

Минобрнауки России  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)**

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
Борисов Дмитрий Николаевич  
Кафедра информационных систем



10.04.2024

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.03 Математические и компьютерные методы обработки изображений

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

09.04.02 Информационные системы и технологии

**2. Профиль подготовки/специализация:**

Системы прикладного искусственного интеллекта

**3. Квалификация (степень) выпускника:**

Магистратура

**4. Форма обучения:**

Очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**

Кафедра информационных систем

**6. Составители программы:**

Фертиков Вадим Валериевич, кандидат физ.-мат. наук, доцент

**7. Рекомендована:**

Научно-методическим советом ФКН, протокол НМС ФКН № 5 от 05.03.2024

**8. Учебный год:**

2024-2025

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:**

формирование профессиональных компетенций будущих магистров информационных систем и технологий через изучение математического аппарата описания непрерывных и цифровых преобразований изображений, вопросов их алгоритмической реализации, наиболее общих принципов построения методики цифровой обработки, а также классифицированного обзора практических приемов: методов предварительной обработки, улучшения качества, реставрации и сегментации изображений. Лабораторная часть предоставляет возможность испытания нескольких методов обработки и их более глубокого изучения при решении соответствующих практических задач. В процессе освоения учебных материалов студент получит знание основных методов цифровой обработки изображений и математического аппарата для описания изображений и преобразующих систем, представление о способах реализации алгоритмов обработки, их анализе

по сложности, умение применять перечисленные сведения при выборе метода решения задачи и конкретного способа его алгоритмической реализации, а также навыки работы с одним из доступных инструментариев, предназначенных для практической реализации изучаемых методов.

#### 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

обязательная дисциплина вариативной части магистерской программы (Б1.В); входные знания в объеме базовых курсов по программам обучения ступени бакалавриата в области математического анализа, теории вероятностей и математической статистики, математической логики и теории алгоритмов; умение программировать на языке высокого уровня, владение одной из интегрированных сред разработки приложений.

№ п/п	Наименование дисциплин учебного плана, с которым организована взаимосвязь дисциплины рабочей программы	№ № разделов дисциплины рабочей программы, связанных с указанными дисциплинами
1	Математические методы в современных информационных технологиях	1-3, 6-9
2	Системный анализ и моделирование сложных систем	2-4
3	Мультимедиа технологии	8, 9

#### 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников) и индикаторами их достижения:

Код и название компетенции	Код и название индикатора компетенции	Знания, умения, навыки
ПК-2 Способен разрабатывать стратегии проектирования, определением целей проектирования, критериев эффективности, ограничений применимости	ПК-2.1 Знает современные технологии управления проектами, управление изменениями, инструменты и методы управления заинтересованными сторонами проекта, современные стандарты информационного взаимодействия систем, основы менеджмента, в том числе менеджмента качества	<b>знать:</b> принципы моделирования приборов регистрации цифровых изображений; основные методы цифровой обработки изображений и математический аппарат для описания изображений и преобразующих систем; способы реализации алгоритмов обработки изображений в виде компьютерных программ с учетом специфики предметной области, методику анализа вычислительной сложности реализуемых алгоритмов

Код и название компетенции	Код и название индикатора компетенции	Знания, умения, навыки
<p>ПК-5 Способен разрабатывать и исследовать модели объектов профессиональной деятельности, предлагать и адаптировать методики решения научно-исследовательских задач, планировать и проводить исследования</p>	<p>ПК-5.2 Умеет проводить и организовывать проведение исследований, направленных на решение исследовательских задач в рамках реализации научного (научно-технического, инновационного) проекта с использованием моделей объектов профессиональной деятельности</p>	<p><b>уметь:</b> применять модели преобразований дискретизации, квантования, а также колориметрии в системах обработки изображений; применять перечисленные сведения при выборе метода решения задач обработки изображений, анализа и синтеза преобразующих систем; применять полученные знания при выборе конкретного способа алгоритмической реализации специфической обработки изображений с учетом результатов анализа алгоритмов по вычислительной сложности</p>
<p>ПК-5 Способен разрабатывать и исследовать модели объектов профессиональной деятельности, предлагать и адаптировать методики решения научно-исследовательских задач, планировать и проводить исследования</p>	<p>ПК-5.3 Умеет осуществлять моделирование процессов и объектов, постановку и проведение экспериментов по заданной методике и анализ результатов, осуществлять выбор оптимальных решений</p>	<p><b>владеть (иметь навык(и)):</b> методикой использования математического аппарата описания операций дискретизации, квантования и цветовоспроизведения в разработке процедур обработки изображений; методикой использования изученного математического аппарата для решения задач анализа и синтеза систем обработки изображений; навыками работы с несколькими доступными инструментами, предназначенными для практической реализации изучаемых методов обработки изображений</p>

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час:

3/108

## Форма промежуточной аттестации:

Зачет с оценкой

## 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Семестр 1	Всего
Аудиторные занятия	54	54
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия		0
Лабораторные занятия	36	36
Самостоятельная работа	54	54
Курсовая работа		0
Промежуточная аттестация	0	0
Часы на контроль	0	0
Всего	108	108

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1	Классификация методов, алгоритмов и систем обработки изображений.	Подходы к классификации методов, алгоритмов и систем цифровой обработки изображений. Этапы обработки изображений системой технического зрения: ввод информации, предварительная обработка, сегментация, описание, распознавание.	дистанционное чтение лекций, конспект-элемент "книга"
2	Математическая модель непрерывного изображения.	Математический аппарат для описания непрерывных изображений. Пространственные частоты. Двумерное преобразование Фурье. Двумерная функция Дирака и ее дифференцирование.	дистанционное чтение лекций, конспект-элемент "книга"
3	Математическое описание систем преобразования непрерывных изображений.	Математическое описание систем для преобразования непрерывных изображений. Линейные и пространственно-инвариантные системы. Гомоморфные фильтры.	дистанционное чтение лекций, конспект-элемент "книга"

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
4	Модели зрительной системы человека.	Субъективные характеристики ощущения света, моделируемые особенности зрительной системы (виды рецепторов и их чувствительность, оптика глаза, механизм латерального торможения, временная реакция). Логарифмическая и расширенная модели одноцветного зрения. Модели цветового зрения.	дистанционное чтение лекций, конспект-элемент "книга"
5	Основы колориметрии.	Аксиомы уравнивания цветов, цветовое пространство, координаты цвета и цветности, треугольник Максвелла, преобразования координат цвета. Стандартизация систем координат цвета: построение колориметрической системы. Диаграмма цветности и локус. Выбор основных цветов колориметрической системы и в конструкции цветовоспроизводящего устройства.	дистанционное чтение лекций, конспект-элемент "книга"
6	Дискретизация и восстановление изображений.	Математическое описание идеальной дискретизации и восстановления без потерь, математические модели реальных системы дискретизации (моделирование искажений из-за конечных размеров дискретизирующей решетки, из-за конечной ширины дискретизирующего импульса, из-за недостаточной частоты дискретизации).	дистанционное чтение лекций, конспект-элемент "книга"
7	Квантование изображений.	Идеальный и равномерный квантователь, квантователь со сжатием, квантование цветных изображений, рекомендации по цифровой обработке квантованных изображений.	дистанционное чтение лекций, конспект-элемент "книга"

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
8	Линейная цифровая обработка изображений.	Обобщенный линейный оператор, разделимость преобразования. Оператор суперпозиции. Оператор свертки. Унитарные преобразования: обобщенный оператор, разделимость ядра, дискретное преобразование Фурье ДПФ (свойства, уменьшающие сложность алгоритмов, расчет свертки с использованием ДПФ).	дистанционное чтение лекций, конспект-элемент "книга", контроль - элемент "задание"
9	Рекурсивная фильтрация.	Математический аппарат для описания рекурсивных фильтров (z-преобразование и системная функция), условия их физической реализуемости и устойчивости, постановка задачи синтеза. Сравнение алгоритмов по сложности с ранее рассмотренными. Особенности реализации рекурсивных фильтров для обработки изображений: фильтр 1-го рода, методы симметризации функции рассеяния точки.	дистанционное чтение лекций, конспект-элемент "книга", контроль - элемент "задание"
10	Методы снижения уровня шумов и помех на изображении.	Обзор методов снижения уровня шумов и помех на изображении: низкочастотная линейная фильтрация, нелинейное подавление импульсных помех (в частности, медианная фильтрация), алгоритмы устранения помех на 2-градационных изображениях, подавление мультипликативных помех, винеровская фильтрация шумов с заданными спектральными характеристиками.	-

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
11	Улучшение качества изображений.	Обзор методов улучшения (субъективного) качества изображений: изменение контраста, подчеркивание границ, преобразование спектра, выравнивание гистограмм (аналитическое приближение и цифровые методы, локальное гистограммное выравнивание).	-
12	Реставрация изображений.	Постановка задачи реставрации изображений: моделирование искажений (модели изображающих систем, цифровых преобразователей и шумов на изображении) и способы обращения искажающих преобразований. Метод винеровского оценивания в применении к реставрации изображений.	-
13	Контурный анализ.	Этапы контурного анализа в задаче сегментации изображений: обзор методов контрастирования перепадов (дифференцирование изображения и др.), методы построения контура (соединение точек перепада, алгоритмы прослеживания контуров, глобальный анализ методами теории графов, методы аппроксимации контурных кривых, в частности, преобразование Хоуга (Хафа)).	-
14	Пороговая сегментация.	Обзор методов пороговой сегментации изображений: определение порога по гистограмме, алгоритмы с выбором динамического порога, выбор порога методом теории принятия решений, сегментация с дифференцированием, многомерная пороговая сегментация.	-

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
15	Областно-ориентированная сегментация.	Обзор методов областно-ориентированной сегментации: алгоритмы расширения области, алгоритмы разбиения и объединения областей.	-
16	Параллельно-рекурсивные методы обработки изображений.	Принципы построения параллельно-рекурсивных фильтров с конечной импульсной характеристикой. Обзор задач из области применения параллельно-рекурсивных методов.	дистанционное чтение лекций, конспект-элемент "книга", контроль - элемент "задание"

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
1	Классификация методов, алгоритмов и систем обработки изображений.	1				1
2	Математическая модель непрерывного изображения.	1			4	5
3	Математическое описание систем преобразования непрерывных изображений.	1		2	4	7
4	Модели зрительной системы человека.	1			4	5
5	Основы колориметрии.	1		2	4	7
6	Дискретизация и восстановление изображений.	1			4	5
7	Квантование изображений.	1			4	5
8	Линейная цифровая обработка изображений.	2		5	2	9



№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
9	Рекурсивная фильтрация.	1		4	4	9
10	Методы снижения уровня шумов и помех на изображении.	2		4	4	10
11	Улучшение качества изображений.	1		4		5
12	Реставрация изображений.	1		4	4	9
13	Контурный анализ.	1		4	4	9
14	Пороговая сегментация.	1		3	4	8
15	Областно-ориентированная сегментация.	1			4	5
16	Параллельно-рекурсивные методы обработки изображений.	1		4	4	9
		18	0	36	54	108

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

**При использовании дистанционных образовательных технологий** и электронного обучения выполнять все указания преподавателей, вовремя подключаться к online занятиям, ответственно подходить к заданиям для самостоятельной работы.

**Внеаудиторная самостоятельная работа** студентов включает проработку материалов лекций, изучение рекомендованной литературы, подготовку к контрольным работам, подготовку к лабораторным работам и их защита, подготовку к устному опросу и экзамену.

**Самостоятельная работа в аудитории** выполняется под непосредственным руководством преподавателя. Для повышения эффективности руководства при проведении лабораторных занятий, призванных обеспечить выборочное использование лекционного материала для более глубокого изучения отдельных методов обработки изображений при решении соответствующих практических задач, необходимо ссылаться на материалы лекций, показывая место решаемых задач в общем плане изложения. Примерный перечень задач с рекомендациями относительно содержания лабораторного занятия приводится ниже.

- Выбор инструментария для практической реализации рассматриваемых далее методов цифровой обработки изображений. Применить в реализации приложений рекомендации по цифровой обработке квантованных изображений. Изучить особенности внутреннего представления изображений используемым далее инструментарием. Реализация моделей аддитивного гауссовского шума и импульсной помехи.
- Задача № 1. Разработка приложения, реализующего метод линейной низкочастотной фильтрации аддитивного шума на изображении. Изучить цифровой оператор свертки и использовать его в качестве модели фильтра. Выработать рекомендации по выбору полосы пропускания фильтра в зависимости от интенсивности шума и продемонстрировать их справедливость.
- Задача № 2. Реализация метода рекурсивной низкочастотной фильтрации изображения с

целью снижения уровня аддитивного шума. Изучить особенности фильтра 1-го рода и использовать его в реализации метода. Выбрать количественный критерий оценки качества обработки (например, максимальное или среднеквадратическое отклонение элементов обработанного изображения от исходного, свободного от шума) и по результатам эксперимента выработать рекомендации по выбору между рекурсивным и нерекурсивным фильтрами в зависимости от характеристик шума и изображения.

- Задача № 3. Реализовать модель медианного фильтра изображения для устранения импульсных помех. Применить в реализации алгоритм Хоора поиска медианы. Продемонстрировать возможности метода при различных формах апертуры фильтра и интенсивности помех.
- Задача № 4. Демонстрация метода улучшения качества изображения подчеркиванием границ. Использовать модель нерекурсивного линейного фильтра верхних частот. Реализовать возможность выбора из набора фильтров с различающимися частотами среза.
- Задача № 5. Реализовать модели дифференциаторов изображения с целью контрастирования перепадов и подготовки контурного препарата. Для расчета поля модуля градиента использовать операторы Собеля. В реализации оператора Лапласа использовать разработанную модель линейного фильтра.
- Задача № 6. Реализовать приложение для расчета преобразования Хоуга изображения (метод "стягивания прямых в точки"). Построить изображение плоскости параметров и продемонстрировать обнаружение прямых участков контура на исходном изображении.
- Задача № 7. Разработка приложения для глобального контурного анализа изображения методами теории графов. Изучить правила построения исходного графа по анализируемому изображению: соответствие вершин элементам контура, построение дуг и их стоимость. Для решения формализованной задачи поиска пути наименьшей стоимости использовать алгоритм A\*. Продемонстрировать работу алгоритма при использовании различных эвристик с целью сокращения объема поиска, а также в различных условиях (особенности изображения, интенсивность аддитивного шума и импульсных помех).

### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

№ п/п	Источник
1	Батура, В.А. Обработка изображений в системе MATLAB: лабораторные работы : [16+] / В.А. Батура, А.Ю. Тропченко, А.А. Тропченко ; Университет ИТМО. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2019. – 41 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=563997">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=563997</a>
2	Мамчев, Г.В. Цифровое телевидение: теоретические основы и практическое применение : [16+] / Г.В. Мамчев, С.В. Тырыкин ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 564 с. : ил., табл. – (Учебники НГТУ). – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=574851">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=574851</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Обработка изображений с помощью OpenCV / Б. Г. Глория, Д. С. Оскар, Л. Э. Хосе, С. Г. Исмаэль. — Москва : ДМК Пресс, 2016. — 210 с. — ISBN 978-5-97060-387-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/90116">https://e.lanbook.com/book/90116</a>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
1	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> ЗНБ ВГУ
2	<a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Рекомендованная программой литература.
2	Конспекты лекций.
3	Электронное методическое пособие (в форме автоматизированной обучающей системы).
4	Официальный сайт библиотеки компьютерного зрения OpenCV: <a href="http://opencv.org/">http://opencv.org/</a>

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

В качестве интегрированной среды разработки при проведении лабораторных работ студентам рекомендуется использование установленного в компьютерных классах факультета компьютерных наук лицензионного программного обеспечения Microsoft Visual Studio и библиотеки компьютерного зрения с открытым исходным кодом OpenCV.

Внеаудиторная самостоятельная работа, как правило, предполагает использование студентами среды разработки Microsoft Visual Studio, официальная процедура установки которой на собственные компьютеры студентов обеспечена факультетом компьютерных наук. Облегченный вариант установки минимально необходимой конфигурации библиотеки OpenCV предполагает простое копирование определенного набора файлов на собственный компьютер студента. Электронное методическое пособие свободно разворачивается на домашнем компьютере, не требуя специальной процедуры установки.

При реализации дисциплины могут использоваться технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии на базе портала [edu.vsu.ru](http://edu.vsu.ru), а также другие доступные ресурсы сети Интернет.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

компьютерные классы факультета компьютерных наук, лицензионное программное обеспечение Microsoft Visual Studio, библиотека компьютерного зрения с открытым исходным кодом OpenCV

(Open Source Computer Vision Library), электронное методическое пособие (АОС) собственной разработки.

### **19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций**

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Разделы дисциплины (модули)	Код компетенции	Код индикатора	Оценочные средства для текущей аттестации
1	Разделы 1-3, 5, 8, 9 Классификация методов, алгоритмов и систем обработки изображений. Математическая модель непрерывного изображения. Математическое описание систем преобразования непрерывных изображений. Основы колориметрии. Линейная цифровая обработка изображений. Рекурсивная фильтрация.	ПК-2	ПК-2.1	Комплект задач №1,2
2	Разделы 4, 6, 7, 10, 11 Методы снижения уровня шумов и помех на изображении. Улучшение качества изображений. Модели зрительной системы человека. Дискретизация и восстановление изображений. Квантование изображений.	ПК-5	ПК-5.2	Комплект задач №3,4
3	Разделы 12-16 Реставрация изображений. Контурный анализ. Пороговая сегментация. Областно-ориентированная сегментация. Параллельно-рекурсивные методы обработки изображений.	ПК-5	ПК-5.3	Контрольная работа №1 Комплект задач №5-7

Промежуточная аттестация

Форма контроля - Зачет с оценкой

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Контрольная работа №2

### **20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания**

#### **20.1 Текущий контроль успеваемости**

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств.

##### **20.1.1. Перечень практических заданий**

Общая подготовительная тестовая задача. Выбор инструментария для практической реализации рассматриваемых далее методов цифровой обработки изображений. Применить в реализации приложений рекомендации по цифровой обработке квантованных изображений. Изучить

особенности внутреннего представления изображений используемым далее инструментарием. Реализация моделей аддитивного гауссовского шума и импульсной помехи.

Задача № 1 Разработка приложения, реализующего метод линейной низкочастотной фильтрации аддитивного шума на изображении. Изучить цифровой оператор свертки и использовать его в качестве модели фильтра. Выработать рекомендации по выбору полосы пропускания фильтра в зависимости от интенсивности шума и продемонстрировать их справедливость.

Задача № 2 Реализация метода рекурсивной низкочастотной фильтрации изображения с целью снижения уровня аддитивного шума. Изучить особенности фильтра 1-го рода и использовать его в реализации метода. Выбрать количественный критерий оценки качества обработки (например, максимальное или среднеквадратическое отклонение элементов обработанного изображения от исходного, свободного от шума) и по результатам эксперимента выработать рекомендации по выбору между рекурсивным и нерекурсивным фильтрами в зависимости от характеристик шума и изображения.

Задача № 3 Реализовать модель медианного фильтра изображения для устранения импульсных помех. Применить в реализации алгоритм Хоора поиска медианы. Продемонстрировать возможности метода при различных формах апертуры фильтра и интенсивности помех.

Задача № 4 Демонстрация метода улучшения качества изображения подчеркиванием границ. Использовать модель нерекурсивного линейного фильтра верхних частот. Реализовать возможность выбора из набора фильтров с различающимися частотами среза.

Задача № 5 Реализовать модели дифференциаторов изображения с целью контрастирования перепадов и подготовки контурного препарата. Для расчета поля модуля градиента использовать операторы Собеля. В реализации оператора Лапласа использовать разработанную модель линейного фильтра.

Задача № 6 Реализовать приложение для расчета преобразования Хоуга изображения (метод "стягивания прямых в точки"). Построить изображение плоскости параметров и продемонстрировать обнаружение прямых участков контура на исходном изображении.

Задача № 7 Разработка приложения для глобального контурного анализа изображения методами теории графов. Изучить правила построения исходного графа по анализируемому изображению: соответствие вершин элементам контура, построение дуг и их стоимость. Для решения формализованной задачи поиска пути наименьшей стоимости использовать алгоритм A\*. Продемонстрировать работу алгоритма при использовании различных эвристик с целью сокращения объема поиска, а также в различных условиях (особенности изображения, интенсивность аддитивного шума и импульсных помех).

### 20.1.2. Перечень заданий для контрольных работ

Комплект заданий для контрольной работы №1. Цель контроля: знание основных методов цифровой обработки изображений и математического аппарата для описания изображений и преобразующих систем, умение применять перечисленные сведения при выборе метода решения задач обработки изображений, анализа и синтеза преобразующих систем. Пример варианта из комплекта заданий для контрольной работы №1:

1. Докажите, что оператор Собеля для вычисления горизонтальной компоненты вектора градиента является разделимым. Запишите блочную матрицу **T** для преобразования изображения в векторном представлении, соответствующую этому оператору, а также матрицы **C** и **R** преобразований столбцов и строк соответственно:  $\mathbf{T} = \mathbf{C}\mathbf{x}\mathbf{R}$ .

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \text{Размер изображения: } 10 \text{ строк} \times 15 \text{ столбцов.}$$

2. Получите частотную характеристику и условие устойчивости для избирательного рекурсивного фильтра:

$$y_n = s_n - s_{n-2} + C_1 y_{n-1} + C_0 y_{n-2}$$

### 20.1.3. Описание технологии проведения

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в формах: устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа); защиты лабораторных работ; а также 2 контрольных работ с задачами по лекционному материалу. Список практических приемов, осваиваемых в процессе изучения дисциплины и использованных при составлении задач и контрольных вопросов, приводится ниже.

Математический аппарат для описания непрерывных изображений и систем для их преобразования

- расчет двумерного преобразования Фурье, автокорреляции, взаимной корреляции;
- дифференцирующие линейные фильтры (вид функций рассеяния точки и передаточных функций).

Модели зрения

- качественный анализ передаточных функций (частотных характеристик) компонентов моделей;
- изображение характерных особенностей функций рассеяния точки компонентов с их объяснением.

Колориметрия

- графическое построение локуса.

Дискретизация и квантование изображений

- роль механизма латерального торможения в данном контексте;
- расчет равномерного квантователя при заданном количестве уровней квантования или разрядности кода;
- расчет оптимального квантователя при заданном количестве уровней квантования (или разрядности кода) и заданной плотности вероятности распределения яркости (уровней – не более 5).

Обобщенный цифровой линейный оператор

- запись блочной матрицы для заданного преобразования (Собеля, Лапласа и т.п.);
- доказательство разделимости заданного преобразования (представить блочную матрицу в виде прямого произведения).

Дискретные операторы суперпозиции, свертки и унитарные преобразования, преобразование Фурье

- получить маску (дискретных отсчетов функции рассеяния точки) преобразования из заданной блочной матрицы и наоборот – записать блочную матрицу преобразования, заданного маской;
- тестирование заданного преобразования на разделимость (представление маски в виде произведения вектора-столбца на строку);
- аналитическая запись передаточной функции (частотной характеристики) дискретного линейного фильтра, заданного маской (размером – не более 3 x 3), и графическое ее представление.

Рекурсивная фильтрация

- получить частотную характеристику и условие устойчивости для фильтра, заданного разностным уравнением (для простоты в задачах используются одномерные фильтры порядка – не выше 2).

#### Методы предварительной обработки изображения

- сравнительный анализ (качественный и количественный) фильтров нижних (или верхних) частот, заданных масками;
- построить (на клетчатой бумаге) результат преобразования простого двухградационного изображения медианным или нелинейным пороговым фильтром;
- разработать алгоритмы устранения помех на двухградационных изображениях (по аналогии с лекционным материалом);
- найти непрерывную характеристику передачи яркости для гистограммного выравнивания с целью получения заданного распределения яркости (распределение задается аналитическим выражением плотности вероятности);
- применить дискретное выравнивание гистограммы изображения, для которого задается гистограмма яркости (не более 20 уровней квантования), а также – количество уровней квантования результирующего изображения.

#### Реставрация изображений

- синтезировать винеровский фильтр для реставрации изображения, искаженного линейной системой с заданной функцией рассеяния точки.

#### Сегментация изображений

- демонстрация рассмотренных в лекциях алгоритмов контурного анализа (алгоритм «жука», алгоритм A\*) на конкретных изображениях (заданных в виде матриц небольших размеров);
- демонстрация применения методов аппроксимации контурных кривых (совмещение с симметричными фигурами, полигональная аппроксимация, преобразование Хоуга) для обработки заданных (в табличном виде) контурных препаратов;
- демонстрация метода пороговой сегментации по гистограмме изображения (заданной таблично);
- определение оптимального порога для сегментации при заданных априорных вероятностях и законах распределения яркостей пикселей;
- демонстрация процедуры разбиения и объединения областей на конкретных изображениях (заданных в виде матриц небольших размеров).

#### **20.1.4. Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)**

При оценивании результатов устного опроса и защиты лабораторных работ используется качественная шкала оценок. Оценка «зачтено» выставляется, если разработанная согласно индивидуальному заданию программа демонстрирует результат применения соответствующего метода обработки с требуемыми параметрами на серии изображений.

Оценивание результатов выполнения контрольных работ предполагает использование количественной шкалы. Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если предложенное задание выполнено полностью: решены обе задачи, приведено подробное описание способа и последовательности решения со ссылками на материалы соответствующего раздела лекционной части дисциплины, даны ответы на все дополнительные вопросы задания;
- оценка «хорошо», если полностью решены задачи, но нет ответов на дополнительные вопросы задания;
- оценка «удовлетворительно» выставляется за частичное или содержащее несущественные ошибки решение задач;

- оценка «неудовлетворительно», если нет решения обеих задач контрольного варианта.

**Приведённые ниже задания рекомендуется использовать при проведении диагностических работ для оценки остаточных знаний по дисциплине**

**1) тестовые задания - 1 балл**

1. Спектр свертки изображений
  - a. не превосходит произведение их спектров.
  - b. равен произведению их спектров.
  - c. равен взвешенной сумме их спектров.
2. Спектр автокорреляционной функции изображения (2 варианта)
  - a. равен квадрату спектра изображения.
  - b. равен удвоенному спектру изображения.
  - c. называется энергетическим спектром.
3. Свертка используется для реализации...
  - a. спектральной обработки изображений.
  - b. линейной пространственно-инвариантной обработки изображений.
  - c. нелинейной обработки изображений.
  - d. линейной фильтрации изображений.
4. Сжатие изображения при масштабировании...
  - a. не влияет на его спектр пространственных частот.
  - b. приводит к соответствующему сужению спектра.
  - c. приводит к расширению спектра.
  - d. приводит к набегу фазы частотных составляющих спектра.
5. Преобразование сдвига изображения...
  - a. не влияет на его спектр пространственных частот.
  - b. приводит к соответствующему сужению спектра.
  - c. приводит к расширению спектра пространственных частот.
  - d. приводит к набегу фазы составляющих спектра, пропорциональному частоте.
6. Чему равна спектральная плотность мощности белого шума?
  - a.  $W(u,v)=0$
  - b.  $W(u,v)=1$
  - c.  $W(u,v)=\text{const}$
  - d.  $W(u,v)$  бесконечна
7. Функция рассеяния точки это:
  - a. Отклик на воздействие дельта-функции.
  - b. Отклик на воздействие в виде функции Хевисайда.
  - c. Отклик на воздействие в виде прямоугольного импульса.
  - d. Передаточная функция.
8. Процесс преобразования непрерывного изображения в матрицу значений, называется?
  - a. Квантование изображения по уровню.
  - b. Получение цифрового изображения.
  - c. Дискретизацией изображения.



d. Модуляцией изображения.

9. Z-преобразование имеет свойства?

- a. Нелинейность.
- b. Цикличность.
- c. Линейность, задержка, свёртка.
- d. Сопряжённость.

10. Дискретное преобразование Фурье используется для?

- a. Корреляционного анализа.
- b. Анализа предельных циклов.
- c. Спектрального анализа.
- d. Квантового анализа.

11. Интеграл от двумерной функции Дирака по всей плоскости координат:

- a. равен 1
- b. равен 0
- c. не равен 0
- d. бесконечен

12. Чему соответствует дифференцирование по  $x$  в частотной области?

- a. Умножению на  $j\omega$ .
- b. Умножению на  $2\pi$ .
- c. Умножению на  $1/(j\omega)$ .
- d. Умножению на  $1/(2\pi)$ .

### Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ (буква)
1.	b
2.	a,c
3.	b
4.	c
5.	d
6.	c
7.	a
8.	c
9.	c
10.	c

11.	a
12.	a

## 2) задания с коротким ответом - 2 балла

13. Несжатое растровое изображение размером 64 x 512 пикселей занимает 32 Кб памяти. Каково максимально возможное число цветов в палитре изображения?

14. Изображение было сохранено в файле bmp как 24-разрядный рисунок. Во сколько раз будет меньше информационный объём файла, если в нём это же изображение сохранить как 16-цветный рисунок?

15. Представление непрерывной двумерной функции совокупностью её значений в определенном наборе точек области определения – это...

16. Разбиение диапазона значений некоторой величины на конечное число уровней и округление этих значений до ближайших к ним уровней – это...

17. Одна из входных матриц поворачивается на 180 градусов и сканирует вторую матрицу, совмещаясь с каждым из ее элементов. На каждом таком шаге элементы обеих матриц, попавшие в область перекрытия, умножаются друг на друга. Сумма этих попарных произведений сохраняется в качестве элемента результирующей матрицы. Так вычисляется...

### Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ (буква)
13.	256
14.	6
15.	дискретизация
16.	квантование
17.	свертка

## 3) задания с развернутым ответом - 3 балла

18. Опишите принцип работы двумерного медианного фильтра и цель его применения для обработки изображений. Какие основные преимущества перед линейной обработкой медианный фильтр имеет при его типичном использовании?

### Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ (буква)

18.	Основное предназначение – подавление импульсных помех, которое медианный фильтр производит более эффективно, по сравнению с линейной фильтрацией. Кроме того, полезные элементы изображения искажаются в меньшей степени, например, остаются резкими контуры объектов.
-----	--

Критерии оценивания	Шкала оценок
Обучающийся приводит полное и безошибочное описание алгоритма медианной обработки, типичного способа его применения, перечисляет преимущества над линейной обработкой.	3 балла
Обучающийся приводит описание алгоритма медианной фильтрации, в котором допущены незначительные неточности, и верно определяет цель его применения.	2 балла
Представлено словесное описание идеи медианной фильтрации, правильно отражающее основные этапы обработки.	1 балл
В представленном ответе нет упоминания о медиане числовой последовательности, не описан способ использования двумерного окна обработки.	0 баллов

19. Опишите алгоритм расчета двумерной свертки с использованием быстрого преобразования Фурье. Представьте теоретическое обоснование отдельных его шагов. При каких условиях этот алгоритм дает преимущество в вычислительной сложности перед другими методами расчета свертки?

### Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ (буква)
19.	Расчет спектров входных матриц с использованием БПФ; точечное перемножение матриц спектров; обратное БПФ матрицы произведения. Сложность алгоритма не зависит от размеров меньшей из исходных матриц при фиксированных размерах большей. Таким образом, если преобразование свертки моделирует пространственно-инвариантную систему, преимущество можно ожидать при увеличении размера матрицы функции рассеяния точки (маски).

Критерии оценивания	Шкала оценок
---------------------	--------------

Обучающийся приводит полное и безошибочное описание алгоритма расчета двумерной свертки с использованием быстрого преобразования Фурье, теоретическое обоснование отдельных его шагов, формулирует условия для получения преимущества над другими методами расчета свертки.	3 балла
Обучающийся приводит описание алгоритма расчета двумерной свертки с использованием быстрого преобразования Фурье, в котором допущены незначительные неточности, и верно определяет цель его применения.	2 балла
Представлено словесное описание идеи расчета двумерной свертки с использованием быстрого преобразования Фурье, правильно отражающее основные этапы обработки.	1 балл
В представленном ответе не описан способ использования быстрого преобразования Фурье для вычисления свертки.	0 баллов

20. Опишите алгоритм расчета двумерной свертки прямым методом (алгоритм маски). При каких условиях этот алгоритм дает преимущество в вычислительной сложности перед другими методами расчета свертки?

#### Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ (буква)
20.	Одна из входных матриц поворачивается на 180 градусов и сканирует вторую матрицу, совмещаясь с каждым из ее элементов. На каждом таком шаге элементы обеих матриц, попавшие в область перекрытия, умножаются друг на друга. Сумма этих попарных произведений сохраняется в качестве элемента результирующей матрицы. Сложность алгоритма зависит от размеров меньшей из исходных матриц при фиксированных размерах большей. Таким образом, если преобразование свертки моделирует пространственно-инвариантную систему, преимущество можно ожидать при уменьшении размера матрицы функции рассеяния точки (маски).

Критерии оценивания	Шкала оценок
Обучающийся приводит полное и безошибочное описание алгоритма расчета двумерной свертки, формулирует условия для получения преимущества над другими методами расчета свертки.	3 балла
Обучающийся приводит описание алгоритма расчета двумерной свертки, в котором допущены незначительные неточности, и верно определяет цель его применения.	2 балла

Представлено словесное описание способа расчета двумерной свертки, правильно отражающее основные этапы обработки.	1 балл
В представленном ответе не описан способ вычисления свертки и не дается определения данного преобразования.	0 баллов

21. Опишите преобразование дискретной двумерной взаимной корреляции. Приведите пример его типичного применения в обработке изображений.

#### Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ (буква)
21.	Одна из входных матриц сканирует вторую матрицу, совмещаясь с каждым из ее элементов. На каждом таком шаге элементы обеих матриц, попавшие в область перекрытия, умножаются друг на друга. Сумма этих попарных произведений сохраняется в качестве элемента результирующей матрицы. Типичное применение - в качестве оценки схожести фрагментов изображений, например, в задачах распознавания.

Критерии оценивания	Шкала оценок
Обучающийся приводит полное и безошибочное описание преобразования дискретной двумерной взаимной корреляции, типичного способа его применения в обработке изображений.	3 балла
Обучающийся приводит описание преобразования дискретной двумерной взаимной корреляции, в котором допущены незначительные неточности, и верно определяет цель его применения.	2 балла
Представлено словесное описание способа расчета двумерной взаимной корреляции, правильно отражающее основные этапы обработки.	1 балл
В представленном ответе не описан способ вычисления двумерной взаимной корреляции и не дается определения данного преобразования.	0 баллов

22. Опишите способ доказательства разделимости преобразования дискретной двумерной свертки, использующий матрицу функции рассеяния точки (ядро или маску). Приведите примеры матриц разделимого и неразделимого преобразований.

#### Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ (буква)
22.	Матрица функции рассеяния точки представима произведением вектора-столбца на вектор-строку.

Критерии оценивания	Шкала оценок
Обучающийся приводит полное и безошибочное описание способа доказательства делимости преобразования дискретной двумерной свертки, иллюстрируя его примерами матриц делимого и неразделимого преобразований.	3 балла
Обучающийся приводит описание способа доказательства делимости преобразования дискретной двумерной свертки, в котором допущены незначительные неточности, и верно определяет цель его применения.	2 балла
Представлено словесное описание способа доказательства делимости преобразования дискретной двумерной свертки, правильно отражающее основные его этапы.	1 балл
В представленном ответе не описан способ доказательства делимости преобразования дискретной двумерной свертки и не дается определения данного преобразования и его делимости.	0 баллов

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств

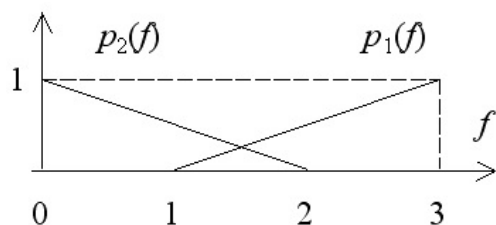
### 20.2.1. Перечень заданий для контрольных работ

Комплект заданий для контрольной работы №2. Цель контроля: знание способов реализации алгоритмов обработки изображений в виде компьютерных программ с учетом специфики предметной области, методики анализа вычислительной сложности реализуемых алгоритмов, умение применять пере-численные сведения при выборе конкретного способа алгоритмической реализации специфической обработки изображений с учетом результатов анализа алгоритмов по вычислительной сложности. Пример варианта из комплекта заданий для контрольной работы №2:

1. Найдите характеристику передачи яркости, преобразующую гистограмму к закону распределения Рэля:

$$p(g) = \frac{g - g_{\min}}{\alpha^2} \exp\left\{-\frac{(g - g_{\min})^2}{2\alpha^2}\right\}; \quad g \geq g_{\min} .$$

2. Яркости пикселей объектов и фона распределены по законам  $p_1$  и  $p_2$  соответственно:



Выберите оптимальный порог для сегментации при заданных априорных вероятностях пикселей того и другого вида  $P_1$  и  $P_2$ .

### 20.2.2. Описание технологии проведения

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме зачета с оценкой. Условиями для положительной итоговой оценки являются: выполнение всех лабораторных работ, перечисленных в приложении под наименованием «комплект задач», а также успешное выполнение обеих контрольных работ.

Для оценивания результатов обучения на зачете с оценкой используются следующие показатели:

1. знание основных методов цифровой обработки изображений и математического аппарата для описания изображений и преобразующих систем;
2. умение применять перечисленные сведения при выборе метода решения задач обработки изображений, анализа и синтеза преобразующих систем;
3. владение методикой использования изученного математического аппарата для решения задач анализа и синтеза систем обработки изображений;
4. знание способов реализации алгоритмов обработки изображений в виде компьютерных программ с учетом специфики предметной области, методики анализа вычислительной сложности реализуемых алгоритмов;
5. умение применять перечисленные сведения при выборе конкретного способа алгоритмической реализации специфической обработки изображений с учетом результатов анализа алгоритмов по вычислительной сложности;
6. владение навыками работы с несколькими доступными инструментами, предназначенными для практической реализации изучаемых методов обработки изображений.

### 20.2.3. Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

При оценивании используется следующая шкала:

5 баллов ставится, если обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их при решении практических задач;

4 балла ставится, если обучающийся демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, но допускает незначительные ошибки, неточности, испытывает затруднения при решении практических задач;

3 балла ставится, если обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускает значительные ошибки при решении практических задач;

2 балла ставится, если обучающийся демонстрирует явное несоответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям.

*При сдаче зачета с оценкой*

оценка «отлично» - 5 баллов

оценка «хорошо» - 4 балла

оценка «удовлетворительно» - 3 балла

оценка «неудовлетворительно» - 2 балла.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<p><i>Сформированные знания об основных методах цифровой обработки изображений и математическом аппарате для описания изображений и преобразующих систем.</i></p> <p><i>Сформированное умение применять перечисленные сведения при выборе метода решения задач обработки изображений, анализа и синтеза преобразующих систем.</i></p> <p><i>Сформированные навыки владения методикой использования изученного математического аппарата для решения задач анализа и синтеза систем обработки изображений. Сформированные знания способов реализации алгоритмов обработки изображений в виде компьютерных программ с учетом специфики предметной области, методики анализа вычислительной сложности реализуемых алгоритмов. Сформированное умение применять перечисленные сведения при выборе конкретного способа алгоритмической реализации специфической обработки изображений с учетом результатов анализа алгоритмов по вычислительной сложности. Сформированные навыки работы с несколькими доступными инструментами, предназначенными для практической реализации изучаемых методов обработки изображений.</i></p>	<p><i>Повышенный уровень</i></p>	<p><i>Отлично</i></p>
<p><i>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления об основных методах цифровой обработки изображений и математическом аппарате для описания изображений и преобразующих систем. Успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять перечисленные сведения при выборе метода решения задач обработки изображений, анализа и синтеза преобразующих систем. Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки владения методикой использования изученного математического аппарата для решения задач анализа и синтеза систем обработки изображений.</i></p> <p><i>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о способах реализации алгоритмов обработки изображений в виде компьютерных программ с учетом специфики предметной области, о методике анализа вычислительной сложности реализуемых алгоритмов. Успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять перечисленные сведения при выборе конкретного способа алгоритмической реализации специфической обработки изображений с учетом результатов анализа алгоритмов по вычислительной сложности.</i></p> <p><i>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки работы с несколькими доступными инструментами, предназначенными для практической реализации изучаемых методов обработки изображений.</i></p>	<p><i>Базовый уровень</i></p>	<p><i>Хорошо</i></p>



<p><i>Неполное представление об основных методах цифровой обработки изображений и математическом аппарате для описания изображений и преобразующих систем. Успешное, но не системное умение применять перечисленные сведения при выборе метода решения задач обработки изображений, анализа и синтеза преобразующих систем. Неполное владение навыками владения методикой использования изученного математического аппарата для решения задач анализа и синтеза систем обработки изображений. Неполное представление о способах реализации алгоритмов обработки изображений в виде компьютерных программ с учетом специфики предметной области, о методике анализа вычислительной сложности реализуемых алгоритмов. Успешное, но не системное умение применять перечисленные сведения при выборе конкретного способа алгоритмической реализации специфической обработки изображений с учетом результатов анализа алгоритмов по вычислительной сложности. Неполное владение навыками работы с несколькими доступными инструментами, предназначенными для практической реализации изучаемых методов обработки изображений.</i></p>	<p><i>Пороговый уровень</i></p>	<p><i>Удовлетворительно</i></p>
<p><i>Фрагментарные знания или отсутствие знаний. Фрагментарные умения или отсутствие умений. Фрагментарные навыки или отсутствие навыков.</i></p>	<p><i>-</i></p>	<p><i>Неудовлетворительно</i></p>