

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

Обработка изображений

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

09.03.04 Программная инженерия

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Разработка программно-информационных систем

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

| № 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 <i>Б1.В.22 Обработка изображений</i> относится к части ООП направления подготовки 09.03.04 Программная инженерия , 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-11 Способен осуществлять анализ, разработку требований к системе и проектировать программное обеспечение, применяя современные методы и технологии разработки | ПК-11.1. Знает методы планирования проектных работ, основные принципы проектирования ПО, типы и атрибуты требований к системе | Знать теоретические основы методов и алгоритмов обработки изображений | <i>Собеседование, тестирование</i> |
| | ПК-11.4. Умеет применять методы и способы изучения предметные области разработки и обосновывать принимаемые проектные решения. | <i>Уметь</i> решать задачи и выбирать алгоритмы обработки изображений для решения конкретных научных задач и анализировать результат методами обработки изображений. | <i>Задача Проект</i> |

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: | 50 |
| - занятия лекционного типа | 32 |
| - занятия лабораторного типа | 16 |
| - текущий контроль (КСР) | 2 |
| самостоятельная работа | 22 |
| 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 работы | Всего | |
| <i>Введение. Обработка изображений в информационных системах</i> 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. | 5 | 2 | | 1 | 3 | 2 |
| <i>Реконструкция изображений и удаление шума</i> Коррекция яркости/контраста изображения. Линейная коррекция. Примеры успеха и | 7 | 4 | | 1 | 5 | 2 |

| | | | | | | |
|--|----|---|--|---|----|---|
| <p>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 точк и т.п.) Фильтр Гаусса (gaussian blurring)</p> <p>Билатеральный фильтр. Фильтр нелокальных средних.</p> | | | | | | |
| <p>Введение в анализ информации, содержащейся в изображении</p> <p>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).</p> | 5 | 2 | | 1 | 3 | 2 |
| <p>Выделение контуров объекта и типовых форм</p> <p>Выделение контуров объекта. Выделение точек контура. Градиент и его приближения. Приближения (маски) Робертса, Превитта и Собеля. Метод Canny. Выделение типовых геометрических форм (прямых, окружностей, эллипсов,...) заданных параметрически. Фазовое пространство. Преобразование Хафа (Hough).</p> | 5 | 2 | | 1 | 3 | 2 |
| <p>Сегментация изображений</p> <p>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</p> | 14 | 8 | | 2 | 10 | 4 |

| | | | | | | |
|--|----|---|--|---|---|---|
| <p>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).</p> <p>Параметрические деформируемые модели. Геометрические деформируемые модели. Level set методы. Метод активного контура.</p> | | | | | | |
| <p>Анализ области после сегментации</p> <p>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.Нц. Анализ с помощью интегральных проекций. Перспективы применения методов машинного обучения.</p> | 6 | 2 | | 2 | 4 | 2 |
| <p>Преобразование Фурье в обработке изображений</p> <p>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</p> | 10 | 6 | | 2 | 8 | 2 |
| <p>Вейвлеты, фильтры Габора и зрение человека</p> <p>Вейвлеты как основа многомасштабного представления изображений. Понятие вейвлетов Хаара и вейвлетов Козна-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</p> | 6 | 2 | | 2 | 4 | 2 |
| <p>Ресэмплинг. Сжатие изображений</p> <p>Изменение размеров (resampling) изображений. Downsampling и upsampling. Основные методы ресэмплинга: ближайшего соседа, билинейная интерполяция, бикубическая интерполяция, фильтр Ланцоша.</p> <p>Сжатие изображений. Сжатие без потерь</p> | 6 | 2 | | 2 | 4 | 2 |

| | | | | | | |
|---|----|----|--|----|----|----|
| (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. | | | | | | |
| 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. | 6 | 2 | | 2 | 4 | 2 |
| | | | | | | |
| Текущий контроль (КСР) | 2 | | | | 2 | |
| Промежуточная аттестация –зачет | | | | | | |
| Итого | 72 | 32 | | 16 | 50 | 22 |

Лабораторные занятия организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает: бинаризация изображений, Ресэмплинг, Моделирование шума и методы его удаления, Выделение границ и сегментация изображений. Анализ формы объектов, Применение преобразования Фурье и вейвлет-преобразования для обработки и анализа изображения.

На проведение практических занятий (семинарских занятий) в форме практической подготовки отводится 10 часов.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: Формирование требований к информатизации и автоматизации прикладных процессов, формализация предметной области проекта; документирование компонентов информационной системы на стадии жизненного цикла;
- компетенций – ПК-11.

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

В качестве самостоятельной работы студенты выполняют проектное задание. В каждом проекте задействовано 2-3 человека. В конечном итоге, все группы работают над

одним исследовательским проектом, однако реализуют различные методы обработки изображений из курса. Задания, которые даются группам на выполнение, представляют собой серию лабораторных работ:

- Лабораторная работа «Бинаризация изображений»
- Лабораторная работа «Ресэмплинг»
- Лабораторная работа «Моделирование шума и методы его удаления»
- Лабораторная работа «Выделение границ и сегментация изображений. Анализ формы объектов.»
- Лабораторная работа «Применение преобразования Фурье и вейвлет-преобразования для обработки и анализа изображения»

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. | Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. | Продemonстрированы 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 компетенции (согласно РПД) |
|--|-----------------------------------|
| 1. Методы цветокоррекции изображений. | ПК-11 |
| 2. Модели шума, количественная оценка шума и алгоритмы устранения шума на изображении. Понятие свертки. | ПК-11 |
| 3. Методы бинаризации изображений и перевод цветного изображения в полутоновое. | ПК-11 |
| 4. Методы выделения контуров на изображении. Градиент изображения. | ПК-11 |
| 5. Выделение типовых геометрических форм (прямых, окружностей, эллипсов,...) заданных параметрически. Преобразование Хафа. | ПК-11 |

| | |
|---|-------|
| 6. Методы сегментации изображения. Понятие связности. Разметка связных областей. Алгоритм разрастания регионов. | ПК-11 |
| 7. Методы сегментации изображения. Алгоритм разбиения областей (split). Разбиение областей на основе гистограммы. Алгоритмы слияния, алгоритм фагоцита. Алгоритмы разбиения и слияния (split and merge). | ПК-11 |
| 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). | ПК-11 |
| 9. Методы сегментации изображений. Графовые алгоритмы. | ПК-11 |
| 10. Анализ формы и параметров связных областей. Инвариантные и неинвариантные характеристики. | ПК-11 |
| 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). | ПК-11 |
| 12. Спектральный анализ изображений на основе ДПФ. Быстрая свертка и корреляция. Теорема свертки. Фильтрация на основе теоремы свертки. Деконволюция. Фильтр Винера. | ПК-11 |
| 13. Понятие вейвлетов Хаара и вейвлетов Козна-Добеши. Фильтры Габора как преобразования с 5 пространственными параметрами. Аналогия между фильтрами Габора и вейвлетами (вейвлеты Габора). | ПК-11 |
| 14. Алгоритмы ресэмплинга. | ПК-11 |
| 15. Алгоритмы сжатия изображений. Сжатие без потерь (кодирование). Сжатие с потерями. | ПК-11 |
| 16. Алгоритмы и методы текстурного анализа изображений. | ПК-11 |
| 17. Обработка изображений сегодня, ее место в компьютерной графике и зрении. Задачи обработки изображений, решаемые компьютерной графикой в растровых системах. | ПК-11 |
| 18. Обзор современного аппаратного обеспечения, графический процессор компьютера. | ПК-11 |
| 19. Открытые библиотеки для обработки и сегментации изображений. | ПК-11 |

5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-11

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:
 - повышения контрастности;
 - повышения четкости линий на изображении;
 - размытия изображения;
 - изменения размеров изображения.
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.

5.2.3. Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ПК-11

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.

5.2.4. Вопросы для собеседования по лабораторным работам при текущем контроле компетенции «ПК-11»

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 связных 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 Коэна-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.

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. Введение в разработку мультимедийных приложений с использованием библиотек OpenCV и IPP/ Академия Интел. - НОУ ИНТУИТ.
(<http://www.intuit.ru/studies/courses/10621/1105/info>)
2. Цифровая обработка изображений [Электронный ресурс] / Гонсалес Р., Вудс Р. - Издание 3-е, исправленное и дополненное. - М. : Техносфера, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363318.html>

б) дополнительная литература:

1. Иванов Д., Карпов А. и др. Алгоритмические основы растровой графики. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова. - НОУ ИНТУИТ.
<http://www.intuit.ru/studies/courses/993/163/info>
2. Курс. Ватолин Д. Методы сжатия изображений
<http://www.intuit.ru/studies/courses/1069/206/info>

в) Интернет-ресурсы:

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. Гонсалес Р.С., Вудс В.Е. Цифровая обработка изображений. Сайт издательства http://www.technosphera.ru/files/book_pdf/0/book_311_455.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>
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. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой (лекционного и лабораторного типа), 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.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению 09.03.04 Программная инженерия.

Авторы _____ В.Е. Турлапов, С.А. Носова

Рецензент (ы) _____

Заведующий кафедрой _____ Р.Г. Стронгин

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики
от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.