

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Донецкий государственный университет»

Факультет математики и информационных технологий  
Кафедра прикладной математики и теории систем управления



П.А. Машаров

«29» марта 2024 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Укрупненная группа направлений подготовки	02.00.00	Компьютерные и информационные науки
Программа высшего образования	Программа магистратуры	
Направление подготовки	02.04.02	Фундаментальная информатика и информационные технологии
Магистерская программа	Фундаментальная информатика и информационные технологии	
Квалификация	Магистр	
Форма обучения	Очная	

Рабочая программа адаптирована для лиц  
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины **«Современные методы цифровой обработки информации»** для обучающихся по направлению подготовки 02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии (Магистерская программа: Фундаментальная информатика и информационные технологии), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 23 августа 2017 г. № 811 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.

Разработчик:

доцент кафедры прикладной математики и  
теории систем управления,  
д-р техн. наук, доцент

Д.В. Шевцов

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры прикладной математики и теории систем управления.

Протокол от 26.03.2024 г. № 8

Заведующий кафедрой

Д.В. Шевцов

СОГЛАСОВАНО:

Декан факультета математики и  
информационных технологий  
28.03.2024 г.

И.А. Моисеенко

Учебно-методическая комиссия факультета математики и информационных технологий.  
Протокол от 28.03.2024 г. № 3.  
Председатель

Л. И. Селякова

Руководитель основной профессиональной  
образовательной программы,  
д-р техн. наук, доц.  
26.03.2024 г.

Д.В. Шевцов

## 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

базовая подготовка по математике, фундаментальной информатике и информационным технологиям в объёме программы бакалавриата;

1.2. Дисциплины, практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Анализ информационных технологий, Анализ и обработка изображений, Математические основы защиты информации и информационной безопасности, Учебная практика: научно-исследовательская работа (НИР) (получение первичных навыков научно-исследовательской работы), рассредоточенная, Учебная практика: педагогическая, Учебная практика: технологическая (проектно-технологическая), Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая), Учебная практика: эксплуатационная, Производственная практика: эксплуатационная, Производственная практика: преддипломная, Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.

## 2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии (Магистерская программа: Фундаментальная информатика и информационные технологии)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ОД.2. Современные методы цифровой обработки информации
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор вуза
Количество зачетных единиц / всего часов	5/ 180

### 2.2. Распределение часов по периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	1	1	17	—	34	129	180	экзамен

## 3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Ознакомление студентов с основными методами и техническими приемами цифровой фильтрации, обработки и преобразований информационных данных в современных информационных системах регистрации, накопления, обработки и представления данных, изучение методов реализации в информационных системах и на современных персональных цифровых устройствах эффективных алгоритмов преобразования и анализа информационных данных, базовыми знаниями в области современных методов обработки и анализа экспериментальных данных с использованием программного и аппаратного обеспечения, характеризующегося цифровым представлением

и численными методами обработки данных.

Одна из основных целей состоит в обеспечении студентов практическими навыками в решении задач сбора, хранения и обработки информации в цифровом виде, что позволит выпускнику успешно решать широкий класс задач как в рамках выбранного направления, так и в смежных областях, используя общие принципы оперирования данными в рамках информационной инфраструктуры общества, обладать универсальными и предметно специализированными компетенциями, способствующими его социальной мобильности, востребованности на рынке труда и успешной профессиональной карьере.

#### 4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

##### 4.1. Компетенции

УК-6. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки.

##### 4.2. Индикаторы компетенций

УК-6.1. Определяет и реализовывает приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки для решения задач профессиональной деятельности.

##### 4.3. Результаты обучения

УК-6.1.1. Знает способы определения и реализации приоритетов собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки для решения задач профессиональной деятельности.

УК-6.1.2. Умеет определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки для решения задач профессиональной деятельности.

УК-6.1.3. Аргументированно выбирает методы определения и реализации приоритетов собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки для решения задач профессиональной деятельности, доводит решение задачи до приемлемого (числового или символьного) результата, оценивает и анализирует полученный результат, строит математические модели для решения профессиональных задач.

#### 5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Введение. Проблематика, определения.	Краткое содержание и задачи курса. Общие принципы получения информации в исследованиях. Преимущества цифровых методов обработки сигналов. Примеры практического применения.
Понятие цифровой обработки сигналов	Понятие цифровых сигналов. Применение цифровых методов обработки сигналов. Аппаратные и программные средства цифровой обработки сигналов.
Аналого-цифровые и цифроаналоговые преобразования	Преобразование аналогового сигнала в цифровой. Дискретизация низкочастотных и полосовых сигналов. Однородное и неоднородное квантование. Наложение спектров. Преобразование цифрового сигнала в аналоговый
Методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов	Содержание цифровой обработки сигналов. Основные направления, задачи и алгоритмы цифровой обработки сигналов.
Преобразование Фурье.	Ряд Фурье. Преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Свойства дискретного преобразования Фурье.

	Периодическая и круговая свертка. Прямой метод вычисления ДПФ.
Быстрое преобразование Фурье	Быстрое преобразование Фурье (БПФ). БПФ с децимацией во временной области. БПФ с децимацией в частотной области. Косинус-преобразование.
z-преобразование	Свойства z-преобразования. Применение z-преобразования.
Вейвлет преобразование	Непрерывное вейвлет-преобразование. Разрешение по времени и частоте. Вейвлет-синтез. Дискретное вейвлет-преобразование. Применение вейвлет-анализа.
Корреляция и свертка	Взаимная корреляция и автокорреляция. Коэффициент корреляции, нормировка коэффициента корреляции. Функция корреляции. Быстрая корреляция. Свертка. Круговая и линейная свертка. Вычисление линейной (апериодической) свертки. Дискретная свертка и методы ее вычисления. Обращение свертки, идентификация системы. Быстрая свертка.
Оценка и анализ спектра.	Оценка спектра при помощи БПФ. Метод периодограмм, метод модифицированных периодограмм. Амплитудный и фазовый спектры, спектр плотности мощности. Оценка спектра методом корреляции. Цифровой спектральный анализ. Регрессионный анализ.
Периодограммная оценка спектра мощности.	Периодограммная оценка спектра мощности. Оконные функции и их свойства. Паразитная амплитудная модуляция спектра. Метод модифицированных периодограмм. Метод Блэкмана и Тьюки оценки спектральной плотности мощности.
Цифровые фильтры обработки одномерных сигналов.	Общая характеристика цифровых фильтров. Фильтры с конечной и бесконечной импульсными характеристиками (КИХ-фильтры и БИХ-фильтры). Нерекursивные и рекурсивные цифровые фильтры. Импульсная реакция фильтров. Передаточные функции фильтров. Z-преобразование. Устойчивость фильтров. Частотные характеристики фильтров. Фазовая и групповая задержка сигналов. Структурные схемы цифровых фильтров
Фильтры сглаживания сигналов. Метод наименьших квадратов.	Фильтры сглаживания сигналов. Метод наименьших квадратов (МНК). Фильтры МНК 1-го, 2-го и 4-го порядка. Расчет коэффициентов фильтров. Импульсные реакции и частотные характеристики фильтров. Модификации фильтров. Оптимизация сглаживания. Расчет простого цифрового фильтра по частотной характеристике.
Фильтрация случайных сигналов. Весовые функции.	Сохранение природы сигнала. Математическое ожидание. Корреляционные соотношения. Спектры мощности сигналов. Дисперсия выходного сигнала. Усиление шумов. Функция когерентности. Весовые функции. Явление Гиббса. Параметры эффекта. Последствия для практики. Нейтрализация явления Гиббса. Основные весовые функции
Специальные методы обработки сигналов	Адаптивная фильтрация цифровых данных. Деконволюция цифровых сигналов. Аппроксимация сигналов и функций. Регрессия. Медианная фильтрация сигналов.

## 6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Форма обучения – очная, курс – 1, семестр – 1



Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+КР	Всего
Введение. Проблематика, определения.	1		2	8	11
Понятие цифровой обработки сигналов	1		4	8	13
Аналого-цифровые и цифроаналоговые преобразования	1		4	8	13
Методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов	1		2	8	11
Преобразование Фурье.	1		2	8	11
Быстрое преобразование Фурье.	1		2	9	12
z-преобразование	1		2	9	12
Вейвлет преобразование	1		2	9	12
Корреляция и свертка	1		2	9	12
Оценка и анализ спектра.	1		2	9	12
Периодограммная оценка спектра мощности.	1		2	9	12
Цифровые фильтры обработки одномерных сигналов.	1		2	9	12
Фильтры сглаживания сигналов. Метод наименьших квадратов.	1		2	9	12
Фильтрация случайных сигналов. Весовые функции.	2		2	9	13
Специальные методы обработки сигналов	2		2	8	12
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	17	–	34	129	180

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 7.1. Контрольные вопросы

1. С каким минимальным периодом следует осуществлять выборки непрерывного гармонического сигнала на частоте 10 Гц? Проиллюстрировать процесс дискретизации такого сигнала графически.

2. Какой частоте в спектре аналогового сигнала соответствует гармоническая составляющая на частоте  $f_h = 2$  кГц в спектре дискретного сигнала, полученного в результате дискретизации с частотой  $f_D = 6$  кГц, при условии, что в исходном аналоговом сигнале гармоническая составляющая с частотой  $f_h$  отсутствует? Объяснить причину наблюдаемого эффекта.

3. Используя представление о разложении произвольного периодического сигнала на гармонические составляющие, синтезировать сигналы: меандр, пилообразный, треугольные импульсы. Проанализировать зависимость формы сигнала от числа гармоник. Результаты представить в форме отчета. Объяснить наличие или отсутствие косинусоидальных и синусоидальных членов в полученных рядах.

4. Записать ряд Фурье и коэффициенты ряда Фурье в тригонометрической и экспоненциальной форме.

5. Используя алгоритм быстрого преобразования Фурье вычислить дискретное преобразование Фурье последовательности [1, 1, 0, 1, 0, 1, 1] и обратное преобразование Фурье полученного результата. Сравнить исходную реализацию с результатом обратного преобразования Фурье.

6. Рассчитать круговую и линейную корреляции двух последовательностей [2, 5, 7, 1, 8, 9] и [3, 5, 1, 8]. Вычислить нормированную корреляцию данных последовательностей и сравнить результатом, полученным на первом этапе.

7. Вычислить функцию корреляции двух синусоидальных сигналов одинаковой частоты при различных взаимных фазовых задержках. Сделать то же для синусоидальных сигналов, модулированных одиночным прямоугольным импульсом. Вычислить

корреляцию двух импульсных сигналов при различной временной задержке между импульсами.

8. Изображение синусоидальной решетки строится объективом в плоскости ПЗС-матрицы. Каким должен быть пространственный период изображения решетки, чтобы его можно было разрешить при помощи ПЗС сенсора размером  $4.76 \text{ мм} \times 3.57 \text{ мм}$ ,  $1024 \times 768$  пикселей?

9. Использовать фильтр скользящего среднего для подавления шума в изображении, после чего использовать фильтр Лапласа для повышения резкости изображения. Поменять очередность операций и сравнить результаты.

10. Объяснить смысл отрицательных пространственных частот в Фурье-образе изображения.

11. Сколько существует различных оттенков серого цвета в таком пространстве RGB, в котором каждая цветовая компонента кодируется 8 разрядами.

#### 7.2. Темы письменных работ (типы задач)

1. Организовать сбор данных с аналогового входа аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Реализовать в интерфейсе пользователя программы возможность изменения частоты дискретизации, размера собираемого блока данных, разрядности квантования входного сигнала, выбора канала преобразования в случае многоканального сбора.

2. Разработать программный модуль, осуществляющий Фурье-преобразование входных сигналов методом Быстрого Преобразования Фурье (БПФ). В качестве входных параметров использовать цифровые сигналы, синтезированные программно, или записанные с аналогового входа АЦП. В качестве выходных параметров должны фигурировать амплитудный и фазовый спектры сигналов и спектр плотности мощности. Предусмотреть в интерфейсе программы возможность изменения размера блока БПФ и перегруппировки результатов БПФ.

3. Разработать программный модуль, осуществляющий фильтрацию цифрового сигнала в частотной области путем удаления из спектра сигнала соответствующих частот. Интерфейс программы должен обеспечивать выбор граничных частот для трех режимов работы фильтра: фильтр низких частот, фильтр высоких частот, полоснопропускающий и полоснозаграждающий. Работу фильтра проверить на примере синтезированного или записанного с аналогового входа АЦП сигнала.

4. Разработать программу, вычисляющую функцию корреляции между двумя сигналами. Вычисление корреляции должно осуществляться как путем прямого вычисления, так и методом быстрой корреляции. Интерфейс программы должен содержать информацию о времени вычисления корреляции тем и иным способом. Программа должна обеспечивать возможность расчета функции корреляции двух различных векторов данных и автокорреляционную функцию одного вектора данных.

5. Разработать программу оценки спектра цифрового сигнала. В программе должны быть реализованы методы периодограмм, модифицированных периодограмм, расчет спектра сигнала из функции автокорреляции. При оценке спектра следует предусмотреть возможность предварительного взвешивания входного сигнала при помощи различных временных окон. В качестве входного сигнала можно использовать как программно синтезированный сигнал, так и записанный с аналогового входа АЦП.

6. Разработать программу синтеза цифрового сигнала. Интерфейсная часть программы должна содержать элементы управления частотой дискретизации, разрядностью квантования. Сигнал должен представлять собой сумму гармонических составляющих с различной амплитудой, частотой и начальной фазой, и шумовой составляющей. Воспользовавшись программным модулем из Задания 5 проанализировать изменение спектра сигнала в зависимости от частоты дискретизации. Изменяя частоту дискретизации добиться эффекта зеркалирования частот.

7. Разработать программу по расчету гистограммы изображения, представленного в градациях серого и в RGB-режиме. Реализовать в программе возможность корректировки гистограммы по яркости и по цветовым каналам в отдельности.

8. Разработать программу пространственной фильтрации изображения: удаление шума, повышение резкости. Удаление шума реализовать посредством медианного фильтра, фильтра скользящего среднего. Повышение резкости обеспечить использованием дифференциального фильтра Лапласа.

9. Разработать программу двумерного преобразования Фурье применительно к фильтрации изображений в частотной области. В программе предусмотреть возможность изменения граничных частот для фильтров следующего типа: фильтр нижних частот, фильтр высоких частот, полоснопропускающий фильтр, полоснозаграждающий фильтр. Используя в качестве тестового изображения периодические системы концентрических колец, решетки и «шахматной доски» проанализировать процесс фильтрации элементов изображений с определенными пространственными частотами.

10. Разработать программу, позволяющую осуществлять преобразование гамма-кривых изображения: степенное, логарифмическое, извлечение негатива.

Контрольная работа по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

7.3. Образец содержания экзаменационного билета (при наличии экзамена по дисциплине)

Экзаменационный билет № \_

1. С каким минимальным периодом следует осуществлять выборки непрерывного гармонического сигнала на частоте 10 Гц? Проиллюстрировать процесс дискретизации такого сигнала графически.

2. Рассчитать круговую и линейную корреляции двух последовательностей [2, 5, 7, 1, 8, 9] и [3, 5, 1, 8]. Вычислить нормированную корреляцию данных последовательностей и сравнить результатом, полученным на первом этапе.

3. Вычислить функцию корреляции двух синусоидальных сигналов одинаковой частоты при различных взаимных фазовых задержках. Сделать то же для синусоидальных сигналов, модулированных одиночным прямоугольным импульсом.

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

## 8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале согласно таким критериям, приведенным в таблице ниже. Организационно-учебная работа обучающегося в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (вопросы лектору по теме лекционного материала, участие в обсуждении пройденного материала, решение задач и ситуаций у доски и т.п.).

### 8.1. Семестр 1

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	Организационно-учебная работа студента в аудитории	20
	Самостоятельная работа	30



	Модульная контрольная работа	50
ИТОГО		100
Зачет		100
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

## 9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- 1) для слепых и слабовидящих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
  - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.
- 2) для глухих и слабослышащих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа;
  - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
  - экзамен проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- 3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - письменные задания выполняются на компьютере;
  - экзамен проводится в устной форме или выполняется в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- 1) для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- 2) для глухих и слабослышащих:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.
- 3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в Главном корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Гурова, 14). Для проведения практических занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете Главного корпуса (ауд.401).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

## 11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 11.1. Основная литература

1. Юкио Сато Без паники! Цифровая обработка сигналов (пер. Т.Селина). – изд-во «ДМК Пресс». – 2017 г. – 176 стр. – ISBN 978-5-97060-430-4, 978-5-94120-251-5
2. Авдюшина Е.В., Пачева М.Н. WEB/XML технологии [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Е.В. Авдюшина, М.Н. Пачева; ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». – Донецк: ДонНУ, 2017. – электронные данные (1 файл).
3. Авдюшина Е.В., Пачева М.Н. Практический курс языка XML и WEB технологий [Электронный ресурс]: учеб.-методическое пособие / Е.В. Авдюшина, М.Н. Пачева; ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». – Донецк: ДонНУ, 2017. – электронные данные (1 файл).

### 11.2. Дополнительная литература

1. Гонсалес, Р., Вудс, Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.
2. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов. Учебник для вузов / А.Б. Сергиенко. СПб.: Питер, 2006. 751 с.
3. Солонина А. И. Основы цифровой обработки сигналов: Курс лекций / Солонина А. И., Улахович Д. А., Арбузов С.М., Соловьев Е. Б. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 768 с.
4. Стивен, С. Цифровая обработка сигналов. Практическое руководство для инженеров и научных работников / С. Стивен. М.: Додэка – XXI, 2008. 720 с.
5. Цифровая обработка сигналов и изображений / под ред. В.И. Кравченко. М.: Физматлит, 2007.

6. Ратхор Т.С. Цифровые измерения. АЦП/Цап. Техносфера, 2006.

*Допускается использование ЭБС, с которыми у Университета заключен договор и к которым есть доступ через сайт научной библиотеки ДонГУ со страницы <http://library.donnu.ru/russ/infpro.html>*

## 12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.

2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»:** сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

4. Электронно-библиотечная система **«Лань»:** [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.

8. **Электронный архив ДонГУ:** раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

## 13. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).