

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Амурский государственный университет"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и научной
работе

 Лейфа А.В. Лейфа

« 1 » сентября 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
«ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА МНОГОМЕРНЫХ СИГНАЛОВ»

Направление подготовки 03.03.02 Физика

Направленность (профиль) образовательной программы –

Квалификация выпускника – Бакалавр

Год набора – 2023

Форма обучения – Очная

Курс 4 Семестр 8

Зачет 8 сем

Общая трудоемкость дисциплины 108.0 (академ. час), 3.00 (з.е)

Составитель И.Б. Копылова, доцент, канд. физ.-мат. наук

Инженерно-физический факультет

Кафедра физики

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта ВО для направления подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.20 № 891

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики

01.09.2023 г. , протокол № 1

Заведующий кафедрой Стукова Е.В. Стукова

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Стукова Е.В. Стукова

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и
технического обеспечения

Тодосейчук А.А. Тодосейчук

« 1 » сентября 2023 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

1. Изучение основ теории многомерных сигналов, способов описания различных видов изображения.
2. Изучение способов квантования изображений и обработки изображений с помощью средств вычислительной техники, методов цифровой фильтрации и параметрического спектрального анализа.

Задачи дисциплины:

1. Изучить методы и принципы обработки видеосигналов, особенности обработки информации в различных областях науки и техники.
2. Изучить основные положения теории преобразования многомерных сигналов, методы кодирования графической информации, методы двухмерной обработки многомерных сигналов.
3. Сформировать навыки обработки и преобразования изображений с помощью элементарных алгоритмов и программирования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Цифровая обработка многомерных сигналов» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы, дисциплина по выбору.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

3.1 Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
ПК-2 Способен проводить научные исследования в соответствующей области знаний и оформлять результаты исследований и разработок	ИД-1ПК-2 Знает основные методы проведения теоретического и экспериментального исследования в сфере профессиональной деятельности ИД-2ПК-2 Участвует в оформлении результатов исследований и разработок, полученных при проведении научных исследований в сфере профессиональной деятельности ИД-3ПК-2 Владеет навыками работы с современным приборным оборудованием, методами обработки и анализа полученных результатов научных исследований в сфере профессиональной деятельности

4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.00 зачетных единицы, 108.0 академических часов.

1 – № п/п

2 – Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация

3 – Семестр

4 – Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)

4.1 – Л (Лекции)

4.2 – Лекции в виде практической подготовки

4.3 – ПЗ (Практические занятия)

4.4 – Практические занятия в виде практической подготовки

4.5 – ЛР (Лабораторные работы)

4.6 – Лабораторные работы в виде практической подготовки

4.7 – ИКР (Иная контактная работа)

4.8 – КТО (Контроль теоретического обучения)

4.9 – КЭ (Контроль на экзамене)

5 – Контроль (в академических часах)

6 – Самостоятельная работа (в академических часах)

7 – Формы текущего контроля успеваемости

1	2	3	4									5	6	7
			4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9			
1	Восприятие графической информации человеком. Кодирование графической информации. Представление и ввод изображений в ЭВМ	8	2	2	2	2	2	2					2	Подготовка к практическому занятию Отчет о выполнении лабораторной работы. Реферат
2	Математическое описание непрерывных изображений	8	2	4	2	2							2	Подготовка к практическому занятию
3	Дискретизация и восстановление непрерывных изображений	8	2	2	4	4	2	2					6	Подготовка к практическому занятию. Отчет по лабораторной работе Реферат
4	Математическое описание дискретных изображений. Векторное представление изображений.	8	2	2	2	2	2	2					2	Составление конспектов Отчет о выполнении лабораторной работы. Реферат
5	Квантование скалярных и векторных величин.	8	3	2	2	2							3	Подготовка к практическому занятию
6	Оптимизация процесса квантования. Выражение Пантера – Дайтта.	8	2	2	2	2							3	Реферат. Подготовка к практическому занятию

7	Дискретная линейная двумерная обработка.	8	2	2	2	2	2	2					6	Реферат. Подготовка к практическому занятию
8	Линейные операторы.	8	2	2	2	2							6	Составление конспекта
9	Двумерные унитарные преобразования	8	2	2	2	2	2	2					6	Подготовка к практическому занятию. Отчет по лабораторной работе.
10	Дискретная линейная двумерная обработка сигналов.	8	2	2	2	2	2	2					6	Подготовка к практическому занятию. Отчет по лабораторной работе Реферат
11	Обработка изображений с использованием преобразования Фурье.	8	3	2	2	2							5.8	Подготовка к практическому занятию
12	Зачет	8							0.2					
	Итого			24.0		24.0		12.0	0.0	0.2	0.0	0.0	47.8	

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Восприятие графической информации человеком. Кодирование графической информации. Представление и ввод изображений в ЭВМ	Предмет и основные понятия дисциплины. Особенности обработки визуальной информации. Задачи цифровой обработки данных (сигналов), основанных на использовании спектральных методов, математический аппарат, используемый для обработки данных ряды и интегралы Фурье, Z-преобразование. Визуальная информация. Методы кодирования графической информации. Цифровая визуальная информация. Аппаратные средства ввода изображения в память ЭВМ. Методы сжатия информации при представлении в ЭВМ. Сжатие с потерями и без потерь. Разностное квантование. Методы дельта модуляции. Сжатие на основе MPEG технологии, сжатие речевых сигналов.

2	Математическое описание непрерывных изображений	Математические модели описания непрерывных изображений. Двумерные системы. Сингулярные операторы. Линейные и дифференциальные операторы двумерных систем.
3	Дискретизация и восстановление непрерывных изображений	Двумерное преобразование Фурье. Свойства ДПФ. Анализ линейных систем с помощью ДПФ. Применение ДПФ для анализа гармонических сигналов, частотная характеристика ДПФ, боковые лепестки, модуляция спектра. Методы улучшения характеристик ДПФ при использовании окон. Спектральный анализ случайных процессов с использованием ДПФ. Методы сглаживания оценок спектра. Обнаружение гармонических сигналов на фоне шума с использованием ДПФ. Вычисление корреляционных функций. Реализация пространственно-временной обработки сигналов в спектральной области. Методы гомоморфной обработки.
4	Математическое описание дискретных изображений. Векторное представление изображений.	Дискретизация и восстановление непрерывных изображений. Классификация методов дискретизации. Спектральный подход: теорема Котельникова и условия её применения. Дискретизация многомерных сигналов. Квантование по уровню, характеристики шумов квантования. Нелинейное и оптимальное квантование. Математическое описание дискретных изображений. Векторное представление изображений. Статическое описание дискретных изображений. Модели плотностей вероятности дискретных изображений. Гауссова плотность. Одномерное распределение вероятностей – гистограмма.
5	Квантование скалярных и векторных величин.	Квантование изображений: квантование векторной и скалярной величины. Оптимальное размещение пороговых уровней в зависимости от числа уровней квантования, таблица Макса. Квантование с преобразованием, характеристики прямого и обратного нелинейных преобразований для плотности вероятности Гаусса, Рэлея и Лапласа. Обработка квантованных величин. Квантование двухцветных и цветных изображений.
6	Оптимизация процесса квантования. Выражение Пантера – Дайтта.	Оптимальное положение уровня квантования и пороговых уровней, выражение Пойнтера – Дайтта. Оператор суперпозиции. Дискретизированный оператор суперпозиции.
7	Дискретная линейная двумерная обработка.	Дискретная линейная двумерная обработка. Двумерные унитарные преобразования. Операторы унитарных преобразований. Косинусное и синусное преобразование. Преобразование Адамара. Преобразование Хаара. Преобразование Карунена-Лоэва.

8	Линейные операторы.	Двумерные методы линейной обработки изображений.
9	Двумерные унитарные преобразования	Понятие об анализе биомедицинских изображений. Типы изображений: томограммы, рентгенограммы, теплогаммы, скинтиграммы и др. и способы их описания. Современные тенденции и перспективы развития методов обработки медико-биологической информации. Понятие о целях и принципах создания и управления базами данных. Методы предварительной обработки. Анизотропная и рекуррентная фильтрация. Минимизация визуальной информации, препарирование и нормализация, синтез контуров. Автоматические и автоматизированные биотехнические системы анализа.
10	Дискретная линейная двумерная обработка сигналов.	Медицинские изображения. Способы получения. Передающие системы. Методы и алгоритмы обработки и анализа изображений. Модели изображений. Дискретизация, квантование и сжатие изображений и визуальных данных. Структурирование изображений. Сегментация и действия над сегментами изображений. Структурные модели и понимание изображений. Анализ статических и динамических сцен. Некорректные обратные задачи при восстановлении зависимостей и реконструкции изображений.
11	Обработка изображений с использованием преобразования Фурье.	Обработка с использованием преобразования Фурье. Свертка с использованием БПФ. Фильтры на основе ПФ.

5.2. Практические занятия

Наименование темы	Содержание темы
Методы кодирования графической информации. Способы ввода изображений в ЭВМ	Методы кодирования графической информации. Цифровая визуальная информация. Аппаратные средства ввода изображения в память ЭВМ.
Математическое описание дискретных изображений. Векторное представление изображений.	Математическое описание дискретных изображений. Векторное представление изображений. Статическое описание дискретных изображений. Модели плотностей вероятности дискретных изображений. Гауссова плотность. Одномерное распределение вероятностей – гистограмма.
Способы дискретизации и восстановления непрерывных изображений.	Дискретизация и восстановление непрерывных изображений. Классификация методов дискретизации. Спектральный подход: теорема Котельникова и условия её применения. Дискретизация многомерных сигналов. Квантование по уровню, характеристики шумов квантования. Нелинейное и оптимальное квантование

Дискретизация и восстановление непрерывных изображений. Классификация методов дискретизации.	Спектральный подход: теорема Котельникова и условия её применения. Дискретизация многомерных сигналов. Квантование по уровню, характеристики шумов квантования. Нелинейное и оптимальное квантование.
Квантование изображений. Квантование скалярной величины.	Методы и алгоритмы обработки и анализа изображений. Модели изображений. Дискретизация, квантование и сжатие изображений и визуальных данных. Структурирование изображений. Сегментация и действия над сегментами изображений. Структурные модели и понимание изображений
Квантование векторной величины. Оптимизация квантования	Квантование с преобразованием, характеристики прямого и обратного нелинейных преобразований для плотности вероятности Гаусса, Рэля и Лапласа. Обработка квантованных величин. Квантование двухцветных и цветных изображений.
Дискретная линейная двумерная обработка.	Операторы унитарных преобразований. Косинусное и синусное преобразование. Преобразование Адамара. Преобразование Хаара. Преобразование Карунена-Лоэва.
Линейные операторы	Двумерные методы линейной обработки изображений.
Двумерные унитарные преобразования	Понятие об анализе биомедицинских изображений. Типы изображений: томограммы, рентгенограммы, теплогаммы, сцинтиграммы и др. и способы их описания. Минимизация визуальной информации, препарирование и нормализация, синтез контуров. Автоматические и автоматизированные биотехнические системы анализа.
Медицинские изображения. Способы получения. Передающие системы.	Методы и алгоритмы обработки и анализа изображений. Модели изображений. Дискретизация, квантование и сжатие изображений и визуальных данных. Структурирование изображений. Сегментация и действия над сегментами изображений. Структурные модели и понимание изображений. Анализ статических и динамических сцен.
Анализ линейных систем с помощью ДПФ	Двумерное преобразование Фурье. Свойства ДПФ. Анализ линейных систем с помощью ДПФ. Применение ДПФ для анализа гармонических сигналов, частотная характеристика ДПФ, боковые лепестки, модуляция спектра. Методы улучшения характеристик ДПФ при использовании окон. Спектральный анализ случайных процессов с использованием ДПФ.

5.3. Лабораторные занятия

Наименование темы	Содержание темы
Цифровое изображение, формирование тестовых изображений в системе MATLAB (IPT) (случайная раскраска, использование двух цветов при формировании изображения)	Научиться считывать изображения из файлов, просматривать их в среде MATLAB преобразовывать их типы, менять размеры смотрового окна.
Битовая карта изображения	Применение функций PIXVAL, MEAN 2 для формирования битовой карты изображения
Построение гистограммы распределения яркостей элементов изображения (функция IMHIST) для маски тестового изображения. Вычисление моментов первого и второго порядка.	Построение общей гистограммы исходного изображения и локальной гистограммы для движущегося по изображению окна. Определение границ диапазона яркостей.
Дискретная линейная двумерная обработка.	Дискретизированный оператор суперпозиции. Использование оператора для преобразования изображений.
Двумерные унитарные преобразования. Двумерное дискретное преобразование Фурье.	Используя стандартную функцию FFT2 получить преобразованное изображение. Написать программу для двумерного преобразования Фурье, сравнить действия стандартного фильтра и своего.
Дискретная линейная двумерная обработка. Дискретизированный оператор суперпозиции.	Получить преобразования Адамара и Хаара для исходного изображения.

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Трудоемкость в академических часах
1	Восприятие графической информации человеком. Кодирование графической информации. Представление и ввод изображений в ЭВМ	Подготовка к практическому занятию Реферат	2
2	Математическое описание непрерывных изображений	Подготовка к практическому занятию Отчет о выполнении лабораторной работы.	2
3	Дискретизация и восстановление непрерывных изображений	Подготовка к практическому занятию. Отчет о выполнении лабораторной работы.	6

		Реферат	
4	Математическое описание дискретных изображений. Векторное представление изображений.	Составление конспектов Реферат	2
5	Квантование скалярных и векторных величин.	Подготовка к практическому занятию	3
6	Оптимизация процесса квантования. Выражение Пантера – Дайтта.	Подготовка к практическому занятию. Реферат	3
7	Дискретная линейная двухмерная обработка.	Реферат. Подготовка к практическому занятию. Отчет о выполнении лабораторной работы.	6
8	Линейные операторы.	Составление конспекта. Отчет по лабораторной работе	6
9	Двумерные унитарные преобразования	Подготовка к практическому занятию. Отчет по лабораторной работе.	6
10	Дискретная линейная двухмерная обработка сигналов.	Подготовка к практическому занятию. Отчет по лабораторной работе. Реферат	6
11	Обработка изображений с использованием преобразования Фурье.	Подготовка к практическому занятию. Отчет по лабораторной работе.	5.8

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе преподавания дисциплины «Цифровая обработка многомерных сигналов» лекции и практические занятия проводятся в интерактивной форме.

Темы занятий в интерактивной форме:

1 Восприятие графической информации человеком. Кодирование графической информации. Представление и ввод изображений в ЭВМ
Метод презентации информации темы

2 Математическое описание непрерывных изображений. Лекция визуализация. Метод презентации информации темы

3 Анализ линейных систем с помощью двухмерного преобразование Фурье (ДПФ).

Основные свойства ДПФ. Лекция визуализация

Метод презентации информации темы

4 Дискретизация и восстановление непрерывных изображений. Лекция визуализация.
Метод презентации информации темы

5 Математическое описание дискретных изображений. Векторное представление изображений. Лекция визуализация

Метод презентации информации темы

6 Квантование скалярных и векторных величин. Оптимизация процесса квантования.
Выражение Пантера – Дайтга.

Метод презентации информации темы

7 Дискретная линейная двумерная обработка. Линейные операторы.

Метод презентации информации темы

8 Двумерные унитарные преобразования. Лекция визуализация. Метод презентации информации темы

9 Дискретная линейная двумерная обработка сигналов. Обработка изображений с использованием преобразования Фурье.

Лекция визуализация. Метод презентации

7.1. Методы применяемые в обучении.

Лекции проводятся с использованием интерактивной доски и мультимедийного оборудования. Практически каждая лекция сопровождается презентацией нового материала.

Лабораторный практикум включает 8 лабораторных работ. При выполнении работ используются следующие приемы интерактивного обучения: моделирование и симуляция процессов и объектов, контекстное обучение.

Практические занятия проводятся с выделением логически важных подходов к решению каждой конкретной задачи; преподаватель предлагает студентам изобразить решаемую ситуацию схематически; обсуждения методов и подходов к решению задачи; обсуждения полученных результатов.

7.2. Технологии обучения: компетентностно-ориентированное обучение.

7.3. Информационные технологии. При чтении лекций используются мультимедийные презентации, видео-демонстрации.

7.4. Информационные системы. При разработке лекционных и практических занятий используются материалы электронных библиотек и электронные базы учебно-методических ресурсов, указанных в п.10в. настоящей программы, а также электронный ресурс библиотеки АмГУ. Перечисленные электронные ресурсы также рекомендуются для самоподготовки студентов.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, а так же методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков отражены в фонде оценочных средств по дисциплине «Цифровая обработка многомерных сигналов».

ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Области практического применения методов обработки изображений. Дистанционное обнаружение.

2. Области практического применения методов обработки изображений. Электрокардиография. Рентгенография.
3. Области практического применения методов обработки изображений. Сейсмология.
4. Получение цифровых изображений. На примере рентгенографических систем.
5. Представление непрерывных изображений (детерминированное математическое описание). Системы воспроизведения цветных и черно-белых изображений.
6. Двухмерные системы. Линейные операторы двухмерных систем.
7. Двухмерные системы. Дифференциальные операторы двухмерных систем.
8. Двухмерные системы. Функция импульсного отклика и получение выходного изображения на выходе линейной двухмерной системы.
9. Двухмерное преобразование Фурье. Свойства преобразования Фурье (ПФ).
10. Двухмерное преобразование Фурье. Свойство разделимости двухмерного ПФ.
11. Анализ линейных систем с помощью преобразования Фурье. (Теорема о свертке).
12. Дискретизация непрерывных изображений (процесс идеальной дискретизации). Спектр дискретизированного изображения.
13. Процесс восстановления непрерывных изображений из дискретизированных. Частотное условие для идеального восстановления изображения.
14. Квантование изображений. Задача об оптимальном положении уровня квантования.
15. Статическое описание дискретных изображений. Построение двухмерного распределения вероятностей (гистограммы первого и второго порядка).
16. Обзор методов цифровой обработки изображений. Методы обработки в частотной области. Методы обработки в пространственной области.
17. Математическое описание дискретных изображений. Алгебра матриц. Формулы для векторного описания изображений.
18. Дискретная линейная двумерная обработка. Обобщенный линейный оператор.
19. Дискретная линейная двумерная обработка. Дискретный оператор суперпозиции.
20. Дискретная линейная двумерная обработка. Дискретное преобразование Фурье.
21. Дискретное преобразование Фурье. Свойство разделимости двумерного дискретного ПФ.
22. Преобразование четное косинусное.
23. Преобразование Адамара.
24. Преобразование Хаара.
25. Дискретная линейная фильтрация. Быстрое преобразование Фурье.
26. Методы обработки изображений в медицине.
27. Программные средства обработки изображений в медицине.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) литература

1. Рафаэл Гонсалес Цифровая обработка изображений [Электронный ресурс]// Рафаэл Гонсалес, Ричард Вудс— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2012.— 1104 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26905> .— ЭБС «IPRbooks», по паролю
2. Строгонов, А. В. Цифровая обработка сигналов в базисе программируемых логических интегральных схем : учебное пособие / А. В. Строгонов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 312 с. — ISBN 978-5-8114-1981-4. — Текст : электронный // Лань : электронно- библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/169152> (дата обращения: 26.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Волков, В.Ю. Адаптивные и инвариантные алгоритмы обнаружения объектов на изображениях и их моделирование в Matlab. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 192 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/68475> — Загл. с экрана.

4. Магазинникова, А.Л. Основы цифровой обработки сигналов. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2016. — 132 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/76274> — Загл. с экрана.

5. Сергиенко, Александр Борисович.

Цифровая обработка сигналов [Текст]: учеб. пособие: рек. Мин. обр. РФ / А. Б. Сергиенко. - 2-е изд. - СПб.: Питер, 2007. - 751 с.: рис. - (Учебник для вузов). - Библиогр.: с. 724. - Алф. указ.: с. 729. - ISBN 5-469-00816-9 (в пер.)

6. Алан Оппенгейм Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] / Оппенгейм Алан, Шафер Рональд. — Электрон. текстовые данные. — М.: Техносфера, 2012. — 1048 с. — 978-5-94836-329-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26906.html>

7. Цифровая обработка многомерных сигналов [Электронный ресурс]: сб. учеб.-метод. материалов для направления подготовки 03.03.02 "Физика" / АмГУ, ИФФ; сост. И. Б. Копылова. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2017. - 24 с. - Режим доступа: http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/9900.pdf

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	http://www.iprbookshop.ru/	Электронно- библиотечная система IPRbooks — научно- образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу. Контент ЭБС IPRbooks отвечает требованиям стандартов высшей школы, СПО, дополнительного и дистанционного образования. ЭБС IPRbooks в полном объеме соответствует требованиям законодательства РФ в сфере образования.
2	http://e.lanbook.com	Электронная библиотечная система «Издательства Лань», тематические пакеты: математика, физика, инженерно-технические науки, химия
3	http://elibrary.ru	Научная электронная библиотека журналов

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	https://uisrussia.msu.ru/	Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ).
2	https://www.runnet.ru	RUNNet (Russian UNiversity Network) - крупнейшая в России научно- образовательная телекоммуникационная сеть, обладающая протяженной высокоскоростной магистральной инфраструктурой и международными каналами, обеспечивающими интеграцию с зарубежными научно-образовательными сетями (National Research and Education Networks, NREN) и с Интернет.
3	https://minobrnauki.gov.ru/	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине «Цифровая обработка многомерных сигналов» проводятся в специальных помещениях, представляющих собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, лабораторных работ с лабораторным оборудованием, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, удовлетворяющих требованиям ФГОС.

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и нормам.

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде университета.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета