

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о подписи:

ФИО: Макаренко Елена Николаевна

Должность: Ректор

Дата подписания: 23.02.2022

Уникальный программный ключ:

c098bc0c1041cb2a4cf926cf171d6715d99a6ae00adc8e27b55cbe1e2dbd7c78

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)»

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института магистратуры

Иванова Е.А.

« 22 » февраля 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины  
Операторы свертки и обработка изображений**

Направление 01.04.02 Прикладная математика и информатика  
магистерская программа 01.04.02.04 "Искусственный интеллект: математические модели и прикладные решения"

Для набора 2022 года

Квалификация  
Магистр

**Составитель программы:**

Сахарова Л.В., д.ф.-м.н., проф кафедры фундаментальной и прикладной математики

Программа одобрена на заседании кафедры высшей фундаментальной и прикладной математики  
«22» февраля 2022 г., протокол №6

## ***I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ***

**Цели** освоения дисциплины (модуля): выработка у студентов компетенций, связанных с обработкой изображений, овладение многомерным преобразованием Фурье, приближенными методами решения уравнений типа свертки, методами оценки погрешностей.

### **Задачи:**

- изучение методов обработки изображений;
- овладение методом Фурье;
- изучение приближенных методов решения многомерных уравнений типа свертки;
- овладение методами оценки погрешностей;
- овладение методами восстановления изображений.

## ***II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО***

2.1. Учебная дисциплина «Операторы свертки и обработка изображений» реализуется в третьем семестре в рамках части блока дисциплин, формируемой участниками образовательных отношений, и является дисциплиной по выбору.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы базовые знания основных понятий алгебры, математического анализа, функционального анализа.

2.3. Знания, умения и навыки, полученные в ходе изучения данной дисциплины и выполнения практических заданий, могут использоваться при решении научно-исследовательских, проектных и производственных задач.

### III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы:

Шифр и формулировка компетенций (результаты освоения ОП)	Индикаторы	Элементы компетенций, формируемые дисциплиной
Общепрофессиональные компетенции (ОПК)		
ПК-6. Способен руководить проектами по созданию, внедрению и использованию одной или нескольких сквозных цифровых субтехнологий искусственного интеллекта в прикладных областях	ПК-6.1. Руководит проектами в области сквозной цифровой субтехнологии «Компьютерное зрение»	<b>Знания:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• знает принципы построения систем компьютерного зрения, методы и подходы к планированию и реализации проектов по созданию систем искусственного интеллекта на основе сквозной цифровой субтехнологии «Компьютерное зрение»</li></ul>
		<b>Умения:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• умеет руководить проектами по созданию, внедрению и поддержке систем искусственного интеллекта на основе сквозной цифровой субтехнологии «Компьютерное зрение»</li></ul>
		<b>Навыки:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• обработки изображений</li><li>• решения уравнений типа свертки</li></ul>

## IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетные единицы, 180 часов, из них 34 часов лекционных занятий, 34 часов практических занятий, 76 часов на самостоятельную работу и 36 часов на подготовку к экзамену.

**Форма отчетности: экзамен**

### 4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа преподавателя с обучающимися					
			Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия			
1	Раздел 1. Свертки на конечных группах.	4	4	7		46	Доклады на семинарских занятиях.	
1.1	Циклические матрицы. Одномерное преобразование Фурье.	4	1	2		20		
1.2	Многомерные циклические матрицы. Многомерное преобразование Фурье.	4	1	2		21		
1.3	Многомерные уравнения типа свертки.	4	2	3		5		
2	Раздел 2. Приближенные методы решения уравнений типа свертки.	4	4	7		46	Доклады на семинарских занятиях.	
2.1	Проекционные методы решения одномерных уравнений типа	4	1	2		10		

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа обучающихся	Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа преподавателя с обучающимися				
	свертки.						
2.2	Проекционные методы решения многомерных уравнений типа свертки.	4	1	3		10	
2.3	Оценка погрешностей решения.	4	2	2		26	
3	Раздел 3. Восстановление смазанных изображений.	4	4	6		47	Доклады на семинарских занятиях.
3.1	Смазанные изображения. Уравнение для восстановления смазанного изображения.	4	1	2		20	
3.2	Число обусловленности матрицы смаза.	4	1	2		17	
3.3	Влияние числа обусловленности матрицы смаза на качество восстановления.	4	2	2		10	
Подготовка к экзамену							
Итого часов			<b>12</b>	<b>20</b>		<b>139</b>	

#### 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Се- местр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно- методическое обес- печение самостоя- тельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выпол- нения	Затраты времени (час.)		
1	Свертки на конечных группах.	Изучение лекций и учебной литературы	3 недели	20	Собеседование	Материалы лек- ций, рекомендо- ванная учебная ли- тература.
1	Свертки на конечных группах.	Выполнение дополни- тельных заданий	3 недели	24	Проверка выпол- ненных заданий	
1	Приближенные методы решения уравнений типа свертки.	Изучение лекций и учебной литературы	3 недели	20	Собеседование	
1	Приближенные методы решения уравнений типа свертки.	Выполнение дополни- тельных заданий	3 недели	25	Проверка выпол- ненных заданий	
1	Восстановление смазанных изображений.	Изучение лекций и учебной литературы	3 недели	25	Собеседование	
1	Восстановление смазанных изображений.	Выполнение дополни- тельных заданий	3 недели	25	Проверка выпол- ненных заданий	
Подготовка к экзамену Общая трудоемкость самостоятельной работы по дисциплине (час)				<b>16</b> <b>139</b>		
Бюджет времени самостоятельной работы, предусмотренный учебным планом для дан- ной дисциплины (час)				<b>139</b>		

### 4.3 Содержание учебного материала

#### Раздел 1. Свертки на конечных группах.

##### Тема 1.1. Циклические матрицы. Одномерное преобразование Фурье.

Определение алгебры циклических матриц. Обращение циклических матриц. Собственные числа и собственные векторы. Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Приведение циклической матрицы к диагональному виду.

##### Тема 1.2. Многомерные циклические матрицы. Многомерное преобразование Фурье.

Алгебра многомерных циклических матриц. Многомерное дискретное преобразование Фурье. спектральные свойства многомерных циклических матриц. Приведение многомерной циклической матрицы к диагональному виду.

##### Тема 1.3. Многомерные уравнения типа свертки.

Многомерные дискретные свертки и их свойства. Уравнения свертки в углах.

#### Раздел 2. Приближенные методы решения уравнений типа свертки.

##### Тема 2.1. Проекционные методы решения одномерных уравнений типа свертки.

Метод редукции для одномерного уравнения свертки. Критерий сходимости метода редукции.

##### Тема 2.2. Проекционные методы решения многомерных уравнений типа свертки.

Проекционные методы решения уравнений свертки в углах. Обратимость операторов дискретной свертки на многогранниках.

##### Тема 2.3. Оценка погрешностей решения.

Классификация погрешностей решения операторного уравнения. Число обусловленности оператора. Влияние числа обусловленности оператора на погрешности решения.

#### Раздел 3. Восстановление смазанных изображений.

##### Тема 3.1. Смазанные изображения. Уравнение для восстановления смазанного изображения.

Классификация смазов изображения. Уравнения смаза. Обратимость матрицы смаза.

##### Тема 3.2. Число обусловленности матрицы смаза.

Нахождение числа обусловленности матрицы смаза. Зависимость числа обусловленности матрицы смаза от размерности изображения и величины смаза.

##### Тема 3.3. Влияние числа обусловленности матрицы смаза на качество восстановления.

Зависимость качества восстановления изображения от числа обусловленности и точности оцифровки изображения. Подбор оптимальных параметров для наилучшего восстановления изображения.

#### Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение

Восстановление смазанных изображений, когда величина смаза неизвестна.

## V. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При проведении лекций и практических занятий используются следующие образовательные технологии:

- лекции
- домашние задания
- самопроверка студентов

Учебный процесс базируется на концепции компетентностного обучения, ориентированного на формирование конкретного перечня профессиональных компетенций, акту-



ализацию получаемых теоретических знаний. Развертывание компетентностной модели обучения предполагает широкое применение инновационных способов организации учебного процесса, в том числе балльно-рейтинговой системы, а также внедрение системы онлайн-поддержки внеаудиторной работы студентов.

## **VI. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Полный комплект контрольно-оценочных материалов (Фонд оценочных средств) оформлен в виде приложения к рабочей программе дисциплины.

## **VII. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1. Основная литература.**

Клетте, Р. Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы: учебник / Р. Клетте ; перевод с английского А. А. Слинкина. — Москва: ДМК Пресс, 2019. — 506 с. — ISBN 978-5-97060-702-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/131691> (дата обращения: 10.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **7.2. Дополнительная литература.**

Тыртышников Е.Е.. Матричный анализ и линейная алгебра. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2352](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2352) — Загл. с экрана.

Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес; Р. Вудс - 3-е изд., испр. и доп. - Москва: Техносфера, 2012. - 1104 с. <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233465> — Загл. с экрана.

### **7.3. Список авторских методических разработок.**

Нет.

### **7.4. Периодические издания (при необходимости)**

нет

### **7.5. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

Нет.

### **7.6. Программное обеспечение информационно-коммуникационных технологий**

Операционная система Microsoft Windows (любая версия), пакет Microsoft Office (любая версия).

## **VIII. МАТЕРИАЛЬНО -ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Учебно-лабораторное оборудование**

При проведении дисциплины учащиеся должны быть обеспечены:

1. Лекционной аудиторией с мультимедийным презентационным оборудованием для демонстрации презентаций и иллюстративного материала.

### **8.2. Программные средства**

Операционная система Microsoft Windows (любая версия), пакет Microsoft Office (любая версия).

Среда программирования Microsoft Visual Studio (любая версия), используется для программной реализации изученных алгоритмов.

### ***IX. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины***

Методические указания приведены в учебных пособиях, перечисленных в разделе VII.

## УЧЕБНАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

«Операторы свертки и обработка изображений»

5 зач.ед.; ак.ч всего: 180, в т.ч.: 34 лекций, 34 практ. 76 самостоят, 36 контроль.

Преподаватель Козак Анатолий Всеволодович

Кафедра алгебры и дискретной математики

Курс 2, семестр 3

Направление подготовки: 01.04.02 «Прикладная математика и информатика»

Магистерская программа «Искусственный интеллект: математические модели и прикладные решения»

№	Виды контрольных мероприятий	Текущий контроль	Рубежный контроль (при наличии)
	<b>Модуль 1.</b> Свертки на конечных группах	<b>5</b>	<b>15</b>
1.	Подготовка доклада	5	
2.	Собеседование		10
3.	Выполнение дополнительных заданий		5
	<b>Модуль 2.</b> Приближенные методы решения уравнений типа свертки	<b>5</b>	<b>15</b>
1.	Подготовка доклада	5	
2.	Собеседование		10
3.	Выполнение дополнительных заданий		5
	<b>Модуль 3</b> Восстановление смазанных изображений	<b>5</b>	<b>15</b>
1.	Подготовка доклада	5	
2.	Собеседование		10
3.	Выполнение дополнительных заданий		5
	Всего	<b>15</b>	<b>45</b>
	Промежуточная аттестация в форме экзамена	<b>40</b>	Устный ответ (40 баллов) при условии ответов на все вопросы (по 15 баллов при полном ответе на каждый из двух основных вопросов, 10 баллов при полном ответе на дополнительные вопросы)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)»

Факультет компьютерных технологий и защиты информации  
Кафедра фундаментальной и прикладной математики

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)  
ОПЕРАТОРЫ СВЕРТКИ И ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ**

Код и наименование направления подготовки/специальности:  
01.04.02 «Прикладная математика и информатика»

Уровень образования:  
Магистратура

Магистерская программа:  
«Искусственный интеллект: математические модели и прикладные решения»

Форма обучения:  
Очная

Ростов-на-Дону, 2022

## ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ, ФОРМИРУЕМЫХ ДИСЦИПЛИНОЙ

### Операторы свертки и обработка изображений

Код компетенции	Формулировка компетенции
1	2
<b>ПК</b>	<b>ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ</b>
ПК-6	Способен руководить проектами по созданию, внедрению и использованию одной или нескольких сквозных цифровых субтехнологий искусственного интеллекта в прикладных областях

## ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Операторы свертки и обработка изображений

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины*	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства**
1.	<b>Свертки на конечных группах</b>	ПК-10	Подготовка доклада. Собеседование. Выполнение дополнительных заданий.
2.	<b>Приближенные методы решения уравнений типа свертки</b>	ПК-10	Подготовка доклада. Собеседование. Выполнение дополнительных заданий.
3.	<b>Восстановление смазанных изображений</b>	ПК-10	Подготовка доклада. Собеседование. Выполнение дополнительных заданий.

\* Наименование раздела указывается в соответствии с рабочей программой дисциплины.

\*\*Наименование оценочного средства указывается в соответствии с учебной картой дисциплины.

**Темы докладов**  
**по дисциплине «Операторы свертки и обработка изображений»**

**1. Тематика докладов по разделам**

**Раздел 1. Свертки на конечных группах.**

Тема 1. Алгебраические свойства свертки на группе вычетов.

Тема 2. Спектральные свойства свертки на группе вычетов.

Тема 3. Свертки на декартовом произведении групп вычетов.

**Раздел 2. Приближенные методы решения уравнений типа свертки.**

Тема 1. Метод редукции для одномерного уравнения свертки.

Тема 2. Метод редукции для многомерных уравнений свертки.

Тема 3. Обратимость операторов свертки на многогранниках.

**Раздел 3. Восстановление смазанных изображений.**

Тема 1. Методы оцифровки изображений.

Тема 2. Классификация смазов изображения и методы их устранения.

Тема 3. Влияние глубины цветности на восстановление смазанных изображений.

**Комплект дополнительных заданий  
для самостоятельного выполнения по дисциплине  
«Операторы свертки и обработка изображений»**

**Раздел 1. Свертки на конечных группах.**

Тема 1. Тензорное произведение матриц.

Тема 2. Быстрое преобразование Фурье.

Тема 3. Свойства операторов смаза.

**Раздел 2. Приближенные методы решения уравнений типа свертки.**

Тема 1. Метод редукции для уравнения Винера-Хопфа.

Тема 2. Методы решения больших систем уравнений с теплицевыми матрицами.

Тема 3. Методы решения уравнений с двумерными теплицевыми матрицами.

**Раздел 3. Восстановление смазанных изображений.**

Тема 1. Исправление геометрических искажений при смазе.

Тема 2. Влияние величины смаза на восстановление изображения.

Тема 3. Асимптотика числа обусловленности матрицы смаза.

## Материалы к экзамену по дисциплине «Операторы свертки и обработка изображений»

### 1. Программа экзамена

**Циклические матрицы.** Матрица циклического сдвига. Собственные числа и собственные векторы матрицы циклического сдвига. Дискретное преобразование Фурье. Обратимость циклической матрицы. Собственные числа и собственные векторы циклической матрицы. Алгебра циклических матриц. Свертка конечных векторов. Оператор свертки.

**Приложение циклических матриц к восстановлению изображений.** Матрица смаза. Обратимость матрицы смаза. Число обусловленности матрицы смаза.

**Свертки на группе целых чисел.** Свертка векторов из пространства суммируемых последовательностей. Свойства свертки. Алгебра Винера. Оператор свертки. Норма оператора свертки. Символ оператора свертки и его свойства. Обратимость оператора свертки.

**Операторы Винера-Хопфа.** Определение оператора Винера-Хопфа. Треугольные операторы свертки. Индекс функции. Факторизация единичного оператора, возмущенного малым по норме оператором. Факторизация финитного оператора свертки. Факторизация оператора свертки. Обратимость операторов Винера-Хопфа.

**Метод редукции для уравнения Винера-Хопфа.** Лемма об обратимости оператора. Две теоремы об обратимости усеченных операторов свертки.

**Многомерные операторы свертки.** Определение многомерного оператора свертки. Обратимость операторов свертки в полупространствах. Функция затухания и ее свойства. Функция затухания оператора свертки. Две теоремы об операторах свертки на многоугольниках. Теорема о близости решений усеченного уравнения свертки и уравнения свертки по всей плоскости. Теорема о близости решений усеченного уравнения свертки и уравнения свертки в полуплоскости.



## 2. Образцы экзаменационных билетов

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Матрица циклического сдвига. Собственные числа и собственные векторы матрицы циклического сдвига.
2. Обратимость операторов Винера-Хопфа.

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

1. Дискретное преобразование Фурье. Обратимость циклической матрицы. Собственные числа и собственные векторы циклической матрицы
2. Факторизация единичного оператора, возмущенного малым по норме оператором. Факторизация финитного оператора свертки. Факторизация оператора свертки

### 3. Критерии оценки

Экзамен проводится в устной форме. Ответ на экзамене оценивается исходя из сорока баллов.

За каждый вопрос можно получить до 20 баллов, количество баллов зависит от полноты ответа:

16-20 баллов - ответ дан в полной форме, вместе со всеми необходимыми доказательствами;

11-15 баллов - ответ дан в полной форме, в приведенных доказательствах содержатся незначительные погрешности;

6-10 баллов - ответ дан в полной форме, в приведенных доказательствах содержатся существенные погрешности;

6 баллов - ответ дан в сокращенной форме, определения и формулировки теорем приведены правильно, доказательства отсутствуют;

1-5 баллов - ответ дан в сокращенной форме, определения и формулировки теорем содержат погрешности, доказательства отсутствуют.

За дополнительные вопросы даются до 10 баллов (5 баллов за дополнительный вопрос, количество баллов зависит от полноты ответа).

**По результатам промежуточной аттестации выставляется итоговая сумма баллов. Оценка «отлично» выставляется, если итоговая сумма не меньше 85 баллов. Оценка «хорошо» выставляется, если итоговая сумма баллов в пределах от 71 до 84. Оценка «удовлетворительно» выставляется, если итоговая сумма в пределах от 60 до 70.**

**Если итоговая сумма меньше 60 баллов, то выставляется оценка «неудовлетворительно».**