

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
«30» ноября 2022 г. № 13

Рабочая программа дисциплины

Основы компьютерного зрения
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
Бакалавриат
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
01.03.02 Прикладная математика и информатика
(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Прикладная математика и информатика (общий профиль)
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

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

Нижегород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Б1.В.ДВ.08.03 Основы компьютерного зрения.

№ 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.08.03 Основы компьютерного зрения относится к части ООП направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», 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-6. Способен изучать и применять программное обеспечение, проводить расчётные работы и выполнять обработку результатов исследований	<i>ПК-6.1. Знает методы применения современных программных комплексов, пакетов прикладных программ и автоматизированных систем для решения прикладных задач при проведении исследований</i>	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.	Собеседование
	<i>ПК-6.2. Умеет самостоятельно проводить расчётные работы, выбирать и применять современные программные комплексы, пакеты прикладных программ и автоматизированные системы,</i>	Уметь формулировать математическую постановку основных задач компьютерного зрения;	Задача

	<i>обрабатывать и анализировать полученные результаты</i>		
	<i>ПК-6.3. Имеет практический опыт применения современного программного обеспечения для решения прикладных задач</i>	Уметь применять базовые алгоритмы обработки и анализа изображений и видео для решения практических задач.	Задача

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
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	0
- текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация – зачет	

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание 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	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. Основные форматы хранения. 4. Инструменты обработки бинарных изображений.	8	2	2		4	4

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).	8	2	2		4	4
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.	6	1	1		2	4
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.	8	2	2		4	4
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. 7. 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	8	2	2		4	4

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.	8	2	2		4	4
Применение технического зрения в робототехнике 1. Планирование движений в условиях неопределённости. 2. Задача локализации робота. 3. Задача составления карты	9	1	1		2	7
Текущий контроль (КСР)	1				1	
Промежуточная аттестация – зачет						
Итого	72	16	16		33	39

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачет).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Виды самостоятельной работы студентов:

- Изучение учебной литературы (см. перечень образовательных материалов).
- Прохождение курсов (см. перечень образовательных материалов).

Образовательные материалы для самостоятельной работы студентов

- Бovyрин 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>

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				
<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.	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 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 формируемой компетенции
1. Методы формирования изображений. Камера Обскура. Перспективная проекция.	ПК-6
2. Устройство современной цифровой камеры. Получение растра. Основные искажения при формировании изображения.	ПК-6
3. Виды цифровых изображений.	ПК-6
4. Инструменты обработки бинарных изображений. Нахождение связанных компонент. Морфологические операции. Инвариантные свойства связанных компонент. Векторизация бинарных изображений. Алгоритм. Применения. Бинаризация изображения. Анализ гистограммы. Метод Отсу.	ПК-6
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-6
6. Мультиспектральные изображения. Виды цветных пространств. Методы улучшения цветных изображений. Методы сегментации цветных изображений.	ПК-6

7. Постановки задач видеонаблюдения.	ПК-6
8. Методы детектирование и оценки движения.	ПК-6
9. Обучение модели фона. Вычитание фона.	ПК-6
10. Численный метод поиска оптимального оптического потока.	ПК-6
11. Слежение за объектом с помощью алгоритма Meanshift.	ПК-6
12. Предсказание движения с помощью фильтра Калмана.	ПК-6
13. Поиск шаблона с помощью решения двойственной задачи нахождения клики (максимального полного графа).	ПК-6
14. Нахождение ключевых точек изображения методом SIFT.	ПК-6
15. Использование ключевых точек изображения для предсказания положения объекта. Кластеризация в пространстве гипотез для нахождения наиболее вероятного положения объекта. Обобщённое преобразование Хафа.	ПК-6
16. Основные понятия распознавания образов. Общая модель классификации. Обучение с учителем и без. Базовые элементы статистики.	ПК-6
17. Подготовка данных. Методы фильтрации. Метод главных компонент. Метод канонических переменных.	ПК-6
18. Обзор классификаторов. К-ближайших соседей. Байесовский классификатор. Машина опорных векторов. Деревья решений. Нейронные сети.	ПК-6
19. Обучение без учителя. Методы кластеризации данных. К-средних. Агломеративная кластеризация. EM –алгоритм.	ПК-6
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-6
21. Методы распознавания лиц. Активные модели. Геометрическое сравнение. Поэлементное сравнение. Метод главных компонент. Использование оптического потока.	ПК-6
22. Сравнение изображения с помощью цветовых характеристик изображения, текстурных характеристик изображения, градиентных характеристики изображения.	ПК-6
23. Расстояние Хаусдорфа. Гистограммы. Корелогаммы. Методы сравнения из стандарта MPEG-7.	ПК-6
24. Задача оценки модели движущегося человека. Стохастические методы оптимизации модели. Метод фильтрации частиц.	ПК-6
25. Типы калибровки камер. Модели камеры. Внутренние и внешние параметры камеры.	ПК-6
26. Стереозрение. Эпиполярная геометрия. Выравнивание изображений стереопары. Использование структурного света.	ПК-6
27. Методы нахождения стереосоответствия. Метод скользящего окна. Использование динамического программирования.	ПК-6
28. Робототехника. Планирование движений в условии неопределённости. Задача локализации робота. Задача составления карты.	ПК-6

5.2.2. Типовые задачи для текущего контроля оценки сформированности компетенции ПК-6

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.

5.2.3. Типовые задачи, выносимые на зачет, для оценки сформированности компетенции ПК-6

1. 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.
2. Численное решение задачи локализации лица на изображении.
3. Организация поиска изображений в базе различными способами.
4. Численный метод решения задачи оценки модели заданной кинематическим деревом.
5. Численный метод оптимальной калибровки камер и нахождения оптимального стереосоответствия.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература

1. Бovyрин 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. 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

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

Автор: Бовырин А.В.

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

Заведующий кафедрой МОСТ: д.ф.-м.н. Стронгин Р.Г.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.