

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 12.07.2023 16:46:23  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Автономные интеллектуальные  
системы»



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»**  
**(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)**

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

ДИСЦИПЛИНЫ

**«МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ»**

для подготовки магистров

по направлению

09.04.04 «Программная инженерия»

по программе

**«Автономные интеллектуальные системы»**

Санкт-Петербург

2023

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент, к.т.н. Черниченко Д.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры МОЭВМ  
15.02.2022, протокол № 2

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФКТИ, 24.02.2022, протокол № 2

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФКТИ
Обеспечивающая кафедра	МОЭВМ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	5
Курс	1
Семестр	2
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	17
Практические занятия (академ. часов)	34
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	52
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	128
Всего (академ. часов)	180
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Экзамен (курс)	1

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ»**

Рассматриваются основные задачи, модели, методы и алгоритмы в области компьютерного зрения. Описывается процесс формирования цифрового изображения. Излагаются основные задачи компьютерного зрения. Рассматривается математическая модель проективной камеры, элементы геометрической оптики (обобщенные координаты, перспективные преобразования, радиальная и тангенциальная дисторсия, внешняя и внутренняя калибровка). Описываются геометрические свойства нескольких изображений, эпиполярная геометрия, фундаментальная и существенные матрицы, задача полного стерео. Описываются методы построения карты глубин, ее связанность, методы сегментации и кластеризации, применение теории графов. Рассматривается задача трекинга объектов, поиск и описание особых точек в изображениях, нахождения оптического потока. Рассматриваются основные методы кодирования изображений и видеоинформации, 3D-изображения. В ходе изучения демонстрируется реализация основных алгоритмов компьютерного зрения с использованием библиотек OpenCV.

### **SUBJECT SUMMARY**

#### **«MATHEMATICAL RECOGNITION METHODS»**

Introduction to algorithms and tasks in computer vision. It describes the process of forming a digital image (mathematical model of a perspective camera, homogeneous coordinates, external and internal camera calibration, radial and tangential distortions). It describes the geometric properties of multiple images, epipolar geometry, fundamental and essential matrix, stereo vision. Object's tracking and optical flow methods are described. Applications and implementation using OpenCV library

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. Целью дисциплины является получение теоретических знаний и практических навыков применения моделей, методов и алгоритмов в области компьютерного зрения для решения профессиональных задач.
2. Задачи дисциплины -приобретение знаний, умений и навыков реализации основных алгоритмов компьютерного зрения с использованием библиотек OpenCV.
3. Знание основных задач и понятий, методов и алгоритмов в области компьютерного зрения, методов формирования цифровых изображений, построения трехмерных моделей и основных алгоритмов, применяемых при решении задач компьютерного зрения.
4. Формирование навыков работы с изображениями, сформированными перспективными камерами и оценки их параметров. Умение восстановления трехмерных моделей по серии изображений или видеопоследовательности. Умение модифицировать известные алгоритмы компьютерного зрения
5. Освоение навыков применения библиотеки OpenCV для реализации основных алгоритмов компьютерного зрения.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Анализ, моделирование и оптимизация систем»
2. «Машинное обучение»
3. «Системы параллельной обработки данных»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «SLAM-алгоритмы»
2. «Алгоритмы беспилотного транспорта»
3. «Методы обработки данных (классические байесовские фильтры)»

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

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
ПК-12	Способен руководить проектами по созданию, внедрению и использованию одной или нескольких сквозных цифровых технологий искусственного интеллекта в прикладных областях
<i>ПК-12.1</i>	<i>Руководит проектами в области сквозной цифровой технологии «Компьютерное зрение»</i>

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1			
2	Тема 1. Формирование цифрового изображения	2	4		10
3	Тема 2. Оценки параметров моделей	1	2		10
4	Тема 3. Калибровка камер	2	4		10
5	Тема 4. Гомография	1	2		10
6	Тема 5. Геометрические свойства нескольких изображений	2	2		13
7	Тема 6. Структура из движения	1	4		15
8	Тема 7. Стереовидение	1	4		15
9	Тема 8. Сегментация изображений	1	4		15
10	Тема 9. Обнаружение особенностей	2	4		15
11	Тема 10. Сопровождение объектов	2	4		15
12	Заключение	1	0	1	
	Итого, ач	17	34	1	128
	Из них ач на контроль	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	180/5			

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Детекторы и дескрипторы. Детектор Моравица. Детектор Харриса. Анализ со многими разрешениями. Wavelet-преобразование. Пирамиды Гаусса и Лапласа. SIFT-дескриптор, SURF-дескриптор
2	Тема 1. Формирование цифрового изображения	Уравнение тонкой и толстой линзы. Дискретизация и квантование. Математическая модель проективной камеры. Радиальная и тангенциальная дисторсия. Однородные координаты. Проективное преобразование. Идеальные точки. Аффинные преобразования. Внешние и внутренние параметры проективной камеры.
3	Тема 2. Оценки параметров моделей	Метод наименьших квадратов и максимального правдоподобия. Полный МНК. М-оценки. Взвешенный МНК. Нормализация. Оценка параметров по схемам RANSAC, M-SAC. Нелинейный МНК, модификации метода Гаусса-Ньютона



№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
4	Тема 3. Калибровка камер	Произвольная и конечная проективная камера. Задача калибровки внешних и внутренних параметров камер. Калибровка с использованием паттернов. DLT метод. Метод «золотого стандарта». Декомпозиция матрицы проекции камеры на внутреннюю и внешнюю калибровку. Калибровка по «шахматной доске». Оценка углов с субпиксельной точностью
5	Тема 4. Гомография	Использование гомографии.
6	Тема 5. Геометрические свойства нескольких изображений	Фундаментальная и существенная матрица и их свойства. Вычисление фундаментальной и существенной матрицы.
7	Тема 6. Структура из движения	Методы оценки. Неоднозначность решения. Фотограмметрия. Последовательный SFM. Метод связок. Итеративная оптимизация.
8	Тема 7. Стереовидение	Борьба с перекрытиями. Глобальные методы оценки карт диспаратитета. Использование представления в виде графов. Использование сегментации
9	Тема 8. Сегментация изображений	Выделение краев. Градиент изображения. Алгоритм Канни. Сегментация без учета пространственных связей. Пороговые методы. Метод К-средних. Сегментация с учетом пространственных связей. Разрастание областей. Слияние/разделение областей. Алгоритм водораздела. Алгоритм «погружения». Алгоритм tobogganing. Сегментация с помощью разрезов графа.
10	Тема 9. Обнаружение особенностей	Детекторы и дескрипторы. Детектор Моравица. Детектор Харриса. Анализ со многими разрешениями. Wavelet-преобразование. Пирамиды Гаусса и Лапласа. SIFT-дескриптор, SURF-дескриптор
11	Тема 10. Сопровождение объектов	Корреляционные методы. Метод Lucas-Kanade и его модификации. Оптический поток. Вычитание фона. Модель фона (вероятностное моделирование, самонастройка)
12	Заключение	.Общие выводы по курсу. Рекомендации для подготовки к экзамену.

## 4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

## 4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Начало работы с библиотекой OpenCV	4

<b>Наименование практических занятий</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
2. Внутренняя и внешняя калибровка перспективной камеры. Методы оценки параметров: DLT, наименьших квадратов, нелинейные градиентные методы.	6
3. Геометрические свойства нескольких изображений. Нахождение матрицы гомографии, существенной и фундаментальной матрицы. стереовидение в машинном зрении.	8
4. Поиск и описание особых точек на изображениях.	8
5. Трекинг объектов.	8
Итого	34

#### **4.4 Курсовое проектирование**

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### **4.5 Реферат**

Реферат не предусмотрен.

#### **4.6 Индивидуальное домашнее задание**

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

#### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

Самостоятельное изучение студентами теоретических основ дисциплины обеспечено необходимыми учебно-методическими материалами (учебники, учебные пособия, конспект лекций и т.п.), выполненными в печатном или электронном виде.

По каждой теме содержания рабочей программы могут быть предусмотрены индивидуальные домашние задания (расчетно-графические работы, рефераты, конспекты изученного материала, доклады и т.п.).

Изучение студентами дисциплины сопровождается проведением регулярных консультаций преподавателей, обеспечивающих практические занятия по дисциплине, за счет бюджета времени, отводимого на консультации (внеаудиторные занятия, относящиеся к разделу «Самостоятельные часы для изучения дисциплины»).

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	30
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	23
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	0
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	40
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	35
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>128</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс ; пер. с англ. под ред. П.А. Чочиа, 2005. -1070 с.	69
2	Методы компьютерной обработки изображений [Текст] : Учеб. пособие для вузов по направлению "Прикладная математика" / [М.В. Гашников, Н.И. Глумов, Н.Ю. Ильясова и др.]; Под ред. В.А. Сойфера, 2003. -780 с.	59
Дополнительная литература		
1	Сэломон Д. Сжатие данных, изображений и звука [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. "Прикладная математика" / Д. Сэломон ; пер. с англ. В.В. Чепыжова, 2004. -365 с.	46

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Интуит НОУ. Академия Intel: Введение в разработку мультимедийных приложений с использованием библиотек OpenCV и IPP: Информация. Режим доступа: <a href="http://www.intuit.ru/studies/courses/10621/1105/info">http://www.intuit.ru/studies/courses/10621/1105/info</a>

### 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=7311>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Математические методы распознавания образов» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: экзамен.

#### Экзамен

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Выставляется студенту, продемонстрировавшему существенные пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий
Удовлетворительно	Выставляется студенту, продемонстрировавшему знание основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, предусмотренных программой, обладающему необходимыми знаниями, но допустившему неточности в ответах на аттестационном испытании и при выполнении учебных заданий
Хорошо	Выставляется студенту, продемонстрировавшему полное знание учебного материала, успешно выполнившему предусмотренные программой задачи, освоившему основную рекомендованную литературу, показавшему систематический характер знаний по дисциплине и способному к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебы и профессиональной деятельности
Отлично	Выставляется студенту, продемонстрировавшему всестороннее систематическое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, освоившему основную литературу и ознакомившемуся с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины, усвоившему взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала

## Особенности допуска

Для допуска к экзамену студент должен посетить не менее 80% лекций и практических занятий, успешно, на оценку не ниже "Удовлетворительно" пройти 3 теста в соответствии с графиком текущего контроля успеваемости. Экзамен проводится по билетам.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Дискретизация и квантование.
2	Геометрические свойства нескольких изображений
3	Вычисление фундаментальной и существенной матрицы.
4	Стереовидение
5	Сегментация изображений
6	Математическая модель проективной камеры
7	Калибровка с использованием паттернов
8	Метод К средних
9	Детектор Харриса
10	Метод Lucas-Kanade и его модификации
11	Выделение краев.
12	Градиент изображения.
13	Алгоритм Канни.
14	Сегментация без учета пространственных связей.
15	Пороговые методы.
16	Сегментация с учетом пространственных связей.
17	Алгоритм водораздела.
18	Алгоритм «погружения»
19	Детектор Моравица.
20	Детектор Харриса.

### Форма билета

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

---

## ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Дисциплина **Математические методы распознавания образов** ФКТИ

1. Камера-обскура. Модель перспективной камеры. Поля зрения. Внутренние и внешние параметры.
2. Оценка параметров по схеме RANSAC. LMS. M-SAC.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

К. В. Кринкин

### **Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ**

Из следующих точек с однородными координатами  $(x, y, w)$ , точкой на бесконечности является

1.  $(1, 1, 1)$
2.  $(1, 1, 0)$
3.  $(1, 0, 1)$

Метод Лукаса-Канаде предполагает, что

1. Значения пикселей переходят из одного кадра в следующий без изменений
2. Должно быть сделано как минимум 5 кадров
3. Смещение должно быть не более 100 пикселей

Статистическим методом, исследования влияния одной или нескольких независимых переменных  $X_1, X_2, \dots, X_n$  на зависимую переменную  $Y$  является

1. Кластеризация
2. Классификация
3. Дискриминантный анализ

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой



части по адресу, указанному в п. 5.3

### 6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
1	Тема 4. Гомография	
2		
3		
4		
5		
6		Тест
7	Тема 8. Сегментация изображений	
8		
9		
10		
11		
12		Тест
13	Тема 10. Сопровождение объектов	
14		
15		
16		
17		Тест

### 6.4 Методика текущего контроля

#### на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

#### на практических (семинарских) занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

Текущий контроль включает в себя:

- выполнение в течение семестра тестов на 3 контрольных точках по следующей схеме оценивания:

«Отлично» – выполнено 90–100% - теста;

«Хорошо» – выполнено 70–89% теста ;

«Удовлетворительно» – выполнено 51–69% теста;

«Неудовлетворительно» – выполнено менее 51% теста.

В ходе проведения практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

### **самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, персональный компьютер IBM-совместимый Pentium или выше, проектор, экран, меловая или маркерная доска	1) Linux Альт Образование 10 и выше; 2) P7-Офис 7 и выше либо LibreOffice 7 и выше
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест, оборудованных компьютерами IBM-совместимыми Pentium или выше, – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, проектор, экран, меловая или маркерная доска, персональный компьютер IBM совместимый Pentium или выше	1) Linux Альт Образование 10 и выше; 2) P7-Офис 7 и выше либо LibreOffice 7 и выше
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Linux Альт Образование 10 и выше; 2) P7-Офис 7 и выше либо LibreOffice 7 и выше

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>
1	14.02.2023	Программа актуальна, изменения не требуются.	14.02.2023 г., протокол заседания УМК № 2	доцент, к.т.н., Д.А. Черниченко	