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
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО

решением ученого совета ННГУ

протокол от

«16» июня 2021 г. № 8

Рабочая программа дисциплины

Основы компьютерного зрения
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
Бакалавриат
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии
(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Инженерия программного обеспечения
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
очная
(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2021 год

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина *Б1.В.ДВ.07.01 Основы компьютерного зрения* относится к части ООП направления подготовки 02.03.02 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-5 Способен использовать современные инструментальные и вычислительные средства информационных технологий	**ПК-5.1.** Знает базовое оборудование и принципы его работы в информационных системах различных частотных диапазонов.	ЗНАТЬ Базовые алгоритмы обработки и хранения изображений и видео. Базовые алгоритмы распознавания образов и анализа изображений и видео. Базовые элементы систем компьютерного зрения.	*Собеседование*
	ПК-5.4. Умеет обрабатывать полученные в ходе эксперимента данные с использованием современных информационных технологий; проводить численные расчеты физических величин при обработке экспериментальных	УМЕТЬ Применять базовые алгоритмы обработки и анализа изображений и видео для решения практических задач. Применять библиотеки обработки и анализа изображений и видео для решения практических задач. Пользоваться навыками применения базовых алгоритмов обработки и анализа изображений и видео для решения	*Задача*

	результатов	практических задач. Пользоваться навыками разработки систем компьютерного зрения.	

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

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

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание 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**	**Занятия лабораторного типа**	**Всего**	
Методы получения и обработки изображений 1. Формирование изображений. Камера Обскура. Устройство современной цифровой камеры. Получение растра. 2. Устройство человеческого глаза. Типовое устройство системы компьютерного зрения. 3. Виды цифровых изображений.	**8**	2		2	**4**	4

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.	**8**	2		2	**4**	4
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).	**9**	2		2	**4**	5
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.	**9**	2		2	**4**	5
Методы локализации и распознавания лиц 1. Методы локализации лица.	**9**	2		2	**4**	5

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. Корелограммы. LBP. Методы сравнения из стандарта MPEG-7. 7. Оптимальное хранение цифровой библиотеки. KD-деревья.	**8**	2		2	**4**	4
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.	**8**	2		2	**4**	4
Калибрация камер и стереозрение 1. Типы калибрации камер. 2. Модели камеры. Внутренние и внешние параметры камеры. 3. Обзор методов калибрации. 4. Стереозрение. Эпиполярная геометрия. 5. Восстановление структуры по движению. 6. Методы нахождения стереосоответствия.	**6**	1		1	**2**	4
Применение технического зрения в робототехнике 1. Планирование движений в условии неопределённости. 2. Задача локализации робота. 3. Задача составления карты	**6**	1		1	**2**	4
Текущий контроль (КСР)	1				1	
Промежуточная аттестация –зачет						
Итого	72	16		16	33	39

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях лабораторного типа.
Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачет).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Виды самостоятельной работы студентов

Выполнение лабораторных работ 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. Экспериментирование 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 калибрации камер и нахождения оптимального стерео-соответствия.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), 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				
Знания	Отсутствие знаний	Уровень знаний ниже	Минимально допустимый	Уровень знаний в	Уровень знаний в	Уровень знаний в	Уровень знаний в

	теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.	объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	объеме, превышающем программу подготовки.
Умения	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 несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
Навыки	Отсутствие владения материалом. 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 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

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

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 калибрации камеры.	ПК-5
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-5
19. Фундаментальная матрица. Эпиполярные линии и эпиполи. Связь фундаментальной матрицы с матрицами проекции камер. Нахождение фундаментальной матрицы для пары изображений.	ПК-5
20. Алгоритм обратного распространения ошибки для обучения нейронной сети.	ПК-5
21. Сверточные нейронные сети. ReLU. Pooling. Learning rate.	ПК-5
22. Пример применения сверточной нейронной сети (любой на выбор).	ПК-5

5.2.2. Типовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-5

Темы лабораторных работ

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 калибрации камер и нахождения оптимального стерео-соответствия.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. 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
2. Местецкий Л. Математические методы распознавания образов. http://www.intuit.ru/studies/courses/2265/243/info
3. Березовская Ю., Некрасова В., Носов К., Юфрякова О. Введение в естественно-интуитивное взаимодействие с компьютером. http://www.intuit.ru/studies/courses/10619/1103/info

б). Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Библиотека OpenCV [http://opencv.org].

7.Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: операционная система Windows (лицензия), Microsoft Visual Studio (лицензия), библиотека OpenTK (open source) на сайте https://opentk.github.io/ есть ссылка на лицензию, предваряемая фразой: The Open Toolkit is distributed under the permissive MIT/X11 license and is absolutely free. View license on GitHub (https://github.com/opentk/opentk/blob/master/Documentation/License.txt)

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 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор к.ф.-м.-н. А.В. Бовырин

Рецензент (ы) _____

Заведующий кафедрой_____ Р.Г. Стронгин