

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Компьютерное зрение

---

Уровень высшего образования

Магистратура

---

Направление подготовки / специальность

01.04.02 - Прикладная математика и информатика

---

Направленность образовательной программы

Математическая робототехника

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.10 Компьютерное зрение относится к обязательной части образовательной программы.

## 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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-2: Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	ОПК-2.1: Знает современные математические методы решения прикладных задач ОПК-2.2: Умеет совершенствовать математические методы решения прикладных задач ОПК-2.3: Имеет навыки создания новых математических методов решения прикладных задач	ОПК-2.1: 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).  ОПК-2.2: Уметь модифицировать методы решения классических задач компьютерного зрения применительно к собственным задачам с целью достижения приемлемого качества.  ОПК-2.3: Иметь навыки построения моделей машинного обучения для решения задач компьютерного зрения.	Практическая задача Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3

<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
<b>самостоятельная работа</b>	<b>43</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>Зачёт</b>

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Методы машинного обучения и распознавание образов	15	4	4	8	7
Методы локализации и распознавания лиц	15	4	4	8	7
Численное описание, анализ и сравнение изображений	19	6	6	12	7
Моделирование визуально наблюдаемых процессов. Численные методы оценки модели	19	6	6	12	7
Стереозрение и калибровка камер	19	6	6	12	7
Применение технического зрения в робототехнике	20	6	6	12	8
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	32	65	43

#### Содержание разделов и тем дисциплины

##### 1. Методы машинного обучения и распознавание образов

- Общая модель классификации и основные понятия распознавания образов.
- Понятие машинного обучения и подготовка данных. Методы фильтрации.
- Метод главных компонент. Метод канонических переменных.
- Обзор классификаторов.
- Методы кластеризации данных.

##### 2. Методы локализации и распознавания лиц

- Методы локализации лица.
- 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.

### 3. Численное описание, анализ и сравнение изображений

- 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. Корелогаммы. 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.

### 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.
- ### 6. Применение технического зрения в робототехнике
- а) Планирование движений в условиях неопределённости.
  - б) Задача локализации робота.
  - в) Задача составления карты

## 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

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>].
3. Форсайт Д., Понс Ж. "Компьютерное зрение. Современный подход". Пер. с англ. М.: Издательский дом "Вильямс", 2004. – 928 с.

## 5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

## **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Практическая задача) для оценки сформированности компетенции ОПК-2:**

1. Нахождение низкоуровневых характеристик изображения: градиенты, рёбра, угловые точки. Оптимальная бинаризация изображений методом Оцу (Otsu). Векторизация и работа с контурами. Сегментация изображения.
2. Решение задачи автоматического отделения объекта от фона.
3. Решение задачи поиска объектов с помощью ключевых точек.
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. Экспериментирование с параметрами этих методов.
5. Численное решение задачи локализации лица на изображении.
6. Организация поиска изображений в базе различными способами.
7. Численный метод решения задачи оценки модели заданной кинематическим деревом.
8. Численный метод оптимальной калибровки камер и нахождения оптимального стерео-соответствия.

### **Критерии оценивания (оценочное средство - Практическая задача)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Код и результаты работы представлены преподавателю в срок.
не зачтено	Выполнены не все лабораторные работы или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, код работает некорректно, результаты работы не представлены преподавателю).

### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ОПК-2:**

1. Методы формирования изображений. Камера Обскура. Перспективная проекция.
2. Устройство современной цифровой камеры. Получение раstra. Основные искажения при формировании изображения.
3. Виды цифровых изображений.
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).
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.

6. Мультиспектральные изображения. Виды цветовых пространств. Методы улучшения цветных изображений. Методы сегментации цветных изображений.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент дал развернутый ответ на все вопросы без существенных ошибок.
не зачтено	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале.

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения 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. Ошибок нет.	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 базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач
---------------	--	---	--	--	--	--	---

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

1. Методы формирования изображений. Камера Обскура. Перспективная проекция.
2. Устройство современной цифровой камеры. Получение растра. Основные искажения при формировании изображения.
3. Виды цифровых изображений.

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).
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. Эквиализация гистограммы.
6. Мультиспектральные изображения. Виды цветовых пространств. Методы улучшения цветных изображений. Методы сегментации цветных изображений.
7. Постановки задач видеонаблюдения.
8. Методы детектирование и оценки движения.
9. Обучение модели фона. Вычитание фона.
10. Численный метод поиска оптимального оптического потока.
11. Слежение за объектом с помощью алгоритма Meanshift.
12. Предсказание движения с помощью фильтра Калмана.
13. Поиск шаблона с помощью решения двойственной задачи нахождения клики (максимального полного графа).
14. Нахождение ключевых точек изображения методом SIFT.
15. Использование ключевых точек изображения для предсказания положения объекта. Кластеризация в пространстве гипотез для нахождения наиболее вероятного положения объекта. Обобщённое преобразование Хафа.
16. Основные понятия распознавания образов. Общая модель классификации. Обучение с учителем и без. Базовые элементы статистики.
17. Подготовка данных. Методы фильтрации. Метод главных компонент. Метод канонических переменных.
18. Обзор классификаторов. К-ближайших соседей. Байесовский классификатор. Машина опорных векторов. Деревья решений. Нейронные сети.



19. Обучение без учителя. Методы кластеризации данных. К-средних. Агломеративная кластеризация. EM –алгоритм.
20. Детектирование лица с помощью каскадного классификатора на основе признаков Хаара. Метод Adaboost. Признаки Хаара. Интегральные изображения. Подсчёт признаков Хаара с помощью интегральных изображений.
21. Методы распознавания лиц. Активные модели. Геометрическое сравнение. Поэлементное сравнение. Метод главных компонент. Использование оптического потока.
22. Сравнение изображения с помощью цветовых характеристик изображения, текстурных характеристик изображения, градиентных характеристики изображения.
23. Расстояние Хаусдорфа. Гистограммы. Корелогаммы. Методы сравнения из стандарта MPEG-7.
24. Задача оценки модели движущегося человека. Стохастические методы оптимизации модели. Метод фильтрации частиц.
25. Типы калибровки камер. Модели камеры. Внутренние и внешние параметры камеры.
26. Стереозрение. Эпиполярная геометрия. Выравнивание изображений стереопары. Использование структурного света.
27. Методы нахождения стереосоответствия. Метод скользящего окна. Использование динамического программирования.
28. Робототехника. Планирование движений в условиях неопределённости. Задача локализации робота. Задача составления карты.

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент ответил на большую часть вопросов возможно с незначительными недочётами.
не зачтено	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале и решении стандартных задач.

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

Основная литература:

1. Разработка мультимедийных приложений с использованием библиотек OpenCV и IPP / Бовырин А.В., Дружков П.Н., Ерухимов В.Л., Золотых Н.Ю., Кустикова В.Д., Лысенков И.Д., Мееров И.Б.,

Писаревский В.Н., Половинкин А.Н., Сысоев А.В. - Москва : ИНТУИТ, 2016.,  
<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=663128&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Введение в естественно-интуитивное взаимодействие с компьютером / Юфрякова О.А., Березовская Ю.В., Некрасова В.А., Носов К.А. - Москва : ИНТУИТ, 2016.,  
<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=662915&idb=0>.
2. Шапиро Линда. Компьютерное зрение = Computer Vision : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Прикладная информатика (в областях)" / пер. с англ. А. А. Богуславского ; под ред. С. М. Соколова. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2006. - 752 с., 8 с. ил. - (Лучший зарубежный учебник). - ISBN 0-13-030796-3 (англ.) : 369.60., 1 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

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.

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 01.04.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.