

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 Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Основы компьютерного зрения

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Прикладная математика и информатика (общий профиль)

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.08.03 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 применять методы математического и компьютерного исследования при анализе задач на основе знаний фундаментальных математических и компьютерных наук	ПК-4.1: Знает фундаментальные и теоретические основы, необходимые для исследования научных проблем ПК-4.2: Умеет самостоятельно применять полученные знания для анализа объекта исследования, определять цели и задачи исследования, а также выбирать корректный метод исследования научной проблемы ПК-4.3: Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности, а именно решения научных задач в соответствии с поставленной целью и выбранной методикой	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. ПК-4.2: Уметь формулировать математическую постановку основных задач компьютерного зрения. Выполнять подготовку обзора существующих методов решения сформулированной задачи компьютерного зрения ПК-4.3: Уметь применять базовые алгоритмы обработки и анализа изображений и видео для решения практических задач.	Собеседование Задачи	Зачёт: Задачи

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
--	-------

Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	39
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			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора торные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Введение в компьютерное зрение.	4	2		2	2
Библиотека OpenCV.	10	2	4	6	4
Введение в машинное обучение. Модуль ml библиотеки OpenCV.	10	2		2	8
Основы глубокого обучения. Модуль DNN библиотеки OpenCV.	11	3		3	8
Классификация изображений.	15	3	6	9	6
Детектирование объектов на изображениях.	14	2	6	8	6
Отслеживание движения и сопровождение объектов на видео.	7	2		2	5
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	16	16	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Введение в компьютерное зрение.

1. Что такое компьютерное зрение?
2. В чем сложность задач компьютерного зрения?
3. Примеры задач компьютерного зрения: системы видеонаблюдения (детектирование движения и запись видео в видеорегистраторах, детектирование определенных объектов – оставленные предметы и машины, подсчет движущихся объектов на сцене, сопровождение объектов и определение их скорости,

анализ траекторий движения, сопровождение объекта по нескольким камерам); биометрия (распознавание отпечатков, распознавание лица и др.); медицинские приложения (анализ медицинских изображений); повышение качества изображений (удаление шума, повышение контраста, восстановление изображений); организация работы с цифровыми базами данных (поиск по фото); системы помощи водителю (определение изменения полосы движения, поиск и распознавание светофоров и дорожных знаков; детектирование пешеходов и др.).

4. Формирование изображений. Камера Обскура.

5. Цифровые изображения: бинарные, полутоновые и мультиспектральные изображения. Основные операции.

6. Цветные изображения. Цветовые пространства.

7. Классические задачи компьютерного зрения: классификация изображений, детектирование объектов на изображениях, семантическая сегментация изображений, сопровождение объектов на кадрах видеопотока.

8. Литература и программные инструменты.

Тема 2. Библиотека OpenCV.

1. Краткая информация о библиотеке.

2. Схема разработки и состав библиотеки OpenCV.

3. Типовая схема использования библиотеки OpenCV.

4. С чего начать? (официальная страница, документация, FAQ)

5. Базовые структуры данных и операции над ними: точка, прямоугольник (и другие геометрические фигуры), матрица.

6. Модуль для разработки интерфейса highgui. Демонстрация приложений.

a. Чтение / запись / отображение изображения. Отрисовка геометрических примитивов на изображении, изменение внутренней области изображения (например, размытие).

b. Загрузка / отображение видео.

7. Модуль обработки изображений imgproc. Демонстрация приложений.

a. Преобразование изображений (в другие цветовые пространства).

b. Фильтрация.

c. Морфологические операции.

d. Поиск границ объектов и геометрических примитивов.

Тема 3. Введение в машинное обучение. Модуль ml библиотеки OpenCV.

1. Что такое машинное обучение?

2. Классификация задач машинного обучения.

3. Задача обучения с учителем.

a. Постановка задач классификации и восстановления регрессии.

b. Методы обучения с учителем: метод ближайшего соседа, машина опорных векторов, деревья решений. Ансамбли решающих правил: баггинг и бустинг.

c. Пример решения задачи классификации рукописных цифр из набора данных MNIST.

4. Задача обучения без учителя: кластеризация и понижение размерности.

5. Основные ресурсы.

6. Программные пакеты.

7. Обзор возможностей модуля ml библиотеки OpenCV.

Тема 4. Основы глубокого обучения. Модуль DNN библиотеки OpenCV.

1. Что такое глубокое обучение?

2. Классификация нейросетевых моделей по способу обучения.

3. Полносвязные нейронные сети. Персептрон.

4. Сверточные нейронные сети: схема построения, основные операции. Пример модели AlexNet.

5. Перенос обучения (transfer learning).
6. Модуль DNN библиотеки OpenCV. Программный интерфейс: загрузка модели, установка входа, получение выхода сети и его обработка.

Тема 5. Классификация изображений.

1. Математическая постановка задачи.
2. Наборы данных.
3. Показатели качества решения задачи классификации.
4. Детекторы и дескрипторы ключевых точек. Методы группы «мешок слов» (bag-of-words).
5. Модели объектов, основанные на описании частей.
6. Нейросетевые модели.

Тема 6. Детектирование объектов на изображениях.

1. Математическая постановка задачи.
2. Наборы данных.
3. Показатели качества решения задачи детектирования объектов.
4. Алгоритмы детектирования объектов.
 - a. Методы, основанные на извлечении признаков. Метод «скользящего» окна. Пирамида масштабов.
 - b. Методы поиска по шаблону.
 - c. Нейросетевые модели.

Тема 7. Отслеживание движения и сопровождение объектов на видео.

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

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.

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-

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 - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

1. Методы формирования изображений. Камера Обскура. Перспективная проекция.
2. Обработка бинарных изображений. Нахождение связанных компонент. Морфологические операции.
3. Обработка и низкоуровневый анализ полутоновых изображений. Линейная фильтрация изображений. Фильтры Собеля. Выделение границ объектов. Понятие гистограммы и улучшение контрастности. Эквиализация гистограммы.
4. Мультиспектральные изображения. Виды цветовых пространств.
5. Классификация задач машинного обучения. Обзор методов машинного обучения.
6. Задача обучения с учителем. Метод ближайшего соседа.
7. Задача обучения без учителя: кластеризация. Методы кластеризации.
8. Глубокое обучение. Основные виды нейросетевых моделей. Метод обратного распространения ошибки для обучения сетей.
9. Сверточные нейронные сети. Особенности построения, примеры сверточных сетей.
10. Постановка задачи классификации изображений. Показатели качества решения задачи классификации.
11. Постановка задачи классификации изображений. Детекторы и дескрипторы ключевых точек. Детектор Моравеца. Детектор Харриса.
12. Постановка задачи классификации изображений. Метод «мешок слов» (bag-of-words).
13. Постановка задачи классификации изображений. Нейросетевые модели для классификации изображений (сверточные сети, остаточные блоки, insertion-блоки).
14. Постановка задачи детектирования объектов на изображениях. Показатели качества детектирования объектов.
15. Постановка задачи детектирования объектов на изображениях. Методы, основанные на извлечении признаков. Метод «скользящего» окна. Пирамида масштабов.
16. Постановка задачи детектирования объектов на изображениях. Нейросетевые модели для детектирования объектов.
17. Постановки задач детектирования движения и сопровождения объектов.
18. Обучение модели фона. Вычитание фона.
19. Численный метод поиска оптимального оптического потока.
20. Слежение за объектом с помощью алгоритма Meanshift.
21. Предсказание движения с помощью фильтра Калмана.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с

Оценка	Критерии оценивания
	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).

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

1. Задача определения низкоуровневых характеристик изображения: градиентов, ребер, угловых точек.
2. Задача построения компонент связности на изображении.
3. Задача поиска геометрических примитивов на изображении.
4. Задача построения ключевых точек на изображении.
5. Задача построения дескрипторов для ключевых точек на изображении.
6. Задача детектирования объектов с помощью ключевых точек.
7. Задача автоматического отделения объекта от фона.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

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.	Уровень знаний ниже минимальных требований.	Минимально допустимый уровень	Уровень знаний в объеме, соответствующий	Уровень знаний в объеме, соответствующий	Уровень знаний в объеме, соответствующий	Уровень знаний в объеме, превышающий

	Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Имели место грубые ошибки	знаний. Допущено много негрубых ошибок	ющем программе подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок	ющем программе подготовки . Допущено несколько несущественных ошибок	ующем программе подготовки и. Ошибок нет.	м 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 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 - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-4

1. Численное решение задачи наложения фотоэффектов на изображении.
2. Численные решения задачи классификации изображений набора данных с использованием метода «мешок слов» и нейросетевых подходов.
3. Численное решение задачи детектирования объектов на изображениях с использованием нейросетевых моделей.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

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).

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/специальности 01.03.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Кустикова Валентина Дмитриевна, 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 02.12.2024, протокол № 5.