

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION

**Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
«National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Working programme of the discipline

Image processing

Higher education level

Bachelor degree

Area of study / speciality

02.03.02 - Fundamental Informatics and Information Technology

Focus /specialization of the study programme

General Profile

Mode of study

full-time

Nizhny Novgorod

Year of commencement of studies 2024

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.12 Обработка изображений 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: Знает типовые решения, библиотеки программных модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения обработки изображений</p> <p>ПК-4.2: Знает методы и средства проектирования программного обеспечения обработки изображений.</p> <p>ПК-4.3: -</p> <p>ПК-4.4: Умеет использовать существующие типовые решения и шаблоны проектирования программного обеспечения обработки изображений.</p> <p>ПК-4.5: Умеет применять методы и средства проектирования программного обеспечения, структур данных для обработки изображений</p>	<p>Задачи</p> <p>Собеседование</p> <p>Тест</p>	<p>Зачёт:</p> <p>Контрольные вопросы</p>

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	24
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	24
- КСР	1
самостоятельная работа	23
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/лабораторные работы), часы	Всего	
Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	
Введение. Обработка изображений в информационных системах	4	2		2	2
Реконструкция изображений и удаление шума	8	3	3	6	2
Введение в анализ информации, содержащейся в изображении	8	3	3	6	2
Выделение контуров объекта и типовых форм	8	3	3	6	2
Сегментация изображений	8	3	3	6	2
Анализ области после сегментации	7	2	3	5	2
Преобразование Фурье в обработке изображений	7	2	3	5	2
Вейвлеты, фильтры Габора и зрение человека	7	2	2	4	3
Ресэмплинг. Сжатие изображений	7	2	2	4	3
Текстурный анализ изображений	7	2	2	4	3
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	24	24	49	23

Contents of sections and topics of the discipline

1. Введение. Обработка изображений в информационных системах

Обработка изображений сегодня, ее место в компьютерной графике и зрении. Задачи, курсы, ресурсы, сообщества. Рабочий план курса. Литература и образовательные Интернет-ресурсы. Задачи обработки изображений, решаемые компьютерной графикой в растровых системах. Обзор современного аппаратного обеспечения, видеокарта компьютера. Общая характеристика OpenCV.

2. Реконструкция изображений и удаление шума

Коррекция яркости/контраста изображения. Линейная коррекция. Примеры успеха и неуспеха линейной коррекции. Нелинейная коррекция. Гамма-коррекция. Компенсация разности освещения. Модели шума. Понятие фильтрации. Методы математической морфологии. Применение низкочастотной фильтрации для выделения интенсивности освещения из изображения. Алгоритм коррекции разности освещения. Фильтр Гаусса как низкочастотный фильтр. Операция «свертка» (convolution). Усреднение (среднее арифметическое, геометрическое, гармоническое). Статистические методы фильтрации (медианный фильтр, нахождение минимумов и максимумов, нахождение средней точки и т.п.) Фильтр Гаусса (gaussian blurring)

Билатеральный фильтр. Фильтр нелокальных средних.

3. Введение в анализ информации, содержащейся в изображении

Основы анализа информации, содержащейся в изображении. Задачи на основе анализа бинарных изображений: в медицине; дефектоскопии; видеонаблюдении (анализ подвижных объектов, обнаружение лиц); устранение дефектов киноплёнки. Методы бинаризации: пороговая бинаризация, адаптивная бинаризация, метод треугольника, анализ симметричного пика гистограммы, метод Отсу. Дистанция Махаланобиса (Mahalanobis distance).

4. Выделение контуров объекта и типовых форм

Выделение контуров объекта. Выделение точек контура. Градиент и его приближения. Приближения (маски) Робертса, Превитта и Собеля. Метод Саппу. Выделение типовых геометрических форм (прямых, окружностей, эллипсов,...) заданных параметрически. Фазовое пространство. Преобразование Хафа (Hough).

5. Сегментация изображений

Понятие кластеризации. Мера пиковости. Недостатки гистограмм. Улучшение плохих гистограмм. Зашумленность и сглаживание. Адаптивная классификация. Метод Оцу (Otsu) и Мульти Оцу. Метод k-средних. Понятие связности. Разметка связных областей. Алгоритм разрастания регионов (Region growing). Алгоритм разбиения областей (split). Разбиение областей на основе гистограммы. Алгоритмы слияния, алгоритм фагоцита. Алгоритмы разбиения и слияния (split and merge). Сравнение с разрастанием регионов. Алгоритм водораздела (watershed). Алгоритм «погружения» (immersion). Алгоритм спуска в локальный минимум (tobogganing). Метод трансформации изображения в расстояния до ближайшей границы (distance transform). Граф и изображение. Критерии «похожести» пикселей. Сегментация с помощью разрезов графа. Минимальный, наилучший и нормализованный (normalized cut) разрезы графа. Минимальный нормализованный разрез графа. Комбинированные методы. Метод морфологических амёб (Morphological amoebas).

Параметрические деформируемые модели. Геометрические деформируемые модели. Level set методы. Метод активного контура.

6. Анализ области после сегментации

Анализ формы и параметров связных областей. Характеристики: граница области; площадь; количество «дырок» внутри; центр масс; периметр; компактность; моменты; ориентация главной оси; цвет/яркость. Инвариантные характеристики, моменты М.К.Ну. Анализ с помощью интегральных проекций. Перспективы применения методов машинного обучения.

7. Преобразование Фурье в обработке изображений

Двумерное дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и свойство сепарабельности. ДПФ и быстрое

преобразование Фурье (БПФ). Правила корректного применения ДПФ для дискретных непериодических изображений. Теорема Котельникова. Окна Хэмминга (Hamming window) и Блэкмана (Blackman window). Спектральный анализ изображений на основе ДПФ. Быстрая свертка и корреляция. Теорема свертки. Фильтрация на основе теоремы свертки. Деконволюция. Фильтр Винера

8. Вейвлеты, фильтры Габора и зрение человека

Вейвлеты как основа многомасштабного представления изображений. Понятие вейвлетов Хаара и вейвлетов Коэна-Добеши. Фильтры Габора как преобразования с 5 пространственными параметрами. Аналогия между фильтрами Габора и вейвлетами (вейвлеты Габора). Система фильтров, лежащая в основе зрения человека, и ее интерпретация в терминах вейвлетов

9. Ресэмплинг. Сжатие изображений

Изменение размеров (resampling) изображений. Downsampling и upsampling. Основные методы ресэмплинга: ближайшего соседа, билинейная интерполяция, бикубическая интерполяция, фильтр Ланцоша.

Сжатие изображений. Сжатие без потерь (кодирование). Сжатие с потерями. Код Хаффмана. Алгоритм Лемпеля-Зива-Велча. Кодирование длин серий. Кодирование с линейным предсказанием.

Пирамидальное сжатие. Пирамиды Лапласианов.

Перевод изображений из одного формата в другой.

10. Текстурный анализ изображений

Структурный анализ. Понятие текселя. Диаграмма Вороного. Статистический анализ. Использование пирамид изображений. Текстуры характеристики Лавса. Оптический поток. Выделение признаков на изображении. Анализ Фурье. Марковские случайные поля. Graphcut текстуры.

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. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ.-М.: Мир, 1982.- Кн.1 -312 с. (<https://dsp-book.narod.ru/pratt/pratt.htm>), -Кн.2 -480 с.
2. Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П., Перетягин Г.И., Спектор А.А. Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учебное пособие.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. - 352 с. (<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20070709.pdf>)
3. Джиган В.И. Адаптивная фильтрация сигналов: теория и алгоритмы. – М.: Техносфера, 2013. – 528 с. (https://www.technosfera.ru/files/book_pdf/0/book_333_71.pdf).
4. Gonzalez, R. C. and Woods, R. E. [2018]. Digital Image Processing, 4rd ed., Prentice Hall, (Image Processing techniques using OpenCV and Python) (<https://dl.icdst.org/pdfs/files4/01c56e081202b62bd7d3b4f8545775fb.pdf>).
5. William K. Pratt. Digital Image Processing. Digital Image Processing: PIKS Inside, Third Edition. Copyright © 2001 John Wiley & Sons, Inc. 0-471-22132-5 (Electronic) (exist a colored one), (https://nana.lecturer.pens.ac.id/index_files/referensi/image_processing/Digital%20Image%20Processing.pdf)

5. Assessment tools for ongoing monitoring of learning progress and interim certification in the discipline (module)

5.1 Model assignments required for assessment of learning outcomes during the ongoing monitoring of learning progress with the criteria for their assessment:

5.1.1 Model assignments (assessment tool - Tasks) to assess the development of the competency ПК-4:

Задача 1. Бинаризация изображений. Реализация каждой группой заданного алгоритма бинаризации, тестирование реализаций на заданном наборе тестовых изображений. Обоснование работы алгоритма, подтверждение на практике преимуществ и недостатков алгоритма.

Задача 2. Ресэмплинг. Реализация каждой группой заданного алгоритма ресэмплинга, тестирование реализаций на заданном наборе тестовых изображений. Сравнение с результатами других групп, обсуждение результатов.

Assessment criteria (assessment tool — Tasks)

Grade	Assessment criteria
pass	Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Результаты работы представлены преподавателю в срок.
fail	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 Model assignments (assessment tool - Interview) to assess the development of the competency ПК-4:

1. Обработка изображений сегодня, ее место в компьютерной графике и зрении. Задачи обработки изображений, решаемые компьютерной графикой в растровых системах. Обзор современного аппаратного обеспечения, видеокарта компьютера.
2. Методы цветокоррекции изображений.
3. Модели шума и алгоритмы устранения шума на изображении. Понятие свертки.
4. Методы бинаризации изображений и перевод цветного изображения в полутоновое.
5. Методы выделения контуров на изображении. Градиент изображения.
6. Выделение типовых геометрических форм (прямых, окружностей, эллипсов,...) заданных параметрически. Преобразование Хафа.
7. Методы сегментации изображения. Понятие связности. Разметка связных областей. Алгоритм разрастания регионов.
8. Методы сегментации изображения. Алгоритм разбиения областей (split). Разбиение областей на основе гистограммы. Алгоритмы слияния, алгоритм фагоцита. Алгоритмы разбиения и слияния (split and merge).
9. Методы сегментации изображений. Алгоритм водораздела (watershed). Алгоритм «погружения» (immersion). Алгоритм спуска в локальный минимум (tobogganing). Метод трансформации изображения в расстояния до ближайшей границы (distance transform).
10. Методы сегментации изображений. Графовые алгоритмы.

11. Анализ формы и параметров связанных областей. Инвариантные и неинвариантные характеристики.
12. Двумерное дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и свойство сепарабельности. ДПФ и быстрое преобразование Фурье (БПФ). Правила корректного применения ДПФ для дискретных непериодических изображений. Теорема Котельникова. Окна Хэмминга (Hamming window) и Блэкмана (Blackman window).
13. Спектральный анализ изображений на основе ДПФ. Быстрая свертка и корреляция. Теорема свертки. Фильтрация на основе теоремы свертки. Деконволюция. Фильтр Винера.
14. Понятие вейвлетов Хаара и вейвлетов Козна-Добеши. Фильтры Габора как преобразования с 5 пространственными параметрами. Аналогия между фильтрами Габора и вейвлетами (вейвлеты Габора).
15. Алгоритмы ресэмплинга.
16. Алгоритмы сжатия изображений. Сжатие без потерь (кодирование). Сжатие с потерями.
17. Алгоритмы и методы текстурного анализа изображений.

Assessment criteria (assessment tool — Interview)

Grade	Assessment criteria
pass	Студент дал развернутый ответ на все вопросы без существенных ошибок.
fail	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале.

5.1.3 Model assignments (assessment tool - Test) to assess the development of the competency ПК-4:

1. Какое минимальное количество бит необходимо для хранения серого изображения размером 256 x 256 пикселей (количество уровней интенсивности - 32)?
2. Назовите основные этапы работы алгоритма Canny.
3. Низкочастотный фильтр используется для:
 - Фиксированную длину кодового слова
 - Переменную длину кодового слова
 - Кодовое слово занимает 1 байт
 - И фиксированную и переменную длину кодового слова.
4. При кодировании данных мы используем
 - Фиксированную длину кодового слова
 - Переменную длину кодового слова
 - Кодовое слово занимает 1 байт

- И фиксированную и переменную длину кодового слова.

Assessment criteria (assessment tool — Test)

Grade	Assessment criteria
pass	как минимум 80% правильных ответов в тесте
fail	менее 80% правильных ответов в тесте

5.2. Description of scales for assessing learning outcomes in the discipline during interim certification

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	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	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые	Имеется минимальный набор навыков для	Продемонстрированы базовые навыки при решении	Продемонстрированы базовые навыки при решении	Продемонстрированы навыки при решении	Продемонстрирован творческий подход к решению

	навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	навыки. Имели место грубые ошибки	решения стандартных задач с некоторым и недочетами	стандартных задач с некоторым и недочетами	стандартных задач без ошибок и недочетов	нестандартных задач без ошибок и недочетов	нестандартных задач
--	--	-----------------------------------	--	--	--	--	---------------------

Scale of assessment for interim certification

Grade		Assessment criteria
pass	outstanding	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "outstanding", the knowledge and skills for the relevant competencies have been demonstrated at a level higher than the one set out in the programme.
	excellent	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "excellent",
	very good	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "very good",
	good	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "good",
	satisfactory	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "satisfactory", with at least one competency developed at the "satisfactory" level.
fail	unsatisfactory	At least one competency has been developed at the "unsatisfactory" level.
	poor	At least one competency has been developed at the "poor" level.

5.3 Model control assignments or other materials required to assess learning outcomes during the interim certification with the criteria for their assessment:

5.3.1 Model assignments (assessment tool - Control questions) to assess the development of the competency ПК-4

1. Методы цветокоррекции изображений.
2. Модели шума, количественная оценка шума и алгоритмы устранения шума на изображении. Понятие свертки.
3. Методы бинаризации изображений и перевод цветного изображения в полутоновое.
4. Методы выделения контуров на изображении. Градиент изображения.
5. Выделение типовых геометрических форм (прямых, окружностей, эллипсов,...) заданных параметрически. Преобразование Хафа.
6. Методы сегментации изображения. Понятие связности. Разметка связных областей. Алгоритм разрастания регионов.

7. Методы сегментации изображения. Алгоритм разбиения областей (split). Разбиение областей на основе гистограммы. Алгоритмы слияния, алгоритм фагоцита. Алгоритмы разбиения и слияния (split and merge).
8. Методы сегментации изображений. Алгоритм водораздела (watershed). Алгоритм «погружения» (immersion). Алгоритм спуска в локальный минимум (tobogganing). Метод трансформации изображения в расстояния до ближайшей границы (distance transform).
9. Методы сегментации изображений. Графовые алгоритмы.
10. Анализ формы и параметров связанных областей. Инвариантные и неинвариантные характеристики.
11. Двумерное дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и свойство сепарабельности. ДПФ и быстрое преобразование Фурье (БПФ). Правила корректного применения ДПФ для дискретных непериодических изображений. Теорема Котельникова. Окна Хэмминга (Hamming window) и Блэкмана (Blackman window).
12. Спектральный анализ изображений на основе ДПФ. Быстрая свертка и корреляция. Теорема свертки. Филترация на основе теоремы свертки. Деконволюция. Фильтр Винера.
13. Понятие вейвлетов Хаара и вейвлетов Коэна-Добеши. Фильтры Габора как преобразования с 5 пространственными параметрами. Аналогия между фильтрами Габора и вейвлетами (вейвлеты Габора).
14. Алгоритмы ресэмплинга.
15. Алгоритмы сжатия изображений. Сжатие без потерь (кодирование). Сжатие с потерями.
16. Алгоритмы и методы текстурного анализа изображений.
17. Обработка изображений сегодня, ее место в компьютерной графике и зрении. Задачи обработки изображений, решаемые компьютерной графикой в растровых системах.
18. Обзор современного аппаратного обеспечения, графический процессор компьютера.
19. Открытые библиотеки для обработки и сегментации изображений.

Assessment criteria (assessment tool — Control questions)

Grade	Assessment criteria
pass	Студент ответил на большую часть вопросов возможно с незначительными недочетами.
fail	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале и решении стандартных задач.

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

Основная литература:

1. Efferd, Nick. Digital image processing : a practical introduction using Java. - Harlow : Addison-Wesley, 2000. - XXIII, 340 p. - ISBN 0-201-59623-7 : 2272-00., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Методы сжатия изображений / Ватолин Д.С. - Москва : ИНТУИТ, 2016.,
<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=662988&idb=0>.

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

1. OpenCV Tutorials. Image Processing (http://docs.opencv.org/master/d9/df8/tutorial_root.html)
2. Дистрибутив OpenCV. Руководство по OpenCV. / Официальный сайт OpenCV (<http://opencv.org>)
3. Gonzalez, R. C. and Woods, R. E. [2018]. Digital Image Processing, 4rd ed., Prentice Hall, (Image Processing techniques using OpenCV and Python), (<https://dl.icdst.org/pdfs/files4/01c56e081202b62bd7d3b4f8545775fb.pdf>)
4. Фисенко В.Т., Фисенко Т.Ю. Компьютерная обработка и распознавание изображений. Учебное пособие. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. <http://books.ifmo.ru/file/pdf/398.pdf> , свободно
5. Handbook of Medical Imaging, Volume 2. Medical Image Processing and Analysis <http://ebooks.spiedigitallibrary.org/book.aspx?bookid=180> Published: 2000; <https://doi.org/10.1117/3.831079> PDF ISBN: 9780819481191 | Print ISBN: 9780819477606
6. Emgu CV: a cross platform .Net wrapper to the OpenCV image processing library (with the GNU GPL license v3, <http://www.emgu.com/>)
7. Приоров АЛ, Апальков ИВ, Хрящев ВВ. Цифровая обработка изображений: учебное пособие.– Ярославль: ЯрГУ, 2007. -235 стр. <http://www.lib.uni-yar.ac.ru/edocs/iuni/20070709.pdf>

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 02.03.02 - Fundamental Informatics and Information Technology.

Авторы: Турлапов Вадим Евгеньевич, доктор технических наук, доцент
Носова Светлана Александровна.

Заведующий кафедрой: Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук.

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