

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Амурский государственный университет
(ГОУВПО «АмГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР

_____ А.В. Бушманов

«__» _____ 2010 г.

Учебно-методический комплекс дисциплины

ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

для направления магистратуры «Вычислительная техника и информационные технологии»;

специальность магистратуры 230100.68 – «Информатика и вычислительная техника»

Составитель: Семичевская Н.П.

2010 г.

*Печатается по решению
редакционно-издательского совета
факультета математики
и информатики
Амурского государственного
университета*

Обработка изображений в информационных системах для направления магистратуры «Вычислительная техника и информационные технологии», специальность 230100.68 – «Информатика и вычислительная техника»: учебно-методический комплекс дисциплины. / Семичевская Н.П. – Благовещенск. Изд-во Амурского гос. ун-та, 2010. ____ с.

©Амурский государственный университет, 2011

©Кафедра информационных и управляющих систем, 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| 1. Рабочая программа | 4 |
| 2. График самостоятельной работы магистрантов | 13 |
| 3. Методические рекомендации по проведению самостоятельной работы | 13 |
| 4. Перечень учебников, учебных пособий | 15 |
| 5. Краткий план лекционных занятий | 16 |
| 6. Методические указания по выполнению лабораторных работ | 18 |
| 7. Методические указания по выполнению контрольных работ | 59 |
| 8. Перечень используемых программных продуктов | 63 |

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ГОУВПО «АмГУ»)

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по учебной работе
_____ В.В. Проказин

« ____ » _____ 2010 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

«Обработка изображений в информационных системах»

Направление магистратуры: «Вычислительная техника и информационные технологии»

Специальность магистратуры 230100.68 – «Информатика и вычислительная техника»

Степень (квалификация) – магистр техники и технологии

Курс: Семестр: 10

Зачет: 10 семестр

Лекции: 18 (час.)

Практические занятия:

Лабораторные занятия: 54 (час.)

Самостоятельная работа: 69 (час.)

Всего часов: 141

Составитель: Н.П. Семичевская, доцент

Факультет: «Математики и информатики»

Кафедра: «Информационных и управляющих систем»

2010 г.

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

1.1 Цели и задачи курса

Цель изучения дисциплины

Цифровая обработка изображений представляет собой самостоятельную область знания, которая быстро развивается во многих странах, в том числе и в России, этому способствует повышение скорости работы, уменьшение стоимости и размеров ЦВМ и технических средств обработки сигналов. На сегодняшний день выпускаются устройства ввода и регистрации изображений, дисплеи, графопостроители, специализированные процессоры и другое оборудование, находящее широкое применение в разных областях человеческой деятельности. Созданы мощные научные центры цифровой обработки изображений для исследования природных ресурсов и охраны окружающей среды. Многочисленные цифровые установки для медицинской диагностики, в том числе и томографические работают на принципах аппаратной и программной обработки изображений. Методы обработки изображений играют значительную роль в научных исследованиях, промышленности, медицине, космических исследованиях и информационных системах.

Для студентов, специализирующихся в области электронной вычислительной техники и обработки информации необходимы знания методов и принципов обработки видеоинформации. В курсе «Обработка изображений в ИС» студентам специальности 230201 – «Информационные системы и технологии» будут предложены основные методы дискретизации и квантования, обсуждены вопросы математического описания дискретных изображений и методы двумерной обработки сигналов.

Цифровая обработка изображений – предмет широкого профиля, охватывающий вопросы физики (Оптика), физиологии, электронной и вычислительной техники (Программирование, Архитектура ЭВС, Компьютерная графика, Обработка сигналов), математики (Фурье анализ,

Алгебра матриц). Предполагается, что студенты имеют подготовку в объеме программы технического вуза.

Основная задача курса - дать магистрантам необходимые знания о состоянии и практическом использовании средств компьютерной математики для обработки изображений, рассмотреть методы и модели обработки изображений.

1.2 Требования к уровню освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины студенты должны:

- иметь представление о развитии современных компьютерных технологий в области обработки статических изображений;
- иметь четкое представление об основных видах технологий и технологических процессов обработки визуальной информации;
- ознакомиться с вопросами технического обеспечения современных компьютерных технологий обработки изображений;
- познакомиться со стандартными средствами обработки изображений в среде Matlab (встроенными функциями системы Matlab, средствами поддержки визуализации информации, средствами мультимедиа).

Предполагается, что обучение по данной программе организуется в форме аудиторных и самостоятельных занятий. Общий объем аудиторных занятий составляет 18 лекционных часа и 36 часов лабораторных занятий. Обучение завершается сдачей зачета.

1.3 Перечень дисциплин с указанием разделов (тем), усвоение которых студентами необходимо при изучении данной дисциплины

Данный курс базируется на ранее изученных дисциплинах: «Физика», «Информатика и вычислительная техника», «Информационные технологии», «Программирование», и дает основу для применения современных компьютерных технологий и методов обработки визуальной информации, используемой в современных информационных системах.

2 ПЛАН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ ПО ТЕМАМ КУРСА

| № Темы | Номер и наименование темы | Виды занятий | | |
|--------|---------------------------|--------------|---------------------|-------|
| | | Лекции | Лабораторные работы | Всего |
| 1 | Тема1 | 2 | 6 | 8 |
| 2 | Тема2 | 4 | 6 | 10 |
| 3 | Тема3 | 4 | 6 | 10 |
| 4 | Тема4 | 2 | 6 | 8 |
| 5 | Тема5 | 2 | 6 | 8 |
| 6 | Тема6 | 2 | 6 | 8 |
| 7 | Тема7 | 2 | 6 | 8 |
| | | | 6 | 6 |
| | | | 6 | 6 |
| Всего | | 18 | 54 | 72 |

2.1 Содержание лекций

Тема 1. Использование визуальной информации в различных сферах деятельности человека. Области применения визуальной информации. Системы, использующие визуальную информацию: системы дистанционного обнаружения; системы слежения/мониторинга; системы медицинской диагностики.

Тема2. Непрерывное изображение, математические модели описаний непрерывных изображений. Двумерные системы. Сингулярные операторы. Линейные и дифференциальные операторы двумерных систем. Двумерное преобразование Фурье. Свойства ДПФ. Спектральный анализ линейных систем.

Тема 3. Дискретизация и восстановление непрерывных изображений. Фурье анализ дискретных двумерных сигналов.

Квантование изображений: квантование скалярной величины и векторной величины. Оптимальное положение уровня квантования и пороговых уровней, выражение Пантера-Дайтта.

Кодирование изображений. Системы двоичного кодирования.

Тема 4. Математическое описание дискретных изображений. Векторное представление изображений. Статистическое описание дискретных изображений. Модели плотностей вероятности дискретных изображений. Гауссова плотность. Одномерное распределение вероятностей – гистограмма. Гистограммные методы обработки.

Тема 5. Дискретная линейная двумерная обработка. Линейные операторы. Оператор суперпозиции. Дискретизованный оператор суперпозиции конечных массивов.

Тема 6. Двумерные унитарные преобразования. Операторы унитарных преобразований. Косинусное и синусное преобразование. Преобразования Адамара и Хаара.

Тема 7. Двумерные методы линейной фильтрации изображений. Фильтрация с использованием преобразования. Низкочастотные и высокочастотные маски фильтров. Синтез двумерных фильтров.

2.2 Темы лабораторных занятий

| № | Темы занятий | |
|---|---|---|
| 1 | Представление изображений в среде MATLAB. Получение тестовых цифровых изображений. | 6 |
| 2 | Характеристики монохромного изображения. Работа с яркостью и контрастностью изображения. Функции PIXVAL и MEAN2. | 6 |
| 3 | Построение гистограммы распределения яркостей элементов изображения. Повышение контраста изображения и изменение гистограммы. | 6 |
| 4 | Двумерные унитарные преобразования. Двумерное дискретное преобразование Фурье. 3D спектр. | 6 |
| 5 | Двумерные унитарные преобразования. Преобразование Адамара. Преобразование Хаара. | 6 |
| 6 | Двумерная линейная фильтрация. Низкочастотные маски фильтров. | 4 |

| | | |
|----|--|----|
| 7 | Двумерная линейная фильтрация. Высокочастотные маски фильтров. Применение алгоритмов фильтрации. | 6 |
| 8 | Определение морфометрических характеристик изображения. | 6 |
| 9 | Определение области интереса на изображении. | 6 |
| 10 | Тестирование в системе ILLIAS4 | 2 |
| | итого | 36 |

2.3 Приблизительный перечень вопросов к зачету

1. Области практического применения методов обработки изображений. Дистанционное обнаружение.
2. Области практического применения методов обработки изображений. Сейсмология.
3. Области практического применения методов обработки изображений. Электрокардиография. Рентгенография.
4. Получение цифровых изображений, на примере рентгенографических систем.
5. Представление непрерывных изображений (детерминированное математическое описание). Системы воспроизведения цветных и бесцветных изображений.
6. Двумерные системы. Линейные операторы двумерных систем.
7. Двумерные системы. Дифференциальные операторы двумерных систем.
8. Двумерные системы. Функция импульсного отклика и получение выходного изображения на выходе линейной двумерной системы.
9. Двумерное преобразование Фурье. Свойства преобразования Фурье (ПФ).
10. Двумерное преобразование Фурье. Свойство делимости двумерного ПФ.
11. Анализ линейных систем с помощью преобразования Фурье. (Теорема о свертке)
12. Дискретизация непрерывных изображений (процесс идеальной дискретизации). Спектр дискретизированного изображения.
13. Процесс восстановления непрерывных изображений из дискретизованных. Частотное условие для идеального восстановления изображения.
14. Квантование изображений. Задача об оптимальном положении уровня квантования.
15. Статистическое описание дискретных изображений. Построение двумерного распределения вероятностей (гистограммы первого и второго порядка).
16. Обзор методов цифровой обработки изображений. Методы обработки в частотной области. Методы обработки в пространственной области.
17. Математическое описание дискретных изображений. Алгебра матриц. Формулы для векторного представления изображений.

18. Дискретная линейная двумерная обработка. Обобщенный линейный оператор.
19. Дискретная линейная двумерная обработка. Дискретный оператор суперпозиции.
20. Двумерные унитарные преобразования. Дискретное преобразование Фурье.
21. Дискретное преобразование Фурье. Свойство делимости двумерного дискретного ПФ.
22. Преобразование четное косинусное.
23. Преобразование Адамара.
24. Преобразование Хаара.
25. Дискретная линейная фильтрация. Высокочастотные шумоподавляющие фильтры.
26. Дискретная линейная фильтрация. Фильтры для подчеркивания границ.

2.4 Виды контроля

Текущий контроль за аудиторной и самостоятельной работой обучаемых осуществляется во время проведения лабораторных занятий посредством устного опроса по контрольным вопросам соответствующего раздела, а также проверки отчетов по лабораторным работам и индивидуальным заданиям. Итоговый контроль осуществляется после успешного прохождения текущего контроля в семестре. Зачет проводится в виде теста, в системе ИЛАС4. В тесте первая часть вопросов теоретическая, вторая практическая.

2.5 Требования к знаниям, предъявляемые на зачете

Зачет сдается в конце семестра. Необходимым условием допуска на зачет является сдача всех лабораторных работ и индивидуальных заданий. На зачете предлагается тест из вопросов: 3-5 вопросов по теории и 5-10 практических задач.

Магистр должен дать ответы на вопросы в системе тестирования ИЛАС4. Критерий оценки:

«зачет»- ставится, если магистрант ответил не меньше, чем на 55% тестовых вопросов,

«незачет» - ставится в противном случае.

3 ЛИТЕРАТУРА

Список основной литературы

1. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. – М.: Техносфера, 2006, 616 с.
2. Коноплева И.А. Информационные технологии [Электронный ресурс]: электр. учеб.: доп. Мин. обр. РФ/ И.А. Коноплева, О.А. Хохлова, А.В. Денисов. – Электрон. дан.- М.: КноРус, 2009. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM)
3. Чобану М.К. Многомерные многоскоростные системы обработки сигналов: моногр./М.К. Чобану. – М.: Техносфера, 2009. – 478 с.: ил. – (Мир цифровой обработки). – Библиогр.: с. 593

Список дополнительной литературы по обработке изображений

1. Кодирование и обработка изображений. Сборник трудов. Ответственные редакторы Зяблов В.В., Лебедев Д.С. - М. «Наука», 1988
2. **Яншин В.В., Калинин Г.А.** Обработка изображений на языке СИ для IBM PC: Алгоритмы и программы. - М.: Мир, 1994.
3. **Павлидис Т.** Алгоритмы машинной графики и обработки изображений [Текст]: пер. с англ./Т. Павлидис; под ред. И. Б. Гуревича. - М.: Радио и связь, 1986. - 400 с.
4. **Беликова Т.П.** Моделирование линейных фильтров для обработки рентгеновских изображений в задачах медицинской диагностики // Цифровая оптика. Обработка изображений и полей в экспериментальных исследованиях / Под ред. В.И. Сифорова и Л.П. Ярославского. – М.: Наука, 1990. – 176 с.
5. **Беликова Т.П., Ярославский Л.П.** Использование адаптивных амплитудных преобразований для препарирования изображений // Вопросы радиоэлектроники, сер. Общетеχνическая. – 1974, вып.14. – С. 88 – 98.
6. **Беликова Т.П., Яшунская Н.И., Коган Е.А.** Цифровая обработка томограмм и измерение статистических признаков в задаче ранней дифференциальной диагностики шаровидных образований легких // Цифровая оптика в медицинской интроскопии.– М.: Ин–т проблем передачи информ., 1992. – С. 73–88.
7. Быстрые алгоритмы в цифровой обработке изображений / Под ред. Т.С. Хуанга. М.: Радио и связь, 1984. – 224 с.
8. **Бьемон Ж., Лагендейк Р.Л., Марсеро Р.М.** Итерационные методы улучшения изображений // ТИИЭР. – 1990. – Т.78, № 5. – С. 58–84.
9. **Гимельфарб Г.Л.** Аппаратные средства и особенности программного обеспечения диалоговой цифровой обработки изображений // Зарубежная радиоэлектроника. – 1985. – N 10. – С.87 – 128.

10. **Голд Б., Рэйдер Ч.** Цифровая обработка сигналов: Пер. с англ. / Под ред. А.М. Трахтмана. – М.: Советское радио, 1973. – 368 с.
11. **Даджион Д., Мерсеро Р.** Цифровая обработка многомерных сигналов: Пер. с англ. под ред. Л.П. Ярославского. – М.: Мир, 1988. – 488 с.
12. **Литван Р.И., Аверьянов Ю.И., Быковская Ф.С.** Оптимальное градационное преобразование изображений. // Техника кино и телевидения. – 1979. – №2. – С. 38 – 41.
13. **Смирнов А.Я.** Критерии качества дискретизированных изображений // Труды ГОИ им. С.И. Вавилова. – т. 57. – вып. 191. – Л. – 1984.
14. **Справочник по устройствам цифровой обработки информации / Н.А. Виноградов, В.Н. Яковлев, В.В. Воскресенский и др.** – К.: Техника, 1988. – 415 с.
15. **Стокхэм Т. мл., Кэннон Т.М., Ингебретсен Б.Б.** Цифровое восстановление сигналов посредством неопределенной инверсной свертки // ТИИЭР. – 1975. – Т.63, N 4. – С. 160–177.
16. **Телевизионные методы обработки рентгеновских и гамма – изображений / Н.Н. Блинов, Е.М. Жуков, Э.Б. Козловский, А.И. Мазуров.** – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 200 с.

2. ГРАФИК САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ МАГИСТРАНТОВ

| Содержание | Объем в часах | Сроки и форма контроля |
|--|---------------|------------------------|
| Подготовка отчетов по лабораторным работам | 2*15 | Кжд.2-ую нед. |
| Написание семестровой работы по выбранной теме курса | 15 | 1 раз в семестре |
| Подготовка к контрольным семестровым работам | 14 | 7. 12 неделя |
| Подготовка к итоговому тестированию (зачет) | 10 | 15 неделя |
| Итого | 69 | |

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

По каждой лабораторной работе студенты выполняют отчет, требования к выполнению отчета указаны в методических разработках к лабораторным работам.

В течение семестра магистранты выполняют две контрольные работы по тематике предложенной в рабочей программе. Подготовка к контрольной работе предусматривает изучение материалов лекции и демонстрацию умения решать предложенные задачи в контрольной работе.

По выбранной теме студенты выполняют реферативную работу.

Реферативная работа включает следующие разделы:

1. Обоснование актуальности выбранной тематики и описание целей выполнения работы.
2. Систематизация и анализ найденных в научной печати, в сети Интернет и других источниках материалов.
3. Выводы.
4. Предложения по использованию результатов работы в конкретных областях и возможные направления дальнейших исследований.

Примерные темы реферативных работ

1. Области применения визуальной информации. Системы, использующие визуальную информацию. Аппаратная регистрация многомерных сигналов.

2. Двумерные системы. Непрерывное двумерное преобразование Фурье. Свойства ДПФ. Спектральный анализ линейных двумерных систем. Фурье анализ дискретных двумерных сигналов.

3. Математическое описание дискретных изображений. Векторное представление изображений. Статистическое описание дискретных изображений.

4. Одномерное распределение вероятностей – гистограмма. Гистограммные методы обработки изображений.

5. Дискретная линейная двумерная обработка изображений. Обзор цифровых методов обработки в частотной и пространственной областях.

6. Двумерные методы линейной фильтрации изображений. Синтез двумерных фильтров.

7. Определение объектов на изображении. Системы морфометрических признаков изображений.

4. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНИКОВ И УЧЕБНЫХ ПОСОБИЙ (фонд

библиотеки АмГУ)

1. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. – М.:Мир, 1982. Кн.1
2. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. – М.: Техносфера, 2006, 616 с.
3. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005, 1072 с.
4. Семичевская Н.П., Соловцова Л.А. Обработка изображений в среде MATLAB с использованием IMAGE PROCESSING TOOLBOX. Лабораторный практикум. Электронное издание, 2005.
5. Дьяконов В. П. Компьютерная математика. Теория и практика. — М.:Нолидж,— 2000.
6. Дьяконов В. П. Справочник по применению системы PC MATLAB М.:Наука, Физматлит. — 1993.

5. КРАТКИЙ ПЛАН ЛЕКЦИОННОГО КУРСА

Содержание лекций

Тема 1. Использование визуальной информации в различных сферах деятельности человека. Области применения визуальной информации. Системы, использующие визуальную информацию: системы дистанционного обнаружения; системы слежения/мониторинга; системы медицинской диагностики.

Тема 2. Непрерывное изображение, математические модели описаний непрерывных изображений. Двумерные системы. Сингулярные операторы. Линейные и дифференциальные операторы двумерных систем. Двумерное преобразование Фурье. Свойства ДПФ. Спектральный анализ линейных систем.

Тема 3. Дискретизация и восстановление непрерывных изображений. Фурье анализ дискретных двумерных сигналов.

Квантование изображений: квантование скалярной величины и векторной величины. Оптимальное положение уровня квантования и пороговых уровней, выражение Пантера-Дайтта.

Кодирование изображений. Системы двоичного кодирования.

Тема 4. Математическое описание дискретных изображений. Векторное представление изображений. Статистическое описание дискретных изображений. Модели плотностей вероятности дискретных изображений. Гауссова плотность. Одномерное распределение вероятностей – гистограмма. Гистограммные методы обработки.

Тема 5. Дискретная линейная двумерная обработка. Линейные операторы. Оператор суперпозиции. Дискретизованный оператор суперпозиции конечных массивов.

Тема 6. Двумерные унитарные преобразования. Операторы унитарных преобразований. Косинусное и синусное преобразование. Преобразования Адамара и Хаара.

Тема 7. Двумерные методы линейной фильтрации изображений. Фильтрация с использованием преобразования. Низкочастотные и высокочастотные маски фильтров. Синтез двумерных фильтров.

Тема 8. Морфометрия.

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

При выполнении лабораторных работ магистранты сдают отчет по следующим лабораторным работам.

Лабораторная работа №1 Представление изображений в среде MATLAB. Битовая карта изображения.

Лабораторная работа №2 Работа с яркостью и контрастностью изображения (IMADJUST, HISTEQ). Функции PIXVAL и MEAN2.

Лабораторная работа №3 Построение гистограммы распределения яркостей элементов изображения. Повышение контраста изображения и изменение гистограммы.

Лабораторная работа №4 Двумерные унитарные преобразования. Двумерное дискретное преобразование Фурье.

Лабораторная работа №5 Двумерные унитарные преобразования. Преобразование Адамара. Преобразование Хаара.

Лабораторная работа №6 Движение сканирующего окна, определение координат центра изображения.

Лабораторная работа №7 Двумерная линейная фильтрация. Низкочастотные и высокочастотные маски.

Лабораторная работа №8 Сегментация. Определение границ объектов на изображении.

Лабораторная работа №9 Выделение границы темного/светлого участка изображения.

Лабораторная работа №10 Определение морфометрических характеристик темного/светлого участка изображения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

для магистрантов

Лабораторная работа №1

Тема. Представление изображений в среде MATLAB. Битовая карта изображения.

Цель. Научиться считывать изображения из файлов, просматривать их в среде MATLAB преобразовывать их типы, менять размеры смотрового окна, выводить битовую карту исходного изображения.

Краткие теоретические сведения

Типы изображений. Изображения бывают *векторными* и *растровыми*. Векторным называется изображение, описанное в виде набора графических примитивов. Растровые же изображения представляют собой двумерный массив, элементы которого (пиксели) содержат информацию о цвете. В цифровой обработке используются растровые изображения. Они в свою очередь делятся на типы - *бинарные*, *полутоновые*, *палитровые*, *полноцветные*.

Элементы *бинарного* изображения могут принимать только два значения - 0 или 1. Природа происхождения таких изображений может быть самой разнообразной. Но в большинстве случаев, они получаются в результате обработки полутоновых, палитровых или полноцветных изображений методами бинаризации с фиксированным или адаптивным порогом. Бинарные изображения имеют то преимущество, что они очень удобны при передаче данных.

Полутоновое изображение состоит из элементов, которые могут принимать одно из значений интенсивности какого-либо одного цвета. Это один из наиболее распространенных типов изображений, который применяется при различного рода исследованиях. В большинстве случаев используется глубина цвета 8 бит на элемент изображения.

В *палитровых* изображениях значение пикселей является ссылкой на ячейку карты цветов (палитру). Палитра представляет собой двумерный массив, в столбцах которого расположены интенсивности цветовых составляющих одного цвета.

В отличие от палитровых, элементы *полноцветных* изображений непосредственно хранят информацию о яркостях цветовых составляющих.

Выбор типа изображения зависит от решаемой задачи, от того, насколько полно и без потерь нужна информация может быть представлена с заданной глубиной цвета. Также следует учесть, что использование полноцветных изображений требует больших вычислительных затрат.

Цифровые изображения (поля) принято представлять в виде матриц (двумерных прямоугольных массивов чисел) с неотрицательными

элементами (для полутоновых, палитровых и полноцветных изображений значения элементов заключены в диапазоне [0 255]). Каждый элемент матрицы отвечает одному элементу изображения - пикселю. Матрицу значений яркостей изображения называют битовой картой изображения.

В зависимости от типа изображения они по-разному представляются в разных форматах. Этот момент будет очень важным при создании программ в среде IPT. Наиболее удобно зависимость способов представления элементов изображения (диапазон их значений) от типа и формата представить в виде таблицы.

| Тип изображения | double | uint8 |
|-----------------|---|--|
| Бинарное | 0 и 1 | 0 и 1 |
| Полутоновое | [0, 1] | [0, 255] |
| Палитровое | [1, размер палитры], где 1 - первая строка палитры | [0, 255], где 0 - первая строка палитры.* |
| Полноцветное | [0, 1] | [0, 255] |

* **Примечание.** При программной реализации лучше избегать использования такой индексации строк. MATLAB корректно воспринимает индексацию с первой, а не нулевой строки.

В дальнейшем, при рассмотрении методов обработки изображений, будем считать, что изображение представляется матрицей чисел $M \times N$ (размер матрицы), где значение каждого элемента отвечает определенному уровню квантования его энергетической характеристики (яркости) – это и есть битовая карта изображения. Это так называемая *пиксельная система координат*. Она применяется в большинстве функций пакета IPT.

Существует также *пространственная система координат*, где изображение представляется непрерывным числовым полем квадратов с единичной величиной. Количество квадратов совпадает с числом пикселов. Значение интенсивности элемента в центре квадрата совпадает со значением соответствующего пиксела в пиксельной системе координат. При решении практических задач, связанных с измерениями реальных геометрических размеров объектов на изображении, удобно использовать пространственную систему координат, так как она позволяет учитывать разрешение (количество пикселов на метр) системы.

Функции **IMREAD**, **IMSHOW**, **IM2DOUBLE**, **IM2UINT8**

IMREAD – считывает изображение из графического файла в массив;

IMSHOW – показывает изображение считанное в массив;

Функции **IM2DOUBLE** и **IM2UINT8** – переводят массив изображения в классы `double`, `uint8` соответственно.

Пример1.

```
I=imread('micro9.jpg'); %чтение рисунка в матрицу I
Imshow(I); %вывод рисунка в графическом окне, описанного матрицей I
pause; %пауза
W=gcf; %запоминание графического окна в качестве объекта W
trueSize(W,[100,50]); %установка размера окна 100x50
pause;
trueSize; %возвращение размера окна к реальному размеру W
h=gcf; %запоминание графического окна в качестве объекта h
pause;
close(h); %закрытие окна
set(gca,'Position',[0 0 1 1])
fprintf('\n вывод B\n');
B=im2double(I); %преобразует исходное изображение в изображение класса double
Imshow(B);
B % вывод битовой карты изображения класса double в командное окно
pause;
fprintf('\n вывод C\n');
figure('Units','pixels','Position',[100 100 n m])
C=im2uint8(I); % преобразует исходное изображение в изображение класса uint8
Imshow(C);
C % вывод битовой карты изображения класса uint8 в командное окно
pause;
```

Функции RGB2IND, IND2GRAY

RGB2IND – преобразование RGB-изображения в палитровое

IND2GRAY – Преобразование палитрового изображения в полутоновое

Пример2.

% работа с полноцветным изображением

```
I=imread('isberg.jpg'); %чтение рисунка в матрицу I
Imshow(I);
pause;
[X,map]=rgb2ind(I, 8); %преобразует цветной изображение в индексированное
Y=ind2gray(X,map); %преобразует изображение в рисунок с 8-ми градациями серого
Imshow(Y);
pause;
Z = im2bw(I, 0.4); %преобразует исходное изображение в двоичное
figure('Name','im2bw(I,0.4)');
imshow(Z);
pause;
```

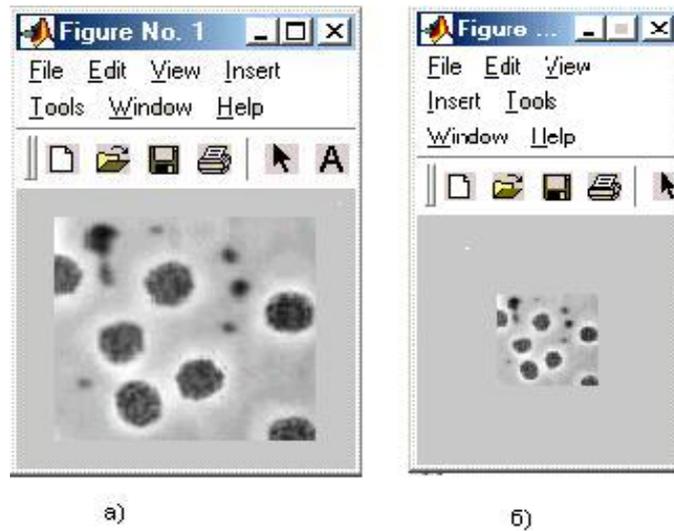


Рис. 1 Вид исходного изображения в окне MATLAB:
 а) вывод считанного изображения из файла micro9.jpg;
 б) изменение размера окна до размера 100x50 функцией TRUE_SIZE.

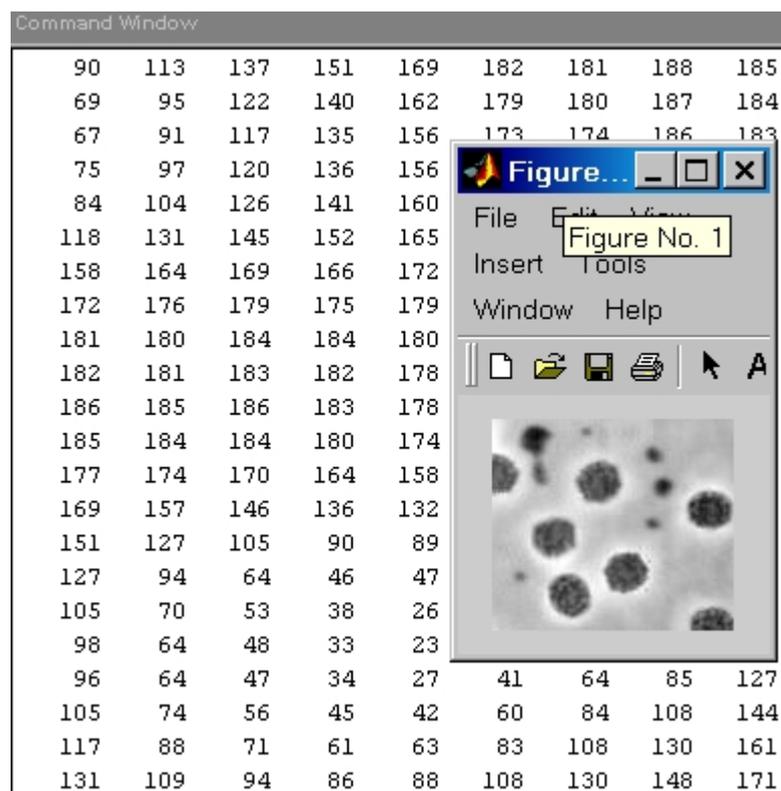


Рис.2 Битовая карта исходного изображения.



Рис.3 Преобразование исходного цветного изображения в рисунок с 8 уровнями серого.



Рис.4 Преобразование исходного цветного изображения в бинарное изображение.

Задание к лабораторной работе №1

1. Используя функции `IMAGE`, `IMAGESC`, `IMREAD`, `IMWRITE`, `IMSHOW`, считать и воспроизвести изображение в рабочем окне `MATLAB`.
2. Используя функцию `TRUESIZE` уменьшить размеры окна для просмотра изображения.
3. Используя функции перевести исходное изображение в классы `double`, `uint8`. Просмотреть битовые карты этих изображений (1 слой).
4. Преобразовать исходное изображение в полутоновое, а полутоновое в бинарное.
5. Используя функцию `IMFINFO` получить информацию о файле с исходным изображением.

Контрольные вопросы

1. Чем отличаются изображения классов `uint8` и `double`?
2. Каким будет бинарное изображение, если в полутоновом уменьшать/увеличивать количество уровней серого?
3. Какую информацию о файле получает функция `IMFINFO`?
4. Что представляет собой битовая карта изображения?
5. Где можно посмотреть битовую карту исходного изображения?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

для магистрантов

Лабораторная работа №2

Тема. Работа с контрастностью изображения (IMADJUST, HISTEQ).

Функции PIXVAL и MEAN2.

Цель. Изменение контраста (увеличить/уменьшить) изображения. Получение яркостных характеристик отдельного пикселя и всего изображения в целом.

Краткие теоретические сведения

Технология повышения контрастности изображений

Пакет Image Processing Toolbox содержит несколько классических функций улучшения изображений. Эти функции IMADJUST HISTEQ, являются очень эффективными при повышении контраста. Приведем их сравнительный анализ функций при использовании их для улучшения полутоновых изображений.

Считывание изображений из файла

Считаем полутоновое изображение: micro9.jpg .

```
I = imread('micro9.jpg');  
figure('Name','Исходник');  
imshow(I);
```

Улучшение полутоновых изображений. Функции IMADJUST, HISTEQ

Проведем сравнительный анализ эффективности использования следующих функций к улучшению изображений:

IMADJUST - увеличение контраста изображений путем изменения диапазона интенсивностей исходного изображения.

HISTEQ - выполнение операции эквализации (выравнивания) гистограммы. В этом подходе увеличение контрастности изображения происходит путем преобразования гистограммы распределения значений интенсивностей элементов исходного изображения. Существуют также другие подходы к видоизменению гистограмм.

ADAPTHISTEQ - выполнение контрастно-ограниченного адаптивного выравнивания гистограммы. Здесь методика повышения контрастности изображений базируется на анализе и эквализации гистограмм локальных окрестностей изображения.

Проведем краткий анализ эффективности обработки изображений с помощью функций IMADJUST, HISTEQ. В основе этих функций лежат

разные методы: в IMADJUST - преобразование диапазона яркостей элементов изображения, в HISTEQ - эквализация гистограммы. Каждый из этих методов (функций) нацелен на устранение некоторого недостатка, поэтому может быть применен для эффективной обработки такого класса изображений, на которых есть такой тип искажений.

Пример1.

```
M=imread('micro9.jpg');
figure('Name','Исходник');
imshow(M);

% HISTEQ
J = histeq(M(:,:,1));
figure('Name','255');
imshow(J);
J = histeq(M(:,:,1),10);
figure('Name','10');
imshow(J);
J = histeq(M(:,:,1),4);
figure('Name','4');
imshow(J);
J = histeq(M(:,:,1),2);
figure('Name','2');
imshow(J);

%IMADJUST
J = imadjust(M,[0. 1],[0.]);
figure('Name','imadjust(I,[0. 1])');
imshow(J);
J = imadjust(M,[0.1 0.5],[0.]);
figure('Name','imadjust(I,[0.1 0.5])');
imshow(J);
J = imadjust(M,[0.5 0.7],[0.]);
figure('Name','imadjust(I,[0.5 0.7])');
imshow(J);
```

Пример2.

```
%Работа с индексированным изображением
I = imread('isberg.jpg');
figure('Name','Исходник');
imshow(I);
[X map]=rgb2ind(I,16);
J = ind2rgb(X,map);
figure('Name','ind2rgb(X,map)');
```

```

imshow(J);
% HISTEQ
JJ = histeq(J(:, :, 1), 28);
%figure('Name','28');
%imshow(JJ);
% IMADJUST
JI = imadjust(J,[0.3 0.7],[]);
%figure('Name','imadjust(I,[0.3 0.7])');
%imshow(JI);

```

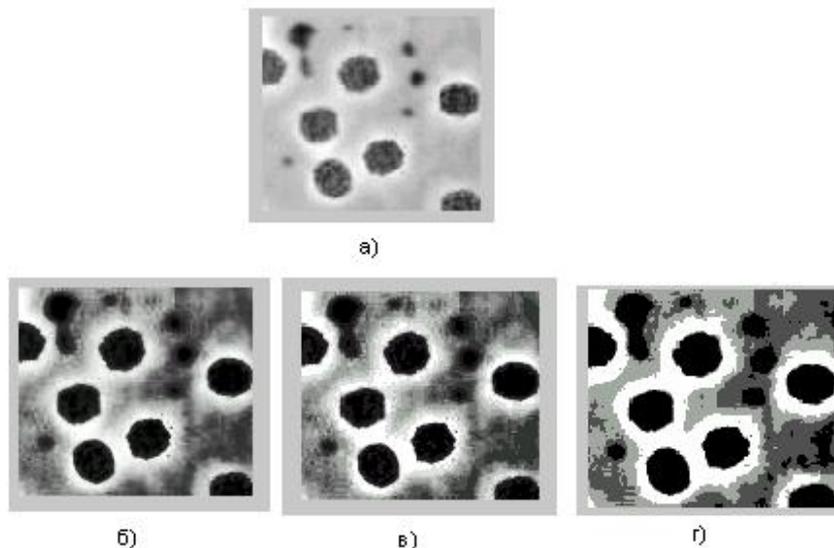


Рис.1 Регулирование контрастности исходного изображения а) с использованием гистограммных преобразований HISTEQ: б) 256 уровней яркости; в) 10 уровней яркости; г) 4 уровня яркости.

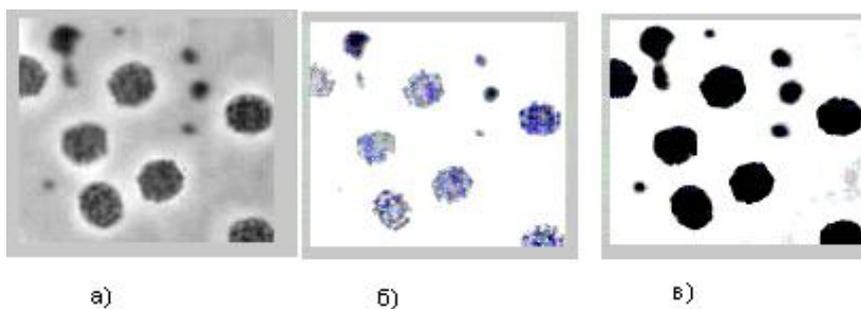


Рис.2 Регулирование контрастности исходного изображения а) путем изменения диапазона интенсивностей исходного изображения: б) в диапазоне [0.1 0.5]; в) в диапазоне [0.5 0.7].

Функции PIXVAL и MEAN2

Функция `PIXVAL on` – включает отображение пиксела для текущего графического окна. В нижней части окна выводятся координаты пиксела (номер строки, номер столбца) и цветовые атрибуты его.

В этом режиме можно изменять *евклидово расстояние* между пикселями. Начальный пиксел фиксируется нажатием левой клавиши мыши, после чего ее курсор надо перемещать к другому пикселу – конечному. За курсором будет тянуться прямая линия, а под окном будет отображаться расстояние между пикселями. При отпускании левой клавиши мыши протяжка прямой линии и отображение расстояния между пикселями пропадают.

Матричные операции в пакете IPT

Для вычисления *среднего* всех элементов матрицы изображения служит функция MEAN2.

Для вычисления стандартного отклонения элементов матрицы изображения служит функция STD2.

Функция CORR2 возвращает корреляционные коэффициенты между двумя матрицами или векторами.

Задание к лабораторной работе №2

1. Используя функции IMADJUST, HISTEQ изменить контрастность тестового изображения при различных параметрах функций. Исходное и полученные изображения выводить в рабочих окнах MATLAB.
2. Получить двухградационное изображение, используя функцию HISTEQ и так подобрать диапазон в функции IMADJUST, чтобы получить такое же двухградационное изображение.
3. Охарактеризовать исходное изображение по среднему значению яркости.
4. С помощью функции PIXVAL определить пиксели с самым большим значением яркости и с самым маленьким значением яркости на изображении.
5. Рассчитать среднее значение разброса яркости по формуле $S = (I_{\max} - I_{\min})/2$.

Контрольные вопросы

1. Что определяется для изображения по функции MEAN2?
2. Для светлых изображений, какое среднее значение возвращает функция MEAN2?
3. Как связана битовая карта изображения с функцией PIXVAL?
4. В результате действия функции histeq(J(:, :, 1), 255) получается изображение такое же, как исходное?
5. Почему изображение преобразованное функцией histeq(J(:, :, 1), 255) не совпадает с исходным?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3
для магистрантов

Лабораторная работа №3

Тема. Построение гистограммы распределения яркостей элементов изображения. Повышение контраста изображения и изменение гистограммы.

Цель. Построение общей гистограммы исходного изображения и локальной гистограммы для движущегося по изображению окна. Определение границ диапазона яркостей.

Краткие теоретические сведения

Гистограмма этот термин впервые был использован Пирсоном в 1895 г. Гистограмма является графическим представлением распределения частот выбранных переменных, на котором для каждого интервала (класса) рисуется столбец, высота которого пропорциональна частоте класса.

Для построения общей гистограммы полутонового изображения используется, как правило, 256 уровней яркости (интенсивности) изображения (ширина интервалов гистограммы равна 1), а высота каждого столбца – это количество пикселей изображения соответствующей яркости (интенсивности).

Можно рассчитывать максимально допустимый уровень яркости и минимальный уровень яркости для заданного изображения, и тогда диапазон уровней яркости может быть взят меньшим, чем 256 уровней.

В качестве примера рассмотрим гистограммы изображений `micro9.jpg` и `micro2.jpg`. Гистограмма изображения `micro2.jpg` занимает только центральную часть возможного диапазона яркостей Рис.2.

Пример1.

```
I=imread('micro9.jpg');
figure('Name','micro9.jpg');
imshow(I);
figure;
imhist(I(:,:,1));
J=imread('micro1.jpg');
figure('Name','micro1.jpg');
imshow(J);
figure;
imhist(J(:,:,1));
```

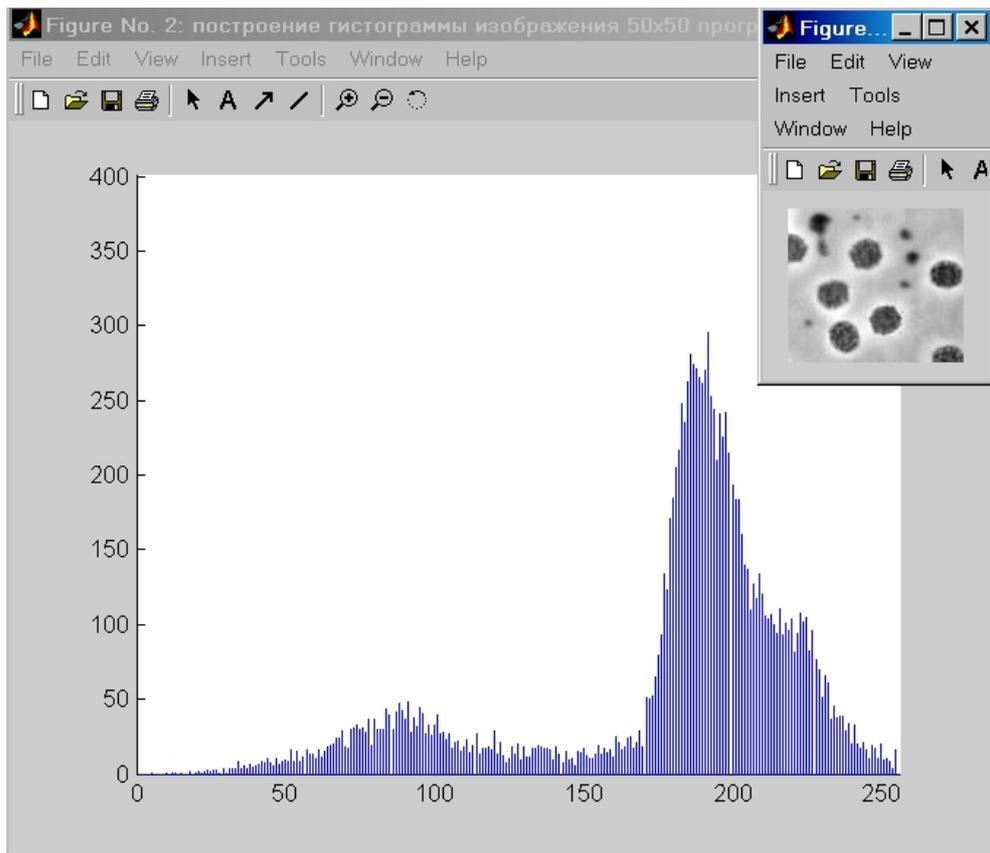


Рис.1 Гистограмма изображения micro9.jpg

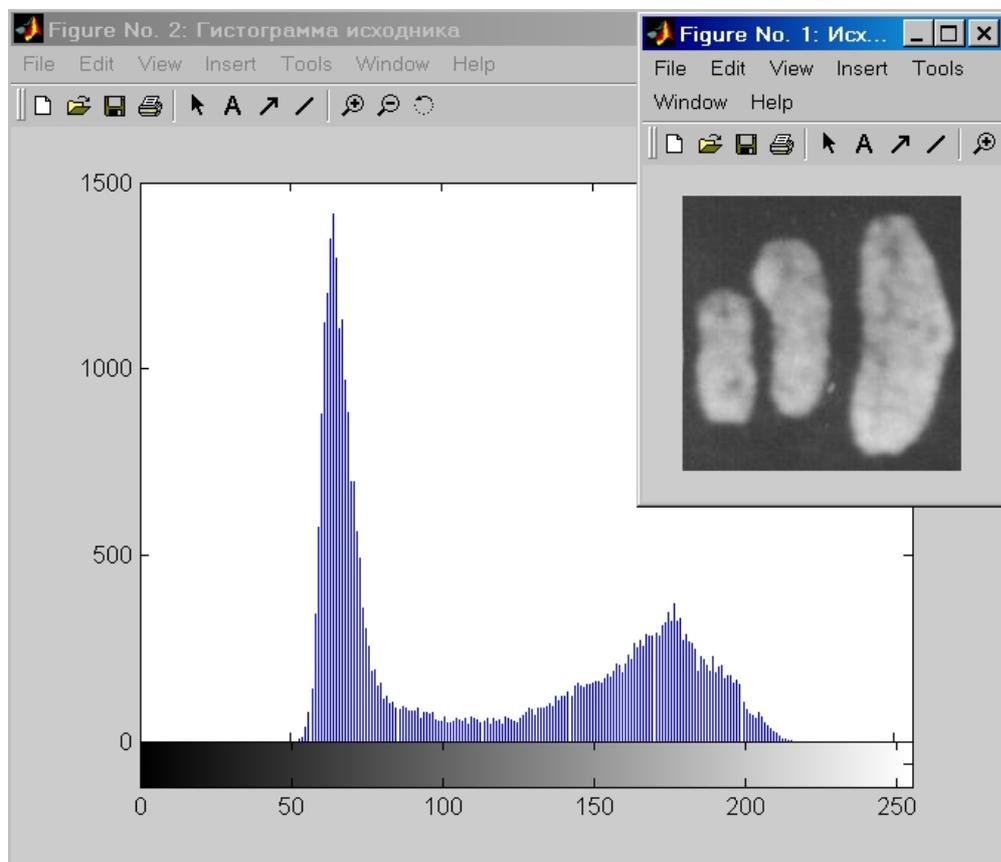


Рис.2 Гистограмма изображения micro1.jpg

Один из критериев выбора того или иного метода обработки может базироваться на анализе гистограммы распределения значений яркостей элементов изображения.

С целью *повышения контраста изображений*, на которых мелкие детали на темных участках видимы плохо, и сами изображения характеризуются низким контрастом, используют методы *видоизменения гистограммы*. Суть этих методов состоит в преобразовании яркостей исходного изображения таким образом, чтобы гистограмма распределения яркостей приобрела желательную форму. Оптимальным с точки зрения зрительного восприятия человеком является изображение, элементы которого имеют равномерное распределение яркостей. Получают улучшенные изображения путем выравнивания гистограммы, то есть стремятся достичь равномерности распределения яркостей обработанного изображения. У. Фрэй исследовал метод видоизменения гистограмм, который обеспечивал экспоненциальную или гиперболическую форму распределения яркостей улучшенного изображения. Д. Кетчам усовершенствовал этот метод, применив скользящую "локальную" гистограмму, полученную для некоторого участка изображения.

Это преобразование эффективно для улучшения визуального качества низко контрастных деталей. Существует также ряд известных методов видоизменения гистограммы, которые приводят к получению изображений с заранее заданным распределением.

Описанные методы преобразования гистограммы могут быть глобальными, то есть использовать информацию обо всем изображении, и скользящими, когда для преобразования используются локальные области изображения. Рассмотренные выше подходы служат основой широкого класса гистограммных методов преобразования изображений.

Основным этапом при создании методов гистограммных преобразований является корректное построение гистограммы распределения яркостей элементов изображения. Для этого в большинстве случаев используется встроенная функция `IMHIST`.

Пример2.

```
I=imread('micro9.jpg');  
figure('Name','Исходник');  
imshow(I);  
[m n t]=size(I);  
figure;  
imhist(I(:, :, 1));
```

```
%Построение гистограммы исходного изображения micro9.jpg  
for s =1:256
```

```

H(s)= 0;
end
for i=1:m
    for j=1:n
        H(I(i,j,1)) = H(I(i,j,1)) + 1;
    end
end
end
%grid on
figure;
for s =1:256
    line([s s], [0 H(s)])
end
axis([0 255 0 400])
pause;

```

Для растяжения динамического диапазона можно использовать функцию IMADJUST. Если гистограмма изображения характеризуется неравномерностью распределения, то для выравнивания гистограммы можно применить функцию HISTEQ.

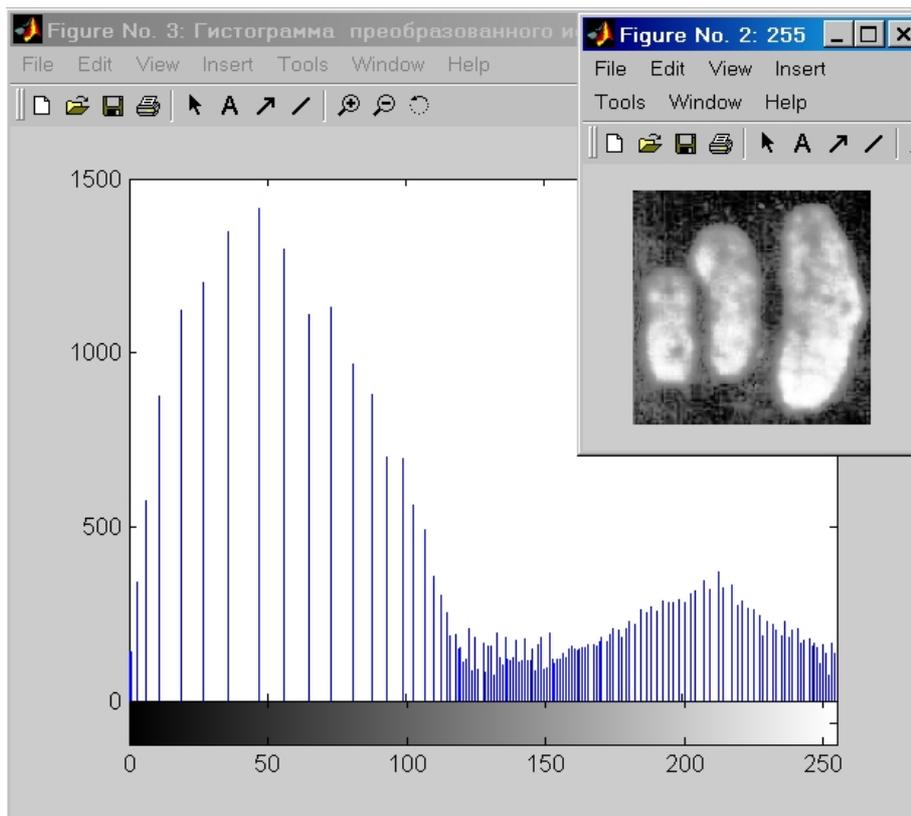


Рис.3 Гистограмма изображения повышенной контрастности

Задание к лабораторной работе №3

1. Построить гистограмму исходного изображения, используя функцию `IMHIST`.
2. Для окна 50×50 , выделенного из исходного изображения построить гистограмму программным методом (написать программный код) и с помощью стандартной функции `IMHIST`, сравнить полученные гистограммы.
3. Определить диапазон яркостей исходного изображения.
4. Вывести количество максимально используемой яркости (какой?) на изображении.
5. Преобразовать исходное изображение функцией `HISTEQ` с 255 уровнями яркости, построить гистограмму для преобразованного изображения.

Контрольные вопросы

1. Что показывает гистограмма изображения?
2. Почему гистограмма преобразованного изображения (с помощью функции `HISTEQ` с 255 уровнями яркости) изменяется (выравнивается)?
3. Как определить среднее значение яркости по гистограмме изображения?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4
для магистрантов

Лабораторная работа №4

Тема. Двумерные унитарные преобразования. Двумерное дискретное преобразование Фурье.

Цель. Используя стандартную функцию FFT2 получить преобразованное изображение. Написать программу для двумерного преобразования Фурье, сравнить действия стандартного фильтра Фурье и написанного программно.

Краткие теоретические сведения

Основой большинства методов *линейной фильтрации* в пространственной области являются *ортогональные (унитарные)* преобразования.

Существует три основных области применения двумерных *унитарных преобразований* для обработки изображений. Во-первых, преобразования используют для выделения характеристик признаков изображения. Второй областью применения является кодирование изображений, когда ширина спектра уменьшается за счет отбрасывания или грубого квантования малых по величине коэффициентов преобразования. Третья область применения - это сокращения размерности при выполнении вычислений.

К таким преобразованиям принадлежат преобразования Фурье, синусные, косинусные, волновые преобразования, а также преобразования Карунена-Лоева, Уолша, Хаара и Адамара. Однако и эти преобразования не обеспечивают обработки изображений в масштабе реального времени из-за своей вычислительной сложности.

Двумерное прямое преобразование Фурье определяется следующей формулой:

$$\hat{O}(u, v) = \sum_{m=1}^{M-1} \sum_{n=1}^{N-1} F(m, n) e^{-\frac{2\pi}{M}jum} e^{-\frac{2\pi}{N}jvn}, \quad (1)$$

где $m=0, 1, \dots, M$ и $n=0, 1, \dots, N$, F - массив исходного изображения размерности $M \times N$.

Функция FFT2

Синтаксис команд для выполнения двумерного преобразования Фурье:

$Y = \text{FFT2}(X)$

$Y = \text{FFT2}(X, m, n)$

Функция $Y=FFT2(X)$ вычисляет двумерное ДПФ, возвращая результат в матрице комплексных чисел Y , имеющей тот же размер, что и матрица X ; X может быть вектором, в этом случае возвращается вектор Y , имеющий такую же ориентацию, что и вектор X .

Функция $Y=FFT2(X, m, n)$ вычисляет двумерное преобразование Фурье матрицы $m \times n$, при необходимости дополняя нулями или усекая исходную матрицу X . Возвращается матрица Y размера $m \times n$.

Массив Y имеет формат представления данных `double`.

Двумерное преобразование Фурье вычисляется выполнением двух одномерных преобразований $FFT(FFT(x).')$; сначала вычисляется ДПФ каждого столбца, а затем каждой строки результата.

Пример1

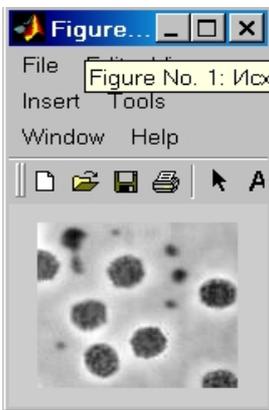
```
I1=imread('micro9.jpg');
[M,N,t]=size(I1);
I2=double(I1)+1;
for j=1:M
    for k=1:N
        I3(j,k)=I2(j,k,1);
    end
end
J=fft2(I3);
J1=real(J); % действительная часть преобразования Фурье
J2=imag(J); % мнимая часть преобразования Фурье
J3=abs(J); % модуль преобразования Фурье

a=-2*pi*i/sqrt(M*N);
for j=1:N
    for k=1:N
        Ac(j,k)=exp(a*j*k);
    end
end
for j=1:M
    for k=1:M
        Ar(j,k)=exp(a*j*k);
    end
end
P=Ar*I3*Ac;
P1=real(P);
P2=imag(P);
P3=abs(P);
figure('Name','Исходное изображение');
```

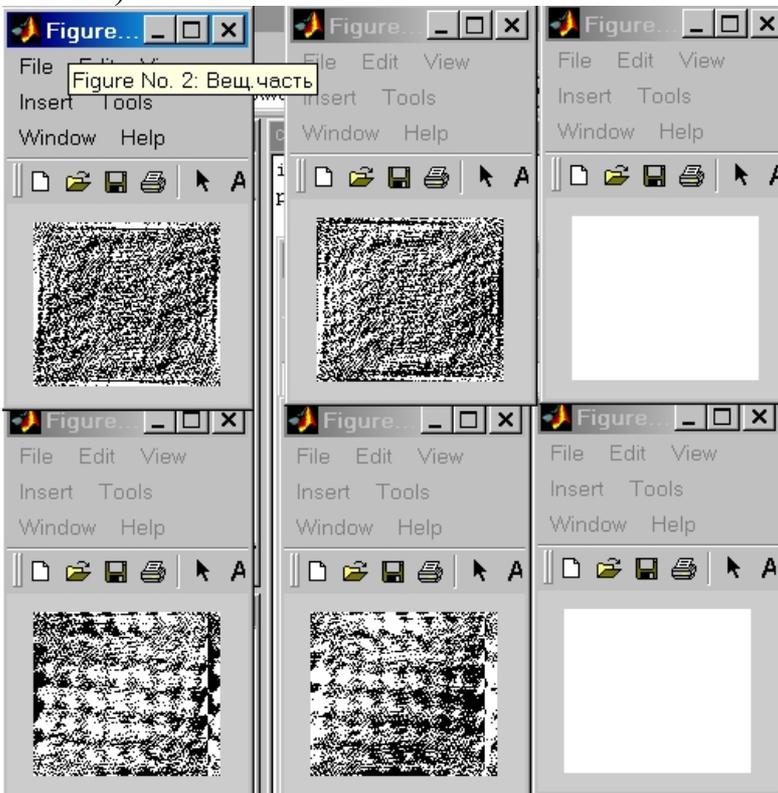
```

imshow(I1);
figure('Name','Преобразованное (1) - вещ часть');
imshow(J1);
figure('Name','Преобразованное (1) - мним часть');
imshow(J2);
% figure('Name','Преобразованное (1) - модуль');
% imshow(J3);
figure('Name','Преобразованное (2) - вещ часть');
imshow(P1);
% figure('Name','Преобразованное (2) - мним часть');
% imshow(P2);
% figure('Name','Преобразованное (2) - модуль');
% imshow(P3);

```



а)



б)

в)

г)

Рис. 1. Преобразование Фурье исходного изображения а): б) преобразование Фурье функцией FFT2/программным способом; в) действительная часть преобразования Фурье; г) мнимая часть преобразования Фурье; г) модуль преобразования Фурье, полученного функцией FFT2 программным способом.

Фурье преобразование изображения регулярной структуры

Сформируем двумерный сигнал, являющийся суммой двух

пространственных волн. Выведем его на экран в виде полутонового

изображения (рис. 2, а) и трехмерной поверхности (рис.2, в). Затем

вычислим спектр сигнала и выведем его на экран (рис. 2, д). Так как спектр

симметричен, 4 отчетливых пика на рис. 2, д соответствуют двум частотам

волн, из которых сформировано исходное изображение.

Удалим из спектра пики, соответствующие одной из частот (рис. 2, е). Восстановим с помощью обратного преобразования Фурье из отредактированного спектра двумерный сигнал. Результат восстановления выводится на экран в виде полутонового изображения (рис. 2, б) и трехмерной поверхности (рис. 2, г).

Пример 2

```
% Пример демонстрирует двумерное
% прямое и обратное преобразования Фурье изображения регулярной
% структуры
% Формирование исходного изображения
[x, y]=meshgrid(1:32);
I=sin(2*pi*x/8)+sin(2*pi*y/16);
% Вывод исходного изображения на экран.
imshow(mat2gray(I));
% Вывод исходного изображения в виде 3D-поверхности.
figure, mesh(x,y, I);
% Прямое преобразование Фурье.
h=fft2(I);
% Вывод на экран спектра исходного изображения.
figure, mesh(x,y, abs(h));
% Обнуление части спектра.
h(1:32,1:2)=0;
% Вывод на экран получившегося спектра.
figure, mesh(x,y, abs(h));
```

% Обратное преобразование Фурье.

`I=ifft2(abs(h));`

% Вывод на экран результирующего изображения.

`figure, imshow(mat2gray(I));`

% Вывод на экран результирующего изображения в виде 3D-поверхности.

`figure, mesh(x, y, abs(I));`

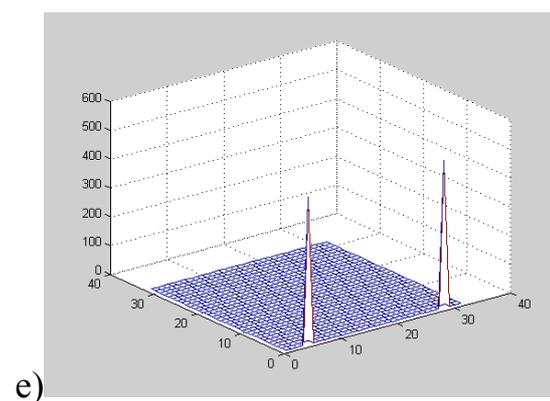
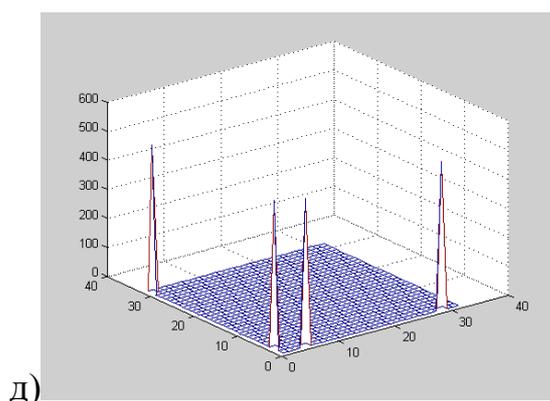
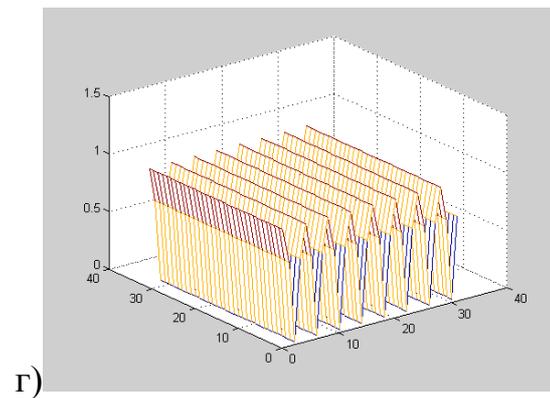
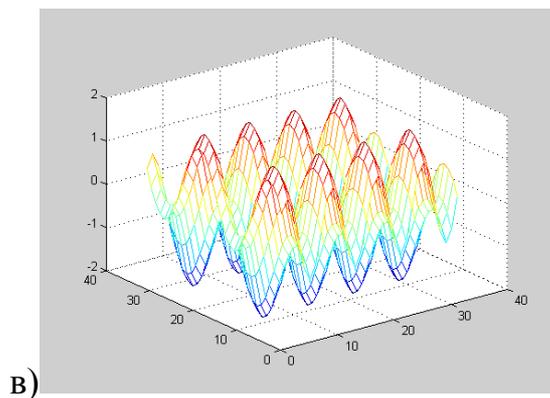
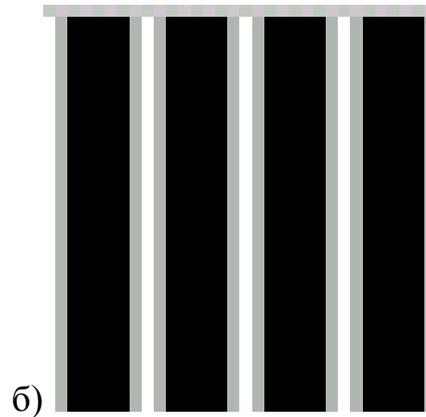
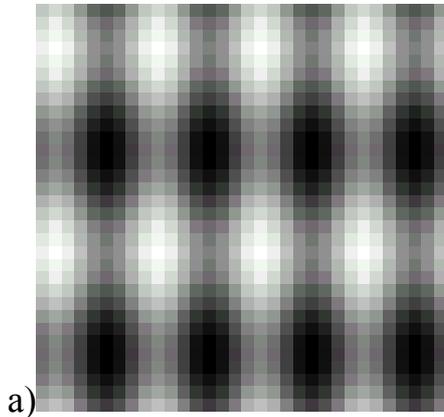


Рис. 2. Преобразование Фурье изображения регулярной структуры:

а) исходное изображение регулярной структуры;

б) изображение, полученное удалением из спектра Фурье двух составляющих;

в), г) трехмерная реализация изображений а) и б) соответственно;

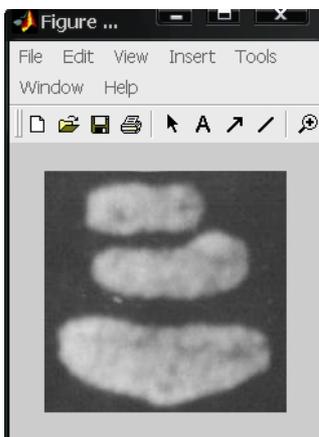
д), е) спектр Фурье изображения до и после обнуления части спектра.

Пример 3

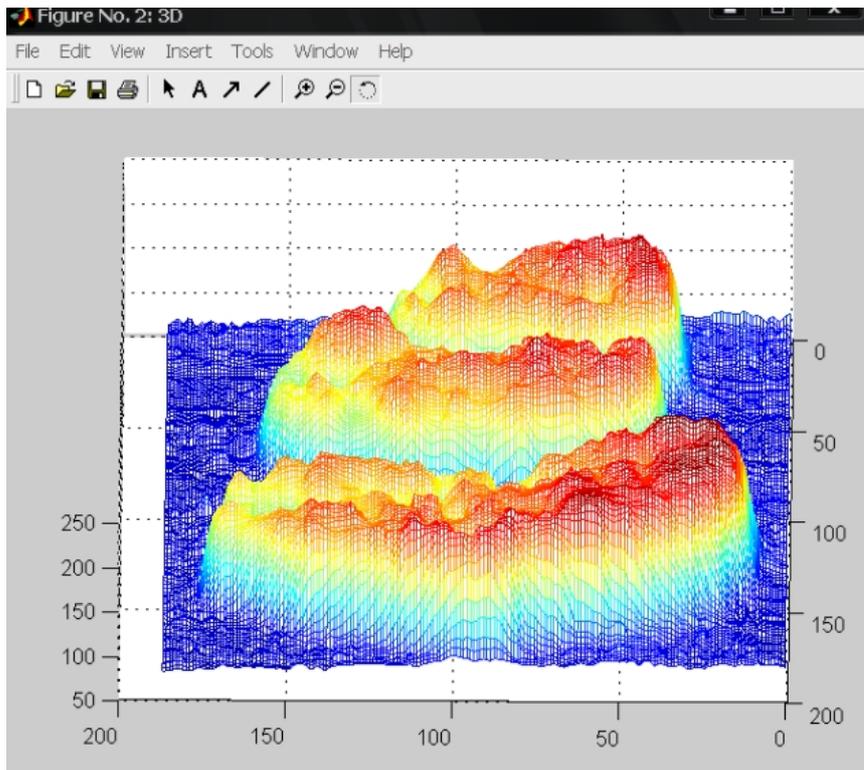
% Пример демонстрирует двумерное преобразования Фурье изображения micro1.jpg

```
I1=imread('micro1.jpg');
[M,N,t]=size(I1);
[x, y]=meshgrid(1:N,1:N);
figure('Name','Исходное изображение');
imshow(I1);
I2=double(I1)+1;
for j=1:N
    for k=1:N
        I3(j,k)=I2(j,k,1);
    end
end
figure('Name','3D'), mesh(x,y, I3);

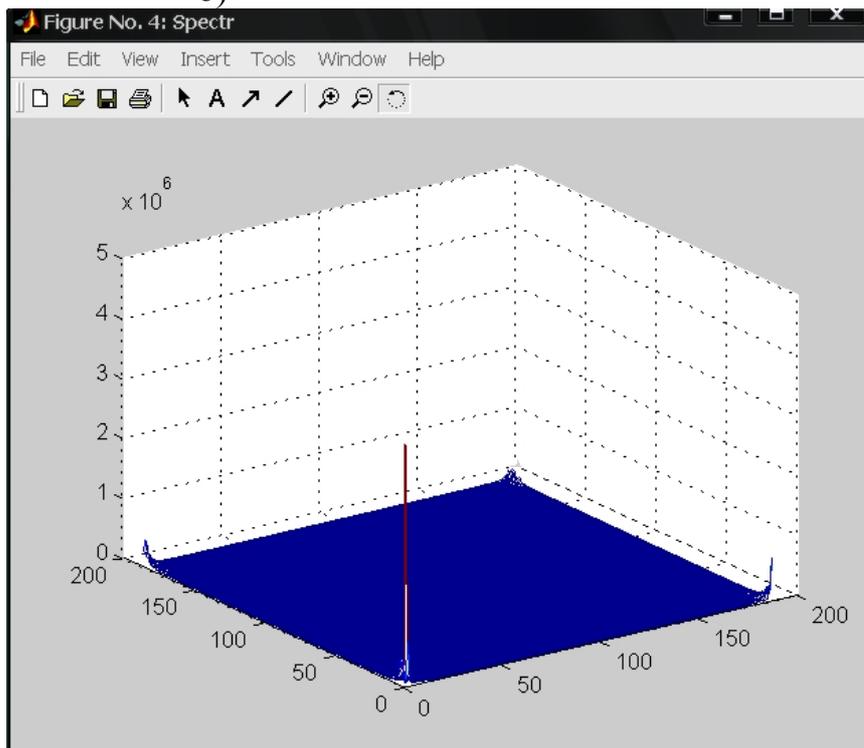
h=fft2(I3);
figure('Name','Spectr'), mesh(x,y, abs(h));
```



a)



б)



в)

Рис. 3. Преобразование Фурье исходного изображения:
 а) исходное изображение `micro1.jpg`;
 б) трехмерная реализация изображения `micro1.jpg`;
 в) спектр Фурье изображения `micro1.jpg`.

Задание к лабораторной работе №4

1. Для исходного изображения получить преобразованное изображение, используя функцию FFT2.
2. Написать программный код для преобразования Фурье и преобразовать исходное изображение, сравнить полученные преобразования изображения (действительную, мнимую части и модуль преобразования Фурье).
3. Вывести исходное изображение в виде 3D поверхности, удалить пики из спектра. Вывести исходное и полученное изображения.

Контрольные вопросы

1. Как в программе реализовано свойство разделимости ядра двумерного преобразования Фурье?
2. Что определяет спектр Фурье изображения?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

для магистрантов

Лабораторная работа №5

Тема. Двумерные унитарные преобразования. Преобразование Адамара (Уолша). Преобразование Хаара.

Цель. Получить преобразования Адамара и Хаара для исходного изображения.

Краткие теоретические сведения

Унитарные преобразования являются частным случаем линейных преобразований, когда линейный оператор точно обратим, а его ядро удовлетворяет условиям ортогональности. В результате прямого унитарного преобразования матрицы изображения $F(n_1, n_2)$ размера $N_1 \times N_2$ образуется матрица преобразованного изображения того же размера, элементы которой равны

$$G(m_1, m_2) = \sum \sum F(n_1, n_2) A(n_1, n_2; m_1, m_2), \quad (1)$$

где $A(n_1, n_2; m_1, m_2)$ – ядро прямого унитарного преобразования.

Преобразование Адамара основано на квадратной матрице Адамара, размерности $N \times N$, элементы которой равны +1 или -1, а строки или столбцы образуют ортогональные векторы. Нормированная матрица Адамара N -го порядка удовлетворяет соотношению

$$H_N H_N^T = I_N \quad (2)$$

Среди ортонормальных матриц Адамара наименьшей является матрица второго порядка вида

$$H_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}.$$

Пока не удалось определить, существуют ли матрицы Адамара для произвольных N , но почти для всех допустимых N , доходящих до 200, найдены правила построения соответствующих матриц. Наиболее просто удается построить такие матрицы при $N=2^n$, где n -целое. Если H_N матрица Адамара N -го порядка, то матрица

$$H_{2N} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} H_N & H_N \\ H_N & -H_N \end{bmatrix}, \quad (3)$$

Также является матрицей Адамара порядка $2N$.

Матрицы Адамара четвертого и восьмого порядка, полученные по формуле (3) имеют вид

$$H_4 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}, \quad (3^*)$$

$$H_8 = \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}. \quad (3^{**})$$

Хармут предложил частотную интерпретацию матриц Адамара, имеющих блочную структуру. Число изменений знака вдоль каждой строки матрицы Адамара, деленное на два, называется *секвентой* строки. Можно построить матрицу Адамара порядка $N = 2^n$, в которой число изменений знака в строках принимает значения от 0 до $N-1$. Унитарные матрицы с такими характеристиками называются матрицами с *секвентным свойством*.

Строки матрицы Адамара можно рассматривать как последовательность отсчетов прямоугольных периодических колебаний (сигналов), период которых кратен $1/N$. Подобные непрерывные функции, называемые функциями Уолша, связаны с импульсными функциями Радемахера. Следовательно, матрица Адамара описывает преобразование, связанное с разложением функций по семейству прямоугольных базисных функций, а не по синусам и косинусам, характерным для преобразования Фурье.

Преобразование Адамара, определяемое с помощью матриц вида (3) известно также под названием преобразования Уолша.

Преобразование Хаара основывается на ортогональной матрице Хаара. Рассмотрим матрицы четвертого и восьмого порядка

$$H_4 = \frac{1}{\sqrt{4}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ \sqrt{2} & -\sqrt{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sqrt{2} & -\sqrt{2} \end{bmatrix},$$

$$H_8 = \frac{1}{\sqrt{8}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ \sqrt{2} & \sqrt{2} & -\sqrt{2} & -\sqrt{2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \sqrt{2} & \sqrt{2} & -\sqrt{2} & -\sqrt{2} \\ 2 & -2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & -2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & -2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & -2 \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Матрицы Хаара более высокого порядка строятся по тем же правилам, что и матрицы H_4 H_8 .

В задачах обработки изображений хааровский спектр описывает распределение энергии компонент, соответствующих разностям средних значений яркостей соседних элементов, разностям средних значений яркостей соседних пар элементов и вообще разностям средних значений яркостей соседних групп из 2^m элементов.

Быстрые алгоритмы вычислений

В общем случае, чтобы выполнить унитарное преобразование матрицы изображения, содержащей $N \times N$ спектральных коэффициентов, необходимо произвести N^4 арифметических операций. Для многих унитарных преобразований существуют эффективные алгоритмы вычислений, позволяющие ускорить выполнение преобразования.

Основной идеей этих быстрых вычислительных алгоритмов является разделение всей задачи на ряд этапов, причем результаты, полученные на предыдущих этапах, многократно используются на последующих этапах.

Рассмотрим процесс вычисления коэффициентов преобразования Адамара с неупорядоченной матрицей для последовательности из четырех элементов $f(j)$. При прямом способе вычисления находятся четыре величины по формулам

$$\begin{aligned} f(0) &= f(0)+f(1)+f(2)+f(3), \\ f(1) &= f(0)-f(1)+f(2)-f(3), \\ f(2) &= f(0)+f(1)-f(2)-f(3), \\ f(3) &= f(0)-f(1)-f(2)+f(3). \end{aligned}$$

Для этого необходимо выполнить $N(N-1)=12$ арифметических операций.

Коэффициенты преобразования Адамара можно найти по-другому, разбив процесс вычисления на два этапа:

$$\begin{aligned} \text{I-этап} \quad a(0) &= f(0)+f(2), \\ a(1) &= f(0)-f(2), \\ a(2) &= f(1)+f(3), \\ a(3) &= f(1)-f(3), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{II-этап} \quad f(0) &= a(0)+a(2), \\ f(1) &= a(0)-a(2), \end{aligned}$$

$$f(2) = a(1)+a(3),$$

$$f(3) = a(1)-a(3).$$

При этом для определения элементов матрицы A_4 требуется только $N \log_2 N = 8$ операций.

Принципы, описанные выше на примере преобразования Адамара, можно применить для быстрого вычисления многих других преобразований. Разработаны быстрые алгоритмы для преобразований Фурье, четного косинусного, синусного, Адамара, Хаара и наклонного. В общем случае для преобразования Карунена-Лоэва быстрого алгоритма не найдено, однако известны приближенные алгоритмы преобразования Карунена –Лоэва для марковских процессов.

Задание к лабораторной работе №5

1. Построить матрицу преобразования Адамара, размерности 64×64 . Для изображения 64×64 получить преобразованное изображение преобразованием Адамара.
2. Построить матрицу преобразования Хаара, размерности 64×64 . Для изображения 64×64 получить преобразованное изображение преобразованием Хаара.
3. Проверить матрицы Адамара и Хаара на ортонормированность.
4. Проверить секвентное свойство матрицы Адамара, размерности 16×16 .

Контрольные вопросы

1. По какой процедуре получается матрица Хаара?
2. Что обозначает секвентное свойство? Показать на матрице Адамара размерности 16×16 .
3. Какие базисные функции у преобразований Адамара и Хаара? Чем они отличаются от базисных функций преобразования Фурье?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6
для магистрантов

Лабораторная работа №6

Тема. Движение сканирующего окна, определение координат центра изображения.

Цель. По исходному изображению получить его битовую карту. Построить окно 50×50 пикселей на изображении, сделать окно скользящим по исходному изображению. Определить координаты центра изображения.

Краткие теоретические сведения

Многие преобразования изображений необходимо выполнять движущимся (сканирующим) окном. Алгоритм движения окна по диагонали из верхнего левого угла в нижний правый угол выполнить самостоятельно. Также рассчитать координаты центра изображения, используя данные о размерах исходного изображения.

Пример:

%Выделение неподвижного окна на исходном изображении

```
imfinfo('micro9.jpg')
[I,x]=imread('micro9.jpg'); %чтение рисунка в матрицу I
for j=1:50,
    for k=1:50,
        for l=1:3
            I2(j,k,l)=I(j,k,l);
        end
    end
end
end
imshow(I2);%вывод окна 50*50 в графическом окне
pause;
[m,n,t] = size(I);
figure('Units','pixels','Position',[100 100 n m]);
%регулирование значений интенсивности изображения в окне
I3=imadjust(I2,[0.4 0.6],[]);
imshow(I3);%вывод окна 50*50 с измененной интенсивностью в графическом
окне
pause;
[m,n,t] = size(I);
figure('Units','pixels','Position',[100 100 n m]);
for j=1:50,
    for k=1:50,
        for l=1:3
```

```

    I(j,k,l)=I3(j,k,l);
end
end
end
imshow(I);
pause;

```

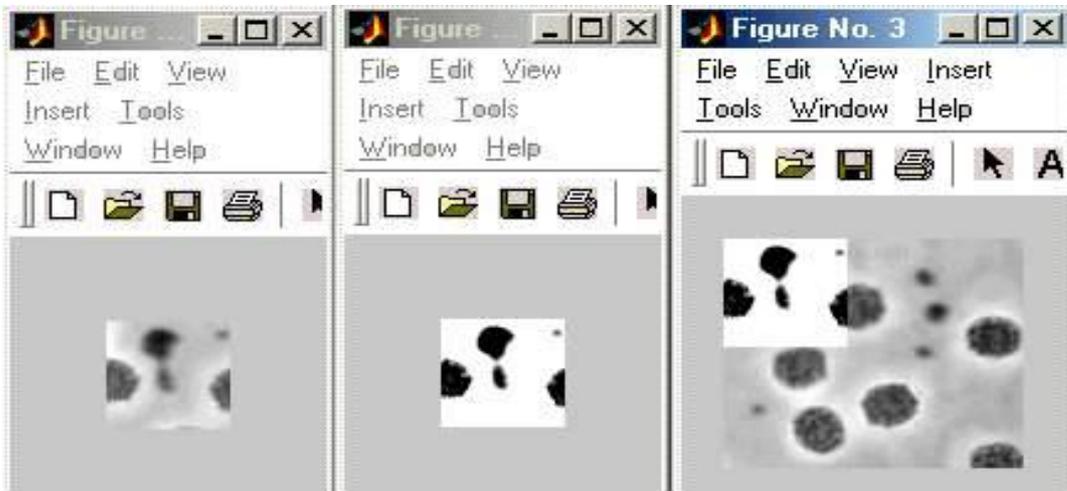


Рис.1 а) окно 50×50; б) окно 50×50 с измененной интенсивностью; в) исходное изображение с наложением окна 50×50 с измененной интенсивностью.

Задание к лабораторной работе №6

1. Используя функцию `IMFINFO` получить информацию о файле с исходным изображением.
2. Получить битовую карту исходного изображения
3. На исходном изображении получить окно 50×50 пикселей. Для того чтобы окно было видимым на изображении изменить его интенсивность с помощью функции `IMADJUST`.
4. Получить битовую карту окна 50×50.
5. Используя функцию `PIXVAL` получить информацию о значении яркости в конкретном пикселе исходного изображения.
6. Используя функцию `MEAN2` вычислить среднее значение элементов матрицы исходного изображения и окна 50×50.
7. Написать программу передвижения окна 50×50 по исходному изображению.

Контрольные вопросы

1. Каков алгоритм движения окна 10×10? Описание алгоритма выполнить в виде блок-схемы.
2. Выписать условие остановки цикла движения окна.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7
для магистрантов

Лабораторная работа №7

Тема. Двумерная линейная фильтрация. Низкочастотные и высокочастотные маски.

Цель. Используя маски низкочастотные и высокочастотные преобразовать исходное изображение.

Краткие теоретические сведения

Изображение может повреждаться шумами различного происхождения, например шумом их зернистости фотоматериалов и ошибками, влияние можно минимизировать, пользуясь методами статистической фильтрации.

Шумы видеодатчиков или ошибки в канале передачи обычно проявляются на изображении как разрозненные изменения изолированных элементов, не обладающие пространственной корреляцией. Искаженные элементы часто весьма заметно отличаются от соседних элементов. Это наблюдение послужило основой для многих алгоритмов, обеспечивающих подавление шума. Поскольку шум пространственно декоррелирован, в его спектре, как правило, содержатся более высокие пространственные частоты, чем в спектре обычного изображения. Следовательно, простая низкочастотная пространственная фильтрация может служить эффективным средством сглаживания шумов.

Массив Q размера $M \times M$ выходного изображения формируется путем дискретной свертки массива F размера $N \times N$ исходного изображения со сглаживающим массивом H размера $L \times L$ согласно формуле:

$$Q(m_1, m_2) = \sum_{n_1} \sum_{n_2} F(n_1, n_2) H(m_1 - n_1 + 1, m_2 - n_2 + 1) \quad (1)$$

Приведем сглаживающие массивы трех разновидностей, часто называемые низкочастотными шумоподавляющими масками:

$$\begin{array}{ccc} \text{маска I} & \text{маска II} & \text{маска III} \\ H = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, & H = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, & H = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \end{array} \quad (2)$$

Массивы (2) нормированы для получения единичного коэффициента передачи, чтобы процедура подавления шума не вызывала смещения средней яркости обработанного изображения.

Психофизические эксперименты показывают, что фотографическое или телевизионное изображение с подчеркнутыми границами часто оказывается субъективно более приятным, чем фотометрически совершенная репродукция.

Подчеркивание границ можно также осуществить, выполняя дискретную фильтрацию согласно соотношению (1) с использованием высокочастотного импульсного отклика H .

Ниже представлены три типичные маски для выполнения высокочастотной фильтрации:

$$\begin{array}{ccc}
 \text{маска I} & \text{маска II} & \text{маска III} \\
 H = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}, & H = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}, & H = \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix} & (3)
 \end{array}$$

Функции линейной фильтрации системы MATLAB

Функция двумерной фильтрации FILTER2.

Функция FSPECIAL создает маску двумерного фильтра заданного типа в виде матрицы, хранящей коэффициенты фильтра, которые задают его передаточную характеристику и свойства.

В системе MATLAB возможны следующие типы фильтров (масок):

Усредняющий фильтр AVERAGE

Фильтр Гаусса GAUSSIAN

Фильтр Лапласа LAPLACIAN

Фильтр Лапласа-Гаусса LOG

Фильтр Собеля SOBEL

Фильтр Превитта PREWITT

Фильтр повышения резкости UNSHARP

Задание к лабораторной работе №7

1. Для тестового изображения применить фильтры AVERAGE, UNSHARP.

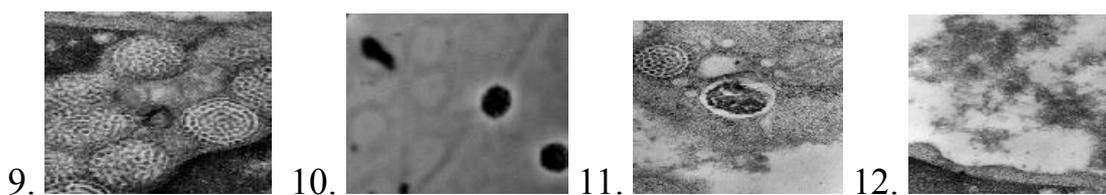
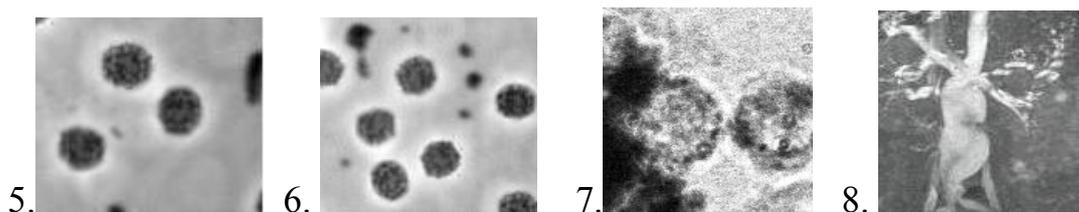
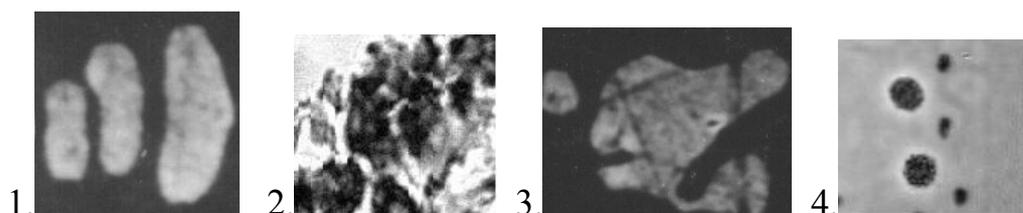
2. Обработать исходное изображение, применив низкочастотный фильтр, используя маски.
3. Обработать исходное изображение, применив высокочастотный фильтр, используя маски.
- 4.

Контрольные вопросы

1.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ИСХОДНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ



Министерство образования и науки РФ
Федеральное агентство по образованию
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ГОУВПО «АмГУ»)

Факультет математики и информатики
Специальность 230201 – Информационные системы и технологии
Кафедра информационных и управляющих систем

Отчет

по лабораторной работе № ____

на тему: _____

по дисциплине:

Исполнитель
студент(ка) группы ____

И.О.Ф.

Руководитель

Н.П. Семичевская

Благовещенск

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Контрольная работа №1

«Двумерное преобразование Фурье (непрерывное). Свойства ПФ.»

В контрольной работе предлагается выписать свойство делимости двумерного преобразования Фурье, и сделать пояснения.

$$\Phi(\omega_x, \omega_y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} F(x, y) \cdot \exp\{-i(\omega_x x + \omega_y y)\} dx dy \quad \text{двумерное}$$

преобразование Фурье.

Ядро двумерного преобразования Фурье делимо, поэтому это преобразование выполняется в два этапа:

I) этап

$$\Phi_y(\omega_x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} F(x, y) \cdot \exp\{-i\omega_x x\} dx \quad (1^*)$$

II) этап

$$\Phi(\omega_x, \omega_y) = \int_{-\infty}^{\infty} \Phi_y(\omega_x, y) \cdot \exp\{-i\omega_y y\} dy \quad (1^{**})$$

Контрольная работа №2

«Гистограмма двумерного массива. Определение среднего по гистограмме»

В контрольной работе необходимо построить гистограмму по исходному массиву и рассчитать среднее значение по гистограмме.

Вариант 1

Исходный массив уровней яркости изображения задан матрицей F 10×10 :

$$F = \begin{bmatrix} 120 & 120 & 120 & 11 & 32 & 233 & 12 & 99 & 102 & 111 \\ 120 & 120 & 120 & 15 & 180 & 67 & 58 & 199 & 30 & 246 \\ 120 & 120 & 120 & 111 & 111 & 111 & 77 & 12 & 120 & 121 \\ 0 & 255 & 105 & 111 & 111 & 111 & 207 & 5 & 92 & 66 \\ 76 & 53 & 28 & 111 & 111 & 111 & 33 & 66 & 77 & 50 \\ 0 & 32 & 133 & 111 & 111 & 111 & 65 & 78 & 38 & 89 \\ 60 & 15 & 168 & 63 & 39 & 38 & 73 & 12 & 220 & 49 \\ 0 & 180 & 102 & 123 & 167 & 70 & 2 & 20 & 175 & 56 \\ 8 & 40 & 58 & 0 & 80 & 3 & 9 & 69 & 90 & 90 \\ 0 & 37 & 26 & 35 & 4 & 78 & 63 & 30 & 90 & 90 \end{bmatrix}$$

Вариант 2

Исходный массив уровней яркости изображения задан матрицей F 10×10 :

$$F = \begin{bmatrix} 121 & 100 & 12 & 11 & 32 & 233 & 12 & 99 & 102 & 111 \\ 0 & 200 & 55 & 15 & 180 & 67 & 58 & 199 & 30 & 246 \\ 68 & 1 & 35 & 111 & 101 & 35 & 77 & 12 & 120 & 121 \\ 0 & 255 & 105 & 69 & 38 & 73 & 207 & 5 & 92 & 66 \\ 76 & 53 & 28 & 10 & 25 & 250 & 33 & 66 & 77 & 50 \\ 0 & 32 & 133 & 4 & 65 & 44 & 65 & 78 & 38 & 89 \\ 60 & 15 & 168 & 63 & 39 & 38 & 73 & 12 & 223 & 49 \\ 0 & 180 & 102 & 123 & 167 & 70 & 2 & 20 & 175 & 56 \\ 8 & 40 & 58 & 0 & 80 & 3 & 9 & 69 & 90 & 67 \\ 0 & 37 & 26 & 35 & 4 & 78 & 63 & 30 & 28 & 90 \end{bmatrix}$$

Вариант 3

Построить гистограмму по исходному массиву и рассчитать среднее значение по гистограмме.

Исходный массив уровней яркости изображения задан матрицей F 10×10 :

$$F = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 32 & 233 & 12 & 99 & 102 & 111 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 180 & 67 & 58 & 199 & 30 & 246 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 22 & 111 & 77 & 12 & 120 & 121 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 1 & 207 & 5 & 92 & 66 \\ 76 & 53 & 28 & 111 & 11 & 11 & 33 & 66 & 77 & 50 \\ 0 & 32 & 133 & 18 & 111 & 17 & 65 & 78 & 38 & 89 \\ 60 & 15 & 168 & 63 & 39 & 38 & 73 & 12 & 220 & 49 \\ 0 & 180 & 102 & 123 & 167 & 70 & 2 & 20 & 175 & 56 \\ 1 & 4 & 5 & 0 & 8 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 7 & 6 & 5 & 4 & 7 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Вариант 4

Построить гистограмму по исходному массиву и рассчитать среднее значение по гистограмме.

Исходный массив уровней яркости изображения задан матрицей F 10×10 :

$$F = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 32 & 233 & 12 & 99 & 102 & 111 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 180 & 67 & 58 & 199 & 30 & 246 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 22 & 111 & 77 & 12 & 120 & 121 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 1 & 207 & 5 & 92 & 66 \\ 76 & 53 & 28 & 111 & 11 & 11 & 33 & 66 & 77 & 50 \\ 0 & 32 & 133 & 18 & 111 & 17 & 65 & 78 & 38 & 89 \\ 60 & 15 & 168 & 63 & 39 & 38 & 73 & 12 & 220 & 49 \\ 0 & 180 & 102 & 123 & 167 & 70 & 2 & 20 & 175 & 56 \\ 1 & 4 & 5 & 0 & 8 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 7 & 6 & 5 & 4 & 7 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Использовать материалы лекции.

Контрольная работа №3

«Дискретизованный оператор суперпозиции»

В контрольной работе предлагается преобразовать исходный массив, используя матрицу преобразования оператора суперпозиции.

Вариант1

Исходный массив: $F = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 1 \\ 2 & 2 & 0 & 0 \\ 2 & 2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$.

Массив отсчетов импульсного отклика: $H = \begin{bmatrix} 11 & 12 & 13 \\ 11 & 12 & 13 \\ 11 & 12 & 13 \end{bmatrix}$.

Вариант 2

Исходный массив: $F = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \end{bmatrix}$.

Массив отсчетов импульсного отклика: $H = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 \\ 20 & 20 & 20 \\ 30 & 30 & 30 \end{bmatrix}$.

Вариант 3

Исходный массив: $F = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 0 & 0 \\ 2 & 2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$.

Массив отсчетов импульсного отклика: $H = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 1 & 2 & 3 \\ 1 & 2 & 3 \end{bmatrix}$.

Преобразовать массивы в векторную форму, получить матрицу преобразования D и выполнить преобразование.

Использовать материалы лекций.

8. ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ

Интегрированные среды для моделирования и исполнения программ цифровой обработки изображений и сигналов содержат мощные средства для инженерно–научных расчетов и визуализации данных. К таким пакетам относится Image Processing Toolbox системы **MATLAB 6.0**, разработанный фирмой MathWorks. Пакет обладает мощными средствами для обработки изображений.

Доработано методическое пособие «Обработка изображений в среде MATLAB с использованием Image Processing Toolbox» (авторы Семичевская Н.П., Соловцова Л.А.) для выполнения лабораторного практикума. Пособие содержит 10 лабораторных работ с кратким изложением теоретического материала, примерами программ, пояснениями и иллюстрациями, в конце каждой лабораторной работы приведены задания, которые необходимо выполнить.

В конце семестра магистрантам предлагается выполнить тест. Тестирование разработано в системе ILIAS 4: каждый тест состоит из теоретических вопросов (3-5) и вопросов по лабораторным работам (5-10).