

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования**

«Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО
решением президиума Ученого совета ННГУ
протокол от
«30» ноября 2022 г. № 13

**Рабочая программа дисциплины
Компьютерное зрение**

Уровень высшего образования
магистратура

Направление подготовки (специальность)
020402 Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы
Искусственный интеллект

Форма обучения
очная

Нижний Новгород
2023

1. Место дисциплины в структуре ООП.

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.02 «Компьютерное зрение» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)» направления подготовки 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», направленность «Искусственный интеллект». Дисциплина преподается в 1 семестре. Трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 час., зачет.

№ Варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений. Дисциплина по выбору	Дисциплина Б1.В.ДВ.01.02 «Компьютерное зрение» относится к части ООП направления подготовки 02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии, формируемой участниками образовательных отношений.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ПК-8. Способен к разработке новых алгоритмических, методических и технологических решений в конкретной сфере профессиональной деятельности	ПК-8.1. Знать основы ИТ в области ИИ и иметь навыки анализа современного состояния науки и информационных технологий в области	Знать теоретические основы, алгоритмы и постановки задач компьютерного зрения (КЗ), методы машинного и глубокого обучения, применяемые в КЗ. Образовательные ресурсы, открытые библиотеки и среды программирования (OpenCV).	собеседование
	ПК-8.2. Иметь навыки проектирования и разработки и развития ИТ решений на основе анализа современного состояния науки и информационных технологий в области	Владеть навыками решения задач компьютерного зрения в среде OpenCV с применением машинного и глубокого обучения	собеседование, задания

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

Общая трудоемкость	2 ЗЕТ
Часов по учебному плану	72
в том числе:	
аудиторные занятия (контактная работа):	33
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа	16
- занятия лабораторного типа	
- текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация - зачет	

3.2 Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Часов					
		Всего	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				
			Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
1.	Методы машинного обучения и распознавание образов а) Общая модель классификации и основные понятия распознавания образов. б)Понятие машинного обучения и подготовка данных. Методы фильтрации. в)Метод главных компонент. Метод канонических переменных. г)Обзор классификаторов. д)Методы кластеризации данных.	10	2	2		4	6
2.	Методы локализации и распознавания лиц а)Методы локализации лица. б)Методы поиска элементов лица (глаза, нос, рот). в)Методы распознавания лиц. Активные модели. Геометрическое сравнение. Поэлементное сравнение. Метод главных компонент. Использование оптического потока. г)Организация поиска в базе.	10	2	2		4	6
3.	Численное описание, анализ и сравнение изображений	12	3	3		6	6

	а)Постановка задачи поиска изображений. Практическая значимость. б)Цветовые характеристики изображения. в)Текстурные характеристики изображения. г)Градиентные характеристики изображения. д)Расстояние Хаусдорфа. е)Различные численные методы сравнения изображений. Гистограммы. Корелограммы. LBP. Методы сравнения из стандарта MPEG-7. ж)Оптимальное хранение цифровой библиотеки. KD-деревья.						
4.	Моделирование визуально наблюдаемых процессов. Численные методы оценки модели а)Примеры математического моделирования в задачах компьютерного зрения. б)Метод наименьших квадратов. Преобразование Хафа. в)Задача оценки модели движущегося человека. г)Стохастические методы оптимизации модели. Метод фильтрации частиц.	13	3	3		6	7
5.	Стереозрение и калибровка камер а)Модели камеры. б)Внутренние и внешние параметры камеры. в)Стереозрение. Эпиполярная геометрия.г)Восстановление структуры по движению. д)Методы нахождения стереосоответствия. е)Типы калибровки камер. Обзор методов калибровки.	13	3	3		6	7
6.	Применение технического зрения в робототехнике а)Планирование движений в условиях неопределённости. б)Задача локализации робота. в)Задача составления карты	13	3	3		6	7
	Текущий контроль	1		1		1	
	Промежуточная аттестация: зачет						
	Итого	72	16	17		33	39

Практические занятия (семинарские занятия) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

– Практическая подготовка предусматривает: Создание программного обеспечения для: решение задачи автоматического отделения объекта от фона; поиска объектов с помощью ключевых точек; классификации точек с помощью различных методов; поиска изображений в базе различными способами; оптимальной калибровки камер и нахождения оптимального стерео-соответствия.

На проведение практических занятий (семинарских занятий /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 16 часов.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: Разработка, тестирование, оптимизация программного обеспечения (ПО). Разработка технической документации на продукцию в сфере ИТ.
- компетенций – ПК-8: Способен к разработке новых алгоритмических, методических и технологических решений в конкретной сфере профессиональной деятельности. (ПК-8.2: Иметь навыки проектирования и разработки и развития ИТ-решений на основе анализа современного состояния науки и информационных технологий в области).

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях семинарского типа. Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (зачет).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде работы с рекомендованной обязательной и дополнительной литературой (приведена в разделе 6), подготовке к лекциям, подготовке к экзамену и выполнения лабораторных работ (ниже). Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

4.1. Лабораторные работы

Выполнение лабораторных работ с использованием методов машинного обучения и проективной геометрии на следующие темы:

- **Лабораторная работа №1.** Нахождение низкоуровневых характеристик изображения: градиенты, рёбра, угловые точки. Оптимальная бинаризация изображений методом Отцу. Векторизация и работа с контурами. Сегментация изображения.
- **Лабораторная работа №2.** Решение задачи автоматического отделения объекта от фона.
- **Лабораторная работа №3.** Решение задачи поиска объектов с помощью ключевых точек.
- **Лабораторная работа №4.** Численное решение задач классификации точек с помощью различных методов. Сравнительный анализ методов: ближайшего соседа, деревьев решений, машины опорных векторов, нейронных сетей с различной архитектурой. Эксперимент с параметрами этих методов.
- **Лабораторная работа №5.** Численное решение задачи локализации лица на изображении.
- **Лабораторная работа №6.** Организация поиска изображений в базе различными способами.
- **Лабораторная работа №7.** Численный метод решения задачи оценки модели заданной кинематическим деревом.
- **Лабораторная работа №8.** Численный метод оптимальной калибровки камер и нахождения оптимального стерео-соответствия.

4.2. Образовательные материалы для лабораторных работ

- 1) А.Бовырин, П.Дружков, В.Ерухимов, Н.Золотых, В.Кустикова, И.Лысенков, И.Мееров, В.Писаревский, А.Половинкин, А.Сысоев. Академия Intel: Разработка мультимедийных приложений с использованием библиотек OpenCV и IPP.

(<http://www.intuit.ru/studies/courses/10622/1106/info>)

- 2) Библиотека OpenCV [<http://opencv.org>].

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

	навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	Имели место грубые ошибки.	задач с некоторыми недочетами	некоторыми недочетами	ошибок и недочетов.	недочетов.	
--	--	----------------------------	-------------------------------	-----------------------	---------------------	------------	--

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1 Контрольные вопросы для собеседования и оценки ПК-10.1

Вопрос	Код формируемой компетенции
--------	-----------------------------

1. Методы формирования изображений. Камера Обскура. Перспективная проекция.	ПК-8
2. Устройство современной цифровой камеры. Получение раstra. Основные искажения при формировании изображения.	ПК-8
3. Виды цифровых изображений.	ПК-8
4. Инструменты обработки бинарных изображений. Нахождение связанных компонент. Морфологические операции. Инвариантные свойства связанных компонент. Векторизация бинарных изображений. Алгоритм. Применения. Бинаризация изображения. Анализ гистограммы. Метод Оцу (Otsu).	ПК-8
5. Обработка и низкоуровневый анализ полутоновых изображений. Линейная фильтрация изображения. Свертка. Повышение чёткости. Подсчёт градиентов. Фильтры Собеля. Выделение границ объектов. Детектор границ Кани. Процедура трансформации расстояния. Нахождение угловых точек на изображении. Понятие гистограммы и улучшение контрастности. Выравнивание контрастности двух изображений. Эквализация гистограммы.	ПК-8
6. Мультиспектральные изображения. Виды цветовых пространств. Методы улучшения цветных изображений. Методы сегментации цветных изображений.	ПК-8
7. Постановки задач видеонаблюдения.	ПК-8
8. Методы детектирование и оценки движения.	ПК-8
9. Обучение модели фона. Вычитание фона.	ПК-8
10. Численный метод поиска оптимального оптического потока.	ПК-8
11. Слежение за объектом с помощью алгоритма Meanshift.	ПК-8
12. Предсказание движения с помощью фильтра Калмана.	ПК-8
13. Поиск шаблона с помощью решения двойственной задачи нахождения клики (максимального полного графа).	ПК-8
14. Нахождение ключевых точек изображения методом SIFT.	ПК-8
15. Использование ключевых точек изображения для предсказания положения объекта. Кластеризация в пространстве гипотез для нахождения наиболее вероятного положения объекта. Обобщённое преобразование Хафа.	ПК-8
16. Основные понятия распознавания образов. Общая модель классификации. Обучение с учителем и без. Базовые элементы статистики.	ПК-8
17. Подготовка данных. Методы фильтрации. Метод главных компонент. Метод канонических переменных.	ПК-8
18. Обзор классификаторов. К-ближайших соседей. Байесовский классификатор. Машина опорных векторов. Деревья решений. Нейронные сети.	ПК-8
19. Обучение без учителя. Методы кластеризации данных. К-средних. Агломеративная кластеризация. EM –алгоритм.	ПК-8
20. Детектирование лица с помощью каскадного классификатора на основе признаков Хаара. Метод Adaboost. Признаки Хаара. Интегральные изображения. Подсчёт признаков Хаара с помощью интегральных изображений.	ПК-8
21. Методы распознавания лиц. Активные модели. Геометрическое сравнение. Поэлементное сравнение. Метод главных компонент. Использование оптического потока.	ПК-8
22. Сравнение изображения с помощью цветовых характеристик изображения,	ПК-8

текстурных характеристик изображения, градиентных характеристики изображения.	
23. Расстояние Хаусдорфа. Гистограммы. Корелограммы. Методы сравнения из стандарта MPEG-7.	ПК-8
24. Задача оценки модели движущегося человека. Стохастические методы оптимизации модели. Метод фильтрации частиц.	ПК-8
25. Типы калибровки камер. Модели камеры. Внутренние и внешние параметры камеры.	ПК-8
26. Стереозрение. Эпиполярная геометрия. Выравнивание изображений стереопары. Использование структурного света.	ПК-8
27. Методы нахождения стереосоответствия. Метод скользящего окна. Использование динамического программирования.	ПК-8
28. Робототехника. Планирование движений в условии неопределённости. Задача локализации робота. Задача составления карты.	ПК-8

5.2.2 Типовые лабораторные работы/задачи для формирования и текущей оценки компетенций ПК-8

Нахождение низкоуровневых характеристик изображения: градиенты, рёбра, угловые точки. Оптимальная бинаризация изображений методом Оцу (Otsu). Векторизация и работа с контурами. Сегментация изображения.

1. Решение задачи автоматического отделения объекта от фона.
2. Решение задачи поиска объектов с помощью ключевых точек.
3. Численное решение задач классификации точек с помощью различных методов. Сравнительный анализ методов: ближайшего соседа, деревьев решений, машины опорных векторов, нейронных сетей с различной архитектурой. Экспериментирование с параметрами этих методов.
4. Численное решение задачи локализации лица на изображении.
5. Организация поиска изображений в базе различными способами.
6. Численный метод решения задачи оценки модели заданной кинематическим деревом.
7. Численный метод оптимальной калибровки камер и нахождения оптимального стереосоответствия.

Критерии оценки лабораторной работы

Дескрипторы качества исполнения работы	Оценка
Лабораторная работа выполнена практически в полном объеме и в срок; результаты работы программы корректны на тестовых примерах или проведен требуемый вычислительный эксперимент; результаты работы представлены преподавателю; исполнитель может объяснить действия команд программы и внести простые изменения в алгоритм по требованию преподавателя.	зачтено
Работа не выполнена или выполнена не в полном объеме (программа работает некорректно, не проведены заданные вычислительные эксперименты); результаты работы не представлены преподавателю или представлены с существенным нарушением срока; исполнитель не может объяснить действия команд программы и не может внести простые изменения в алгоритм по требованию преподавателя.	не зачтено

5.2.3 Список вопросов для индивидуального собеседования на экзамене

Вопрос	Код формируемой компетенции
1. Принципы формирования изображения. Камера обскура. Перспективная проекция.	ПК-8
2. Бинарные изображения. Морфологические операции. Связанные компоненты. Свойства связанных компонент. Векторизация бинарных изображений.	ПК-8
3. Линейная фильтрация изображения. Свёртка. Фильтрация шума. Алгоритм повышения чёткости.	ПК-8
4. Подсчёт градиентов на изображении. Методы обнаружения краёв объектов (рассказать об одном из методов).	ПК-8
5. Бинаризация изображения. Метод Отсу.	ПК-8
6. Интегральные изображения. Метод подсчёта среднего в прямоугольной области.	ПК-8
7. Угловые точки. Методы нахождения угловых точек (рассказать об одном из методов).	ПК-8
8. Сегментация изображения с помощью алгоритма k-средних.	ПК-8
9. Поиск линий с помощью преобразования Хафа.	ПК-8
10. Частотный анализ изображений. Спектр и фаза. Полосно-пропускающий фильтр.	ПК-8
11. Примеры задач интеллектуального видеонаблюдения. Структура системы видеонаблюдения. Методы вычитания фона (рассказать об одном методе).	ПК-8
12. Определение оптического потока. Вывод формулы оптического потока.	ПК-8
13. Инвариантные особенности объектов. Локализация особенности, вычисление ориентации особенности, вычисление вектора признаков особенности на примере метода SIFT.	ПК-8
14. Поиск объектов с помощью обобщённого преобразования Хафа.	ПК-8
15. Метод поиска лиц на изображении. Haar wavelets. Adaboost.	ПК-8
16. Singular Value Decomposition. Сингулярные числа и их единственность, сингулярные векторы. Минимизация невязки для системы однородных уравнений. Нахождение ближайших ортогональных матриц к данной. Нахождение матриц с ограниченным рангом ближайших к заданной.	ПК-8
17. Модель pinhole camera. Внутренние параметры камеры. Модель дисторсии камеры. Матрица проекции камеры. Ошибка репроекции. Задача perspective-n-points. Direct Linear Transformation. Применение методов PnP и RANSAC для задачи распознавания объектов. Общие принципы калибровки камеры.	ПК-8
18. Проективное преобразование (преобразование гомографии). Связь проективного преобразования с параметрами плоскости и взаимным расположением камер. Условия существования проективного преобразования между проекциями множества трёхмерных точек на две камеры. Использование гомографии с RANSAC для нахождения объектов.	ПК-8
19. Фундаментальная матрица. Эпиполярные линии и эпиполи. Связь фундаментальной матрицы с матрицами проекции камер. Нахождение фундаментальной матрицы для пары изображений.	ПК-8
20. Алгоритм обратного распространения ошибки для обучения нейронной сети.	ПК-8

21. Пример применения сверточной нейронной сети (любой на выбор).	ПК-8
22. Сверточные нейронные сети. ReLU. Pooling. Learning rate.	ПК-8

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

- 1) А.Бовырин, П.Дружков, В.Ерухимов, Н.Золотых, В.Кустикова, И.Лысенков, И.Мееров, В.Писаревский, А.Половинкин, А.Сысоев. Академия Intel: Разработка мультимедийных приложений с использованием библиотек OpenCV и IPP. (<http://www.intuit.ru/studies/courses/10622/1106/info>)

б) Дополнительная литература:

- 1) Книга. Гонсалес Р.С., Вудс В.Е. Цифровая обработка изображений (http://www.technosphera.ru/files/book_pdf/0/book_311_455.pdf)

в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Используется только открытое программное обеспечение, установленное на персональных компьютерах обучающихся:

- 1) MS Windows 8|10, установленная на персональном компьютере обучающегося
- 2) MS Visual Studio Express 2015 или MS Visual Studio Express 2015 для Web (<https://www.microsoft.com/ru-ru/SoftMicrosoft/vs2015Web.aspx>) – бесплатная версия (на персональном компьютере обучающегося).
- 3) Библиотека OpenCV [<http://opencv.org>]. Лицензия BSD.

г) Теоретические основы (факультативно)

- 1) Форсайт Д., Понс Ж. "Компьютерное зрение. Современный подход". Пер. с англ. М.: Издательский дом "Вильямс", 2004. – 928 с.
- 2) Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение; Пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: компьютерный класс, проектор, экран.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Учебная и научная литература, учебно-методические материалы, представленные в библиотечном фонде, в электронных библиотеках и на кафедре Алгебры, геометрии и дискретной математики.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии».

Автор к.ф.-м.-н. А.В. Бовырин

Зам. зав. кафедрой И.Б.Мееров

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.