

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Амурский государственный университет»**

Кафедра Информационных и управляющих систем

(наименование кафедры)

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**

ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ В ИС

(наименование дисциплины)

Основной образовательной программы по направлению подготовки  
(специальности)

230201.65 – «Информационные системы и технологии»

(код и наименование направления (специальности))

Благовещенск 2012



## СОДЕРЖАНИЕ УМКД

1	Рабочая программа учебной дисциплины	4
2	Краткое изложение программного материала	12
3	Методические указания (рекомендации)	13
	3.1. Методические указания к семинарским, практическим и лабораторным занятиям	13
	3.2. Методические указания по самостоятельной работе студентов	47
4	Контроль знаний	
	4.1. Текущий контроль знаний	47
	4.2. Итоговый контроль знаний	48
5	Интерактивные технологии и инновационные методы, используемые в образовательном процессе	61

# 1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цель 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 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. Цель преподавания дисциплины предоставить основные положения, понятия и определения по содержанию и применению методов обработки изображений в информационных системах.

### Задачи дисциплины:

- изучение основных понятий и методов обработки изображений;
- формирование устойчивых навыков практического использования технического, программно-аппаратного обеспечения и сопровождения информационных процессов.

В процессе изучения дисциплины студенты должны:

**Знать** основные методы обработки изображений, используемые в разных предметных областях;

**Уметь** использовать математические методы обработки изображений, разрабатывать алгоритмы преобразования изображений;

**Владеть** методиками преобразований изображений.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Дисциплина «Обработка изображений в ИС» является дисциплиной, входящей в цикл дисциплины специализации СД.ДС.Ф.,6 государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования для специальности 230201.65 «Информационные системы и технологии».

Для студентов, специализирующихся в области электронной вычислительной техники и обработки информации необходимы знания методов и принципов обработки видеoinформации. В курсе «Обработка изображений в ИС» студентам специальности 230201.65 «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 (Архитектура ЭВС, Компьютерная графика, Обработка сигналов), математики (Фурье

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

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 75 часов, 2.5з.е.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах			Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации
				Лек.	Лаб.	Сам	
1	Визуальная информация.		1	2	2	3	Лаб. работа №1
2	Математические модели описания непрерывных изображений		2	2	2	3	Лаб. работа №2 Контр. работа №1
3	Двумерное преобразование Фурье		3	2	2	3	Лаб. работа №3 Контр. работа №2
4	Дискретизация непрерывных изображений		4,5	2	2	6	Лаб. работа №3 Лаб. работа №4
5	Математическое описание дискретных изображений.		6,7	2	2	3	Лаб. работа №4
6	Квантование изображений.		8	2	2	3 1	Лаб. работа №5 Контр. работа №3
7	Дискретная линейная двумерная обработка.		9,10	2	2	3	Лаб. работа №5
8	Двумерные унитарные преобразования.		11-13	2	2	3 1	Лаб. работа №6 Контр. работа №4
9	Двумерные методы фильтрации изображений.		13,14	2	2	3	Лаб. работа №6
10	Меры качества дискретизованных изображений.		15	2	2	3	Лаб. работа №7
			1-15	20	20	35	75

### 4. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1 Лекции

**Тема 1.** Визуальная информация. Методы кодирования графической информации. Аппаратные средства ввода изображений в память ЭВМ. Цифровая визуальная информация различных предметных областей.

**Тема 2.** Непрерывное изображение, математические модели описаний непрерывных изображений. Двумерные системы. Сингулярные операторы. Линейные и дифференциальные операторы двумерных систем.

**Тема 3.** Двумерное преобразование Фурье. Свойства ДПФ. Анализ линейных систем с помощью ДПФ.

**Тема 4.** Дискретизация и восстановление непрерывных изображений. Одномерные интерполяционные функции. Реальные системы дискретизации изображений.

Когерентная оптическая система восстановления изображений. Неидеальная дискретизация и ее последствия.

**Тема 5.** Математическое описание дискретных изображений. Векторное представление изображений. Статистическое описание дискретных изображений. Модели плотностей вероятности дискретных изображений. Гауссова плотность. Одномерное распределение вероятностей – гистограмма.

**Тема 6.** Квантование изображений: квантование скалярной величины и векторной величины. Оптимальное положение уровня квантования и пороговых уровней, выражение Пантера-Дайтга. Оптимальное размещение пороговых уровней в зависимости от числа уровней квантования, таблица Макса. Квантование с преобразованием, характеристики прямого и обратного нелинейных преобразований для плотностей вероятности Гаусса, Рэля и Лапласа. Обработка квантованных величин. Квантование двуцветных изображений. Квантование цветных изображений.

**Тема 7.** Дискретная линейная двумерная обработка. Линейные операторы. Оператор суперпозиции. Дискретизованный, циклический оператор суперпозиции.

**Тема 8.** Двумерные унитарные преобразования. Операторы унитарных преобразований. Косинусное и синусное преобразование. Преобразование Адамара. Преобразование Хаара. Преобразование Карунена-Лоэва.

**Тема 9.** Двумерные методы фильтрации изображений. Обработка с использованием преобразования. Свертка с использованием БПФ. Фильтры на основе ПФ. Псевдообращение с преобразованием.

**Тема 10.** Меры качества дискретизованных изображений. Субъективные оценки качества изображений. Шкала общего качества (абсолютная шкала), шкала места в группе (относительная шкала), шкала погрешностей. Оценка качества по контрольным сигналам и испытательным таблицам.

#### 4.2 Лабораторные занятия

##### Темы лабораторных занятий

№	Темы занятий	
1	<b>Лаб. занятие №1.</b> Цифровое изображение, формирование тестовых изображений в системе MATLAB (IPT) (случайная раскраска, использование двух цветов при формировании изображения).	2ч.
2	<b>Лаб. занятие №2.</b> Битовая карта изображения. Функции PIXVAL, MEAN2.	2ч.
3	<b>Лаб. занятие №3.</b> Работа с контрастностью изображения (функции IMADJUST, HISTEQ). Полутоновое изображение, формирование полутонового изображения n-уровней яркости.	2ч.
4	<b>Лаб. занятие №4.</b> Построение гистограммы распределения яркостей элементов изображения (функция IMHIST) для маски тестового изображения.	2ч.
5	<b>Лаб. занятие №5</b> Дискретная линейная двумерная обработка. Дискретизованный оператор суперпозиции.	4ч.
6	<b>Лаб. занятие №6.</b> Двумерные унитарные преобразования. Двумерное дискретное преобразование Фурье.	4ч.
7	<b>Лаб. занятие №7.</b> Двумерные унитарные преобразования. Преобразование Адамара (Уолша). Преобразование Хаара.	4ч.
	Итого	20

#### 5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Раздел дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в часах
1	<b>Тема 1.</b>	Лаб. работа №1	3

2	<b>Тема 2.</b>	Лаб. работа №2	3
3	<b>Тема 3.</b>	Лаб. работа №3, К.р. №1	3
4	<b>Тема 4.</b>	Лаб. работа №4,	3
5	<b>Тема 5.</b>	К.р. №2	4
6	<b>Тема 6.</b>	Лаб. работа №5,	3
7	<b>Тема 7.</b>		3
8	<b>Тема 8.</b>	Лаб. работа №6	3
9	<b>Тема 9.</b>	К.р. №3	4
10	<b>Тема 10.</b>	Лаб. работа №7	3
11	Тестирование	Подготовка к итоговому тестированию	3
Итого			35

Контрольная работа №1 «Спектр изображения. Анализ линейных систем с помощью ДПФ.»

Контрольная работа №2 «Векторное представление изображений. Оператор упорядочивания конечных массивов»

Контрольная работа №3 «ДДПФ. Свойство разделимости ДДПФ».

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Образовательный процесс по дисциплине строится на основе комбинации следующих образовательных технологий.

Реализация образовательной модели предполагает использование следующих технологий стратегического уровня (задающих организационные формы взаимодействия субъектов образовательного процесса), осуществляемых с использованием определенных тактических процедур:

- лекционные (вводная лекция, информационная лекция, обзорная лекция, лекция-консультация, проблемная лекция);
- лабораторные (углубление знаний, полученных на теоретических занятиях, программирование и компьютерное моделирование);
- тренинговые (формирование определенных умений и навыков, формирование алгоритмического мышления);
- активизации познавательной деятельности (приемы технологии развития критического мышления через чтение и письмо, работа с литературой, подготовка презентаций по темам домашних работ);
- самоуправления (самостоятельная работа, самостоятельное изучение материала, подготовка к отчетным мероприятиям).

Рекомендуется использование информационных технологий при организации коммуникации со студентами для представления информации, выдачи рекомендаций и консультирования по оперативным вопросам (электронная почта), использование мультимедиа-средств при проведении лекционных и практических занятий.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивной форме согласно требованиям Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования для специальности 230201.65 «Информационные системы и технологии» (квалификация (степень) «инженер») должен составлять не менее 9.0 часов аудиторных занятий:

№ п/п	Раздел дисциплины	Форма (вид) образовательных технологий	Количество часов
1	Визуализация информации	Мультимедийные лекции	2
		Лабораторные занятия	2
2	Математическое описание дискретных изображений.	Мультимедийные лекции	2
		Лабораторные занятия	2
		Контрольная работа	2
3	Двумерные унитарные	Мультимедийные лекции	2

	преобразования.	Лабораторные занятия	2
4	Всего по разделам		14

## **7. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### 7.1 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

7.1.1 Контрольные вопросы допуска к выполнению лабораторных работ

7.1.2 Отчеты о выполнении индивидуальных вариантов заданий лабораторных работ

### 7.2 Оценочные средства для промежуточной аттестации

#### **Приблизительный перечень вопросов к экзамену**

- 7.2.1. Области практического применения методов обработки изображений. Дистанционное обнаружение.
- 7.2.2. Области практического применения методов обработки изображений. Сейсмология.
- 7.2.3. Области практического применения методов обработки изображений. Электрокардиография. Рентгенография.
- 7.2.4. Получение цифровых изображений, на примере рентгенографических систем.
- 7.2.5. Кодирование графической информации. Аппаратные средства ввода изображений в память ЭВМ.
- 7.2.6. Представление непрерывных изображений (детерминированное математическое описание). Системы воспроизведения цветных и бесцветных изображений.
- 7.2.7. Двумерные системы. Линейные операторы двумерных систем.
- 7.2.8. Двумерные системы. Дифференциальные операторы двумерных систем.
- 7.2.9. Двумерное преобразование Фурье. Свойства преобразования Фурье.
- 7.2.10. Двумерное преобразование Фурье. Свойство делимости ДПФ.
- 7.2.11. Анализ линейных систем с помощью преобразования Фурье. (Теорема о свертке)
- 7.2.12. Дискретизация непрерывных изображений (процесс идеальной дискретизации).
- 7.2.13. Спектр дискретизированного изображения.
- 7.2.14. Процесс восстановления непрерывных изображений из дискретизованных. Частотное условие для идеального восстановления изображения.
- 7.2.15. Квантование изображений. Задача об оптимальном положении уровня квантования.
- 7.2.16. Модели плотностей вероятности дискретных изображений. Гауссова плотность.
- 7.2.17. Статистическое описание дискретных изображений. Построение двумерного распределения вероятностей (гистограммы второго порядка).
- 7.2.18. Обзор методов цифровой обработки изображений. Математическое описание дискретных изображений. Алгебра матриц. Формулы для векторного представления изображений.
- 7.2.19. Дискретная линейная двумерная обработка. Обобщенный линейный оператор. Дискретный оператор суперпозиции.
- 7.2.20. Двумерные унитарные преобразования. Дискретное двумерное преобразование Фурье (ДДФ).
- 7.2.21. Преобразование четное косинусное.
- 7.2.22. Преобразование Адамара и Хаара.
- 7.2.23. Дискретная линейная фильтрация. Высокочастотные и низкочастотные маски фильтров.

### Темы для самостоятельного рассмотрения.

1. Реальные системы дискретизации изображений. Неидеальная дискретизация и ее последствия.
  2. Квантование двухцветных изображений. Квантование цветных изображений.
  3. Статистическое описание дискретных изображений. Модели плотностей вероятности дискретных изображений. Гауссова плотность.
  4. Дискретная линейная двумерная обработка. Частотные методы обработки изображений.
  5. Двумерные унитарные преобразования. Преобразование Фурье.
  6. Двумерные методы линейной обработки изображений. Обработка с использованием преобразования.
  7. Двумерные методы линейной обработки изображений. Фильтры на основе преобразования Фурье.
  8. Двумерные методы линейной обработки изображений. Рекурсивная фильтрация.
  9. Фильтрация изображений для улучшения качества изображений.
  10. Меры качества дискретизованных изображений. Метрики светлоты и цвета.
- По предложенным темам студентами должны быть выполнены семестровые реферативные работы.

#### 7.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

7.3.1. Электронное методическое пособие Семичевская Н.П., Соловцова Л.А. Обработка изображений в среде MATLAB с использованием IMAGE PROCESSING TOOLBOX. Лабораторный практикум. Электронное издание, 2005

7.3.2. Карточки с заданиями и методическими указаниями по выполнению контрольных работ.

7.3.3. СТО СМК 4.2.3.05-2011. Стандарт организации. Оформление выпускных квалификационных и курсовых работ (проектов), 2011. – 95 с.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

8.1. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие: рек. Мин. обр. РФ / А. Б. Сергиенко. - 2-е изд. - СПб. : Питер, 2007. - 751 с.

8.2. Потапов А.А. Новейшие методы обработки изображений : / А. А. Потапов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Потапова. - М: Физматлит, 2008. - 496 с.

б) дополнительная литература:

8.3. Гонсалес, Рафаэл С. Цифровая обработка изображений : моногр. / Р. С. Гонсалес, Р. Э. Вудс ; пер. с англ. П. А. Чочиа. - М. : Техносфера, 2006. - 1071 с.

8.4. Гонсалес, Рафаэл С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB : [моногр.] / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс ; пер. с англ. В. В. Чепыжова. - М. : Техносфера, 2006. - 616 с.

8.5. Чобану М.К. Многомерные многоскоростные системы обработки сигналов: моногр. – М.: Техносфера, 2009. - 478 с.

8.6. Семичевская Н.П. Обработка изображений в среде MATLAB с использованием IMAGE PROCESSING TOOLBOX : лаб. практикум / Н. П. Семичевская, Л. А. Соловцова ; АмГУ, ФМиИ. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2005. - 33 с.

в) периодические издания:

8.7. Russian Journal of numerical analysis and mathematical modeling

8.8. Информационные технологии и вычислительные системы

8.9. Техническая кибернетика

8.10.

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1.	<a href="http://www.iqlib.ru">http://www.iqlib.ru</a>	Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знания
2.	<a href="http://www.citforum.ru">http://www.citforum.ru</a>	Интернет-библиотека для IT-специалистов.
3.	<a href="http://amursu.ru">http://amursu.ru</a>	Сайт АмГУ, Библиотека – электронная библиотека АмГУ

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Лекционная аудитория, оборудованная мультимедиа средствами.

9.2. Лаборатория, оборудованная рабочими местами пользователей ПЭВМ.

## 10. РЕЙТИНГОВАЯ ОЦЕНКА ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Семестровый модуль дисциплины						
№ п/п	Раздел дисциплины	Виды контроля	Сроки выполнения (недели)	Максимальное кол-во баллов	Посещение, активность на занятиях	Максимальное кол-во баллов за модуль
1	<b>Тема 1.</b>	Отчет лаб. №1	1	2	1	3
2	<b>Тема2.</b>	Отчет лаб.№2	2	4 2	1 1	8
3	<b>Тема 3.</b>	К.р.№1	3	2 2	1 1	6
4	<b>Тема 4.</b>	Отчет лаб. №3	4, 5	2	1 1 1	5
5	<b>Тема 5.</b>	Отчет лаб. №4	6, 7	2	1 1	3
6	<b>Тема 6.</b>	К.р.№2	8	2 2	1	5
7	<b>Тема 7.</b>	Отчет лаб. №5	9,10	3	1 1	5
8	<b>Тема 8.</b>	Отчет лаб. №6	11-13	2 2	1 1 1	5
9	<b>Тема 9.</b>	К.р.№3	14,15	2 2	1 1	8
10	<b>Тема 10.</b>	Отчет лаб. №7	15	2	1	5

11	Тестирование		15	2		2
10	Промежуточная аттестация					5
			15	40	20	60
11	Экзамен					40
Итого						100

## 2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ПРОГРАММНОГО МАТЕРИАЛА

**Тема 1.** Визуальная информация. Методы кодирования графической информации. Аппаратные средства ввода изображений в память ЭВМ. Цифровая визуальная информация различных предметных областей.

**Тема 2.** Непрерывное изображение, математические модели описаний непрерывных изображений. Двумерные системы. Сингулярные операторы. Линейные и дифференциальные операторы двумерных систем.

**Тема 3.** Двумерное преобразование Фурье. Свойства ДПФ. Анализ линейных систем с помощью ДПФ.

**Тема 4.** Дискретизация и восстановление непрерывных изображений. Одномерные интерполяционные функции. Реальные системы дискретизации изображений. Когерентная оптическая система восстановления изображений. Неидеальная дискретизация и ее последствия.

**Тема 5.** Математическое описание дискретных изображений. Векторное представление изображений. Статистическое описание дискретных изображений. Модели плотностей вероятности дискретных изображений. Гауссова плотность. Одномерное распределение вероятностей – гистограмма.

**Тема 6.** Квантование изображений: квантование скалярной величины и векторной величины. Оптимальное положение уровня квантования и пороговых уровней, выражение Пантера-Дайтга. Оптимальное размещение пороговых уровней в зависимости от числа уровней квантования, таблица Макса. Квантование с преобразованием, характеристики прямого и обратного нелинейных преобразований для плотностей вероятности Гаусса, Рэлея и Лапласа. Обработка квантованных величин. Квантование двуцветных изображений. Квантование цветных изображений.

**Тема 7.** Дискретная линейная двумерная обработка. Линейные операторы. Оператор суперпозиции. Дискретизованный, циклический оператор суперпозиции.

**Тема 8.** Двумерные унитарные преобразования. Операторы унитарных преобразований. Косинусное и синусное преобразование. Преобразование Адамара. Преобразование Хаара. Преобразование Карунена-Лоэва.

**Тема 9.** Двумерные методы фильтрации изображений. Обработка с использованием преобразования. Свертка с использованием БПФ. Фильтры на основе ПФ. Псевдообращение с преобразованием.

**Тема 10.** Меры качества дискретизованных изображений. Субъективные оценки качества изображений. Шкала общего качества (абсолютная шкала), шкала места в группе (относительная шкала), шкала погрешностей. Оценка качества по контрольным сигналам и испытательным таблицам.

### **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ (РЕКОМЕНДАЦИИ)**

#### **3.1. Методические указания к семинарским, практическим и лабораторным занятиям**

*Федеральное агентство по образованию*  
**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
*Факультет математики и информатики*

*Н.П. Семичевская, Л.А. Соловцова*

ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ В СРЕДЕ MATLAB  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ IMAGE PROCESSING TOOLBOX

***ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ***

Благовещенск 2005

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Лабораторная работа №1 Представление изображений в среде MATLAB. Типы изображений.	5
Лабораторная работа №2 Битовая карта изображения. Функции PIXVAL и MEAN2.	9
Лабораторная работа №3 Работа с контрастностью изображения (IMADJUST, HISTEQ)	13
Лабораторная работа №4 Построение гистограммы распределения яркостей элементов изображения.	17
Лабораторная работа №5 Дискретная линейная двумерная обработка. Двумерное дискретное преобразование Фурье.	21
Лабораторная работа №6 Двумерные унитарные преобразования. Преобразование Адамара (Уолша). Преобразование Хаара.	26
<i>ПРИЛОЖЕНИЕ 1</i> Исходные образцы изображений для обработки	30
<i>ПРИЛОЖЕНИЕ 2</i> Титульный лист отчета по лабораторной работе	31
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	32

Методическое пособие предназначено для студентов специальности 230201 по дисциплине «Цифровая обработка изображений» для выполнения лабораторного практикума. Пособие содержит 6 лабораторных работ с кратким изложением теоретического материала, примерами программ, пояснениями и иллюстрациями, в конце каждой лабораторной работы приведены задания, которые необходимо выполнить.

### **Требования к отчету по оформлению лабораторных работ**

1. Для выполнения лабораторных работ студенту выдается тестовое изображение из 12-ти предложенных (смотреть приложение 1).
2. Титульный лист к отчету по лабораторной работе оформляется в соответствии со стандартом (смотреть приложение 2)
3. В отчете следует отразить этапы выполнения лабораторной работы, указать основные методы, алгоритмы или функции, которые использовались при выполнении работы. Листинг программы сохранять в **.m** файле.

Результаты полученные в процессе работы представлять как исходное изображение и результирующее изображение (изображение обработанное).

### **ВВЕДЕНИЕ**

Интегрированные среды для моделирования и исполнения программ цифровой обработки изображений и сигналов содержат мощные средства для инженерно–научных расчетов и визуализации данных. Большинство современных пакетов поддерживает визуальное программирование на основе блок–схем. Это позволяет создавать программы специалистам, не владеющим техникой программирования. К таким пакетам относится Image Processing Toolbox системы MATLAB, разработанный фирмой MathWorks. Этот пакет владеет мощными средствами для обработки изображений. Они имеют открытую архитектуру и позволяют организовывать взаимодействие с аппаратурой цифровой обработки сигналов, а также подключать стандартные драйвера.

Система MATLAB и пакет прикладных программ Image Processing Toolbox (IPT) является хорошим инструментом разработки, исследования и моделирования методов и алгоритмов обработки изображений. При решении задач обработки изображений пакет IPT позволяет идти двумя путями. Первый из них состоит в самостоятельной программной реализации методов и алгоритмов. Другой путь позволяет моделировать решение задачи с помощью готовых функций, которые реализуют наиболее известные методы и алгоритмы обработки изображений. И тот, и другой способ оправдан. Но все же для исследователей и разработчиков методов и алгоритмов обработки изображений предпочтительным является второй путь.

Это объясняется гибкостью таких программ, возможностью изменения всех параметров, что очень актуально при исследовании, разработке, определении параметром регуляризации и т.д. Прежде чем использовать для решения каких-либо задач обработки изображений стандартные функции пакета IPТ, разработчик должен в совершенстве их исследовать. Для этого он должен точно знать, какой метод и с какими параметрами реализует та или иная функция.

В том и другом подходе к решению задачи обработки видеоданных объектом исследования является изображение. Для этого рассмотрим коротко особенности представления изображений в IPТ.

**Тема.** Представление изображений в среде MATLAB. Типы изображений

**Цель.** Научиться считывать изображения из файлов, просматривать их в среде MATLAB преобразовывать их типы, менять размеры смотрового окна.

### 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 (пикселы) 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 пикселов 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.

#### **Пример**

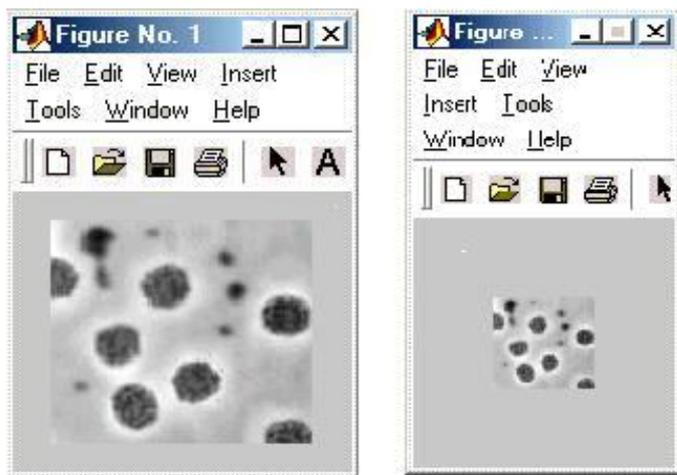
```
I=imread('micro9.jpg'); %чтение рисунка в матрицу I  
imshow(I); %вывод рисунка в графическом окне, описанного матрицей I
```

```

pause; %пауза
W=gcf; %запоминание графического окна в качестве объекта W
trueSize(W,[100,50]); %изменение размера окна до размера 100x50
pause;
trueSize; %возвращение размера окна к реальному размеру W
h=gcf; %запоминание графического окна в качестве объекта h
pause; %пауза
close(h); %закрытие окна
A=imread('isberg.jpg'); %чтение цветного рисунка в матрицу A
fprintf('\n вывод A\n'); %вывод текста в командную строку
imshow(A); %вывод рисунка, описанного матрицей A
pause; %пауза
[m,n] = size(A);
figure('Units','pixels','Position',[100 100 n m])%вывод рисунка, описанного
матрицей A
image(A);
set(gca,'Position',[0 0 1 1])
fprintf('\n вывод B\n');
B=im2double(A); %преобразует входной рисунок в рисунок со знач-ми
%класса double
imshow(B); %вывод рисунка
pause; %пауза
fprintf('\n вывод C\n');
figure('Units','pixels','Position',[100 100 n m])
C=im2uint8(A); %преобразует входной рисунок в рисунок со знач-ми класса
uint8
imshow(C);
I=imread('isberg.jpg'); %чтение рисунка в матрицу I
imshow(I);
pause;
[X,map]=rgb2ind(I, 8); %преобразует цветной рисунок в индексированное
изобр-ие
Y=ind2gray(X,map); %преобразует входной рисунок в рисунок в 8-ми
градациях серого
imshow(Y);
pause;
Z = im2bw(I, 0.4); %преобразует входной рисунок в двоичное изображение
figure('Name','im2bw(I,0.4)');
imshow(Z);

```

pause;



а)

б)

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



а)

б)

Рис.2 Преобразование исходного цветного изображения в рисунок с 8 уровнями серого.



в)

Рис.3 Двоичное изображение.

## Задание к лабораторной работе №1

1. Используя функции IMAGE, IMAGESC, IMREAD, IMWRITE, IMSHOW, TRUESIZE считать и воспроизвести изображение в рабочем окне MATLAB.
2. Используя функции перевести исходное изображение в классы double, uint8.
3. Преобразовать исходное изображение в двоичное.
4. Используя функцию IMFINFO получить информацию о файле с исходным изображением.

## Лабораторная работа №2

(2 часа)

**Тема.** Битовая карта изображения. Функции PIXVAL и MEAN2.

**Цель.** По исходному изображению получить его битовую карту. Построить окно 50\*50 пикселей на изображении и получить информацию о распределении яркости в построенном окне. Сделать окно скользящим.

### Краткие теоретические сведения

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 пикселей. Значение интенсивности элемента в центре квадрата совпадает со значением соответствующего пикселя 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 пикселей на метр) системы.

**Пример:** Неподвижное окно 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
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;
%ВЫВОД битовой карты окна t+10*t+10
t=15;
for j=t:t+10,
    for k=t:t+10,
        for l=1:3
            I4(j,k,l)=I(j,k,l);
        end
    end
end
end
I4(:,:,1)
imshow(I4);

```

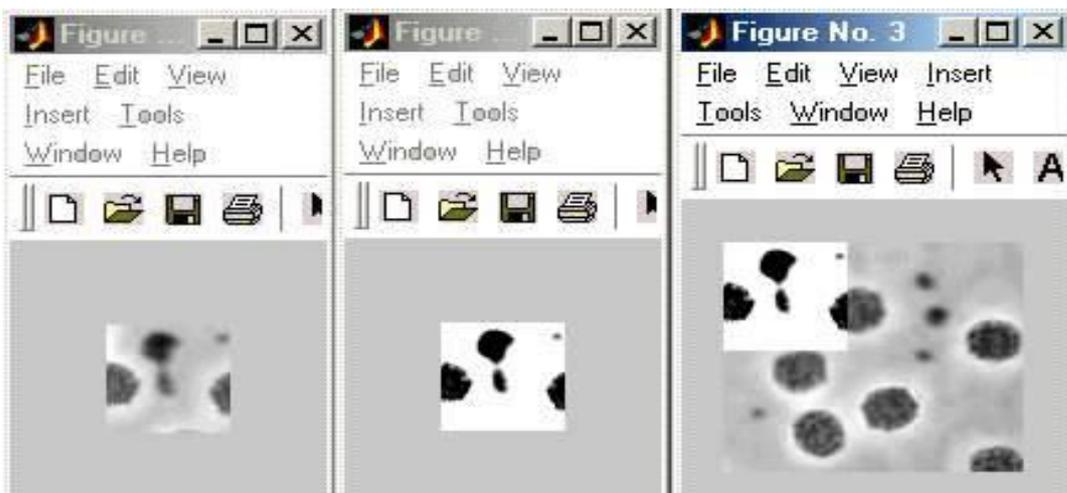


Рис. 1 а) окно 50\*50; б) окно 50\*50 с измененной интенсивностью; в) исходное изображение с наложением окна 50\*50 с измененной интенсивностью.

## Задание к лабораторной работе №2

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  $50 \times 50$ .
7. Написать программу передвижения окна  $50 \times 50$  по исходному изображению.

### *Лабораторная работа №3*

(2 часа)

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

**Цель.** Изменение контраста (увеличить/уменьшить) всего изображения и в окне заданного размера.

### **Краткие теоретические сведения**

#### **Технология повышения контрастности изображений**

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

#### **Считывание изображений.**

Считаем полутоновое изображение: `micro9.jpg`. Также считаем индексное RGB-изображение: `isberg.jpg`.

```
M=imread('micro9.jpg');
figure('Name','Исходник');
imshow(M);
I = imread('isberg.jpg');
figure('Name','Исходник');
imshow(I);
[X map]=rgb2ind(I,16);
J = ind2rgb(X,map);
figure('Name','Индексированное RGB');
imshow(J);
```

#### **Улучшение полутоновых изображений.**

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.

*Пример.*

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

```

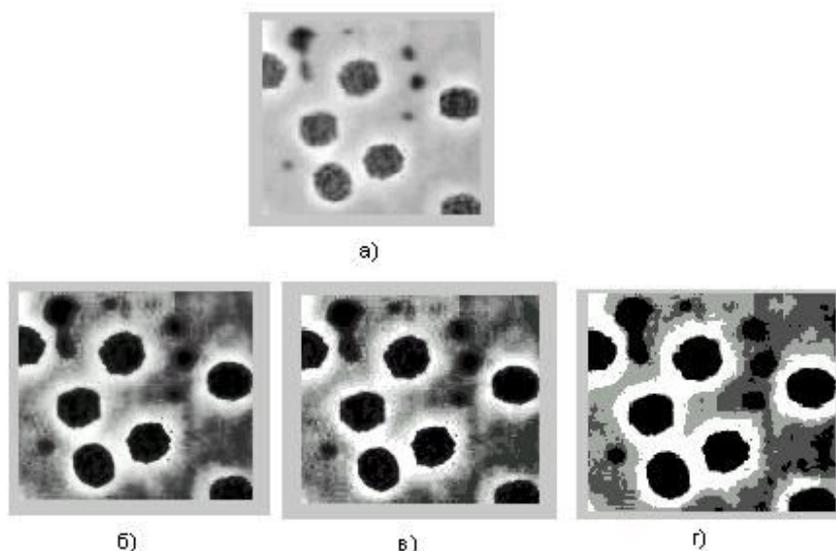


Рис.1 Регулирование контрастности исходного изображения а) с использованием гистограммных преобразований HISTEQ: б) 256 уровней яркости; в) 10 уровней яркости; г) 4 уровня яркости.

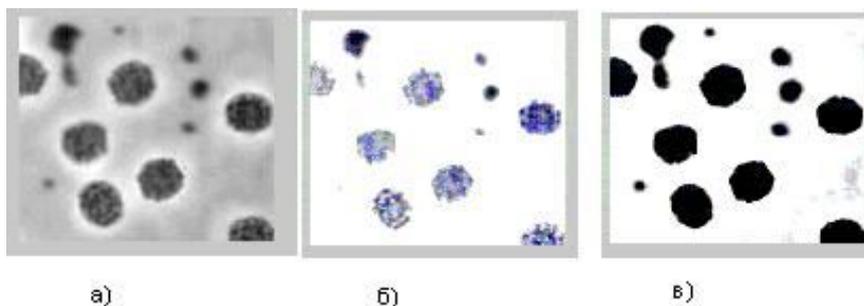


Рис.2 Регулирование контрастности исходного изображения а) путем изменения диапазона интенсивностей исходного изображения: б) в диапазоне [0.1 0.5]; в) в диапазоне [0.5 0.7].

### Задание к лабораторной работе №3

1. Используя функции `IMADJUST`, `HISTEQ` изменить контрастность тестового изображения при различных параметрах функций. Исходное и полученные изображения выводить в рабочих окнах MATLAB.
2. Используя функции `IMADJUST`, `HISTEQ` увеличить контрастность в движущемся окне  $50 \times 50$  (наложить окно на исходное изображение).
3. Получить двухградационное изображение, используя функцию `HISTEQ`.

**Тема.** Построение гистограммы распределения яркостей элементов изображения.

**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 на рис.2.

```
I=imread('micro9.jpg');
figure('Name','micro9.jpg");
    imshow(I);
    figure;
    imhist(I(:, :, 1));
J=imread('micro2.jpg');
figure('Name',"micro2.jpg");
    imshow(J);
    figure;
imhist(J(:, :, 1));
```

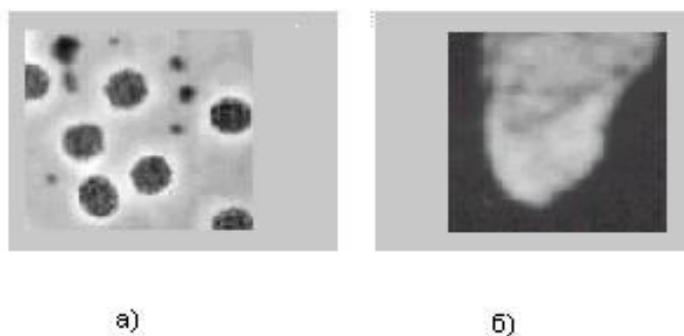


Рис.1 Исходные изображения а) micro9.jpg; б) micro2.jpg.

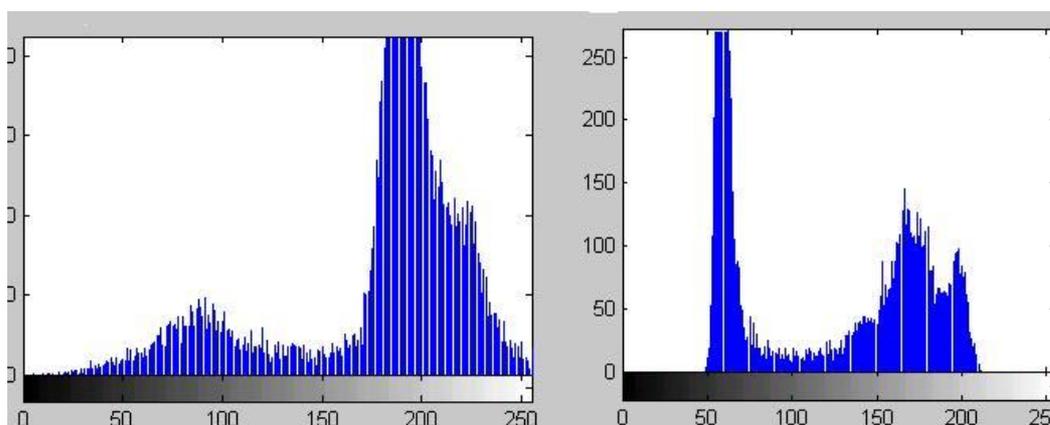


Рис.2 Гистограммы изображений micro9.jpg и micro2.jpg.

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`.

### Пример

```
I=imread('micro9.jpg');
figure('Name','Исходник');
imshow(I);
[m n t]=size(I);
figure;
imhist(I(:, :, 1));
J=imread('micro2.jpg');
figure('Name','Исходник');
imshow(J);
[k l]=size(J);
figure;
imhist(J(:, :, 1));
%Построение общей 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
%grid on
figure;
for s = 1:256
    line([s s], [0 H(s)])
end
axis([0 255 0 350])
pause;
```

Для растяжения динамического диапазона можно использовать функцию `IMADJUST`. Если гистограмма изображения характеризуется

неравномерностью распределения, то для выравнивания гистограммы можно применить функцию HISTEQ.

#### **Задание к лабораторной работе №4**

1. Построить общую гистограмму исходного изображения, используя функцию IMHIST.
2. Для окна 50\*50 построить гистограмму программным методом (написать программный код) и с помощью стандартной функции IMHIST, сравнить полученные гистограммы.
3. Определить диапазон яркостей исходного изображения.

#### ***Лабораторная работа №5***

(2 часа)

**Тема.** Дискретная линейная двумерная обработка. Двумерное дискретное преобразование Фурье.

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

#### **Краткие теоретические сведения**

Основой большинства методов линейной фильтрации в пространственной области являются ортогональные преобразования. Существует три основных области применения двумерных ортогональных 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.

Синтаксис команд для выполнения двумерного преобразования Фурье:

```
Y=fft2(X)
Y=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  $FFT2(X, m, n)$  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 [6].

### 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);
J2=imag(J);
J3=abs(J);
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/sqrt(M*N);
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);

```

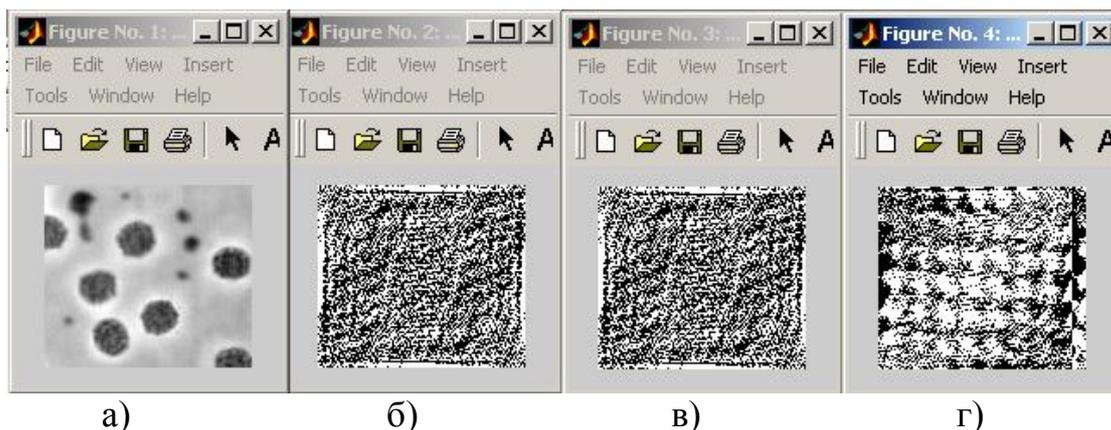


Рис. 1. Преобразование Фурье исходного изображения а): б) преобразование Фурье функцией FFT2; в) действительная часть преобразования Фурье; г) мнимая часть преобразования Фурье.

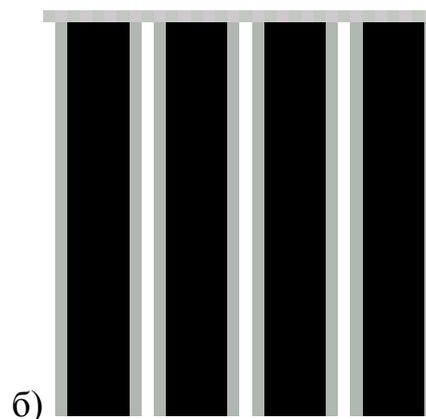
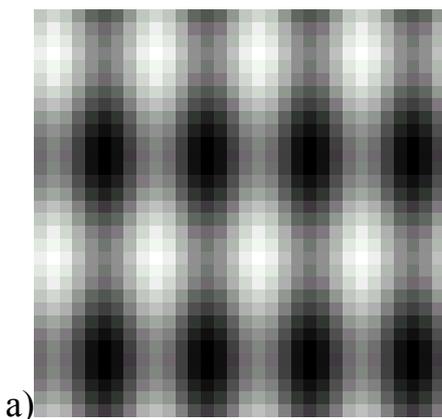
Сформируем двумерный сигнал, являющийся суммой двух пространственных волн. Выведем его на экран в виде полутонового изображения (рис. 2, а) и трехмерной поверхности (рис.2, в). Затем вычислим спектр сигнала и выведем его на экран (рис. 2, д). Так как спектр симметричен, 4 отчетливых пика на рис. 2, д соответствуют двум частотам волн, из которых сформировано исходное изображение.

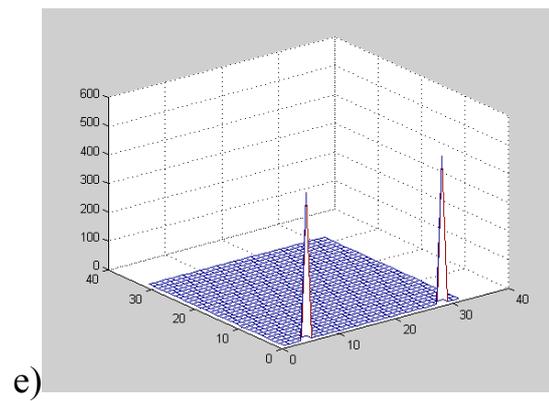
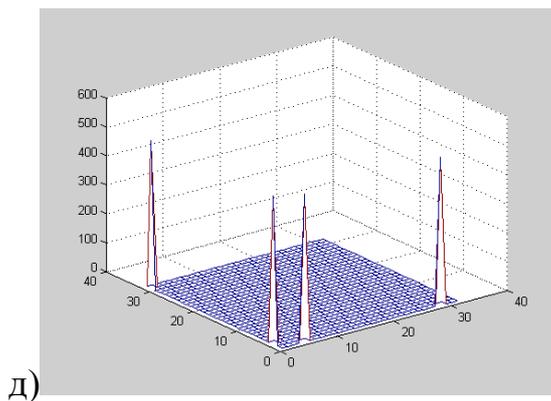
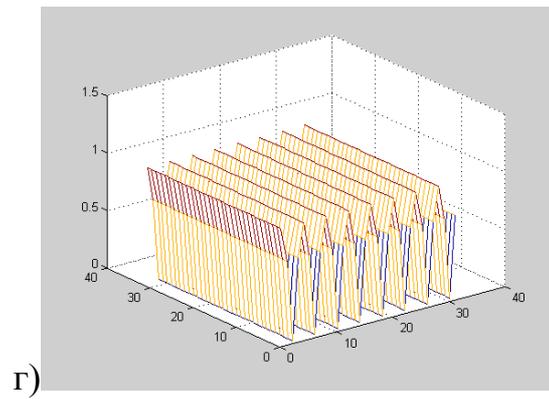
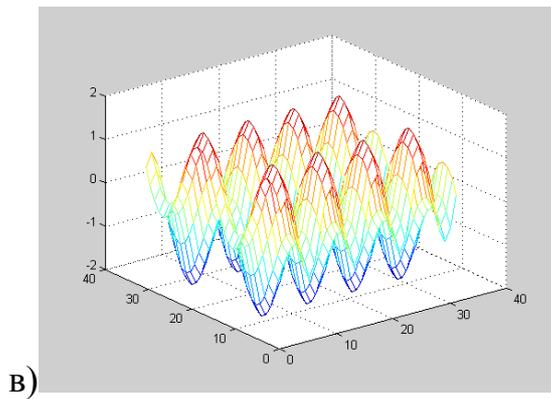
Удалим из спектра пики, соответствующие одной из частот (рис. 2, е). Восстановим с помощью обратного преобразования Фурье из отредактированного спектра двумерный сигнал. Результат восстановления

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
% 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));
```





### Задание к лабораторной работе №5

1. Для исходного изображения получить преобразованное изображение, используя функцию FFT2.
2. Написать программный код для преобразования Фурье и преобразовать исходное изображение, сравнить полученные преобразованные изображения.
3. Получить смещение спектра в центр картинке.
4. Вывести исходное изображение в виде 3D поверхности, удалить пики из спектра. Вывести исходное и полученное изображения.

*Лабораторная работа №6*

(2 часа)

**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 преобразования.

*Преобразования Адамара* основано на квадратной матрице Адамара, 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

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

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

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

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

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 [1].

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

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

$$H_8 = \frac{1}{\sqrt{8}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ \sqrt{2} & \sqrt{2} & -\sqrt{2} & -\sqrt{2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \sqrt{2} & \sqrt{2} & -\sqrt{2} & -\sqrt{2} \\ 2 & -2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & -2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & -2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & -2 \end{bmatrix}. \quad (5)$$

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 [1].

## 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 [1].

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:

*I-этап*

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

*II-этап*

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

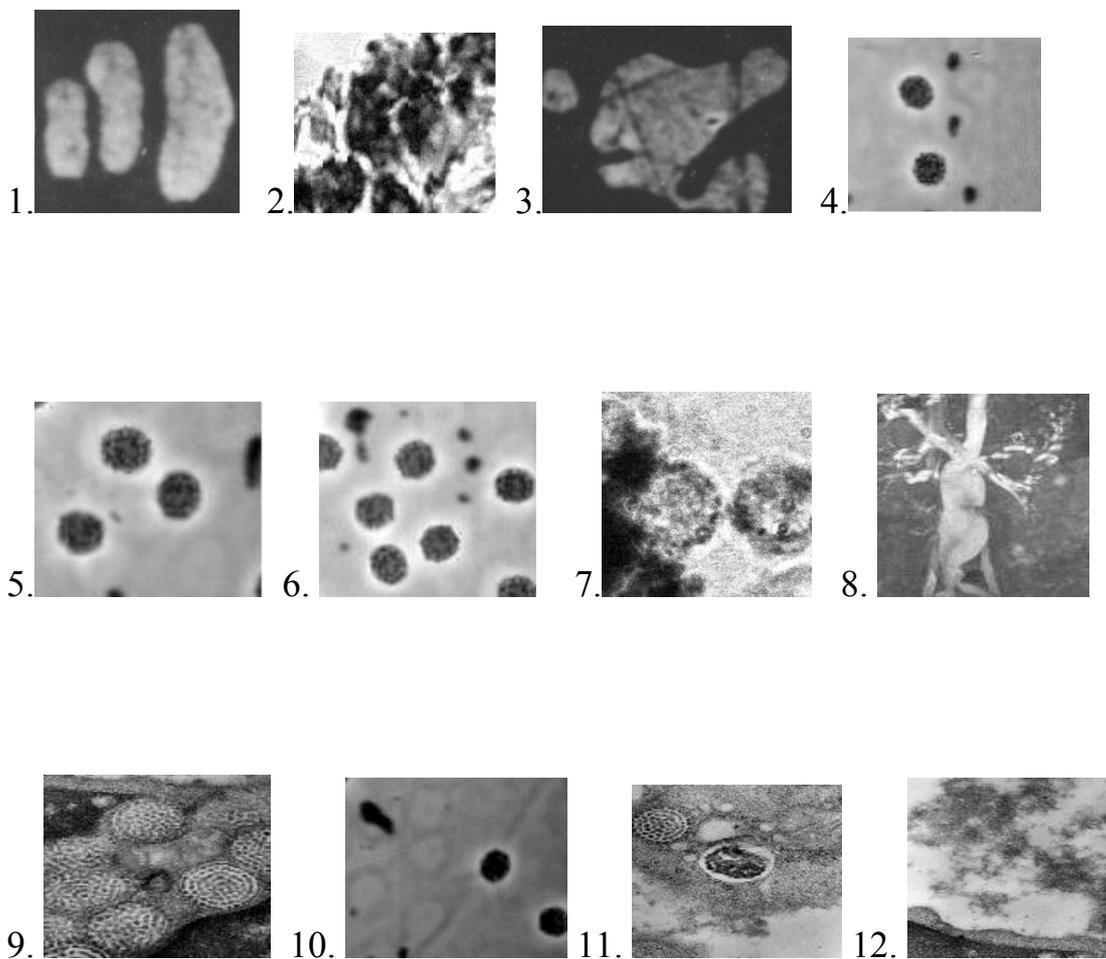
При этом для определения элементов матрицы  $A_4$  требуется только  $N \log_2 N = 8$  операций.

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 №6

1. Для исходного изображения получить преобразованное изображение преобразованием Адамара (быстрым).
2. Для исходного изображения получить преобразованное изображение преобразованием Хаара.

***ОБРАЗЦЫ ИСХОДНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ***



ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
*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: «Обработка изображений»

Исполнитель  
студент(ка) группы \_\_\_\_

И.О.Ф.

Проверил

Н.П. Семичевская

Благовещенск \_\_\_\_\_

## ***СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ***

- 1. Прэтт У.** Цифровая обработка изображений – М.: Мир, 1982. – 790 с.
- 2. Журавлев Ю.И., Гуревич И.Б.** Распознавание образов и распознавание изображений // Распознавание, классификация, прогноз. Математические методы и их применение. – Вып. 2. – М.: Наука. – 1989. – С. 5 – 72.
- 3. Павлидис Т.** Алгоритмы машинной графики и обработки изображений. – М.: Радио и связь, 1986. – 400 с.
- 4. Ярославский Л.П.** Введение в цифровую обработку изображений. – М.: Сов. радио, 1979. – 312 с.
- 5. Ярославский Л.П.** Обработка изображений в медицинской интроскопии / Цифровая оптика в медицинской интроскопии. – М.:ИППИ РАН, 1992. – С. 4–17.
- 6. Журавель И.М.** Краткий курс теории обработки изображений/ Консультационный центр MATLAB компании SoftLine, <http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/index.php>

Наталья Петровна Семичевская  
*ст. преподаватель кафедры ИУС*

Любовь Александровна Соловцова  
*ст. преподаватель кафедры ИУС*

**Обработка изображений в среде MATLAB с использованием Image  
Processing Toolbox.**

## КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

### Контрольная работа №1

#### «Двумерное преобразование Фурье. Свойства ПФ.»

В контрольной работе предлагается выписать свойство разделимости двумерного преобразования Фурье, рассказанное в лекции № 4 и сделать пояснения.

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

двумерное преобразование Фурье.

Ядро двумерного преобразования Фурье разделимо, 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  $F$   $10 \times 10$ :

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

### Вариант 2

Исходный массив уровней яркости изображения задан матрицей  $F$   $10 \times 10$ :

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

### Вариант 3

Исходный массив уровней яркости изображения задан матрицей  $F$   $10 \times 10$ :

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

Использовать материалы лекции № 8.

### Контрольная работа №3

#### «Дискретизованный оператор суперпозиции»

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

#### Вариант 1

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 № 12.

### 3.2. Методические указания по самостоятельной работе студентов

#### ГРАФИК САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

№ п/п	Раздел дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в часах	Сроки и форма контроля
1	<b>Тема 1.</b>	Лаб. работа №1	3	1 нед.
2	<b>Тема 2.</b>	Лаб. работа №2	3	2
3	<b>Тема 3.</b>	Лаб. работа №3, К.р. №1	3	3
4	<b>Тема 4.</b>	Лаб. работа №4,	3	4,5
5	<b>Тема 5.</b>	К.р. №2	4	6,7
6	<b>Тема 6.</b>	Лаб. работа №5,	3	8
7	<b>Тема 7.</b>		3	9,10
8	<b>Тема 8.</b>	Лаб. работа №6	3	11-13
9	<b>Тема 9.</b>	К.р. №3	4	13,14
10	<b>Тема 10.</b>	Лаб. работа №7	3	15
11	Тестирование	Подготовка к итоговому тестированию	3	15
Итого			35	15 нед.

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

В течение семестра студенты выполняют три контрольных 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 (темы указаны в рабочей программе), 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.

## 4. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ

### 4.1. Текущий контроль знаний

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

1. Контрольные вопросы допуска к выполнению лабораторных работ
2. Отчеты о выполнении индивидуальных вариантов заданий лабораторных работ

Межсессионная аттестация студентов проводится дважды в семестр на 7 и 13 неделях 7-го семестра.

Аттестационная оценка выставляется по результатам работы в семестре: выполнения лабораторных работ по графику, выполнения контрольных работ и посещений лекционных занятий.

Организация аттестации студентов, проводится в соответствии с положением АмГУ о курсовых, экзаменах и зачетах.

### 4.2. Итоговый контроль знаний

#### Приблизительный перечень вопросов к экзамену

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. Кодирование графической информации. Аппаратные средства ввода изображений в память ЭВМ.
6. Представление непрерывных изображений (детерминированное математическое описание). Системы воспроизведения цветных и бесцветных изображений.
7. Двумерные системы. Линейные операторы двумерных систем.
8. Двумерные системы. Дифференциальные операторы двумерных систем.
9. Двумерное преобразование Фурье. Свойства преобразования Фурье.
10. Двумерное преобразование Фурье. Свойство разделимости ДПФ.
11. Анализ линейных систем с помощью преобразования Фурье. (Теорема о свертке)
12. Дискретизация непрерывных изображений (процесс идеальной дискретизации).
13. Спектр дискретизированного изображения.

14. Процесс восстановления непрерывных изображений из дискретизованных. Частотное условие для идеального восстановления изображения.
15. Квантование изображений. Задача об оптимальном положении уровня квантования.
16. Модели плотностей вероятности дискретных изображений. Гауссова плотность.
17. Статистическое описание дискретных изображений. Построение двумерного распределения вероятностей (гистограммы второго порядка).
18. Обзор методов цифровой обработки изображений. Математическое описание дискретных изображений. Алгебра матриц. Формулы для векторного представления изображений.
19. Дискретная линейная двумерная обработка. Обобщенный линейный оператор. Дискретный оператор суперпозиции.
20. Двумерные унитарные преобразования. Дискретное двумерное преобразование Фурье (ДДПФ).
21. Преобразование четное косинусное.
22. Преобразование Адамара и Хаара.
23. Дискретная линейная фильтрация. Высокочастотные и низкочастотные маски фильтров.

## Тесты итогового контроля

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Амурский государственный университет»

Специальность – ИСиТ  
Дисциплина “Обработка изображений в ИС”  
ИиУС  
Курс IV

Утверждаю  
Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ А.В. Бушманов  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### Вариант 1

1. Определить понятием  
Пространственно инвариантная система – это
2. Видимое глазу световое излучение представляет собой электромагнитные колебания с длиной волны в пределах от  
А) 380 до 770 нм.  
Б) 300 до 550 нм.  
В) 0 до 1000 нм.
3. Какое свойство Фурье-спектра функции записано

$$\hat{O}_y(\omega_x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} F(x, y) \exp(-i \cdot \omega_x \cdot x) dx$$

$$\hat{O}(\omega_x, \omega_y) = \int_{-\infty}^{\infty} \hat{O}_y(\omega_x, y) \exp(-i \cdot \omega_y \cdot y) dy$$

- А) теорема Парсеваля;  
Б) свертки;  
В) делимости ядра;  
Г) сдвига.

4. Какая формула определяет дискретный спектр Фурье:

А)  $\Phi(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} F(j, k) \exp\left\{-\frac{2\pi i}{N}(uj + vk)\right\}$

Б)  $\Phi_p(\omega_x, \omega_y) = \frac{1}{\Delta x \Delta y} \sum_{j_1=-\infty}^{\infty} \sum_{j_2=-\infty}^{\infty} \Phi_I(\omega_x - j_1 \omega_{xs}, \omega_y - j_2 \omega_{ys})$

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

$$\Gamma) \Phi_y(\omega_x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} F(x, y) \cdot \exp\{-i\omega_x x\} dx, \Phi(\omega_x, \omega_y) = \int_{-\infty}^{\infty} \Phi_y(\omega_x, y) \cdot \exp\{-i\omega_y y\} dy$$

5. Указать какие из приведенных масок фильтров относятся к высокочастотным 1), а какие к низкочастотным 2):

$$\text{А) } H = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{Б) } H = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad \text{В) } H = \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{Г) } H = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{Д) } H = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{Е) } H = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix},$$

6. По битовой карте изображения рассчитать среднее значение яркости:

```

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  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  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
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

```

7. Заполнить таблицу результатами тестирования

№	Вариант 1
1	Пространственно инвариантная система –
2	
3	
4	
5	
6	

**Министерство образования и науки РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования**  
**«Амурский государственный университет»**

Специальность – ИСиТ  
Дисциплина “Обработка изображений в ИС”  
ИиУС  
Курс IV

Утверждаю  
Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
“ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
А.В. Бушманов

**Вариант 2**

1. Определить понятием  
Спектр пространственно дискретизирующей функции – это
  
2. Свет есть форма электромагнитного излучения, лежащего в относительно узкой области спектра в диапазоне длин волн  
А) 330 до 770 нм.  
Б) 350-780 нм.  
В) 100 до 580 нм.

3. Поставить в соответствие формулам действие с векторами или матрицами:

А) Оператор упорядочивания конечного массива – 1)  $A = gf^T$

Б) Скалярное произведение векторов – 2)  $k = \sum_{n=1}^N g(n)f(n)$

В) Матричное произведение векторов – 3)  $F = \sum_{n=1}^N N_n^T f v_n^T$ .  $f = \sum_{n=1}^N N_n F v_n$ .

4. Какое свойство ядра Фурье преобразования определено в формулах:

$$A(j, k; u, v) = \exp\left\{-\frac{2\pi i}{N}(uj + vk)\right\} = \\ = \cos\left(\frac{2\pi}{N}(uj + vk)\right) - i \sin\left(\frac{2\pi}{N}(uj + vk)\right),$$

$$B(j, k; u, v) = \exp\left\{\frac{2\pi i}{N}(uj + vk)\right\} = \\ = \cos\left(\frac{2\pi}{N}(uj + vk)\right) + i \sin\left(\frac{2\pi}{N}(uj + vk)\right).$$

- А) свойство делимости ядра
- Б) свойство ортогональности ядра
- В) свойство обратимости ядра

5. Указать какие из приведенных масок фильтров относятся к высокочастотным 1), а какие к низкочастотным 2):

$$\text{A) } H = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{Б) } H = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad \text{В) } H = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{Г) } H = \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$

6. По битовой карте изображения рассчитать среднее значение яркости:

```

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  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  1  1  1  1  1
1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1
200 200 200 200 200 200 200 10 10 10 10 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 10 10 10 10 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 10 10 10 10 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 10 10 10 10 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 10 10 10 10 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 5 5 5 5 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 5 5 5 5 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 5 5 5 5 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 5 5 5 5 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1

```

7. Заполнить таблицу результатами тестирования

№	Вариант 2
1	Спектр пространственно дискретизирующей функции –
2	
3	
4	
5	
6	

**Министерство образования и науки РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования**  
**«Амурский государственный университет»**

Специальность – ИСиТ  
 Дисциплина “Обработка изображений в ИС”  
 ИиУС  
 Курс IV

Утверждаю  
 Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
 “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
 А.В. Бушманов

**Вариант 3**

1. Определить понятием

Спектр дескретизованного изображения – это

2. Цвет однозначно определяется тремя величинами:

- А) цветовым тоном; чистотой цвета; яркостью;
- Б) цветностью; яркостью; освещенностью;
- В) чистотой цвета; освещенностью; световым потоком.

3. К методам обработки в частотной области относятся:

- А) Фурье преобразование;
- Б) методы линейной фильтрации;
- В) унитарные преобразования;

4. Двумерная  $\delta$  функция Дирака со сдвигом описывается как

А)  $\delta(x, y) = \lim_{\alpha \rightarrow \infty} \alpha^2 \exp(-\alpha^2 \pi(x^2 + y^2))$

Б)  $\delta(x - \xi, y - \eta) = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \exp(i(u(x - \xi) + v(y - \eta))) dudv, i = \sqrt{-1}$

В)  $\delta(x - \xi, y - \eta) = \begin{cases} \infty, & x = \xi, y = \eta \\ 0, & \text{в остальных случаях} \end{cases}$

5. Указать какие из приведенных масок фильтров относятся к высокочастотным 1), а какие к низкочастотным 2):

А)  $H = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$  Б)  $H = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$  В)  $H = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$

$$\Gamma) H = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \text{Д) } H = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \text{Е) } H = \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$

6. По битовой карте изображения построить гистограмму яркости:

```

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 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 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
200 200 200 200 200 200 200 10 10 10 10 10 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 10 10 10 10 10 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 10 10 10 10 10 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 10 10 10 10 10 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 10 10 10 10 10 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 5 5 5 5 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 5 5 5 5 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 5 5 5 5 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 5 5 5 5 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1

```

7. Заполнить таблицу результатами тестирования

№	Вариант 3
1	Спектр дескретизованного изображения –
2	
3	
4	
5	
6	Построение гистограммы

**Министерство образования и науки РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования**  
**«Амурский государственный университет»**

Специальность – ИСиТ  
Дисциплина “Обработка изображений в ИС”  
ИиУС  
Курс IV

Утверждаю  
Зав. кафедрой

А.В. Бушманов  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Вариант 4**

1. Определить понятием  
Двумерная дельта функция Дирака – это
  
2. В идеальной системе дискретизации изображений пространственные отсчеты изображения получаются путем перемножения функции  $F_I(x,y)$  с пространственно-дискретизирующей функцией  $S(x,y)$ , состоящей из бесконечного числа  $\delta$ -функций, заданных в узлах решетки с шагом  $(\Delta x, \Delta y)$ . Выбрать выражение для пространственно-дискретизирующей функции из предложенных.

$$A) S(x, y) = \sum_{j_1=-\infty}^{\infty} \sum_{j_2=-\infty}^{\infty} \delta(x - j_1\Delta x, y - j_2\Delta y),$$

$$B) F_p(x, y) = F_I(x, y)S(x, y) = \sum_{j_1=-\infty}^{\infty} \sum_{j_2=-\infty}^{\infty} F_I(j_1\Delta x, j_2\Delta y)\delta(x - j_1\Delta x, y - j_2\Delta y).$$

$$B) \Phi_p(\omega_x, \omega_y) = \frac{1}{\Delta x \Delta y} \sum_{j_1=-\infty}^{\infty} \sum_{j_2=-\infty}^{\infty} \Phi_I(\omega_x - j_1\omega_{xs}, \omega_y - j_2\omega_{ys}).$$

3. Операторы унитарных преобразований удовлетворяют свойствам:

- A) линейность, дискретность, параллельность;
- Б) линейность, обратимость, ортогональность;
- В) разделимость, дискретность, ортогональность.

4. Какая формула определяет непрерывное преобразование Фурье:

$$A) \Phi(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} F(j, k) \exp\left\{-\frac{2\pi i}{N}(uj + vk)\right\}$$

$$B) \Phi_p(\omega_x, \omega_y) = \frac{1}{\Delta x \Delta y} \sum_{j_1=-\infty}^{\infty} \sum_{j_2=-\infty}^{\infty} \Phi_I(\omega_x - j_1\omega_{xs}, \omega_y - j_2\omega_{ys})$$

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

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

5. Указать какие из приведенных масок фильтров относятся к низкочастотным:

$$A) H = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad B) H = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad B) H = \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$Г) H = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad Д) H = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

6. По битовой карте изображения построить гистограмму яркости:

```

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 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 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
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
200 200 200 200 200 200 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

```

6. Заполнить таблицу результатами тестирования

№	Вариант 4
1	Двумерная дельта функция Дирака

2	
3	
4	
5	
6	Построение гистограммы

**Министерство образования и науки РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования**  
**«Амурский государственный университет»**

Специальность – ИСиТ  
 Дисциплина “Обработка изображений в ИС”  
 ИиУС  
 Курс IV

Утверждаю  
 Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
 “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
 А.В. Бушманов

**Вариант 5**

1. Определить понятием  
 Дискретное двумерное преобразование Фурье – это

2. Какой формулой определяется спектр дискретизованного изображения:

А)  $F_p(x, y) = F_I(x, y)S(x, y) = \sum_{j_1=-\infty}^{\infty} \sum_{j_2=-\infty}^{\infty} F_I(j_1\Delta x, j_2\Delta y)\delta(x - j_1\Delta x, y - j_2\Delta y)$

Б)  $\Phi_p(\omega_x, \omega_y) = \frac{1}{\Delta x \Delta y} \sum_{j_1=-\infty}^{\infty} \sum_{j_2=-\infty}^{\infty} \Phi_I(\omega_x - j_1\omega_{xs}, \omega_y - j_2\omega_{ys})$

В)  $G(x, y) = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} J(\omega_x, \omega_y) \cdot \Phi(\omega_x, \omega_y) \cdot \exp\{i(\omega_x x + \omega_y y)\} d\omega_x d\omega_y$

3. Поставить в соответствие формулам действие с векторами или матрицами:

А) Оператор упорядочивания конечного массива – 1)  $k = \sum_{n=1}^N g(n)f(n)$

Б) Скалярное произведение векторов – 2)  $A = gf^T$

В) Матричное произведение векторов – 3)  $F = \sum_{n=1}^N N_n^T f v_n^T$  .  $f = \sum_{n=1}^N N_n F v_n$  .

4. Какая формула определяет дискретный спектр Фурье:

А)  $\Phi(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} F(j, k) \exp\left\{-\frac{2\pi i}{N}(uj + vk)\right\}$

Б)  $\Phi_p(\omega_x, \omega_y) = \frac{1}{\Delta x \Delta y} \sum_{j_1=-\infty}^{\infty} \sum_{j_2=-\infty}^{\infty} \Phi_I(\omega_x - j_1\omega_{xs}, \omega_y - j_2\omega_{ys})$

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

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

5. Указать какие из приведенных масок фильтров относятся к высокочастотным:

$$\text{А) } H = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{Б) } H = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{В) } H = \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{Г) } H = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{Д) } H = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

6. По битовой карте изображения рассчитать среднее значение яркости:

```

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 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 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
20 20 20 20 20 20 20 3 3 3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
20 20 20 20 20 20 20 3 3 3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
20 20 20 20 20 20 20 3 3 3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
20 20 20 20 20 20 20 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
20 20 20 20 20 20 20 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
20 20 20 20 20 20 20 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
20 20 20 20 20 20 20 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
20 20 20 20 20 20 20 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
10 10 10 10 10 100 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
10 10 10 10 10 100 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
10 10 10 10 10 100 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
10 10 10 10 10 100 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
10 10 10 10 10 100 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

```

6. Заполнить таблицу результатами тестирования

№	Вариант 5
1	Дискретное двумерное преобразование Фурье
2	
3	
4	
5	
6	

## **5. ИНТЕРАКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Разработанная в системе ILIAS4.0 система тестирования, позволяет проводить итоговый контроль по дисциплине дистанционно.