

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

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
прикладной математики и  
информатики**

**А.М. Райгородский**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Анализ изображений
<b>по направлению:</b>	Прикладная математика и информатика
<b>профиль подготовки:</b>	Прикладная математика и информатика Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра алгоритмов и технологий программирования
<b>курс:</b>	2
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 45 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 15 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составил: А.Е. Жуковский, ассистент

Программа обсуждена на заседании кафедры алгоритмов и технологий программирования 02.04.2024

## Аннотация

Курс посвящен методам и алгоритмам компьютерного зрения, т.е. извлечения информации из изображений и видео. Для большинства задач будем обсуждать современные нейросетевые модели, сверточные и трансформеры. Курс в большей степени является практическим, а не теоретическим. Поэтому все лекции снабжены лабораторными и домашними работами, которые позволяют попробовать на практике большинство из рассматриваемых методов. Работы выполняются на языке Python, с использованием различных библиотек.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- познакомить студентов с ключевыми задачами и методами анализа изображений.

#### Задачи дисциплины

- дать базовое представление о задачах анализа изображений, мотивации к их решению и практических приложениях этих задач;
- познакомить с теоретической основой методов, используемых для этих задач;
- выработать у студентов базовые практические навыки анализа изображений;
- довести до сведения студентов актуальные задачи и некоторые последние достижения в обработке изображений.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Готов к включению в профессиональное сообщество; способен проводить под научным руководством локальные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности	ПК-1.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языке
	ПК-1.2 Умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации модели программного обеспечения в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой
	ПК-1.3 Имеет практический опыт выступлений с научной аргументацией при анализе объекта научной профессиональной деятельности
ПК-2 Понимает и способен применить в научно-исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат и алгоритмы, основные законы естествознания, современные языки программирования и программное обеспечение; операционные системы и сетевые технологии	ПК-2.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационно-коммуникационных технологий; владеет знанием основ философии и методологии науки; знанием методов научных исследований и навыками их проведения
	ПК-2.2 Имеет практический опыт использования существующих методов и алгоритмов решения задач цифровой обработки сигналов, использования сети Интернет, аннотирования, реферирования, библиографического разыскания и описания, опыт работы с научными источниками
	ПК-2.3 Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- модель формирования цифрового изображения;
- основные задачи анализа изображений и классические методы их решения;
- теоретические основы алгоритмов анализа изображений;
- основные методы машинного обучения, применяемые в задачах анализа изображений.

уметь:

- преобразовывать изображения с помощью линейных и нелинейных фильтров;
- выделять локальные особенности изображений: точки, края, прямые, области;
- сопоставлять изображения с учетом геометрических моделей;
- обнаруживать объекты на изображениях, классифицировать изображения по содержанию.

владеть:

- навыками сведения практической задачи к стандартным задачам анализа изображений и реализации их классических решений.

#### 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	Введение в анализ изображений. Основы обработки изображений	6	9		15
2	Выделение базовых объектов на изображениях. Геометрические модели сопоставления изображений	8	2		15
3	Основы машинного обучения. Обнаружение объектов	8	2		15
4	Нейросетевые подходы к анализу изображений. Основные задачи и алгоритмы	8	2		15
Итого часов		30	15		60
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

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

Семестр: 3 (Осенний)

#### 1. Введение в анализ изображений. Основы обработки изображений

##### 1.1. Введение в анализ изображений.

Задачи компьютерного зрения – метрическое и семантическое зрение. Возникающие трудности и визуальные подсказки. Примеры современных систем и алгоритмов компьютерного зрения. Устройство камеры и оптической системы человека. Модели цвета.

##### 1.2. Основы обработки изображений (часть 1).

Основные задачи обработки изображений. Цветокоррекция изображений. Гистограммы, линейная и нелинейная коррекции яркости. Модели камеры и цветокоррекции. Виды шума. Операция свертки. Фильтр гаусса, медианный фильтр, повышение резкости. Выравнивание освещенности – алгоритм Retinex. Метрика PSNR. Выделение краев, алгоритм Canny.

### 1.3. Основы обработки изображений (часть 2).

Частотное представление изображений, частотная фильтрация изображений, алгоритм JPEG.

Простая сегментация изображений - бинаризация, выделение связанных компонент, математическая морфология. Понятие текстуры. Эвристические методы распознавания с помощью признаков сегментов.

## 2. Выделение базовых объектов на изображениях. Геометрические модели сопоставления изображений

### 2.1. Локальные особенности изображений.

Задача сопоставления изображений. Понятие локальной особенности. Детекторы Харриса, LoG, DOG, Harris-Laplacian. Сопоставление особенностей по дескрипторам - метод SIFT, аффинная адаптация.

### 2.2. Оценка параметров моделей.

Задачи оценки параметров геометрических моделей. DLT-метод для линий и преобразований.

Робастные алгоритмы - М-оценки, стохастические алгоритмы, схемы голосования. Применение для построения панорам и поиска объектов.

## 3. Основы машинного обучения. Обнаружение объектов

### 3.1. Категоризация изображений.

Понятие категории. Распознавание категорий человеком. Общая схема категоризации изображений. Признаки. Гистограммы признаков, пирамиды. Визуальные слова и "мешок слов".

### 3.2. Выделение категорий на изображениях.

Задача выделения категорий объектов на изображении. Скользящее окно. Применение "мешка слов" для выделения объектов. Метод HOG + SVM, размножение выборки и бутстраппинг. Методы на основе слабых классификаторов. Алгоритм поиска лиц Viola-Jones, признаки Хоара, интегральные изображения. Пути развития детекторов и современное состояние.

### 3.3. Поиск изображений по содержанию.

Варианты постановки задачи - поиск полудубликатов, поиск похожих, поиск по классам. Поиск на основе цветовых гистограмм (QBIC). Дескриптор GIST. Поиск полудубликатов - приближенные методы ближайшего соседа, инвертированный индекс, хэширование. Поиск на основе "Мешка слов", обратный индекс, использование пространственной информации для повышения точности.

## 4. Нейросетевые подходы к анализу изображений. Основные задачи и алгоритмы

### 4.1. Интернет-зрение.

Большие коллекции изображений и методы их составления. Дополнение изображений (Image completion) с помощью больших коллекций. Классификация изображений с помощью больших коллекций. Фотоколлажи. Shape context. Объектные фильтры.

### 4.2.. Оптический поток и вычитание фона.

Введение в обработку и анализ видео. Понятие оптического потока. Глобальные и локальные (Lucas-Kanade) методы оценки оптического потока. Вычитание фона (BS - background subtraction). Алгоритмы BS: одна гауссиана, смесь гауссиан, поблочные методы, объединение локальных и глобальных цветовых моделей.

### 4.3. Сопровождение объектов и распознавание событий в видео.

Задача сопровождения объектов в видео, постановки, критерии качества и проблемы. Сопровождение одного объекта - сопоставления шаблонов, на основе Chamfer-метрики, MeanShift, Flock of features, комбинации методов. Сопровождение множества объектов - сопровождение через сопоставление. Распознавание событий в видео, тестовые базы, автоматическая разметка видео. Методы распознавания - дескрипторы на основе оптического потока, локальные особенности, классификация, прицеливание.

#### 4.4. Компьютерное зрение реального времени.

Алгоритмы дополненной реальности, требования к ним. Решающий лес как один из базовых методов для дополненной реальности. Регистрация изображений в реальном времени. Система Kinect и оценка позы человека в реальном времени.

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

Учебная аудитория, оснащенная компьютерами для каждого студента и проектором.

### 6. Перечень рекомендуемой литературы

#### Основная литература

1. Методы компьютерной обработки изображений [Текст] : учеб. пособие для вузов : доп. М-вом образования РФ / под ред. В. А. Сойфера . — 2-е изд., испр. — М. : Физматлит, 2003 . — 784с.
2. Зрение роботов [Текст] / Б. К. П. Хорн , -М., Мир, 1989

#### Дополнительная литература

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

[github.com](https://github.com)

#### Основная литература:

Компьютерное зрение. Современный подход, Дэвид Форсайт, Жан Понс, Вильямс, 2004  
Computer vision. algorithms and applications, Richard Szeliski, Springer, 2011  
Computer vision: models, learning, and inference, Simon Prince, Cambridge University Press, 2012  
Глубокое обучение, Ян Гудфеллоу, Иошуа Бенджио, Аарон Курвилль, ДМК Пресс, 2017

#### Дополнительная литература:

Multiple view geometry in computer vision, Richard Hartley, Andrew Zisserman, Cambridge University Press, 2004  
Компьютерное зрение [Текст] : учеб. пособие для вузов / Л. Шапиро, Дж. Стокман ; пер. с англ. А. А. Богуславского ; под ред. С. М. Соколова . — М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2006 . — 752 с.

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

Установленное ПО на каждом компьютере: интерпретатор python 3.8.6 и модулями numpy, opencv-python 4.4, pytorch, matplotlib, scikit-learn, pytest

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

1. По каждой теме курса рекомендуется обзорно изучить материал из списка основной литературы.
2. Для практического закрепления навыков решения задач анализа изображений следует разбирать примеры скриптов на языке Python с занятий и решать данные на занятиях задачи.
3. При желании приобрести дополнительные теоретические знания по темам, смежным с темой курса, можно обратиться к списку дополнительной литературы.
4. При готовности приобрести дополнительные практические знания по теме курса можно обратиться к любым доступным в интернете материалам прочих курсов по анализу изображений, либо получить индивидуальное задание у лектора.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладная математика и информатика
<b>профиль подготовки:</b>	Прикладная математика и информатика Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра алгоритмов и технологий программирования
<b>курс:</b>	<u>2</u>
<b>квалификация:</b>	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Экзамен	
<b>Разработчик:</b>	А.Е. Жуковский, ассистент

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Готов к включению в профессиональное сообщество; способен проводить под научным руководством локальные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности	ПК-1.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языке
	ПК-1.2 Умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации модели программного обеспечения в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой
	ПК-1.3 Имеет практический опыт выступлений на научной аргументации при анализе объекта научной профессиональной деятельности
ПК-2 Понимает и способен применить в научно-исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат и алгоритмы, основные законы естествознания, современные языки программирования и программное обеспечение; операционные системы и сетевые технологии	ПК-2.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационно-коммуникационных технологий; владеет знанием основ философии и методологии науки; знанием методов научных исследований и навыками их проведения
	ПК-2.2 Имеет практический опыт использования существующих методов и алгоритмов решения задач цифровой обработки сигналов, использования сети Интернет, аннотирования, реферирования, библиографического разыскания и описания, опыт работы с научными источниками
	ПК-2.3 Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Анализ изображений» обучающийся должен:

### знать:

- модель формирования цифрового изображения;
- основные задачи анализа изображений и классические методы их решения;
- теоретические основы алгоритмов анализа изображений;
- основные методы машинного обучения, применяемые в задачах анализа изображений.

### уметь:

- преобразовывать изображения с помощью линейных и нелинейных фильтров;
- выделять локальные особенности изображений: точки, края, прямые, области;
- сопоставлять изображения с учетом геометрических моделей;
- обнаруживать объекты на изображениях, классифицировать изображения по содержанию.

### владеть:

- навыками сведения практической задачи к стандартным задачам анализа изображений и реализации их классических решений.

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

Вопросы:

1. Что такое цифровое изображение?

2. Какие методы используются для представления цвета в цифровых изображениях?
3. Какие операции обработки изображений вы знаете (например, фильтрация, увеличение резкости, сегментация)?
4. Что такое фильтрация изображений? Какие фильтры вы знаете и для чего они используются?
5. Что такое сегментация изображений? Зачем она используется?
6. Какие методы сегментации вы знаете (например, пороговая сегментация, кластеризация)?
7. Что такое признаки изображения? Какие признаки можно извлечь из изображений?
8. Какие методы извлечения признаков используются для анализа изображений?
9. Что такое классификация изображений? Какие методы классификации вы можете назвать?
10. Как работает распознавание объектов на изображениях? Какие алгоритмы применяются для этого?
11. Какие роли играют нейронные сети в анализе изображений?
12. Какие типы нейронных сетей чаще всего применяются для задач анализа изображений?

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

1. Операция свёртки и её свойства. Фильтры, представимые в виде свертки.
2. Базовая обработка изображений: тональная коррекция, шумоподавление.
3. Нелинейные фильтры. Математическая морфология.
4. Преобразование Хафа и БПХ.
5. Поиск краев на изображении. Детектор Canny.
6. Сегментация и бинаризация изображения. Текстура.
7. Детектирование углов. Детектор Харриса. Детектор Харриса-Лапласа.
8. Детектирование блоков. Лапласиан гауссианы и разность гауссиан.
9. Deskriptor SIFT. Гистограмма ориентированных градиентов.
10. Геометрические модели. Метод наименьших квадратов, его связь с сингулярным разложением. Робастные методы оценки параметров модели.
11. Основы машинного обучения. Градиентный спуск.
12. Линейные классификаторы. Метод опорных векторов.
13. Деревья принятия решений, градиентный бустинг, AdaBoost.
14. Метод Виолы-Джонса и дальнейшее его развитие.
15. Устройство нейронных сетей. Виды слоев. Регуляризация.
16. Нейронные сети. Алгоритм обратного распространения ошибки.
17. Сверточные нейронные сети. Блоки нейронных сетей. Локальная нормализация, батч-нормализация.
18. Основные архитектуры сверточных нейронных сетей. Inception, VGG, ResNet.
19. Нейронные сети для распознавания лиц.

#### **Билет 1**

1. Преобразование Хафа и БПХ.
2. Deskriptor SIFT. Гистограмма ориентированных градиентов.

#### **Критерии оценивания**

- Оценка «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.
- Оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.
- Оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение применять их на практике при решении конкретных задач, и правильное обоснование принятых решений.



- Оценка «хорошо (7)» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.
- Оценка «хорошо (6)» выставляется студенту, если он знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.
- Оценка «хорошо (5)» выставляется студенту, если он знает материал, и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.
- Оценка «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.
- Оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет фрагментарно основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.
- Оценка «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.
- Оценка «неудовлетворительно (1)» выставляется студенту, который не знает формулировок основных понятий дисциплины.

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

При проведении экзамена обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения экзамена обучающиеся могут пользоваться своими конспектами по этой дисциплине.