

**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>	Компьютерное зрение. Базовый курс
<b>по направлению:</b>	Информатика и вычислительная техника
<b>профиль подготовки:</b>	Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики Кафедра распознавания изображений и обработки текста
<b>курс:</b>	4
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7 (осенний) - Дифференцированный зачет

8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 90 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составил: С.М. Федоров, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании Кафедры распознавания изображений и обработки текста 20.03.2020

## 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

- подготовка специалистов в сфере информационных технологий и инноваций.

#### Задачи дисциплины

- освоение студентами базовых знаний в области программирования;
- понимание эволюции языков программирования и их сравнительных характеристик.
- решение студентами 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
ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе, математические методы исследований и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре)	ОПК-5.3 Способен к профессиональной эксплуатации современной экспериментальной научно-исследовательской (измерительно-аналитической и технологической) аппаратуры

### 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		4
2	Геометрические преобразования.	5	5		5
3	Фильтрация изображений.	4	4		4
4	Выделение контуров; рекурсивные фильтры.	4	4		4
5	Сегментация.	5	5		5
6	Вейвлеты, scale-space.	4	4		4
7	Сжатие изображений; motion estimation.	4	4		4
8	Детекторы и дескрипторы особых точек.	4			2
9	Детектирование объектов; поиск лиц.	6			3
10	Поиск объектов DPM; распознавание лиц.	4			2
11	Классификация изображений.	6			3
12	Поиск изображений по содержанию.	4			2
13	Нейросети в задачах анализа изображений.	6			3
Итого часов		60	30		45
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		135 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 замещающей 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. Выходной 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.

Контур 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. Гессман. 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.

### Семестр: 8 (Весенний)

#### 8. Детекторы и дескрипторы особых точек.

Детекторы особых точек. Детекторы уголков. Harris & Shi-Tomasi corner detectors (напоминание). SUSAN (smallest univalue segment assimilating nucleus). FAST (features from accelerated segment test). Детекторы блоков. LoG, Hessian, MSER (напоминание). Локальные дескрипторы. SIFT (Scale Invariant Feature Transform). PCA-SIFT. SURF (Speeded-Up Robust Features). BRISK (Binary Robust Invariant Scalable Keypoints). Поиск объектов. RANSAC (RANdom Sample Consensus). Примеры обнаружения объектов на изображении. Поиск в многомерном пространстве. KD-дерево, BBF. LSH (Locality sensitive hashing). LLAH (Locally Likely Arrangement Hashing)

#### 9. Детектирование объектов; поиск лиц.

Выделение объектов. Things vs. Stuff. Датасеты. ImageNet. Microsoft COCO. The Pascal Visual Object Classes (VOC). TinyImages. CIFAR-10 и CIFAR-100. Детектирование объектов. Скользящее окно. Бинарный классификатор участка изображения. Детектирование пешеходов. HOG, Histogram of Oriented Gradients. Обучение детектора. Визуализация классификатора. Детектирование лиц. Алгоритм Viola Jones. AdaBoost для отбора признаков. Обучение каскада классификаторов. Постпроцессинг. Другие слабые классификаторы. Разные ракурсы.

#### 10. Поиск объектов DPM; распознавание лиц.

Детектирование объектов. Deformable Parts Model, DPM. Напоминание: детектор пешеходов. Модель частей. Матчинг модели. Многокомпонентная модель. Обучение DPM. DPM, результаты на PASCAL 2006. Распознавание лиц. FERET. Labelled Faces in the Wild (LFW). Датасеты. Нормализация. Выделение ключевых точек. Flandmark. ASM. Mixture-of-trees model. Eigenfaces. SVM для распознавания лиц. Boosting в задаче определения пола лица. Local Binary Patterns, LBP. Tom-vs-Pete Classifiers. DeepFace. Deep Embedding, Baidu research.

#### 11. Классификация изображений.

Датасеты для категоризации и классификации. Caltech 101, 256. The Pascla Visual Object Classes (VOC). ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge ILSVRC 2010 – 2016. Классификация изображений. Tiny images. Tiny images, сбор изображений. Tiny images, классификация. Tiny images, влияние размера выборки. Bag of visual words. BOW, spatial pyramid matching. BOW для документов. ILSVR2010. ILSVR2010 winner. ILSVR2012. ILSVR2012 winner. Нейросети. Сверточные нейросети. LeNet. AlexNet. ReLU. Dropout. Max pooling. Data augmentation.

#### 12. Поиск изображений по содержанию.

CBIR (content-based image retrieval). Что значит похожие изображения? Общая схема поиска изображений. Perceptual hash. Perceptual hash, DCT-based hash. GIST. Использование особых точек для поиска дубликатов. Затраты по памяти. Представление дескрипторов. Визуальные слова. Обратный индекс (inverted index). TF-IDF, стоп листы. Улучшение схемы обратного индекса. Hamming embedding. Weak geometrical consistency. Hamming embedding + weak geometrical consistency. GISTIS (GIST indexing structur). INRIA Copydays dataset. Сравнение разных методов поиска дубликатов. Учет геометрических свойств.

#### 13. Нейросети в задачах анализа изображений.

Классификация изображений, ILSVRC2012. AlexNet. NIN (Network in Network). GoogleNet. GoogleNet, Inception module. VGG. Batch Normalization. BN-Inception. Residual сети. ResNet. Детектирование объектов. R-CNN. R-CNN, гипотезы регионов. Fast R-CNN. Faster R-CNN. Region Proposal Network (RPN). YOLO (You Only Look Once). SSD (Single shot detector). Семантическая сегментация. Преобразование FC слоев в сверточные. Uosampling. Объединение выходов с разных уровней сети.

### **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

1. Цифровая обработка изображений [Текст], [монография]/Р. Гонсалес, Р. Вудс , -М., Техносфера, 2005

#### Дополнительная литература

1. 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.

**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 (несколько в каждом семестре).

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

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Информатика и вычислительная техника
<b>профиль подготовки:</b>	Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра распознавания изображений и обработки текста
<b>курс:</b>	4
<b>квалификация:</b>	бакалавр
Семестры, формы промежуточной аттестации:	
7 (осенний) - Дифференцированный зачет	
8 (весенний) - Дифференцированный зачет	
<b>Разработчик:</b>	С.М. Федоров, канд. физ.-мат. наук

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе, математические методы исследований и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре)	ОПК-5.3 Способен к профессиональной эксплуатации современной экспериментальной научно-исследовательской (измерительно-аналитической и технологической) аппаратуры

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Компьютерное зрение. Базовый курс» 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, CIALAB, 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 Габор. Детектор границ Canny.
11. Детектор углов Harris.
12. LoG и Гессиан как детекторы блобов.
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.

#### 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**

Во время проведения контроля знаний по дисциплине обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины. Контроль знаний проходит путем специального опроса, проводимого в устной форме, а также беседы по итогам выполнения семестрового проекта.