

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

Основы компьютерного зрения

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы

Инженерия программного обеспечения

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.06.02 Основы компьютерного зрения относится к части, формируемой участниками образовательных отношений 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
ПК-4: Способен проектировать программное обеспечение	<p>ПК-4.1: Знает типовые решения, библиотеки программных модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения</p> <p>ПК-4.2: Знает методы и средства проектирования программного обеспечения</p> <p>ПК-4.3: Знает методы и средства проектирования баз данных</p> <p>ПК-4.4: Умеет использовать существующие типовые решения и шаблоны проектирования программного обеспечения</p> <p>ПК-4.5: Умеет применять методы и средства проектирования программного обеспечения, структур данных, баз данных</p>	<p>ПК-4.1: Знать основные постановки задач компьютерного зрения; базовые алгоритмы обработки и хранения изображений и видео, базовые элементы систем компьютерного зрения; базовые алгоритмы распознавания образов и анализа изображений и видео.</p> <p>ПК-4.2: Уметь формулировать математическую постановку основных задач компьютерного зрения. Выполнять подготовку обзора существующих методов решения сформулированной задачи компьютерного зрения</p> <p>ПК-4.3: Уметь применять базовые алгоритмы обработки и анализа изображений и видео для решения практических задач.</p> <p>ПК-4.4: Умеет использовать программные библиотеки и инструменты для разработки систем компьютерного зрения.</p>	<p>Практическое задание</p> <p>Собеседование</p>	<p>Зачёт:</p> <p>Контрольные вопросы</p>

		ПК-4.5: Умеет применять методы и средства проектирования программного обеспечения при разработке систем компьютерного зрения.		
--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	75
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

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			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора торные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	
Методы получения и обработки изображений 1. Формирование изображений. Камера Обскура. Устройство современной цифровой камеры. Получение раstra. 2. Устройство человеческого глаза. Типовое устройство системы компьютерного зрения. 3. Виды цифровых изображений. Основные форматы хранения. 4. Инструменты обработки бинарных изображений. 5. Обработка и низкоуровневый анализ полутоновых и цветных изображений. 6. Мультиспектральные изображения. Виды цветовых пространств. Методы улучшения цветных изображений. Методы сегментации цветных изображений.	14	2	2	4	10
Методы видеоанализа 1. Постановки задач видеонаблюдения. 2. Методы детектирование и оценки движения. 3. Обучение модели фона.	12	2	2	4	8

Вычитание фона. 4. Постановка задачи слежения за объектом в видео потоке. 5. Численный метод поиска оптимального оптического потока. 6. Слежение за объектом с помощью алгоритма Meanshift. 7. Предсказание движения с помощью фильтра Калмана. 8. Детектирование подозрительных траекторий движения.					
Методы поиска объектов на изображении 1. Постановка задачи поиска. 2. Обзор и классификация популярных методов локализации. 3. Метод скользящего окна. 4. Локализация особых точек изображения и вычисление вектора признаков методом SIFT. 5. Другие методы описания объекта (SURF, MSER). 6. Использование ключевых точек изображения для предсказания положения объекта. 7. Поиск шаблона с помощью решения двойственной задачи нахождения клики (максимального полного графа).	10	2	1	3	7
Методы машинного обучения и распознавания образов 1. Основные понятия распознавания образов. Общая модель классификации. Обучение с учителем и без. 2. Подготовка данных. Методы фильтрации. Метод главных компонент. Метод канонических переменных. 3. Обзор классификаторов. 4. Обучение без учителя. Методы кластеризации данных.	10	2	1	3	7
Методы локализации и распознавания лиц 1. Методы локализации лица. 2. Методы поиска элементов лица (глаза, нос, рот). 3. Методы распознавания лиц. Активные модели. Геометрическое сравнение. Поэлементное сравнение. Метод главных компонент. Использование оптического потока. 4. Организация поиска в базе.	11	2	2	4	7
Численное описание, анализ и сравнение изображений 1. Постановка задачи поиска изображений. Практическая значимость. 2. Цветовые характеристики изображения. 3. Текстурные характеристики изображения. 4. Градиентные характеристики изображения. 5. Расстояние Хаусдорфа. 6. Различные численные методы сравнения изображений. Гистограммы. Корелогаммы. LBP. Методы сравнения из стандарта MPEG-7. 7. Оптимальное хранение цифровой библиотеки. KD-деревья.	11	2	2	4	7
Численное описание, анализ и сравнение изображений 1. Постановка задачи поиска изображений. Практическая значимость. 2. Цветовые характеристики изображения. 3. Текстурные характеристики изображения. 4. Градиентные характеристики изображения. 5. Расстояние Хаусдорфа. 6. Различные численные методы сравнения изображений. Гистограммы. Корелогаммы. LBP. Методы сравнения из стандарта MPEG-7. 7. Оптимальное хранение цифровой библиотеки. KD-деревья.	10	1	2	3	7
Моделирование визуально наблюдаемых процессов. Численные методы оценки модели 1. Примеры математического моделирования в задачах компьютерного зрения. 2. Метод наименьших квадратов. Преобразование Хафа. 3. Задача оценки модели движущегося человека. 4. Стохастические методы оптимизации модели. Метод фильтрации частиц.	10	1	2	3	7
Калибровка камер и стереозрение 1. Типы калибровки камер. 2. Модели камеры. Внутренние и внешние параметры камеры. 3. Обзор методов калибровки. 4. Стереозрение. Эпиполярная геометрия. 5. Восстановление структуры по движению. 6. Методы нахождения стереосоответствия.	10	1	1	2	8
Применение технического зрения в робототехнике 1. Планирование движений в условиях неопределённости. 2. Задача локализации робота. 3. Задача составления карты	9	1	1	2	7
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	16	16	33	75

Содержание разделов и тем дисциплины

Методы получения и обработки изображений

1. Формирование изображений. Камера Обскура. Устройство современной цифровой камеры. Получение раstra.
2. Устройство человеческого глаза. Типовое устройство системы компьютерного зрения.
3. Виды цифровых изображений. Основные форматы хранения.
4. Инструменты обработки бинарных изображений.
5. Обработка и низкоуровневый анализ полутоновых и цветных изображений.
6. Мультиспектральные изображения. Виды цветовых пространств. Методы улучшения цветных изображений. Методы сегментации цветных изображений.

Методы видеоанализа

1. Постановки задач видеонаблюдения.
2. Методы детектирование и оценки движения.
3. Обучение модели фона. Вычитание фона.
4. Постановка задачи слежения за объектом в видео потоке.
5. Численный метод поиска оптимального оптического потока.
6. Слежение за объектом с помощью алгоритма Meanshift.
7. Предсказание движения с помощью фильтра Калмана.
8. Детектирование подозрительных траекторий движения.

Методы поиска объектов на изображении

1. Постановка задачи поиска.
2. Обзор и классификация популярных методов локализации.
3. Метод скользящего окна.
4. Локализация особых точек изображения и вычисление вектора признаков методом SIFT.
5. Другие методы описания объекта (SURF, MSER).
6. Использование ключевых точек изображения для предсказания положения объекта.
7. Поиск шаблона с помощью решения двойственной задачи нахождения клики (максимального полного графа).

Методы машинного обучения и распознавания образов

1. Основные понятия распознавания образов. Общая модель классификации. Обучение с учителем и без.
2. Подготовка данных. Методы фильтрации. Метод главных компонент. Метод канонических переменных.
3. Обзор классификаторов.
4. Обучение без учителя. Методы кластеризации данных.

Методы локализации и распознавания лиц

1. Методы локализации лица.
2. Методы поиска элементов лица (глаза, нос, рот).
3. Методы распознавания лиц. Активные модели. Геометрическое сравнение. Поэлементное сравнение. Метод главных компонент. Использование оптического потока.
4. Организация поиска в базе.

Численное описание, анализ и сравнение изображений

1. Постановка задачи поиска изображений. Практическая значимость.
2. Цветовые характеристики изображения.
3. Текстурные характеристики изображения.
4. Градиентные характеристики изображения.
5. Расстояние Хаусдорфа.
6. Различные численные методы сравнения изображений. Гистограммы. Корелогаммы. LBP. Методы сравнения из стандарта MPEG-7.
7. Оптимальное хранение цифровой библиотеки. KD-деревья.

Моделирование визуально наблюдаемых процессов. Численные методы оценки модели

1. Примеры математического моделирования в задачах компьютерного зрения.
 2. Метод наименьших квадратов. Преобразование Хафа.
 3. Задача оценки модели движущегося человека.
 4. Стохастические методы оптимизации модели. Метод фильтрации частиц.
- Калибрация камер и стереозрение
1. Типы калибровки камер.
 2. Модели камеры. Внутренние и внешние параметры камеры.
 3. Обзор методов калибровки.
 4. Стереозрение. Эпиполярная геометрия.
 5. Восстановление структуры по движению.
 6. Методы нахождения стереосоответствия.
- Применение технического зрения в робототехнике
1. Планирование движений в условиях неопределённости.
 2. Задача локализации робота.
 3. 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.

- Бовырин А., Дружков П., Ерухимов В., Золотых Н., Кустикова В., Лысенков И., Мееров И., Писаревский В., Половинкин А., Сысоев А. Разработка мультимедийных приложений с использованием библиотек OpenCV и IPP
<http://www.intuit.ru/studies/courses/10622/1106/info>
- Местецкий Л. Математические методы распознавания образов.
<http://www.intuit.ru/studies/courses/2265/243/info>
- Березовская Ю., Некрасова В., Носов К., Юфрякова О. Введение в естественно-интуитивное взаимодействие с компьютером.
<http://www.intuit.ru/studies/courses/10619/1103/info>

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 - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

1. Нахождение низкоуровневых характеристик изображения: градиенты, рёбра, угловые точки. Оптимальная бинаризация изображений методом Отцу. 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 стереосоответствия.

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

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 ПК-4:

1. Принципы формирования изображения. Камера обскура. Перспективная проекция.
2. Бинарные изображения. Морфологические операции. Связанные компоненты. Свойства связанных компонент. Векторизация бинарных изображений.
3. Бинаризация изображения. Метод Отсу.
4. Линейная фильтрация изображения. Свёртка. Фильтрация шума. Алгоритм повышения чёткости.
5. Подсчёт градиентов на изображении. Методы обнаружения краёв объектов (рассказать об одном из методов).
6. Интегральные изображения. Метод подсчёта среднего в прямоугольной области.
7. Угловые точки. Методы нахождения угловых точек (рассказать об одном из методов).
8. Сегментация изображения с помощью алгоритма k-средних.
9. Поиск линий с помощью преобразования Хафа.
10. Частотный анализ изображений. Спектр и фаза. Полосно-пропускающий фильтр.
11. Примеры задач интеллектуального видеонаблюдения. Структура системы видеонаблюдения. Методы вычитания фона (рассказать об одном методе).
12. Определение оптического потока. Вывод формулы оптического потока.
13. Инвариантные особенности объектов. Локализация особенности, вычисление ориентации особенности, вычисление вектора признаков особенности на примере метода SIFT.
14. Поиск объектов с помощью обобщённого преобразования Хафа.
15. Метод поиска лиц на изображении. Haar wavelets. Adaboost.

16. Singular Value Decomposition. Сингулярные числа и их единственность, сингулярные векторы. Минимизация невязки для системы однородных уравнений. Нахождение ближайших ортогональных матриц к данной. Нахождение ближайших матриц с ограниченным рангом к заданной.
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.
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.
19. Фундаментальная матрица. Эпиполярные линии и эпполи. Связь фундаментальной матрицы с матрицами проекции камер. Нахождение фундаментальной матрицы для пары изображений.
20. Алгоритм обратного распространения ошибки для обучения нейронной сети.
21. Сверточные нейронные сети. ReLU. Pooling. Learning rate.
22. Пример применения сверточной нейронной сети (любой на выбор).

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Результаты работы представлены преподавателю в срок.
не зачтено	Выполнены не все практические задания или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, получен неверный ответ, результаты работы не представлены преподавателю).

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор 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	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	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несуществе	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	ответа			ошибок	нных ошибок		
<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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы 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 некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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 ПК-4

1. Принципы формирования изображения. Камера обскура. Перспективная проекция.
2. Бинарные изображения. Морфологические операции. Связанные компоненты. Свойства связанных компонент. Векторизация бинарных изображений.
3. Бинаризация изображения. Метод Отсу.
4. Линейная фильтрация изображения. Свёртка. Фильтрация шума. Алгоритм повышения чёткости.
5. Подсчёт градиентов на изображении. Методы обнаружения краёв объектов (рассказать об одном из методов).
6. Интегральные изображения. Метод подсчёта среднего в прямоугольной области.

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>.

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

1. Интегрированная среда разработки Microsoft Visual Studio (лицензия по подписке MicrosoftImagine;), Eclipse (Свободное ПО) или любая другая.
2. Библиотека OpenCV – свободно распространяемое ПО [<http://opencv.org>].

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 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

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

Рецензент(ы): д.т.н., профессор НГТУ им. Р.Е. Алексеева Ломакина Л.С..

Заведующий кафедрой: Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук.

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