

**Санкт-Петербургский филиал федерального государственного
автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский университет
"Высшая школа экономики"»**

Факультет Санкт-Петербургская школа
физико-математических и компьютерных наук
Департамент информатики

**Рабочая программа дисциплины
Анализ изображений**


для образовательной программы «Прикладная математика и информатика»
направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»
уровень бакалавриат

Разработчик: Кузнецов Антон Михайлович, amkuznetsov@hse.ru

Утверждена Академическим руководителем образовательной программы

«31» августа 2018 г.

А.В. Омельченко



Санкт-Петербург, 2018

*Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями
университета и другими вузами без разрешения подразделения-разработчика программы*

1. Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает требования к образовательным результатам и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих дисциплину «Анализ изображений», учебных ассистентов и студентов направления 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» подготовки бакалавра, обучающихся по бакалаврской программе «Прикладная математика и информатика» и изучающих дисциплину «Анализ изображений».

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с:

- Образовательным стандартом НИУ ВШЭ по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» (уровень бакалавриата), утвержденным ученым советом Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», протокол от 03.03.2017 №02.
- Основной профессиональной образовательной программой «Прикладная математика и информатика» направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»;
- Объединенным учебным планом университета по образовательной программе «Прикладная математика и информатика», утвержденным в 2018 г.

2. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Анализ изображений» является формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков по основам анализа изображений и сегментации изображений.

Студенты получают представление об основных алгоритмах из области анализа изображений. Научатся проводить сегментацию и детектировать объекты на изображении используя методы компьютерного зрения и глубинного обучения.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен:

- Знать алгоритмы сегментации и детекции объектов на изображении.
- Уметь проектировать генеративные нейронные сети для классификации изображений.
- Иметь навыки (приобрести опыт) применения математического аппарата и инструментальных средств, используемых при анализе изображений и видео.

В результате освоения дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

Компетенция	Код по ОС НИУ ВШЭ	Уровень формирования компетенции	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции	Форма контроля уровня сформированности компетенции
-------------	-------------------	----------------------------------	---	---	--

			алгоритмов, использования и оптимизации библиотек анализа изображений.		
Способен осуществлять планирование профессиональной деятельности, связанной с созданием и использованием информационных систем	ПК-7	РБ СД МЦ	Знает основные этапы разработки и адаптации формальных математических моделей. Оценивает трудоемкость и время исполнения различных алгоритмов машинного обучения, применяемых для анализа изображений. Владеет навыками планирования решения задач, связанных с анализом изображений.	Лекции, подготовка к практическим занятиям, работа на практических занятиях, самостоятельная работа	Домашние задания, устный экзамен

4. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Для образовательной программы «Прикладная математика и информатика» направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» настоящая дисциплина относится к дисциплинам по выбору блока дисциплин.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, полученные в ходе изучения дисциплин:

- Глубинное обучение

5. Тематический план учебной дисциплины

Курс рассчитан на 44 часов аудиторной нагрузки, из них 22 часов лекций и 22 часов практических занятий, общим объемом 3 зачетных единицы (114 часа).

№	Название раздела	Всего часов	Аудиторные часы			Самостоятельная работа
			Лекции	Семинары	Практические занятия	
1	Обработка изображений	42	8	0	8	26
2	Объекты на изображении	36	7	0	7	22

3	Анализ изображений и отслеживание объектов	36	7	0	7	22
ИТОГО		114	22	0	22	70

6. Содержание дисциплины

<u>Раздел 1</u> Обработка изображений	
Тема 1	Обработка изображений. Пространственная область. Частотная область, преобразование Фурье, спектральный анализ. Выделение компонент связности. Выделение краев. Математическая морфология.
Тема 2	Глобальные и локальные признаки изображений. Свойства признаков изображений. Текстовые и визуальные признаки. Пространства признаков. Ключевые точки. Детектор угловых точек. Детектор Моравица.
Тема 3	Параметрические модели. Выбор модели. Оценка параметров модели. Метод наименьших квадратов, М-оценки, RANSAC, преобразование Хафа.
<u>Раздел 2</u> Объекты на изображении	
Тема 1	Классификация объектов на изображении. Бинарная и многоклассовая классификация. Категории объектов. Извлечение фрагментов. Вычисление признаков фрагментов. Обучение словаря.
Тема 2	Глубокие нейронные сети. Многослойные нейронные сети. Стохастический градиентный спуск. Функции активации. Сверточные нейронные сети.
Тема 3	Поиск изображений по содержанию. Поиск по визуальному подобию. Поиск нечетких дубликатов. Поиск объектов на фотографии. Поиск сцен.
Тема 4	Детектирование объектов. Метрика качества IoU. Задача многоклассовой детекции. Классификация окон. HUG.
<u>Раздел 3</u> Анализ изображений и отслеживание объектов	
Тема 1	Сегментация изображений. Сегментация объектов. Семантическая сегментация. Суперпикселизация.
Тема 2	Генеративные сети. Реконструкция изображения. Реконструкция стилей. Матрица Грама. Реконструкция текстур. Генеративно-состязательные нейронные сети.
Тема 3	Трекинг объектов. Видеопоток и видеопоследовательность. Разметка объектов. Определение поз и жестов. Распознавание событий.

7. Оценочные средства

7.1. Формы контроля знаний студентов

Тип контроля	Форма контроля	4 год	Параметры
		3 модуль	
Текущий	Домашнее задание №1	*	Письменное домашнее задание
	Домашнее задание №2	*	Письменное домашнее задание
	Домашнее задание №3	*	Письменное домашнее задание
Итоговый	Устный экзамен	*	Экзамен в устной форме

7.2. Критерии и шкалы оценки, примеры заданий

7.2.1. Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств.

ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ №1

Домашнее задание №1 выдается студентам в одном варианте и состоит из 3 задач. Срок выполнения домашнего задания - 4 недели. Форма представления обучающимся домашнего задания - реализованный на любом, если не указано другого, языке программирования алгоритм.

Пример домашнего задания №1:

Задача 1. (3 балла) Реализуйте фильтра Габора на языке Python.

Задача 2. (3 балла) Напишите программу, выполняющую преобразование Хафа входного изображения.

Задача 3. (4 балла) Реализуйте алгоритм разреженного кодирования.

Критерии оценивания и шкала оценки домашнего задания №1

Оценка	Критерии выставления оценки
«Отлично» (8-10)	Набрано 8 баллов и более за решение
«Хорошо» (6-7)	Набрано 6-7 баллов за решение
«Удовлетворительно» (4-5)	Набрано 4-5 баллов за решение
«Неудовлетворительно» (0-3)	Набрано менее 4 баллов за решение

ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ №2

Домашнее задание №2 выдается студентам в одном варианте и состоит из 2 задач. Срок выполнения домашнего задания - 3 недели. Форма представления обучающимся домашнего задания - реализованный на любом языке программирования

алгоритм.

Пример домашнего задания №2:

Задача 1. (5 баллов) Найдите преобразование изображения с помощью матриц гомографии.

Задача 2. (5 баллов) С помощью сверточной нейронной сети VGG классифицируйте изображения из набора данных CIFAR-10.

Критерии оценивания и шкала оценки домашнего задания №2

Оценка	Критерии выставления оценки
«Отлично» (8-10)	Набрано 8 баллов и более за решение
«Хорошо» (6-7)	Набрано 6-7 баллов за решение
«Удовлетворительно» (4-5)	Набрано 4-5 баллов за решение
«Неудовлетворительно» (0-3)	Набрано менее 4 баллов за решение

ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ №3

Домашнее задание №3 выдается студентам в одном варианте и состоит из 2 задач. Срок выполнения домашнего задания - 3 недели. Форма представления обучающимся домашнего задания - реализованный на любом языке программирования алгоритм.

Пример домашнего задания №3:

Задача 1. (5 баллов) Создайте генеративную нейронную сеть для решения задачи реконструкции стилей.

Задача 2. (5 баллов) По видеоряду записи камеры с панели автомобиля осуществите трекинг пешеходов, попадающих в кадр.

Критерии оценивания и шкала оценки домашнего задания №3

Оценка	Критерии выставления оценки
«Отлично» (8-10)	Набрано 8 баллов и более за решение.
«Хорошо» (6-7)	Набрано 6-7 баллов за решение
«Удовлетворительно» (4-5)	Набрано 4-5 баллов за решение
«Неудовлетворительно» (0-3)	Набрано менее 4 баллов за решение

7.2.2. Итоговый контроль по дисциплине

Проверка качества освоения дисциплины производится в форме устного экзамена.

УСТНЫЙ ЭКЗАМЕН

Устный экзамен проводится в форме ответов на вопросы экзаменационного билета. Возможны дополнительные вопросы, в случае если экзаменуемый в недостаточной степени подробно ответил на вопросы билета. На подготовку ответа выделяется 2,5 часа.

Примерный перечень вопросов к экзамену, в том числе дополнительных:

1. Частотная область, преобразование Фурье, спектральный анализ.
2. Выделение компонент связности. Выделение краев.
3. Математическая морфология.
4. Ключевые точки. Детектор угловых точек. Детектор Моравица.
5. Метод наименьших квадратов, М-оценки, RANSAC, преобразование Хафа.
6. Извлечение фрагментов. Вычисление признаков фрагментов.
7. Многослойные нейронные сети. Стохастический градиентный спуск. Функции активации.
8. Сверточные нейронные сети.
9. Поиск по визуальному подобию. Поиск нечетких дубликатов.
10. Поиск объектов на фотографии.
11. Поиск сцен.
12. Сегментация объектов.
13. Семантическая сегментация.
14. Реконструкция изображения. Реконструкция стилей. Матрица Грама.
15. Генеративно-сопоставительные нейронные сети.
16. Определение поз и жестов.

Критерии оценивания и шкала оценки устного экзамена

Оценка	Критерии выставления оценки
«Отлично» (8-10)	Обучающийся глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами и практическими заданиями, правильно обосновывает принятые решения, умеет самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок.
«Хорошо» (6-7)	Обучающийся твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий.
«Удовлетворительно» (4-5)	Обучающийся усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий.
«Неудовлетворительно» (0-3)	Обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические задания, задачи.

7.3 Порядок формирования оценок по дисциплине

Преподаватель учитывает оценку за текущий контроль (домашние задания).

$$O_{\text{накопленная}} = \frac{O_{\text{д/з1}} + O_{\text{д/з2}} + O_{\text{д/з3}}}{3}$$

Действует следующий способ округления накопленной оценки за текущий

контроль: при значениях от 0,1 до 0,4 оценка округляется в меньшую сторону, от 0,5 до 0,9 – в большую.

Результирующая оценка за дисциплину рассчитывается следующим образом:

$$O_{\text{Результирующая}} = 0,7 * O_{\text{накопленная}} + 0,3 * O_{\text{экзамен}}$$

Результирующая оценка округляется в большую сторону.

На экзамене студенту не предоставляется возможность получить дополнительный балл для компенсации оценки за текущий контроль.

8. Образовательные технологии

Основными образовательными технологиями являются: интерактивные лекции, работа в группах на практических занятиях.

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

9.1 Основная литература

1. Computer Vision, Graphics, and Image Processing / Snehasis Mukherjee; Santanu Chaudhury; Anoop M. Namboodiri; Srirangaraj Setlur; Suyash Awate; Jayanthi Sivaswamy; Dipti Prasad Mukherjee; Suvadip Mukherjee. Springer International Publishing. 2017
2. Digital Image Processing / D. Sundararajan. Springer Singapore. 2017

9.2 Дополнительная литература

1. Computer Vision and Graphics. / Leonard Bolc; Juliusz L. Kulikowski; Konrad Wojciechowski. Springer Berlin Heidelberg. 2009
2. Principles of Digital Image Processing / Wilhelm Burger; Mark J. Burge; Wheeler. Springer Verlag London Ltd. 2013
3. Image Processing and Analysis / Tony F. Chan and Jianhong (Jackie) Shen. Society for Industrial and Applied Mathematics. 2005

10. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы, обучающихся по дисциплине.

Самостоятельная работа может рассматриваться как организационная форма обучения – система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью по освоению знаний и умений в области учебной деятельности без посторонней помощи. Студенту нужно четко понимать, что самостоятельная работа – не просто обязательное, а необходимое условие для получения знаний по дисциплине и развитию компетенций, необходимых в будущей профессиональной деятельности.

Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных на лекциях теоретических знаний;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;

- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная программой учебной дисциплины, раскрывающей и конкретизирующей ее содержание, осуществляется студентом инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует источники для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы, их содержание и характер могут иметь вариативный и дифференцированный характер, учитывать индивидуальные особенности студента.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине на практических занятиях.

11. Материально-техническое обеспечение дисциплины и информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения информационных справочных систем (при необходимости).

Для проведения всех занятий используется проектор и компьютер для проекции слайдов. Для самостоятельной работы необходимо следующее ПО: Python.

12. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться следующих варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

1) для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

2) для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.