисциплины «Основы теории сжатия информации» на этапах дальнейшего обучения могут использоваться при выполнении научной работы. Следует отметить динамику постоянного совершенствования систем сжатия информации, что требует от процесса преподавания постоянной доработки и переработки некоторых разделов.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные 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
Общепрофессиональные компетенции		
ПК-2 Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью модернизации существующих и (или) создания новых перспективных радиотехнических устройств и систем	ИД_ПК-2.1 Знает основные характеристики радиотехнических устройств и систем.	Знает: <ul style="list-style-type: none">– характеристики современных методов сжатия информации;– основные фундаментальные ограничения теории сжатия и их практическую значимость;– основные методы сжатия одномерных сигналов, цифровых изображений и видео.
	ИД_ПК-2.3 Проводит теоретические исследования радиотехнических устройств и систем.	Умеет: <ul style="list-style-type: none">– самостоятельно использовать основные теоретические принципы теории сжатия для обеспечения качественного представления информации;– при разработке радиотехнических систем и устройств осуществлять выбор методов сжатия информации

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
		с учетом набора ограничений фундаментальной, технологической, экономической и законодательной природы.
	ИД_ПК-2.4 Оформляет отчеты в соответствии предъявляемыми требованиями.	Владеет навыками: – получения количественных характеристик современных алгоритмов сжатия информации

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 акад. часа.

Дисциплина реализуется с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ), предоставляемых образовательной площадкой «Электронный университет Moodle ЯрГУ».

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную ра- боту студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего кон- троля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Введение и обзор матери- ала курса	7		3					
2	Статистические методы сжатия	7		6		1		2	Задание для самостоя- тельной работы
3	Словарные методы сжатия. Алгоритм LZW	7		6		1		2	Задание для самостоя- тельной работы
4	Алгоритмы сжатия цифро- вых изображений. Про- стейший алгоритм сжатия на основе метода К- средних	7		6		1		2	Задание для самостоя- тельной работы
5	Стандарт сжатия цифро- вых изображений JPEG	7		6		1		2	Задание для самостоя- тельной работы
6	Кодирование с предска- нием без потерь и с поте- рей информации	7		6				1	
7	Анализ главных компо- нент и вейвлет-преобразо- вание в задаче сжатия	7		6				2	Устный опрос
8	Сжатие видео (общие све- дения)	7		6				1	
9	Сжатие звука (общие све- дения)	7		6				2,7	Устный опрос

	Промежуточная аттестация						0,3		зачёт
	ИТОГО			51		4	0,3	16,7	

Содержание разделов дисциплины

Тема № 1

Введение и обзор материала курса

Понятие информации, сообщения, символа, сигнала, данных. Цифровой сигнал (хранение, обработка, передача). Кодирование источника и кодирование канала. Задача сжатия данных. Несущественная информация и избыточность. Кодер, декодер, кодек. Неадаптивное, адаптивное и полуадаптивное сжатие данных. Сжатие без потерь / с потерей информации. Коэффициент сжатия и фактор сжатия.

Тема № 2

Статистические методы сжатия

Информация одного события. Энтропия. Дискретный источник без памяти. Избыточность источника. Относительная избыточность. Понятие кодирования источника, кодера источника, кода источника, кодового слова, кодового дерева. Определение средней длины кодового слова, эффективности кода, избыточности кода. Теорема кодирования источника. Префиксные коды. Энтропийное кодирование. Кодирование Шеннона-Фано. Кодирование Хаффмана. Арифметическое кодирование. Кодирование и декодирование.

Тема № 3

Словарные методы сжатия. Алгоритм LZW

Что такое словарь? Алгоритмы LZ77, LZ78, LZW. Кодирование и декодирование в алгоритме LZW. Построение словаря (кодовой книги).

Тема № 4

Алгоритмы сжатия цифровых изображений. Простейший алгоритм сжатия на основе метода К-средних

Что такое цифровое изображение? Примеры алгоритмов сжатия цифровых изображений. Сжатие цифровых изображений на основе методов 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). Алгоритм К-средних. Простейший алгоритм сжатия цифровых изображений на основе метода К-средних. Оценка качества сжатых изображений (пиковое отношение сигнала к шуму – ПОСШ, универсальный индекс качества – УИК, коэффициент структурного подобия – КСП).

Тема № 5

Стандарт сжатия цифровых изображений JPEG

Задачи JPEG как стандарта. Режимы работы стандарта JPEG. Кодек JPEG. Простейшая форма последовательного режима стандарта JPEG с применением дискретного косинусного преобразования (JPEG Baseline). Артефакты блочности. Motion JPEG (MJPEG).

Тема № 6

Кодирование с предсказанием без потерь и с потерей информации

Кодирование с предсказанием без потерь и с потерей информации. Что такое квантование? Оптимальное квантование. L-уровневый квантователь Ллойда-Макса. Стандарт сжатия цифровых изображений JPEG-LS.

Тема № 7

Анализ главных компонент и вейвлет-преобразование в задаче сжатия

Что такое анализ главных компонент (общая идея, сокращение размерности данных)? Пример сжатия изображений лиц на основе анализа главных компонент (общая идея, собственные лица).

Что такое вейвлет-преобразование? Дискретное вейвлет-преобразование. Кратно-масштабный анализ. Быстрое вейвлет-преобразование. Алгоритм сжатия цифровых изображений SPIHT (кодирование и декодирование, прогрессивная передача, пространственно ориентированное дерево). Общие сведения о стандарте сжатия цифровых изображений JPEG2000.

Тема № 8

Сжатие видео (общие сведения)

Основные сведения о цифровых видеосигналах (пространственное и временное сэмпирование, кадры и полукадры). Видеокодек. Временная модель (прогноз по предыдущему видеокадру, изменения вследствие движения, оценка и компенсация движения на основе блоков, прогноз макроблока с компенсированным движением, размер блока компенсации движения). Общие сведения о стандартах сжатия видео (MPEG-4, H.264 и H.265).

Тема № 9

Сжатие звука (общие сведения)

Звук (общие сведения, шкала уровней звука). Оцифрованный звук. Органы слуха человека. Сжатие звука в стандарте MPEG-1 / MP3 (кодирование частотной области, формат сжатия данных, психоакустические модели, кодирование – слой III).

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.

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

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 ходе осуществления образовательного процесса используются:

- графические, аудио- и видеоматериалы;
- мультимедийные презентации;
- для моделирования систем сжатия информации используется пакет MATLAB (в случае отсутствия лицензионной версии, пакет MATLAB может быть заменен на бесплатный, высокоуровневый, интерпретируемый язык программирования Octave, обладающий подобными возможностями для решения задач, рассматриваемых в рамках настоящего курса).

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.uniya.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., Апальков И. В., Хрящев В. В. Цифровая обработка изображений: учеб. пособие. – Ярославль: ЯрГУ, 2007. – 234 с.
2. Приоров А. Л., Хрящев В. В. Обработка и передача мультимедийной информации: учеб. пособие. – Ярославль: ЯрГУ, 2010. – 187 с.

б) дополнительная литература

1. Сидельников В. М. Теория кодирования: учеб. для вузов. – М.: Физматлит, 2008. – 323 с. [Электронный ресурс]. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=68384&sr=1

в) ресурсы сети «Интернет»

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uniya.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 практических занятий (семинаров);
- 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.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Автор:

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

должность, ученая степень

В.В. Хрящев
И.О. Фамилия

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Основы теории сжатия информации»**

**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**

Задание для самостоятельной работы № 1
Статистические методы сжатия

1. Имеется одна страница текста, написанного на русском языке. Страница содержит 30 строк и по 60 букв в каждой строке. Оценить количество информации в данном тексте. Для простоты рекомендуется полагать, что алфавит языка состоит из 32 букв, выпадающих равномерно.

2. Пусть X – дискретный источник без памяти, генерирующий символы x_1, x_2, x_3, x_4 с вероятностями $P(x_1) = 0.4, P(x_2) = 0.3, P(x_3) = 0.2, P(x_4) = 0.1$. Найти энтропию $H(X)$ источника и определить количество информации, содержащееся в сообщениях $x_1x_2x_1x_3, x_4x_3x_3x_2$.

3. Пусть X – двоичный источник без памяти, генерирующий символы x_1, x_2 . Доказать, что энтропия источника $H(X)$ является максимальной в случае, когда символы x_1, x_2 выпадают равномерно.

4. Пусть X – дискретный источник без памяти, генерирующий символы a, b, c, d, e, f , с вероятностями $P(a) = 0.05, P(b) = 0.15, P(c) = 0.05, P(d) = 0.4, P(e) = 0.2, P(f) = 0.15$. Найти избыточность и относительную избыточность источника.

5. Пусть X – дискретный источник без памяти, генерирующий символы x_1, x_2 с вероятностями $P(x_1) = 0.9, P(x_2) = 0.1$. Символ x_1 кодируется как «0», а символ x_2 – «1». Найти эффективность и избыточность рассмотренного кода.

6. Пусть X^2 – дискретный источник без памяти, генерирующий четыре символа: $a_1 = x_1x_1, a_2 = x_1x_2, a_3 = x_2x_1, a_4 = x_2x_2$. Здесь x_1, x_2 представляют собой символы из задачи № 1, генерируемые источником X . Можно сказать, что источник X^2 генерирует за раз составной символ $x_ix_j, i = 1, 2, j = 1, 2$. Символ a_1 кодируется как «0», a_2 – «10», a_3 – «110», a_4 – «111». Найти эффективность и избыточность рассмотренного кода.

7. Пусть X – дискретный источник без памяти, генерирующий символы x_1, x_2, x_3, x_4 с вероятностями $P(x_1) = 0.5, P(x_2) = 0.25, P(x_3) = 0.125, P(x_4) = 0.125$. Построить код Шеннона-Фано для источника X . Найти эффективность и избыточность рассмотренного кода.

8. Пусть X – дискретный источник без памяти, генерирующий пять равновероятных символов. Построить код Шеннона-Фано для источника X и вычислить эффективность и избыточность рассмотренного кода. Построить второй вариант кода Шеннона-Фано для источника X и вычислить эффективность и избыточность рассмотренного кода. Построить код Хаффмана для источника X и вычислить эффективность и избыточность рассмотренного кода. Сравнить результаты, полученные в трех случаях кодирования.

9. Пусть X – дискретный источник без памяти, генерирующий символы x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 с вероятностями $P(x_1) = 0.4, P(x_2) = 0.19, P(x_3) = 0.16, P(x_4) = 0.15, P(x_5) = 0.1$. Построить код Шеннона-Фано для источника X и вычислить эффективность и избыточность рассмотренного кода. Построить код Хаффмана для источника X и вычислить эффективность и избыточность рассмотренного кода. Сравнить полученные результаты.

10. С использованием арифметического кодирования выполнить операции кодирования и декодирования следующей последовательности символов: 150, 25, 60, 60, 25, 150, 25, 60, 25, 25.

11. С использованием арифметического кодирования выполнить операции кодирования и декодирования сообщения из пяти символов, порожденного четырехсимвольным источником: $a_1 a_2 a_3 a_4$. Вероятности выпадения символов следующие: $P(a_1) = 0.2, P(a_2) = 0.2, P(a_3) = 0.4, P(a_4) = 0.2$.

Задание для самостоятельной работы № 2

Словарные методы сжатия. Алгоритм LZW

1. С использованием LZW кодирования выполнить операции кодирования и декодирования следующей последовательности символов: 45, 55, 55, 151, 55, 55, 55. Составить словарь по закодированному сообщению.

2. С использованием LZW кодирования выполнить операции кодирования и декодирования следующей последовательности символов: 39, 39, 126, 126, 39, 39, 126, 126, 39, 39, 126, 126, 39, 39, 126, 126. Составить словарь по закодированному сообщению.

3. Придумать пять примеров для кодирования и декодирования символов с использованием алгоритма LZW. Составить словарь по закодированному сообщению.

Задание для самостоятельной работы № 3

Сжатие цифровых RGB-изображений с использованием метода К-средних

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

Содержание задания

1. Общие сведения

Настоящее задание посвящено использованию алгоритма К-средних в задаче сжатия цифровых RGB-изображений. Сжатие с использованием рассматриваемого алгоритма достигается за счет уменьшения числа цветов, которыми будут описываться пиксели на цифровом изображении. Дополнительным заданием является оценка качества сжатого изображения с использованием объективного критерия оценки ПОСШ (пиковое отношение сигнала к шуму). Пример сжатого в 6 раз RGB-изображения с использованием алгоритма К-средних представлен на рис. 1б. Основным недостатком данного алгоритма является отсутствие плавности перехода цвета на сжатом цифровом изображении.

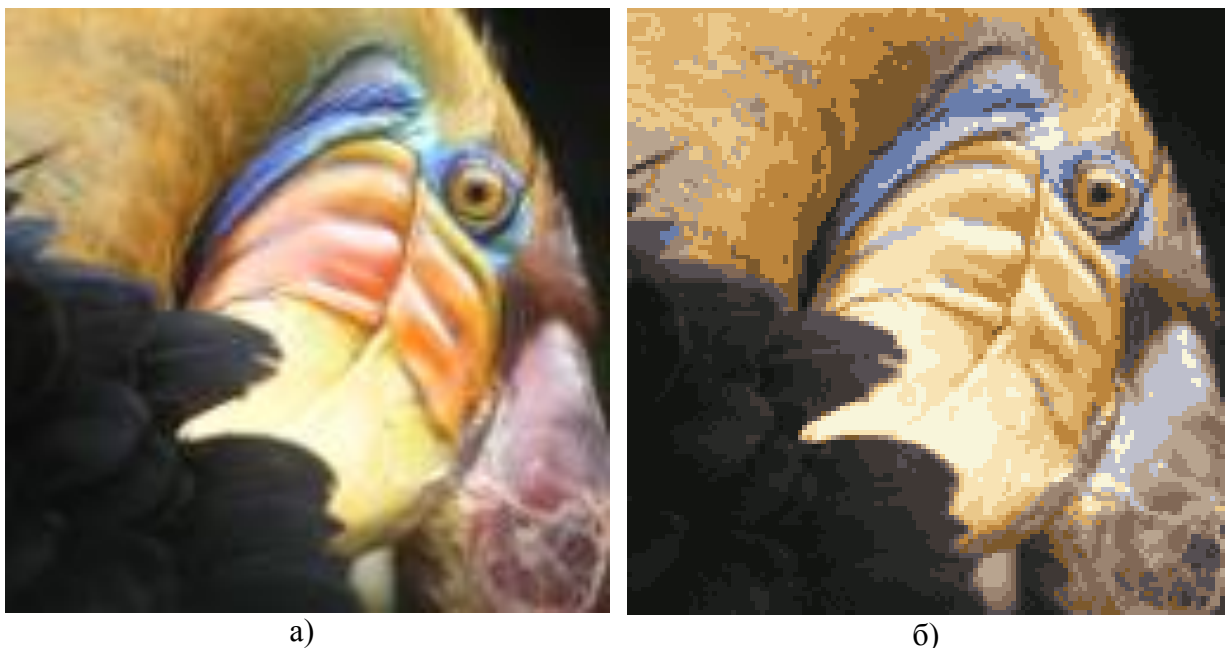


Рис. 1. а) Исходное RGB-изображение с разрешением 128x128 пикселей; б) сжатое в 6 раз RGB-изображения с использованием алгоритма К-средних

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.

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 К-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 средний (кластеров) `K`. Выходом данной функции является массив `centroids`, который содержит координаты средних, выбранных случайным образом из примеров в обучающем множестве данных.

6. Сжатие изображений с использованием алгоритма К-средних. Оценка качества сжатых изображений

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

```
% Загрузка 128x128 RGB-изображение
% (bird_small.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 сжатое изображение. Для этого сформируем матрицу данных `X_recovered`, которая является аналогом матрицы `X`, но при этом содержит информацию о цветах пикселей сжатого изображения. А затем преобразуем `X_recovered`, используя команду `reshape` в итоговое сжатое 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 сжатого изображения
B = reshape(X_segmented, img_size(1), img_size(2), 3);
```

Для оценки качества сжатого изображения предлагается использовать объективный критерий оценки ПОСШ. Значение ПОСШ для заданной степени сжатия может быть выведено либо в командную строку, либо, используя команду `title`, в подписи к сжатому изображению.

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.

Задание для самостоятельной работы № 4 **Стандарт сжатия цифровых изображений JPEG**

Цель работы: изучение принципов сжатия цифровых изображений с использованием алгоритма JPEG.

Содержание задания

1. Сжатие полутоновых цифровых изображений с использованием алгоритма JPEG

Написать программный код, который позволит выполнить сжатие цифрового изображения с использованием алгоритма JPEG. Для решения задачи разрешается использовать готовые функции кодирования и декодирования изображения с использованием алгоритма JPEG бесплатно распространяемые с книгой Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. – М.: Техносфера, 2006: `im2jpeg`, `jpeg2im`. Вызов функций `im2jpeg`, `jpeg2im` выполняется следующим образом:

```
image_comp = im2jpeg(image_in, quality);  
image_out = jpeg2im(image_comp);
```

Здесь `image_in` – входное изображение, `image_comp` – закодированное изображение с использованием кодера JPEG, `quality` – параметр, определяющий объем потерянной информации, `image_out` – декодированное изображение с использованием декодера JPEG.

Визуализировать исходное и сжатое изображения. Вычислить и визуализировать разницу между исходным и сжатым изображением. В качестве изображений предлагается использовать следующие (рис. 1):

- а) Тестовое полутоновое изображение «Лена» (8 бит / пиксель) с разрешением 512x512.
- б) Тестовое полутоновое изображение «Барбара» (8 бит / пиксель) с разрешением 512x512.
- в) Тестовое полутоновое изображение «Отпечаток пальца» (8 бит / пиксель) с разрешением 512x512.
- г) Тестовое полутоновое изображение «F16» (8 бит / пиксель) с разрешением 512x512.
- д) Тестовое полутоновое изображение «Бабуин» (8 бит / пиксель) с разрешением 512x512.
- е) Тестовое полутоновое изображение «Перцы» (8 бит / пиксель) с разрешением 512x512.

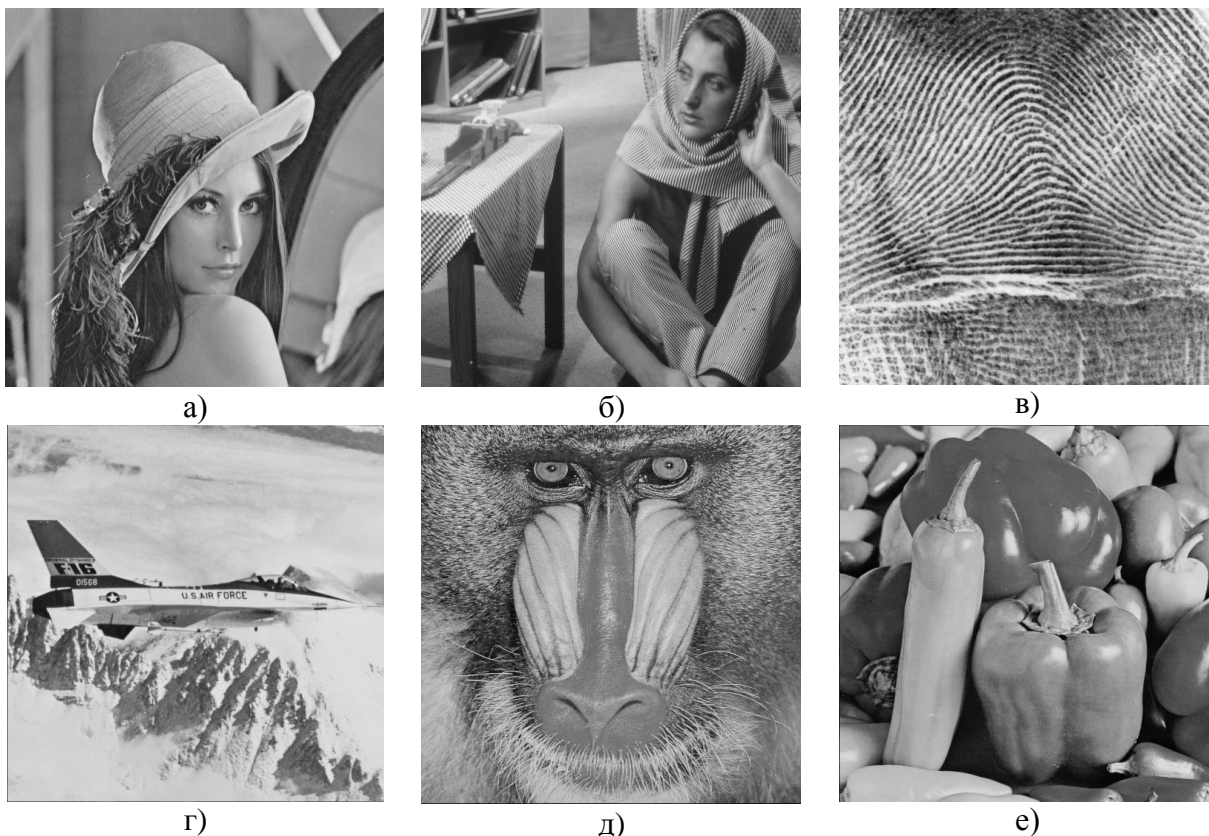


Рис. 1. Тестовые изображения: а) «Лена»; б) «Барбара»; в) «Шум»; г) «F16»; д) «Бабуин»; е) «Перцы»

Замечание. Для загрузки цифрового изображения предлагается использовать встроенную MATLAB-функцию `imread`, а для вывода изображения на экран – `imshow`.

2. Оценка качества цифровых изображений, сжатых с использованием алгоритма JPEG

Написать программный код, позволяющий выполнить оценку качества сжатых алгоритмом JPEG цифровых изображений на основе пикового отношения сигнала к шуму (ПОСШ). Построить графические зависимости ПОСШ от параметра `quality`, задаваемого в функции `im2jpeg`. Параметр `quality` выбрать равным: 1, 5, 10, 15, 25. Проанализировать полученные результаты и сделать соответствующие выводы. В качестве изображений использовать полутоновые изображения, представленные на рис. 1.

Замечание. Для выполнения данного задания рекомендуется использовать инструкцию управления `for`. Для вывода графических зависимостей рекомендуется использовать встроенную MATLAB-функцию `plot`.

Устный опрос по темам № 6 и № 7

Для проведения устного опроса по темам № 6 и № 7 предлагается воспользоваться приведенным ниже списком вопросов к зачету (вопросы 40–51).

Устный опрос по темам № 8 и № 9

Для проведения устного опроса по темам № 8 и № 9 предлагается воспользоваться приведенным ниже списком вопросов к зачету (вопросы 52–56).

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

Список вопросов к зачёту

1. Понятие информации, сообщения, символа, сигнала, данных.
2. Цифровой сигнал (хранение, обработка, передача).
3. Кодирование источника и кодирование канала.
4. Задача сжатия данных.
5. Несущественная информация и избыточность.
6. Кодер, декодер, кодек.
7. Неадаптивное, адаптивное и полуадаптивное сжатие данных.
8. Сжатие без потерь / с потерей информации.
9. Коэффициент сжатия и фактор сжатия.
10. Информация одного события.
11. Что такое энтропия?
12. Дискретный источник без памяти.
13. Что такое избыточность и относительная избыточность?
14. Понятие кодирования источника, кодера источника, кода источника, кодового слова, кодового дерева.
15. Определение средней длины кодового слова, эффективности кода, избыточности кода.
16. Теорема кодирования источника.
17. Префиксные коды.
18. Энтропийное кодирование.
19. Кодирование Шеннона-Фано (кодирование и декодирование).
20. Кодирование Хаффмана (кодирование и декодирование).
21. Арифметическое кодирование (кодирование и декодирование).
22. Что такое словарь?
23. Алгоритмы LZ77, LZ78, LZW.
24. Кодирование и декодирование в алгоритме LZW. Построение словаря (кодовой книги).
25. Что такое цифровое изображение?
26. Примеры алгоритмов сжатия цифровых изображений.
27. Сжатие цифровых изображений на основе методов машинного обучения.
28. Что такое машинное обучение?
29. Примеры задач, решаемых с использованием методов машинного обучения.
30. Обучение с учителем (регрессия и классификация) и обучение без учителя (кластеризация и понижение размерности данных).
31. Алгоритм К-средних.
32. Простейший алгоритм сжатия цифровых изображений на основе метода К-средних.
33. Оценка качества сжатых изображений (пиковое отношение сигнала к шуму – ПОСШ, универсальный индекс качества – УИК, коэффициент структурного подобия – КСП).
34. Задачи JPEG как стандарта.
35. Режимы работы стандарта JPEG.
36. Кодек JPEG.
37. Простейшая форма последовательного режима стандарта JPEG с применением дискретного косинусного преобразования (JPEG Baseline).
38. Артефакты блочности.
39. Motion JPEG (MJPEG).
40. Кодирование с предсказанием без потерь и с потерей информации.

41. Что такое квантование? Оптимальное квантование.
42. L-уровневый квантователь Ллойда-Макса.
43. Стандарт сжатия цифровых изображений JPEG-LS.
44. Что такое анализ главных компонент (общая идея, сокращение размерности данных)?
45. Пример сжатия изображений лиц на основе анализа главных компонент (общая идея, собственные лица).
46. Что такое вейвлет-преобразование?
47. Дискретное вейвлет-преобразование.
48. Кратномасштабный анализ.
49. Быстрое вейвлет-преобразование.
50. Алгоритм сжатия цифровых изображений SPIHT (кодирование и декодирование, прогрессивная передача, пространственно ориентированное дерево).
51. Общие сведения о стандарте сжатия цифровых изображений JPEG2000.
52. Основные сведения о цифровых видеосигналах (пространственное и временное сэмплирование, кадры и полукадры).
53. Видеокодек.
54. Временная модель (прогноз по предыдущему видеокадру, изменения вследствие движения, оценка и компенсация движения на основе блоков, прогноз макро-блока с компенсированным движением, размер блока компенсации движения).
55. Общие сведения о стандартах сжатия видео (MPEG-4, H.264 и H.265).
56. Звук (общие сведения, шкала уровней звука). Оцифрованный звук. Органы слуха человека. Сжатие звука в стандарте MPEG-1 / MP3 (кодирование частотной области, формат сжатия данных, психоакустические модели, кодирование – слой III)

Критерии оценивания ответов на вопросы билета

Критерий	Пороговый уровень (на «зачтено»)
Соответствие ответа вопросу	Хотя бы частичное (<i>не относящееся к вопросу не подлежит проверке</i>)
Наличие примеров	Имеются отдельные примеры
Содержание ответа	Понятийные вопросы изложены с классификациями, проблемные с постановкой проблемы и изложением различных точек зрения. Имеются ошибки или пробелы.

3. Описание процедуры выставления оценки

Для успешного освоения дисциплины обязательно:

- выполнение заданий самостоятельных работ (являются формой текущей аттестации).

Правила выставления оценки на зачёте

В билет включается один теоретический вопрос. На подготовку к ответу дается не менее 0,5 часа.

По итогам зачёта выставляется одна из оценок: «зачтено», «не зачтено».