

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор высшей школы  
программной инженерии  
А.В. Малеев**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Компьютерное зрение
<b>по направлению:</b>	Программная инженерия
<b>профиль подготовки:</b>	Разработка программно-информационных систем высшая школа программной инженерии высшая школа программной инженерии
<b>курс:</b>	4
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 18 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 108, всего зач. ед.: 3

Программу составил: А.В. Созыкин, канд. техн. наук

Программа обсуждена на заседании высшей школы программной инженерии 19.03.2025

## Аннотация

В курсе рассматриваются современные методы обработки и анализа изображений. Курс охватывает как базовые алгоритмы фильтрации, выделения контуров, связанных компонент, так и более сложные алгоритмы сегментации (бинаризации), поиска объектов на изображениях, классификации изображений, поиска изображений по содержанию. Особое внимание уделяется использованию современных архитектур нейронных сетей для обработки и анализа изображений.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- ознакомление студентов с основами и современными методами компьютерного зрения и обработки изображения, включая извлечение семантической и метрической информации из изображений;
- формирование у студентов практических навыков работы с изображениями и решения прикладных задач анализа изображений.

#### Задачи дисциплины

Научить студентов решению задач, связанных с распознаванием изображений, включая:

1. задачи обработки изображений;
2. задачи улучшения изображений;
3. задачи сегментации изображений;
4. задачи, связанные с формированием признакового пространства;
5. задачи выбора классификаторов, наиболее подходящих к данной прикладной проблеме распознавания изображений.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-6 Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического использования, применять основы информатики и программирования к проектированию, конструированию и тестированию программных продуктов	ОПК-6.3 Знает методы тестирования программного кода на ошибки и способен проводить тестирование на различных уровнях (модульное, интеграционное, системное)
ОПК-7 Способен применять в практической деятельности основные концепции, принципы, теории и факты, связанные с информатикой	ОПК-7.1 Обладает навыками создания и выполнения тестовых сценариев для выявления ошибок в программном обеспечении
	ОПК-7.2 Понимает принципы работы баз данных и умеет проектировать структуру данных для эффективного хранения информации
ОПК-8 Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных технологий	ОПК-8.1 Понимает принципы, по которым работают базы данных, и умеет создавать структуру данных, оптимизированную для эффективного хранения и обработки информации
	ОПК-8.2 Умеет применять технологии машинного обучения в различных прикладных областях

использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	ОПК-8.3 Умеет оптимизировать и проводить рефакторинг существующего кода для улучшения производительности и поддержки
ПК-3 Способен проектировать, разрабатывать, интегрировать, проверять на работоспособность программное обеспечение	ПК-3.2 Умеет выбирать языки программирования для написания программного кода с учетом технического задания

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- задачи и методы обработки изображений;
- основные методы и алгоритмы выделения признаков на изображении;
- различные методы распознавания.

уметь:

- использовать методы обработки изображений.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в Интернете;
- навыками реализации методов обработки изображений.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Sampling и квантование; цветовые пространства.	4	4		2
2	Геометрические преобразования.	5	5		2
3	Фильтрация изображений.	4	4		2
4	Выделение контуров; рекурсивные фильтры.	4	4		3
5	Сегментация.	5	5		3
6	Вейвлеты, scale-space.	4	4		3
7	Сжатие изображений; motion estimation.	4	4		3
Итого часов		30	30		18
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		108 час., 3 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 7 (Осенний)

1. Sampling и квантование; цветовые пространства.

Введение. Программа курса. Организационные вопросы. Задачи. Аналоговый и цифровой сигнал, sampling и квантование. Фурье преобразование сигнала. Теорема Найквиста – Шеннона – Котельникова (sampling theorem). Aliasing, алиасинг. Интерполяция. Передискретизация. Восприятие цвета. Рецепторы в сетчатке. Цветовая слепота. Пространство X, Y, Z. Цветовые пространства. Другие цветовые пространства.

## 2. Геометрические преобразования.

Устройство глаза. Геометрические преобразования на плоскости. Аффинные преобразования. Проективные преобразования (Homography). Однородные координаты. Дисторсия оптических систем с осевой симметрией («рыбий глаз», «подушка»). Преобразование Хафа. Диаграмма Вороного. Триангуляция Делоне. Distance transform. Расстояние Хаусдорфа. Метод заматающей полосы.

## 3. Фильтрация изображений.

Возможные дефекты изображений. Гистограмма изображения. Гистограммные преобразования. Баланс белого. Морфологические операции. Бинарная математическая морфология. Морфология на сером. Морфологический градиент. Ускорение вычислений бинарной морфологии. Медианный фильтр. Box фильтр. Фильтр Гаусса. Вычисление градиента. Повышение резкости (unsharp mask). Фильтры. Конволюция (свертка). Деконволюция. Деконволюция Винера. Деконволюция Lucy-Richardson. Детектирование шума. Фильтрация шума. Билатеральный фильтр.

## 4. Выделение контуров; рекурсивные фильтры.

Контурные изображения. Резкие границы на изображении. Первая производная. Фильтр Собеля. Вторая производная. LoG (Laplacian of Gaussian). DoG (Difference of Gaussians). LoG – детектор блоков. Градиент и производная по направлению. Фильтр Габора. Canny edge detector. LSD (Line Segment Detector). Детектор углов. Детектор углов Harris. Гессиан. Steerable фильтры (поворачивающиеся). Рекурсивные фильтры. Рекурсивный фильтр Гаусса.

## 5. Сегментация.

Цели сегментации изображений. Бинаризация. Бинаризация, сложные случаи. Популярные алгоритмы бинаризации. Бинаризация Otsu. Бинаризация Kittler. Бинаризация Niblack. Бинаризация Sauvola. Выделение связанных компонент. Алгоритмы сегментации. Кластеризация. Разрастание областей. Метод водораздела. Методы, основанные на теории графов. Минимальный разрез графа. Normalized cuts. Normalized cuts, superpixel. Efficient Graph-Based Image Segmentation. Сегментация на основе сжатия информации. MSER (Maximally stable extremal regions). Характеристики связанных компонент. Геометрические признаки. Фотометрические признаки.

## 6. Вейвлеты, scale-space.

Оконное преобразование Фурье (Short-time Fourier Transform). Ортонормированный вейвлет. Интегральное вейвлет преобразование. Многомасштабный анализ. Быстрое вейвлет преобразование (алгоритм Малла). Вейвлет Хаара. Квадратурные зеркальные фильтры. Вейвлеты Добеши. Каскадный алгоритм. Вейвлет преобразование в двумерном случае. Scale-space theory. Пирамидальное разложение. Пирамида гауссианов. Пирамида лапласианов. Pyramid blending.

## 7. Сжатие изображений; motion estimation.

Сжатие бинарных изображений. RLE (run length encoding). CCITT Group 4 (Consultative Committee for International Telephony and Telegraphy). JBIG2. Сжатие полутоновых и цветных изображений. JPEG. JPEG2000. MRC (Mixed Raster Content). MPEG (Moving Picture Experts Group). Block-matching algorithm. Оптический поток. Алгоритм Lusac-Kanade. Регистрация изображений. Phase correlation.

## **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

## **6. Перечень рекомендуемой литературы**

### Основная литература

Фонд библиотеки МФТИ:

1. Селянкин, В. В. Компьютерное зрение. Анализ и обработка изображений / В. В. Селянкин. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 152 с. — ISBN 978-5-507-45583-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book>
2. Компьютерное моделирование : учебник / В.М. Градов, Г.В. Овечкин, П.В. Овечкин, И.В. Рудаков. — Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2023. — 264 с. - ISBN 978-5-906818-79-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1896364>

### Дополнительная литература

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Не используются

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Электронные ресурсы, включая доступ к MS Development Network – <http://msdn.microsoft.com/library/en-US>.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий курс, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций и проверкой домашних заданий.

При подготовке к практическим занятиям необходимо повторять ранее изученные основные определения, формулировки теорем.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Программная инженерия
<b>профиль подготовки:</b>	Разработка программно-информационных систем высшая школа программной инженерии высшая школа программной инженерии
<b>курс:</b>	<u>4</u>
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Экзамен

**Разработчик:** А.В. Созыкин, канд. техн. наук

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-6 Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического использования, применять основы информатики и программирования к проектированию, конструированию и тестированию программных продуктов	ОПК-6.3 Знает методы тестирования программного кода на ошибки и способен проводить тестирование на различных уровнях (модульное, интеграционное, системное)
ОПК-7 Способен применять в практической деятельности основные концепции, принципы, теории и факты, связанные с информатикой	ОПК-7.1 Обладает навыками создания и выполнения тестовых сценариев для выявления ошибок в программном обеспечении
	ОПК-7.2 Понимает принципы работы баз данных и умеет проектировать структуру данных для эффективного хранения информации
ОПК-8 Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	ОПК-8.1 Понимает принципы, по которым работают базы данных, и умеет создавать структуру данных, оптимизированную для эффективного хранения и обработки информации
	ОПК-8.2 Умеет применять технологии машинного обучения в различных прикладных областях
	ОПК-8.3 Умеет оптимизировать и проводить рефакторинг существующего кода для улучшения производительности и поддержки
ПК-3 Способен проектировать, разрабатывать, интегрировать, проверять на работоспособность программное обеспечение	ПК-3.2 Умеет выбирать языки программирования для написания программного кода с учетом технического задания

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Компьютерное зрение» обучающийся должен:

### знать:

- задачи и методы обработки изображений;
- основные методы и алгоритмы выделения признаков на изображении;
- различные методы распознавания.

### уметь:

- использовать методы обработки изображений.

### владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в Интернете;
- навыками реализации методов обработки изображений.

## 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

1. Аналоговый и цифровой сигнал, sampling и квантование.
2. Фурье преобразование сигнала.
3. Геометрические преобразования на плоскости.
4. Однородные координаты.
5. Гистограммные преобразования.
6. Ускорение вычислений бинарной морфологии.
7. Резкие границы на изображении.
8. Градиент и производная по направлению.
9. Характеристики связных компонент.
10. Быстрое вейвлет преобразование (алгоритм Малла).
11. Пирамидальное разложение.
12. Сжатие бинарных изображений.
13. Локальные дескрипторы.
14. Поиск в многомерном пространстве. KD-дерево, VBF.
15. Бинарный классификатор участка изображения.
16. Выделение ключевых точек.
17. Датасеты для категоризации и классификации.
18. Использование особых точек для поиска дубликатов.
19. Семантическая сегментация.
20. Объединение выходов с разных уровней сети.

#### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

1. Цифровой сигнал. Дискретизация и квантование. Теорема Найквиста – Шеннона - Котельникова. Алиасинг.
2. Интерполяция: билинейная, Ланцоша. Передискретизация.
3. Восприятие цвета. Цветовые пространства XYZ, CIE LAB, sRGB, HSL.
4. Аффинные преобразования. Проективные преобразования. Однородные координаты.
5. Преобразования Хафа. Диаграмма Вороного и триангуляция Делоне. Distance transform.
6. Гистограммные преобразования. Баланс белого.
7. Морфологические операции для бинарных изображений и для серых изображений.
8. Фильтры изображений: медианный фильтр, unsharp mask. Типы фильтров, конволюция. Деконволюция Винера.
9. Детектирование и фильтрация шума. Билатеральный фильтр.
10. Выделение контуров на изображении. Первая и вторая производная, фильтры Собеля, LoG, DoG. Фильтр Габора. Детектор границ Canny.
11. Детектор углов Harris.
12. LoG и Гессиан как детекторы блоков.
13. Бинаризация изображений: алгоритмы Otsu, Niblack, Sauvola
14. Сегментация изображений: разрастание областей, метод водораздела, normalized cuts.
15. Сегментация изображений: алгоритм Efficient Graph-Based Image Segmentation.
16. MSER.
17. Геометрические признаки связных компонент.
18. Оконное преобразование Фурье. Вейвлет-преобразование. Вейвлет Хаара и вейвлеты Добеши.
19. Пирамиды гауссианов и лапласианов.
20. Сжатие изображений, с потерями и без потерь. Сжатие бинарных изображений, RLE, CCITT, JBIG2. Сжатие цветных изображений, JPEG, JPEG2K.
21. Сжатие видео, MPEG.
22. Регистрация изображений. Phase correlation.
23. Оптический поток. Алгоритм Lucas-Kanade.

Примеры билетов:



## Билет 1.

1. Объясните основные принципы дискретизации и квантования изображений.  
Как размер сетки дискретизации и глубина квантования влияют на качество изображения?
2. Какие виды фильтрации применяются для устранения шума в изображениях?  
Сравните линейные и нелинейные фильтры: преимущества и недостатки.

## Билет 2.

1. Опишите основные цветовые пространства (RGB, HSV, Lab) и их применение в обработке изображений.  
Почему для некоторых задач предпочтительнее использовать цветовое пространство Lab, а не RGB?
2. Какие методы используются для выделения границ объектов на изображении?  
Как рекурсивные фильтры помогают в детектировании контуров? Приведите примеры.

### Критерии оценивания

- отлично (10) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.
- отлично (9) - выставляется студенту, показавшему свободное оперирование знаниями учебной программы дисциплины, выполнение заданий творческого характера.
- отлично (8) - выставляется студенту, показавшему владение программным учебным материалом с наличием несущественных ошибок в действиях, самостоятельно исправляемых учащимся.
- хорошо (7) - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускается в ответе или в решении задач некоторые неточности.
- хорошо (6) - выставляется студенту, если он осознает воспроизведение программного учебного материала, в том числе и различной степени сложности, с несущественными ошибками, затруднения в применении отдельных навыков.
- хорошо (5) - выставляется студенту, если теоретическое содержание освоено не полностью, некоторые практические навыки сформированы недостаточно, в некоторых случаях были допущены ошибки.
- удовлетворительно (4) - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.
- удовлетворительно (3) - выставляется студенту в случае большого количества недочетов и неправильных ответов, а также пассивной работе в ходе занятий, многие учебные задания не выполнены.
- неудовлетворительно (2) - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.
- неудовлетворительно (1) - выставляется студенту, который не освоил теоретическое и практическое содержание курса, все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки.

### **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Итоговый контроль проводится в формате устного и (или) письменного экзамена.  
Время отведенное на экзамен: 4 академических часа.