*Годы обучения по образовательной программе 2022-2024*

Петрозаводский государственный университет

Институт математики и информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ К.Г. Тарасов

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

Направление подготовки магистратуры

01.04.02 Прикладная математика и информатика

Магистерская программа

«Анализ данных (Data Science)»

Форма обучения очная

Петрозаводск

202\_\_

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с ФГОС ВО, утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 10.01.2018 г. № 13 (с изменениями от 08.02.2021 № 82) и учебным планом по направлению подготовки магистратуры 01.04.02 Прикладная математика и информатика (профиль «Анализ данных (Data Science)»).

Разработчик(и):

Смирнов Николай Васильевич, доцент, кафедра теории вероятностей и анализа данных; кандидат технических наук;

*(подпись)*

Эксперт(ы):

Сидоров Ю. В., управляющий делами Арбитражного суда Республики Карелия, к. т. н, доцент

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

*(подпись)*

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры теории вероятностей и анализа данных

Протокол № \_\_\_\_от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Рогов А.А., д. т. н., профессор

СОГЛАСОВАНО:

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании учебно-методической комиссии института математики и информационных технологий

Протокол № \_\_\_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Директор института \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Светова Н. Ю., к. ф.-м. н., доцент

Начальник методического отдела

учебно-методического управления ПетрГУ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ И. В. Маханькова

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) магистратуры**

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Код компетенции. Этап формирования компетенции** | **Формулировка компетенции** | **Планируемые результаты обучения** (индикаторы достижения компетенции) |
| УК-1  Основной | Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий | УК-1.1. Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними. УК-1.2. Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению. УК-1.3. Критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников. УК-1.4. Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарных подходов. УК-1.5. Использует логико-методологический инструментарий для критической оценки современных концепций философского и социального характера в своей предметной области. |
| ОПК-1  Основной | Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики | ОПК-1.1. Обладает знаниями теоретических основ и принципов по современным разделам фундаментальной и прикладной математики; ОПК-1.2. Умеет использовать известные математические методы при решении актуальных задач фундаментальной и прикладной математики; ОПК-1.3. Способен осуществить обоснованный выбор методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний. |
| ОПК-2  Основной | Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач | ОПК-2.1. Знает теоретические основы и практические возможности математического аппарата прикладной математики; ОПК-2.2. Умеет выполнить обоснованный выбор математического метода решения и выполнить его модификацию под особенности исследуемой прикладной задачи; ОПК-2.3. Способен выполнить анализ недостаточности существующих математических методов и предложить новый для решения прикладной задачи. |
| ОПК-3  Начальный | Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности | ОПК-3.2. Знает фундаментальную триаду "Модель - Алгоритм - Программа" прикладной математики; ОПК-3.2. Умеет выполнить построение и анализ математической модели при решении задачи в области профессиональной деятельности; ОПК-3.3. Способен разработать алгоритм и программу при решении задачи с использованием математического моделирования. |

**2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры и язык преподавания**

Дисциплина Интеллектуальный анализ изображений входит в обязательную часть учебного плана основной образовательной программы магистратуры по данному направлению подготовки и является обязательной для изучения дисциплиной.

Согласно учебному плану дисциплина проводится в 2 семестре.

Изучение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, приобретенные при освоении образовательной программы предыдущего уровня.

Язык преподавания – русский

**3. Виды учебной работы и тематическое содержание**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц или 180 академических часов.

**3.1 Виды учебной работы**

|  |  |
| --- | --- |
| Виды учебной работы | Объем в академических часах |
| **Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану** | 180 |
| В том числе: |  |
| **Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем). Всего** | 45 |
| В том числе: |  |
| Лекции (Л) | 15 |
| Практические занятия (Пр) | - |
| Лабораторные занятия (Лаб) | 30 |
| Вид промежуточной аттестации | экзамен. |
| **Самостоятельная работа обучающихся (СР) (всего)** | 135 |
| В том числе: | |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовка к занятиям | |
| Подготовка к промежуточной аттестации | |

**3.2. Краткое содержание дисциплины по разделам и видам учебной работы**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Раздел дисциплины (тематический модуль) | Трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах) | | | | | Оценочное средство |
| Всего | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа обучающихся |
| Семестр № 2 | | | | | | | |
| 1 | Цифровое представление изображения, базовые операции и методы улучшения качества изображения. | 50 | 3 | 0 | 6 | 41 | Лабораторная работа; Экзамен |
| 2 | Морфологические преобразования, работа с контурами изображения. Поиск объекта на изображении. | 61 | 6 | 0 | 12 | 43 | Лабораторная работа; Экзамен |
| 3 | Машинное обучение в задачах классификации и кластеризации изображений, обнаружения объекта на изображении. | 69 | 6 | 0 | 12 | 51 | Лабораторная работа; Экзамен |
| Вид промежуточной аттестации в семестре: экзамен. | | | | | | | |
| **Итого:** | | 180 | 15 | 0 | 30 | 135 |  |

**3.3. Содержание аудиторных занятий**

Содержание лекционных занятий

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № раздела | № лекции | Основное содержание лекций | Количество часов | В т.ч. с использованием ДОТ (\*) |
| Семестр № 2 | | | | |
| 1 | 1 | Цифровое представление изображения. Цветовые модели. Введение в OpenCV на Python. Евклидовы, аффинные, проективные преобразования. Масштабирование изображений. Работа с ROI (область изображения), арифметические операции. Накладывание изображений. Обработка границ изображения. Побитовые операции. Методы улучшения качества изображения. Линейное контрастирование, соляризация, препарирование изображений. | 2 | 2 |
| 1 | 2 | Ядро свертки. Фильтр низких частот. Фильтр Гаусса. Медианная, двухсторонняя фильтрации. Детектирование границ объектов. Фильтры Лапласса, Собеля, Канни. | 1 | 1 |
| 2 | 2, 3 | Гистограмма изображения. Пороговые преобразования. Бинаризация изображения, адаптивные методы бинаризации. Бинаризация Оцу. Работа с контурами объектов на изображении. Иерархия контуров. Нахождение, аппроксимация и отрисовка контуров. Моменты изображения. Периметр контура, площадь фигуры внутри контура. Нахождение выпуклой оболочки фигуры, осей изображения и описанного около контура прямоугольника. | 3 | 3 |
| 2 | 4, 5 | Преобразование Хафа. HOG-метод извлечения признаков изображения. Глобальные и локальные особенности изображения. Детектор углов Харриса, Ши-Томаси. Особые точки. Блобы. SIFT, SURF, ORM методы выделения фич изображения. Нахождение объекта на изображении. | 3 | 3 |
| 3 | 5 | Машинное обучение. Метод k ближайших соседей, метод k средних, метод опорных векторов. | 1 | 1 |
| 3 | 6 | Метрики в машинном обучении, матрица ошибок. Основы обработки видеопотоков. Нахождение лица на изображении. Классификация эмоционального состояния человека на изображении. | 2 | 2 |
| 3 | 7, 8 | Сверточные нейронные сети (СНС). Метод обратного распространения ошибки. Операция свертки. Слои и архитектура СНС. Функции активации. Субдескритезация. Аугментация данных. Тренировка, валидация и тестирование СНС. Методы работы с СНС из модулей keras, tensorflow, torch. Перенос обучения. Модули tensorflow и keras для решения задачи классификации изображений. Нахождение и отслеживание объектов в видеопотоке. | 3 | 3 |
| **Итого:** | | | 15 | 15 |

Содержание лабораторных занятий

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № раздела | № занятия | Основное содержание | Количество часов | В т.ч. с использованием ДОТ (\*) |
| Семестр № 2 | | | | |
| 1 | 1 | Лабораторная работа № 1. Основы работы на языке программирования Python. Средства модуля numpy. OpenCV на Python, модуль opencv-python (cv2). Различные цветовые модели изображения. | 2 | 2 |
| 1 | 2 | Лабораторная работа № 2. Евклидовы, аффинные, проективные преобразования. Масштабирование изображений. Базовые операции с изображениями. Работа с ROI (часть рисунка), арифметические операции. Накладывание изображений. Обработка границ изображения. Отрисовка простейших геометрических фигур и надписей средствами модуля opencv-python. | 2 | 2 |
| 1 | 3 | Лабораторная работа № 3. Методы улучшения качества изображения. Линейное контрастирование, соляризация, препарирование изображений. Размытие изображения. Применение различных фильтров к изображению. Фильтры Собеля, Лапласса, детектор границ Канни. | 2 | 2 |
| 2 | 4 | Лабораторная работа № 4. Работа с гистограммой изображения. Бинаризация изображения. | 2 | 2 |
| 2 | 5 | Лабораторная работа № 5. Применение к изображению эрозии, дилатации, открытия, закрытия, морфологического градиента, преобразований tophat и blackhat. | 2 | 2 |
| 2 | 6 | Лабораторная работа № 6. Детектирование контуров объектов на изображении. | 2 | 2 |
| 2 | 7 | Лабораторная работа № 7. Преобразование Хафа | 2 | 2 |
| 2 | 8, 9 | Лабораторная работа № 8. Детекторы углов Харриса, Ши-Томаси. SIFT, SURF, ORM методы выделения особых точек. Поиск шаблона на изображении. | 4 | 4 |
| 3 | 10 | Лабораторная работа № 9. Основы обработки видеопотоков. Нахождение лица человека на изображении. | 2 | 2 |
| 3 | 11 | Лабораторная работа № 10. Методы машинного обучения в задачах классификации и кластеризации объектов. Методы k-средних и k ближайших соседей. | 2 | 2 |
| 3 | 12, 13 | Лабораторная работа № 11. Сверточная нейронная сеть в задаче классификации изображений. | 4 | 4 |
| 3 | 14 | Лабораторная работа № 12. Перенос обучения. Предобученные нейронные сети в задаче классификации изображений. | 2 | 2 |
| 3 | 15 | Лабораторная работа № 13. Обнаружение объектов на изображении. | 2 | 2 |
| **Итого:** | | | 30 | 30 |

**3.4. Организация самостоятельной работы обучающегося**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № раздела | Задания для самостоятельной работы | Количество часов | В т.ч. с использованием ДОТ (\*) |
| Семестр № 2 | | | |
| 1 | Изучить основы языка программирования Python, встроенные типы данных и методы работы с ними, условный оператор, циклы, исключения, работу с функциями и с файлами, стандартную библиотеки путем изучения стр. 7–49 книги 3 из списка основной литературы. Изучить презентации и блокноты «Лекция\_0\_среды», «Лекция\_0\_Python», «Лекция\_0\_numpy», которые размещены на сетевом электронном учебно-методический комплексе дисциплины (СЭУМКД) «Обработка и анализ изображений» (https://edu.petrsu.ru/object/16580). | 20 | 20 |
| 1 | Прочитать стр. 66–70 книги 1 из списка основной литературы для изучения структуры и модулей библиотеки OpenCV. Прочитать стр. 163–193 книги 1 из списка основной литературы и реализовать на Python примеры, приведённые на этих страницах, с целью углублённого изучения оператора Собеля, оператора Лапласса, детектора границ Канни.  С помощью презентации «Функции рисования», которая доступна на СЭУМКД «Обработка и анализ изображений», изучить способы отрисовки простейших геометрических фигур и надписей средствами модуля opencv-python. | 15 | 15 |
| 1 | Подготовка к промежуточной аттестации (экзамен) | 6 | 6 |
| 2 | Прочитать в книге 2 из списка основной литературы стр. 41–54 с целью изучения детектор и дескрипторов ключевых точек и стр. 344–350 с целью обзора возможностей модуля features2d. Проведение экспериментов для изучений эффекта от изменения значений различных параметров изложенных на лекциях методов модуля opencv-python.  С помощью презентации «Лекция\_43\_Морфологические преобразования», которая доступна на СЭУМКД «Обработка и анализ изображений», изучить морфологические преобразования изображения: эрозия, дилатация, открытие, закрытие, морфологический градиент. | 27 | 27 |
| 2 | Подготовка к промежуточной аттестации (экзамен) | 16 | 16 |
| 3 | Прочитать в книге 2 из списка основной литературы стр. 21-40, 296–338 с целью изучить введение в машинное обучение, математическое обоснование и специфику применения методов классификации, метода k ближайших соседей и машины опорных векторов, случайный лес, градиентный бустинг деревьев решений, методы кластеризации: метод центров тяжести (k-средних) и метод медиан. | 35 | 35 |
| 3 | Подготовка к промежуточной аттестации (экзамен) | 16 | 16 |
| **Итого:** | | 135 | 135 |

**4. Образовательные технологии по дисциплине**

Интерактивная форма проведения лекционных и лабораторных занятий. Лекционные материалы, результаты экспериментов демонстрируются на слайдах презентаций, которые подготавливаются для каждой лекции. На лабораторных занятиях обучающиеся могут обсуждать допустимые решения между собой и с преподавателем. В некоторых лабораторных работах обучающиеся сами выбирают различные методы решения поставленных задач, а также могут предложить свои алгоритмы достижения необходимого результата.

**5. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

5.1. Текущий контроль осуществляется преподавателем дисциплины при проведении занятий в форме: лабораторная работа.

**Оценочные средство для текущего контроля – лабораторная работа**

В течение семестра обучающиеся выполняют 13 лабораторных работ, темы которых указаны в пункте РПД «Содержание лабораторных занятий».

*Критерии оценивания лабораторной работы*

При проверке лабораторных работ преподаватель задает обучающемуся дополнительные теоретические вопросы по теме лабораторной работы. Каждая лабораторная работа оценивается от 0 до 10 баллов. Оценка 10 баллов выставляется в случае, если программа, написанная обучающимся, работает корректно, использует средства, соответствующие тексту лабораторной работы, обучающийся верно ответил на все вопросы преподавателя по теме лабораторной работы. Если в программе выявлены фрагменты кода, указывающие на некомпетентность обучающегося в теме, или обучающийся не смог верно ответить на вопросы преподавателя, то оценка снижается. Выполненные лабораторные работы следует сдавать в течение 2 недель с моменты их выдачи. Если обучающийся без уважительной причины не уложился в этот срок, то преподаватель вправе снижать оценку за лабораторную работу, вплоть до 5 баллов. Если за лабораторную работу получено менее 5 баллов, то обучающемуся следует более углубленно изучить материалы дисциплины, а лабораторную работу следует улучшить и пересдать.

5.2. Оценочным средством для промежуточной аттестации является экзамен, который проводится в форме экзаменационного теста.

Экзаменационный тест размещен на сетевом электронном учебно-методическом комплексе дисциплины «Обработка и анализ изображений» https://edu.petrsu.ru/object/16580

**Темы для подготовки к экзаменационному тесту:**

1. Цифровое представление изображения. Цветовые модели.
2. Евклидовы, аффинные, проективные преобразования. Масштабирование изображений.
3. Работа с ROI (область изображения), арифметические операции. Накладывание изображений. Обработка границ изображения. Побитовые операции.
4. Методы улучшения качества изображения. Линейное контрастирование, соляризация, препарирование изображений.
5. Ядро свертки. Фильтр низких частот. Фильтр Гаусса. Медианная, двухсторонняя фильтрации. Детектирование границ объектов. Фильтры Лапласса, Собеля, Канни.
6. Гистограмма изображения. Пороговые преобразования. Бинаризация изображения, адаптивные методы бинаризации. Бинаризация Оцу.
7. Морфологические преобразования изображения: эрозия, дилатация, открытие, закрытие, морфологический градиент.
8. Работа с контурами объектов на изображении. Иерархия контуров. Моменты изображения. Нахождение выпуклой оболочки фигуры, осей изображения и описанного около контура прямоугольника.
9. Преобразование Хафа.
10. HOG-метод извлечения признаков изображения.
11. Глобальные и локальные особенности изображения.
12. Детектор углов Харриса, Ши-Томаси.
13. Особые точки. Блобы.
14. SIFT, SURF, ORM методы выделения фич изображения. Нахождение объекта на изображении.
15. Нахождение лица человека на изображении.
16. Классификация эмоционального состояния человека на изображении.
17. Машинное обучение. Метод k-ближайших соседей, метод k-средних, метод опорных векторов.
18. Метрики в машинном обучении, матрица ошибок.
19. Метод обратного распространения ошибки.
20. Сверточные нейронные сети (СНС). Операция свертки. Слои и архитектура СНС. Функции активации. Субдескритезация. Аугментация данных. Тренировка, валидация и тестирование СНС. Методы работы с СНС из модулей keras и tensorflow. Перенос обучения. Модули tensorflow и keras для решения задачи классификации изображений.
21. Перенос обучения.

Примеры вопросов теста.

Вопрос 1. Цветовая модель HSV. Что означает S?

* яркость
* насыщенность
* цветовой тон
* флаг полутонового изображения

Вопрос 2. Что означает метрика полнота (recall) из sklearn.metrics ?

* Это отношение количества объектов класса, которые классифицированы как объекты этого класса, к общему количеству объектов, которые классифицированы как объекты этого класса.
* Это доля правильных ответов
* Это отношение количества объектов, которые классифицированы как объекты класса, к общему количеству объектов этого класса.
* Это среднее гармоническое правильно классифицированных объектов различных классов.

*Критерии оценивания на экзамене*

На экзаменационном тесте обучающийся отвечает на 20 вопросов. За каждый правильный ответ назначается 2 балла, иначе 0 баллов. Баллы, полученные обучающимся во время семестра за выполненные лабораторные работы и на экзамене, суммируются. Оценка "удовлетворительно" выставляется, если обучающийся набрал не менее 100 баллов, "хорошо" – не менее 125 баллов, "отлично" – не менее 150 баллов, иначе оценка «не удовлетворительно». Если обучающийся получил количество баллов близкое к более высокой оценке, то преподаватель может задать дополнительные вопросы по темам курса и в случае верного ответа выставить дополнительные баллы, но не более 3 баллов.

Подробно средства оценивания для текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся приведены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

**6. Методические рекомендации обучающимся по дисциплине, в том числе для самостоятельной работы**

При изучении учебной дисциплины обучающемуся необходимо руководствоваться следующими методическими указаниями:

1. Изучение дисциплины должно вестись последовательно и систематически.
2. При изучении тем разделов нужно использовать лекционный учебный материал и рекомендованную литературу. Чтение соответствующих глав книг из списка литературы позволяет более глубоко понять материал и узнать дополнительные аспекты изучаемых тем.
3. Если обучающемуся не удалось самостоятельно разобраться в материале, необходимо сформулировать вопросы и задать их преподавателю на консультации или на ближайшей лекции.
4. При выполнении лабораторных работ обучающиеся могут воспользоваться [https://colab.research.google.com](https://colab.research.google.com/) или [https://www.kaggle.com](https://www.kaggle.com/), также могут воспользоваться SFTP сервером ПетрГУ kappa.cs.karelia.ru, на котором установлены: интерпретатор python3, модули opencv-python, tensorflow, keras, сопутствующее необходимое программное обеспечение (ПО).
5. Для поиска специальной научной литературы можно использовать:

* электронную библиотечную систему «Университетская библиотека ONLINE» <http://biblioclub.ru/> ,
* электронный каталог Научной библиотеки ПетрГУ <http://foliant.ru/catalog/psulibr> .

**7. Методические рекомендации преподавателям по дисциплине**

Эффективным методом преподавания дисциплины является проведение интерактивных лекций, на которых: мультимедийное оборудование позволяет наглядно демонстрировать базовые операции над изображениями, результаты применения различных фильтров и преобразований изображения. На лабораторных занятиях и при самостоятельной работе обучающиеся применяют полученные знания в процессе выполнения лабораторных работ по темам дисциплины.

При выполнении лабораторных работ обучающиеся могут также воспользоваться SFTP сервером ПетрГУ kappa.cs.karelia.ru, на котором установлены: интерпретатор python3, модули opencv-python, tensorflow, keras, сопутствующее необходимое ПО, также можно использовать <https://www.kaggle.com/> или [https://colab.research.google.com](https://colab.research.google.com/) .

**8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Библиографический список документов

**8.1. Основная литература:**

Доступно в электронной библиотечной системе «Университетская библиотека ONLINE» http://biblioclub.ru/:

1. Введение в разработку мультимедийных приложений с использованием библиотек OpenCV и IPP [Электронный ресурс] / А. В. Бовырин, П. Н. Дружков, В. Л. Ерухимов, Н. Ю. Золотых, В. Д. Кустикова, И. Д. Лысенков, И. Б. Мееров, В. Н. Писаревский, А. Н. Половинкин, А. В. Сысоев. – 2-е изд., испр. – М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. – 382 с. // Университетская библиотека ONLINE / компания «Директ-Медиа». – Электрон. дан. – [Москва], cop. 2001–2021. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429234>. – (10.02.2021).
2. Разработка мультимедийных приложений с использованием библиотек OpenCV и IPP [Электронный ресурс] / А. В. Бовырин, П. Н. Дружков, В. Л. Ерухимов, Н. Ю. Золотых, В. Д. Кустикова, И. Д. Лысенков, И. Б. Мееров, В. Н. Писаревский, А. Н. Половинкин, А. В. Сысоев. – 2-е изд., испр. – М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. – 516 с. // Университетская библиотека ONLINE / компания «Директ-Медиа». – Электрон. дан. – [Москва], cop. 2001–2021. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429192>.– (10.02.2021).
3. Буйначев С. К. Основы программирования на языке Python [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.К. Буйначев, Н. Ю. Боклаг ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. – 92 с. // Университетская библиотека ONLINE / компания «Директ-Медиа». – Электрон. дан. – [Москва], cop. 2001–2021. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275962>. – (10.02.2021).

**8.2. Дополнительная литература:**

Доступно в электронной библиотечной системе «Университетская библиотека ONLINE» http://biblioclub.ru/:

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений [Электронный ресурс] : практические советы / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – 3-е изд., испр. и доп. – М: Техносфера, 2012. – 1104 с. // Университетская библиотека ONLINE / компания «Директ-Медиа». – Электрон. дан. – [Москва], cop. 2001–2021. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233465>. – (10.02.2021).
2. Местецкий Л. М. Непрерывная морфология бинарных изображений: фигуры, скелеты,циркуляры [Электронный ресурс] / Л. М. Местецкий. – М: Физматлит, 2009. – 285 с. // Университетская библиотека ONLINE / компания «Директ-Медиа». – Электрон. дан. – [Москва], cop. 2001–2021. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76562>. – (10.02.2021).
3. Митракова Н. Н. Компьютерная томография [Электронный ресурс] : конспект лекций / Н. Н. Митракова, А. О. Евдокимов; Поволжский государственный технологический университет. – Йошкар-Ола : ПГТУ, 2013. – 125 с. // Университетская библиотека ONLINE / компания «Директ-Медиа». – Электрон. дан. – [Москва], cop. 2001–2021. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=439250>. – (10.02.2021).
4. Хахаев И. А. Практикум по алгоритмизации и программированию на Python [Электронный ресурс]: курс000 00/ И. А. Хахаев. – 2-е изд., исправ. – М: Национальный Открыты333 й Университет «ИНТУИТ», 2016. – 179 с. // Университетская библиотека ONLINE / компания «Директ-Медиа». – Электрон. дан. – [Москва], cop. 2001–2021. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429256>. – (10.02.2021).
5. Северенс Ч. Введение в программирование на Python [Электронный ресурс] / Ч. Северенс. – 2-е изд., испр. – М: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. – 231 с. // Университетская библиотека ONLINE / компания «Директ-Медиа». – Электрон. дан. – [Москва], cop. 2001–2021. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429184>. – (10.02.2021).

**8.3. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

1. Свободно распространяемый интерпритатор Python с модулем opencv-python <https://www.python.org/>.
2. [https://colab.research.google.com](https://colab.research.google.com/)
3. SFTP сервер ПетрГУ kappa.cs.karelia.ru.
4. <https://www.kaggle.com/>

**8.4. Информационное обеспечение дисциплины в системе электронного (дистанционного) обучения**

Сетевой электронный учебно-методический комплекс дисциплины «Обработка и анализ изображений» https://edu.petrsu.ru/object/16580

**9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Материально-техническая база ПетрГУ обеспечивает проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом и соответствует действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Минимально-необходимый перечень для информационно-технического и материально-технического обеспечения дисциплины:

* аудитория для проведения лекционных занятий, оснащенная рабочими местами для обучающихся и преподавателя, доской, мультимедийным оборудованием;
* библиотека с читальным залом и залом для самостоятельной работы обучающегося, оснащенная компьютером с выходом в Интернет, книжный фонд которой составляет специализированная научная, учебная и методическая литература, журналы (в печатном или электронном виде);
* аудитория для проведения лабораторных занятий, оснащенная рабочими местами для обучающихся и преподавателя, а также компьютерами с выходом в Интернет.

Дата «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_ 202\_\_ г.