

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
( Н И У « Б е л Г У » )

УТВЕРЖДАЮ

Директор института инженерных и  
цифровых технологии



К.А. Польщиков

18.05.2022

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Алгоритмы компьютерного зрения**

наименование дисциплины

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки

Направление подготовки 09.04.03 Прикладная информатика

Профиль подготовки Искусственный интеллект и наука о данных

Автор: Ассистент Хлобыстова Анастасия Олеговна, ассистент Олисеенко Валерий Дмитриевич, Корепанова Анастасия Андреевна, Бушмелёв Фёдор Витальевич

должность, ученая степень, ученое звание, инициалы и фамилия

Программа одобрена Кафедрой прикладной информатики информационных технологий

Протокол заседания кафедры от 06.04.2022 № 8

дата

Программа согласована Кафедрой прикладной информатики и информационных технологий

Протокол заседания кафедры от 06.04.2022 № 8

дата

## **Раздел 1. Характеристики учебных занятий**

### **1.1. Цели и задачи учебных занятий**

Целью дисциплины является изучение фундаментальных основ и алгоритмов компьютерного зрения.

Дисциплина «Алгоритмы компьютерного зрения» направлена на формирование у обучающихся навыков работы с изображениями, их коллекциями и видеозаписями с целью автоматического извлечения из них семантически и прагматически значимой информации; формирование устойчивых знаний в этой области.

Подобные знания широко востребованы в самых разных областях науки, техники и промышленности. В частности, предполагается, что они помогут слушателям в трудоустройстве в коммерческие компании, а также принесут пользу в научной и исследовательской деятельности.

Задачами дисциплины являются изучение алгоритмов обработки изображений с целью фильтрации, поиска объектов их классификации, учёта, реконструкции их формы и признаков.

В частности, курс включает алгоритмы полосной фильтрации, устранения шума, поиска геометрических примитивов. В курсе изучаются основы обработки изображений, поиска особых точек и их дескрипторов, вычисления оптического потока (optical flow), математические модели камер и методы их построения и калибровки, приложения эллиптической и проективной геометрии к реконструкции формы объектов и определения расстояний, стереозрения. Курс не заостряет внимание на конкретных инструментах реализации описанных алгоритмов, однако даёт обзор библиотеки OpenCV, OpenBLAS, Ceres Solver.

Центральной задачей курса является сочетание его фундаментальной направленности с практической ориентацией рассматриваемых подходов и методов. Материал курса имеет не только прямое прикладное значение — он так дидактически повторяет, подкрепляет и иллюстрирует классические концепции алгебры, математического анализа, компьютерных наук. Таким образом способствуя большей наглядности изложенного в них материала и лучшему его закреплению.

### **1.2. Требования подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)**

Программа курса предназначена обучающимся владеющих базовыми навыками программирования.

Максимальная эффективность программы будет обеспечена при условии, что обучающийся:

- Без затруднения может читать литературу на иностранном языке и усваивать материал самостоятельно.
- Свободно владеет понятиями и теоретическими основами линейной алгебры, математического анализа, теории вероятностей и математической статистики.

### **1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)**

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

**знать** теоретические основы и уметь использовать основные алгоритмы компьютерного зрения;

**владеть навыками** разработки программных проектов

Дисциплина участвует в формировании компетенций обучающихся по образовательной программе, установленных учебным планом для данной дисциплины. Для оценки достижения компетенций применяются следующие индикаторы.

№	Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код индикатора и индикатор достижения универсальной компетенции
	1	2	3
1	Профессиональные компетенции	ПКП-4-ИИР-ПК-1. Способен исследовать и разрабатывать архитектуры систем искусственного интеллекта для различных предметных областей на основе комплексов методов и инструментальных средств систем искусственного интеллекта	ПКП-4-ИИР-ПК-1.1. Исследует и разрабатывает архитектуры систем искусственного интеллекта для различных предметных областей ПКП-4-ИИР-ПК-1.2. Выбирает комплексы методов и инструментальных средств искусственного интеллекта для решения задач в зависимости от особенностей предметной области

#### 1.4. Перечень и объём активных и интерактивных форм учебных занятий

Семинары - в объёме 14 часов в семестре;

Курс «Алгоритмы компьютерного зрения» подразумевает демонстрацию слайдов с помощью мультимедиа-проектора в качестве активного метода обучения.

Интерактивный метод обучения состоит в проведении кратких дискуссий по материалам лекций.

## Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий

### 2.1. Организация учебных занятий

#### 2.1.1 Основной курс

Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся																		
Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п.	Контактная работа обучающихся с преподавателем										Самостоятельная работа			Объём активных и интерактивных	Трудоёмкость			
	лекции	семинары	консультации	практические занятия	лабораторные работы	контрольные работы	наполняемость	текущий контроль	промежуточная аттестация	итоговая аттестация	под руководством преподавателя	в присутствии преподавателя	сам. раб. с использованием			текущий контроль	промежуточная	итоговая аттестация (сам.раб.)
<b>ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ</b>																		
Форма обучения: очная																		
Семестр 4	60		2						2				36		44		20	4

	2-25		2-25					2-25				1-1		1-1			
ИТОГО	60		2					2				36		44		20	4

Виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации							
Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п.	Формы текущего контроля успеваемости		Виды промежуточной аттестации		Виды итоговой аттестации (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ)		
	Формы	Сроки	Виды	Сроки	Виды	Сроки	
<b>ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ</b>							
Форма обучения: очная							
Семестр 4			экзамен, устно, традиционная форма	по графику промежуточной аттестации			

## 2.2. Структура и содержание учебных занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела, части)	Вид учебных занятий	Количество часов
1	М1. Обзор, инженерные вопросы, тривиальные базовые алгоритмы	лекции	15
2	М2. Выделение признаков и примитивов, поиск особенностей	лекции	18
3	М3. Извлечение пространственных данных из наборов изображений	лекции	15
4	М4. Алгоритмы массового сопоставления точек на изображениях	лекции	12

М1. Обзор, инженерные вопросы, тривиальные базовые алгоритмы

1. История предметной области. Зрительная система человека. Цифровые сенсоры их особенности. Интерфейсы цифровых сенсоров, программные средства. Представление изображений в памяти.

2. Попиксельная обработка изображений, аппаратные средства современных ПК для ее ускорения. Вычисление градиента изображений. Определение прямых линий и контуров на изображении. Преобразование Хафа. Детектор Canny.

М2. Выделение признаков и примитивов, поиск особенностей

3. Определение локальных особенностей. Моменты изображений. Детектор Харриса. Бинарная морфология, сегментация.

4. Представление изображений в пространстве масштаба (пирамида изображений Гаусса). Поиск локальных особенностей с помощью методов SIFT и SURF.

5. Поиск соответствий локальных особенностей на изображениях. Сопоставление изображений с использованием дескрипторов: распознавание объектов на изображениях с использованием шаблонных изображений. Распознавание сцен. Bag-of-Words.

М3. Извлечение пространственных данных из наборов изображений

6. Проективные координаты. Хранения вращений и движений. Модель камеры-обскуры, иные модели камеры. Внутренние и внешние параметры камеры.
7. Задача калибровки внешних параметров камеры-обскуры. Методы линейной и нелинейной оптимизации. Задача калибровки внешних параметров камеры включая дисторсию.
8. Эпиполярная геометрия. Существенная матрица. Фундаментальная матрица. Триангуляция, определение расстояния до объектов по двум изображениям. Восьми-точечный алгоритм существенной матрицы, восьми-точечный алгоритм. RANSAC. Семи и пяти-точечный алгоритм, общие идеи.
9. Общая структура алгоритма реконструкции трехмерной сцены по нескольким изображениям(bundle-adjustment)
- M4. Алгоритмы массового сопоставления точек на изображениях
10. Алгоритмы поиска стерео-соответствий. Blockmatch, SGM, Census-transform.
11. Оптический поток, классические алгоритмы. Blockmatch, KLT, Horn–Schunck method
12. Полосная фильтрация, вопросы оцифровки, масштабирования.

### **Раздел 3. Обеспечение учебных занятий**

#### **3.1. Методическое обеспечение**

##### **3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины**

Методические материалы включают в себя следующие типы материалов — литература, Интернет-ресурсы, учебные пособия, слайды и курсы видео-лекций с опорой на которые проводится аудиторная работа.

Во время реализации дисциплины могут цитироваться и демонстрироваться выдержки из следующих источников:

1. Л. Шапиро, Дж. Стокман. Компьютерное зрение: учебное пособие для вузов. / пер. с англ. А. А. Богуславский; ред. С. М. Соколов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.

##### **3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы**

Самостоятельная работа обучающихся в рамках данной дисциплины является полезным дополнением к посещению лекций.

Настоящей программой предусмотрены формы самостоятельной работы с использованием методических материалов по тематике курса и источников, указанных в обязательной, дополнительной литературе и интернет-источниках, указанных в данной программе.

##### **3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания**

Экзамен теоретический, в классической устной форме. В начале зачёта обучающийся получает 2 случайных вопроса из первой и второй половин списка в п. 3.1.4, в течение академического часа готовит развёрнутый ответ по тематике билета. Также обучающийся на усмотрение преподавателя может получить дополнительные вопросы для краткого немедленного ответа.

Оценки за все ответы оцениваются по процентной шкале от 0% (нет ответа) до 100% (очень хороший ответ) и усредняются. Применяются следующие критерии оценивания.

<b>Полнота и качество ответов</b>	<b>Оценка ECTS</b>	<b>Аттестация СПбГУ</b>
Всестороннее, глубокое и систематическое знание учебного материала (90%-100%)	A	Отлично
Допущены неточности в ответе, не принципиальные ошибки, исправленные	B	Хорошо

самостоятельно после наводящих вопросов (80%-89%)		
Допущены неточности в ответе, методы и алгоритмы описаны схематично (70%-79%)	C	
Допущены существенные ошибки, но обучающийся обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя. Обучающийся знаком с основной литературой, рекомендованной программой (61%-69%)	D	Удовлетв.
Допущены грубые ошибки, но очевидно знание материала в минимальном объеме (50%-60%)	E	
Прочие ситуации (менее 50%)	F	Неудовлетв.

### 3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)

Достижение компетенций оценивается при помощи следующих контрольно-измерительных материалов.

№	Код индикатора и индикатор достижения компетенции	Контрольно-измерительные материалы (КИМ) (тестовые вопросы, контрольные задания, кейсы и пр.)
	1	2
1	ПКП-4-ИИР-ПК-1.1. Исследует и разрабатывает архитектуры систем искусственного интеллекта для различных предметных областей	Контрольно-измерительные материалы устного экзамена
2	ПКП-4-ИИР-ПК-1.2. Выбирает комплексы методов и инструментальных средств искусственного интеллекта для решения задач в зависимости от особенностей предметной области	Контрольно-измерительные материалы устного экзамена

#### 3.1.4.1 Формируемые дисциплиной компетенции

ПКП-4-ИИР-ПК-1. Способен исследовать и разрабатывать архитектуры систем искусственного интеллекта для различных предметных областей на основе комплексов методов и инструментальных средств систем искусственного интеллекта

- Формируется дисциплиной.**
- Развивается дисциплиной.**
- Полностью сформирована по результатам освоения дисциплины.**

**Шкала оценивания:** линейная, определяется долей успешно выполненных заданий, проверяющих данную компетенцию.

#### 3.1.4.2 Контрольно-измерительные материалы (примеры)

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Что такое цвет и свет, Восприятие цвета глазом, дальтонизм

2. Метамеры, Опыты СЕБ. Цветовое пространство XYZ Цветовой лепесток (свойства), эллипсы Мак-Адама Абсолютные и не абсолютные модели цвета. СМΥΚ (аддитивные и субтрактивные модели). HSV, HLS - идеи построения
3. Способы представления пикселя
4. Типичная структура данных для хранения изображения
5. Однородные координаты, Проективные преобразования, примеры (квадрики как конические сечения)
6. Модель камеры обскуры. Приведённое фокальное расстояние, Дисторсия
7. Бинаризация, локальные и глобальные алгоритмы, порог Отсу, k-means
8. Вычисление градиента и моментов изображения,
9. Детектор карев Canny.
10. Морфология бинарных изображений (эрозия, наращивание, размыкание и замыкание). Морфологическая скелетизация
11. Преобразование Хафа,
12. Обнаружение точечных особенностей. Мотивация и примеры
13. Детектор Harris,
14. Пирамидальное представление изображения. LoG, DoG.
15. Дескрипторы особенностей (SIFT, SURF, Census transform, FAST, ORB, BRISK).
16. Численные методы — градиентный спуск, метод ньютона, Маркварда-Левенберга
17. Методы оценки внешних параметров моделей.
18. Методы оценки внутренних параметров моделей.
19. Оценки параметров дисторсии
20. Существенная матрица и фундаментальная матрица, математические свойства и степени свободы.
21. Взаимное положение нескольких камер. 8ми точечный алгоритм, идеи построения 7ми точечного и 5ти точечного алгоритма.
22. RANSAC с приложениями к поиску существенной матрицы.
23. Алгоритмы ректификации изображений стереопары
24. Алгоритм оптического потока и стерео-соответствий BlockMatch
25. Алгоритм оптического потока KLT.
26. Алгоритмы стерео-соответствия. Census Transform, SGM
27. Пространственное и частотное представления изображений,
28. Масштабирование изображений
29. Модели шума — некоррелированный шум. Подавление некоррелированного шума
30. Модели шума — Коррелированный шум. Подавление коррелированного шума

*Примерный перечень вопросов тестирования:*

1. С помощью линейной фильтрации можно:
  - a. сделать изображение более размытым;
  - b. **и то, и другое;**
  - c. сделать изображение более чётким;
  - d. ничего из этого
2. Интегральное изображение можно использовать для
  - a. быстрого нахождения минимального значения яркости в прямоугольной области
  - b. быстрого вычисления средней яркостей пикселей в прямоугольной области
  - c. **и то, и другое**
  - d. ничего из этого
3. Границы объектов на изображении соответствуют:
  - a. **пикселям, в которых производная функции интенсивности по Y больше, чем производная по X**
  - b. пикселям, в которых норма градиента больше определенного порога

- c. пикселям, в которых обе производные функции интенсивности по модулю больше определенного порога
  - d. ничего из этого
- 4. В цветовом пространстве HSV H-канал соответствует:
  - a. яркости пикселя
  - b. насыщенности цвета
  - c. оттенку цвета**
  - d. ничего из этого
- 5. Аппроксимация контура объекта нужна для:
  - a. более компактного представления контура
  - b. для того и другого
  - c. для ускорения подсчета контурных признаков**
  - d. ничего из этого
- 6. Фильтр Собеля используется для
  - a. оценки интеграла функции интенсивности
  - b. оценки производной функции интенсивности**
  - c. оценки второй производной функции интенсивности
  - d. оценки двойного интеграла функции интенсивности
- 7. Какие из перечисленных ниже задач компьютерного зрения относятся к задачам видеонаблюдения:
  - a. задача поиска логотипа на изображении
  - b. задача распознавания дорожных знаков**
  - c. задача нахождения оставленных предметов**
  - d. ничего из этого
- 8. Основное назначение операции выравнивания гистограммы:
  - a. удаление шумов на изображении
  - b. размытие изображения
  - c. повышение контрастности изображения**
  - d. ничего из этого
- 9. Применение оператора дилатации:
  - a. увеличивает относительную площадь светлых областей на изображении
  - b. уменьшает относительную площадь светлых областей на изображении**
  - c. не влияет на относительную площадь светлых областей на изображении
  - d. ничего из этого
- 10. Пусть задано черно-белое изображение некоторого объекта. Чтобы уменьшить зернистость границы объекта, необходимо применить:
  - a. размыкание
  - b. замыкание**
  - c. морфологический градиент
  - d. ничего из этого

### **3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса**

#### **3.2. Кадровое обеспечение**

##### **3.2.1 Образование и (или) квалификация штатных преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий**

К чтению лекций должны привлекаться преподаватели, имеющие ученую степень доктора или кандидата наук (в том числе степень PhD, прошедшую установленную процедуру признания и установления эквивалентности) и/или ученое звание профессора или доцента.

##### **3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом**

Учебно-вспомогательный и инженерно-технический персонал должен иметь соответствующее образование и обладать навыками организации работы с

пользовательскими программными продуктами в локальной сети компьютерного класса и в Интернете.

### **3.3. Материально-техническое обеспечение**

#### **3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные стандартным оборудованием, используемым для обучения в СПбГУ в соответствии с требованиями материально-технического обеспечения.

#### **3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования**

Стандартное оборудование, используемое для обучения в СПбГУ. MS Windows, MS Office, Mozilla Firefox, Google Chrome, Acrobat Reader DC, WinZip, Антивирус Касперского.

#### **3.3.3 Характеристики специализированного оборудования**

Специализированное оборудование не требуется.

#### **3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения**

Не требуется.

#### **3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов**

Не требуется.

### **3.4. Информационное обеспечение**

#### **3.4.1 Список литературы**

1. Селянкин, В. В. Компьютерное зрение. Анализ и обработка изображений : учебник для вузов / В. В. Селянкин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 152 с. — ISBN 978-5-8114-8259-7. — ЭР по подписке СПбГУ: <https://proxy.library.spbu.ru/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat07918a&AN=spsu.lanbook173806&lang=ru&site=eds-live&scope=site>
2. Обработка изображений с помощью OpenCV / Б. Г. Глория, Д. С. Оскар, Л. Э. Хосе, С. Г. Исмаэль. — Москва : ДМК Пресс, 2016. — 210 с. — ISBN 978-5-97060-387-1. — ЭР по подписке СПбГУ: <https://proxy.library.spbu.ru/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat07918a&AN=spsu.lanbook90116&lang=ru&site=eds-live&scope=site>
3. Клетте, Р. Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы : учебник / Р. Клетте ; перевод с английского А. А. Слинкина. — Москва : ДМК Пресс, 2019. — 506 с. — ISBN 978-5-97060-702-2. — ЭР по подписке СПбГУ: <https://proxy.library.spbu.ru/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat07918a&AN=spsu.lanbook131691&lang=ru&site=eds-live&scope=site>
4. Броневи́ч, А. Г. Анализ неопределенности выделения информативных признаков и представлений изображений : монография / А. Г. Броневи́ч, А. Н. Каркищенко, А. Е. Лепский. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2013. — 320 с. — ISBN 978-5-9221-1499-8. — ЭР по подписке СПбГУ: <https://proxy.library.spbu.ru/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat07918a&AN=spsu.lanbook59666&lang=ru&site=eds-live&scope=site>
5. Ковалев, В. А. Анализ текстуры трехмерных медицинских изображений / В. А. Ковалев. — Минск : Беларус. наука, 2008. — 263 с. — ISBN 978-985-08-0905-6. — ЭР по подписке СПбГУ: <https://proxy.library.spbu.ru/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat07918a&AN=spsu.ibooksruRUIBOOKbooks28720&lang=ru&site=eds-live&scope=site>

### 3.4.2 Перечень иных информационных источников, в том числе современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Электронные ресурсы Научной библиотеки им. М. Горького СПбГУ

- Сайт Научной библиотеки им. М. Горького СПбГУ:  
<http://www.library.spbu.ru/>
- Электронный каталог Научной библиотеки им. М. Горького СПбГУ:  
[http://www.library.spbu.ru/cgi-bin/irbis64r/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS](http://www.library.spbu.ru/cgi-bin/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS)
- Перечень электронных ресурсов, находящихся в доступе СПбГУ:  
<http://cufts.library.spbu.ru/CRDB/SPBGU/>
- Перечень ЭБС, на платформах которых представлены российские учебники, находящиеся в доступе СПбГУ:  
[http://cufts.library.spbu.ru/CRDB/SPBGU/browse?name=rures&resource\\_type=8](http://cufts.library.spbu.ru/CRDB/SPBGU/browse?name=rures&resource_type=8)
- Математика: тематическая рубрика  
<http://cufts.library.spbu.ru/CRDB/SPBGU/browse?subject=1>
- Информатика: тематическая рубрика  
<http://cufts.library.spbu.ru/CRDB/SPBGU/browse?subject=93>

### Раздел 4. Разработчики программы

Фамилия, имя, отчество	Должность	Контактная информация
Хлобыстова Анастасия Олеговна	ассистент	<a href="mailto:aok@dscs.pro">aok@dscs.pro</a>
Олисеенко Валерий Дмитриевич	ассистент	<a href="mailto:vdo@dscs.pro">vdo@dscs.pro</a>
Корепанова Анастасия Андреевна		<a href="mailto:aak@dscs.pro">aak@dscs.pro</a>
Бушмелёв Фёдор Витальевич		<a href="mailto:fvb@dscs.pro">fvb@dscs.pro</a>