

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

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

Физико-технический факультет
Кафедра компьютерных технологий



УТВЕРЖДАЮ
проректор

П.А. Машаров
«29» марта 2024 г.
МП

П.А. Машаров

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛА

Укрупненная группа направлений
подготовки

Программа высшего образования

Направление подготовки

Профиль подготовки

Квалификация

Форма обучения

09.00.00 Информатика и вычислительная
техника

Программа магистратуры

09.04.01 Информатика и вычислительная
техника

Информатика и вычислительная техника

Технологии искусственного интеллекта

Магистр

Очная, заочная

Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «**Цифровая обработка сигнала**» для обучающихся по направлению подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, магистерских программ (Профиль подготовки: Информатика и вычислительная техника, Технологии искусственного интеллекта), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 сентября 2017 г. № 918 (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.

Разработчики:

Старший преподаватель кафедры
компьютерных технологий



И.И. Максименко

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры компьютерных технологий.
Протокол от 26.03.2024 г. № 12

Заведующий кафедрой



Г.В. Аверин

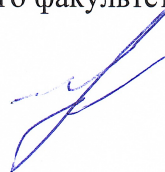
СОГЛАСОВАНО:

Декан физико-технического факультета
28.03.2024 г.



С.А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета.
Протокол от 27.03.2024 г. № 2
Председатель



В. Н. Котенко

Руководитель основной профессиональной
образовательной программы,
д-р технических наук, проф.
26.03.2024 г.



Г.В. Аверин

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ / ПРАКТИКИ / КУРСОВОЙ РАБОТЫ / ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

- 1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной: «Программирование», «Высшая математика».
- 1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Распознавание речи», «Распознавание графических образов».

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ / ПРАКТИКИ / КУРСОВОЙ РАБОТЫ / ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	09.03.01 Информатика и вычислительная техника
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б.М4 Цифровая обработка сигналов
Часть образовательной программы	Базовая часть Вариативная часть: выбор вуза Вариативная часть: выбор обучающегося
Количество зачетных единиц / всего часов	8 / 309

2.2. Распределение часов по периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы	всего	
Очная	1	1	17	34	-	71,9	122,9	зачет
Очная	2	3	17	34	-	-	51	экзамен
Заочная	1	1	3	7	-	116	126	зачет
Заочная	2	3	3	7	-	-	10	экзамен

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ / ПРАКТИКИ / КУРСОВОЙ РАБОТЫ / ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Изучение процесса дискретизации аналоговых сигналов; изучение основ и проблем спектрального анализа цифровых сигналов; приобретение практических навыков по проектированию цифровых фильтров для конкретных нужд, а также эффективного применения этих фильтров; понимание связи между разными способами представления и анализа сигналов и систем: временная область, частотная область, Z-область.

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

4.1. Компетенции

ОПК-6. Способен разрабатывать бизнес- планы и технические задания на оснащение отделов, лабораторий, офисов компьютерным и сетевым оборудованием.

4.2. Индикаторы компетенций

ОПК-6.3. Обладает навыками составления технической документации на различных этапах жизненного цикла информационной системы.

4.3. Результаты обучения

ОПК-6.3.1. Знает основные принципы формирования и структуру бизнес-планов и технических заданий на оснащение отделов, лабораторий, офисов компьютерным и сетевым оборудованием.

ОПК-6.3.2. Умеет анализировать цели и ресурсы организации, разрабатывать бизнес- планы развития IT, составлять технические задания на оснащение отделов, лабораторий, офисов компьютерным и сетевым оборудованием.

ОПК-6.3.3. Аргументированно выбирает методы составления технических заданий.

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ОПК-6. Способен разрабатывать бизнес- планы и технические задания на оснащение отделов, лабораторий, офисов компьютерным и сетевым оборудованием.	ОПК-6.3. Обладает навыками составления технической документации на различных этапах жизненного цикла информационной системы.	ОПК-6.3.1. Знает основные принципы формирования и структуру бизнес-планов и технических заданий на оснащение отделов, лабораторий, офисов компьютерным и сетевым оборудованием. ОПК-6.3.2. Умеет анализировать цели и ресурсы организации, разрабатывать бизнес- планы развития IT, составлять технические задания на оснащение отделов, лабораторий, офисов компьютерным и сетевым оборудованием. ОПК-6.3.3. Аргументированно выбирает методы составления технических заданий.

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
	Содержательный модуль 1. Цифровые сигналы и системы во временной и частотной областях
Тема 1. Сигналы.	Введение в цифровую обработку сигналов. Области применения. Современное состояние. DSP-процессоры. Аспекты программирования. Сигналы. Классификация сигналов. Синусоидальные сигналы. Случайные сигналы. Стационарность сигнала. Амплитудно-временные характеристики сигналов. Дискретизация и квантование аналоговых сигналов. Теорема Котельникова-Найквиста. Алиасинг.
Тема 2. Цифровые системы	Цифровые системы. Линейные системы, инвариантные к сдвигу. Принцип суперпозиции. Импульсная характеристика системы. Свертка. Кросс-корреляция.
Тема 3. Сигналы и системы в частотной области	Частотная характеристика системы. Семейство преобразований Фурье (ПФ): ряды Фурье, непрерывное, дискретное во времени, дискретное ПФ. Свойства ПФ. Алгоритмы Быстрого преобразования Фурье. Спектральный анализ сигналов. Кратковременное ПФ (STFT), спектрограммы. Эффект Гиббса. Оконные функции. Быстрая свертка. Деконволюция.
	Содержательный модуль 2. Цифровые фильтры
Тема 4. Основы цифровой фильтрации	Цифровые фильтры. Классификация фильтров. Частотная, фазовая, импульсная характеристики фильтров. Разностные уравнения. Секционная свертка.
Тема 5. Проектирование цифровых фильтров	Прямое и обратное Z-преобразования. Свойства Z-преобразования. Таблица Z-преобразований функций. Цифровые фильтры в Z-области. Передаточная функция. Нули и полюса передаточной функции. Оконный метод проектирования цифровых фильтров.
Тема 6. Передискретизация сигналов	Передискретизация сигналов. Децимация. Интерполяция. Полифазная фильтрация.

Тематический план

Содержательный модуль 1											
Названия содержательных модулей и тем	Количество часов										
	Очная форма обучения						Заочная форма обучения				
	всего	в т.ч.					всего	в т.ч.			
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальн		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа
<i>Тема 1.</i> Сигналы	12	2		4	6		9,25	0,25		1	8
<i>Тема 2.</i> Системы	24	2		4	18		23,25	0,25		1	22
<i>Тема 3.</i> Частотная область	28	2		6	20		31,5	0,5		1	30
Итого по содержательному модулю 1	64	6		14	44		64	1		3	60
Содержательный модуль 2											
Названия содержательных модулей и тем	Количество часов										
	Очная форма обучения						Заочная форма обучения				
	всего	в т.ч.					всего	в т.ч.			
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальн		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа
<i>Тема 4.</i> Основы цифровой фильтрации	22	2		4	16		29,25	0,25		1	28
<i>Тема 5.</i> Проектирование цифровых фильтров	30	4		8	18		23,5	0,5		1	22
<i>Тема 6.</i> Передискретизация сигналов	10	2		2	6		9,25	0,25		1	8
Итого по содержательному модулю 2	62	8		14	40		62	1		3	58

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕКЦИОННЫХ, ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Темы лекционных занятий

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Сигналы	2
2	Цифровые системы во временной области	2
3	Цифровые системы в частотной области	2
4	Спектральный анализ сигналов	2
5	Основы цифровой фильтрации	2
6	Проектирование цифровых фильтров	2
7	Передискретизация сигналов	2
	ВСЕГО	14

Темы лабораторных занятий

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Обработка сигналов во временной области	6
2	Обработка сигналов в частотной области	8
3	Цифровая фильтрация сигналов	4
4	Анализ и проектирование цифровых фильтров	8
5	Передискретизация сигналов	2
	ВСЕГО	28

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов по курсу «Цифровая обработка сигналов» предусматривает изучение дополнительной технической литературы и интернет-источников, рекомендуемые этой программой; самостоятельную разработку алгоритмов и текстов программ лабораторных работ, изучение дополнительного инструментария. При желании студент может подготовить реферат или доклад по одной из приведенных ниже тем:

1. Программирование DSP-процессоров.
2. Алгоритмы быстрого преобразования Фурье.
3. Спектральный анализ сигналов.
4. Секционная свертка.
5. Прямое и обратное Z-преобразование.
6. Проектирование цифровых фильтров с конечной и бесконечной импульсной характеристикой.
7. Передискретизация сигналов.

8. Адаптивная фильтрация.
9. Гомоморфная обработка нестационарных сигналов.
10. Библиотеки Python для цифровой обработки сигналов.

№ n/n	Название темы	Количество часов
1	Сигналы	6
2	Цифровые системы во временной области	18
3	Цифровые системы в частотной области	10
4	Спектральный анализ сигналов	10
5	Основы цифровой фильтрации	16
6	Проектирование цифровых фильтров	18
7	Передискретизация сигналов	6
	ВСЕГО	84

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. Сигналы. Классификация.
2. Дискретизация и квантование сигналов.
3. Линейные инвариантные ко сдвигу системы. Свойства.
4. Операция свертки. Свойства
5. Частотная характеристика системы.
6. Семейство преобразований Фурье.
7. Спектральный анализ сигналов.
8. Быстрая свертка.

9. ОБРАЗЕЦ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физико-технический факультет

Направление подготовки: **09.04.01 Информатика и вычислительная техника**
 Магистерская программа: **Информатика и вычислительная техника**
 Программа подготовки: **академическая магистратура**
 Семестр **3**
 Учебная дисциплина **Цифровая обработка сигналов**

МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

ВАРИАНТ №1

1. Choose the correct formula for sinusoidal signal with amplitude $A=300$ and frequency $f=500$ Hz:
 a) $300\sin(500t+\pi/4)$ b) $500\sin(2\pi*300t)$ c) $300\sin(2\pi*500t)$ d) $500\sin(300t+\pi/4)$ e) $300\sin(500t)$
2. Given an analog audio signal containing frequency components up to 9000 Hz. Choose the minimum sampling rate (among the following options!) that allows an exact reconstruction of the signal from its samples:

- a) 44100 Hz b) 9000 Hz c) 22050 Hz d) 16000 Hz e) 8000 Hz
3. Given a signal sampled at sampling rate 20000 Hz and containing frequency components up to 9000 Hz. How many samples are needed to store 150 milliseconds of the signal?
a) 1500 b) 9000 c) 20000 d) 10000 e) 3000
4. Given a discrete-time sinusoidal signal $x[n] = \cos(3\pi n/7)$. It's sampled at sampling rate 14000 Hz. What is the frequency (in hertz) of the signal?
a) 6000 Hz b) 3000 Hz c) 7000 Hz d) 2100 Hz e) 11000 Hz
5. Given a system producing a signal $y[n]$ in response to a signal $x[n]$. Impulse response of the system is:
a) $x[n]$, when $y[n]$ is Kronecker delta function
b) $x[n]$, when $y[n]$ is exponential
c) $y[n]$, when $x[n]$ is Kronecker delta function
d) $y[n]$, when $x[n]$ is exponential
e) $x[n]$ represented as a sum of scaled and shifted delta functions
6. Signal $y[n]$ is the convolution of two signals: $x[n] = [1 \ 4 \ 0 \ 3 \ 1 \ 6]$ and $h[n] = [3 \ 8 \ 1 \ 2]$. The sample $y[3] = ?$
a) 15 b) 33 c) 0 d) 40 e) 8
7. Signal s_1 has 1200 samples. Signal s_2 has 500 samples. Signal s_3 is the convolution of s_1 and s_2 . How many samples does it have?
a) 1200 b) 1699 c) 2400 d) 1199 e) 2048
8. Signal s_1 has 400 samples. Kernel h_1 has 50 samples. We need to convolve s_1 with h_1 . How many multiplications are required for direct calculation of the convolution?
a) 20000 b) 20450 c) 450 d) 40000 e) 20050
9. Given a signal sampled at frequency 22050 Hz. The FFT is performed over its first $N = 4096$ samples. What is the length of FFT block?
a) 10,76 sec b) 5,38 sec c) 0,372 sec d) 0,186 sec e) 2,69 sec
10. Given a signal sampled at frequency 16000 Hz. The FFT is performed over its first $N = 512$ samples. What is the frequency resolution of the spectrum?
a) 256 Hz b) 15,625 Hz c) 51,2 Hz d) 62,5 Hz e) 31,25 Hz

Утверждено на заседании кафедры компьютерных технологий,
протокол № ____ от «____» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____

Преподаватель _____

Критерии оценивания модульного контроля

Номер задания	Количество баллов
---------------	-------------------

1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
6	1
7	1
8	1
9	1
10	1
Всего	10

10. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Теоретические вопросы к экзамену

1. Сигналы. Классификация сигналов.
2. Дискретизация сигналов. Теорема Котельникова-Найквиста. Алиасинг.
3. Линейные системы.
4. Свертка. Свойства свертки.
5. Семейство преобразований Фурье.
6. Свойства преобразования Фурье.
7. Спектральный анализ сигналов. Оконные функции. Эффект Гиббса.
8. Быстрая свертка.
9. Классификация цифровых фильтров.
10. Частотная характеристика фильтра.
11. Секционная свертка.
12. Z-преобразования. Свойства.
13. Передаточная функция фильтра.
14. Проектирование фильтров с конечной импульсной характеристикой.
15. Проектирование фильтров с бесконечной импульсной характеристикой.
16. Передискретизация сигналов.

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физико-технический факультет

Направление подготовки: **09.04.01 Информатика и вычислительная техника**
 Магистерская программа: **Информатика и вычислительная техника**
 Программа подготовки: **академическая магистратура**
 Семестр: **3**
 Учебная дисциплина: **Цифровая обработка сигналов**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4

1. Convolution. Properties of convolution.
2. The filter transfer function has zeros $z_1=0.38$, $z_2=-0.71$ and poles $p_1=0.5+0.2i$, $p_2=0.5-0.2i$. Find the frequency response of the filter.

3. Write Python code that plots frequency response and the pole-zero diagram of the filter given above.

Утверждено на заседании кафедры компьютерных технологий,
протокол № ____ от « ____ » _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____
Преподаватель _____

Критерии оценивания экзамена

<i>Номер задания</i>	<i>Количество баллов</i>
1	20
2	20
3	10
Всего	50 баллов

11. ОБРАЗЕЦ ТЕСТОВОГО ЗАДАНИЯ

1. Given a signal sampled at frequency 16000 Hz. The FFT is performed over its first N=512 samples. What is the frequency resolution of the spectrum?

- a) 256 Hz b) 15,625 Hz c) 51,2 Hz d) 62,5 Hz e) 31,25 Hz

2. Given a discrete-time sinusoidal signal $x[n] = \cos(3\pi n/7)$. It's sampled at sampling rate 14000 Hz. What is the frequency (in hertz) of the signal?

- a) 6000 Hz b) 3000 Hz c) 7000 Hz d) 2100 Hz e) 11000 Hz

12. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

По курсу предполагается проведение промежуточной аттестации в виде модульного контроля, экзамена, выполнение лабораторных работ.

*Распределение баллов, которые могут получить студенты
в процессе изучения дисциплины*

	Содержательный модуль №1				Содержательный модуль №2				Экзамен	Всего
	Лабораторные работы		Мод. контр. работа	Всего С.М. №1	Лабораторные работы			Всего С.М. №2		
	№1	№2			№3	№4	№5			
Макс. балл	5	10	10	25	10	10	5	25	50	100

Шкала соответствия баллов национальной шкале

Оценка по шкале ECTS	Оценка по 100-балльной шкале	Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет)	Оценка по государственной шкале (зачет)
----------------------	------------------------------	---	---

A	90-100	5 (отлично)	зачтено
B	80-89	4 (хорошо)	зачтено
C	75-79	4 (хорошо)	зачтено
D	70-74	3 (удовлетворительно)	зачтено
E	60-69	3 (удовлетворительно)	зачтено
FX	35-59	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи	не зачтено
F	0-34	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов	не зачтено

Оценка за овладение курса выставляется по следующим критериям:

– Оценку «отлично» заслуживает студент, который обнаружил глубокие знания при ответах на теоретические вопросы по темам курса, а также выполнил практические задания в полном объеме и набрал более 90 баллов.

– Оценку «хорошо» заслуживает студент, сделавший ошибки в теоретических или практических ответах, которые могут быть интерпретированы как малосущественные для вопросов, которые рассматривались. Студент должен набрать более 75 баллов.

– Оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, который выполнил задания неполно и с ошибками, но при этом набрал более 60 баллов.

– Оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, который не выполнил большинства теоретических и практических задач и набрал менее 60 баллов.

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных занятий требуется аудитория на поток, оборудованная мультимедийным проектором и экраном, или интерактивной доской. Для проведения лабораторных занятий по дисциплине необходим оборудованный ПЭВМ или ноутбуками компьютерный класс с возможностью выхода в Интернет.

13. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ	Наличие электронной версии в ЭБС
Основная литература			
1.	Шарий Т.В. Digital Signal Processing: учебное пособие по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» (для студентов направления подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника) / Т.В. Шарий – Донецк: ДонНУ, 2017. – 125 с.	100	Да
2.	Шарий Т.В. Лабораторные работы по цифровой обработке сигналов: учебно-методическое пособие по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» (для студентов направления подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника) / Т.В. Шарий – Донецк: ДонНУ, 2017. – 72 с.	100	Да
Дополнительная литература			
3.	Downey A. Think DSP. Digital Signal Processing in Python / A. Downey. – O'Reilly Media, 2016. – 176 p.	-	Да

4.	Lyons R. G. Understanding Digital Signal Processing. 3rd Edition / R. G. Lyons. – Prentice Hall, 2014. – 984 p.	-	Да
----	---	---	----

14. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. Библиотека цифровой обработки сигналов NWaves (автор – Шарий Т.В.). URL: <https://github.com/ar1st0crat/NWaves> (дата обращения 18.03.2020 г.).
2. The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing by S.W. Smith. URL: <http://www.dspguide.com> (дата обращения 18.03.2020 г.).

15. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. GNU Octave любой версии.
2. Python-дистрибутив Anaconda не ниже версии 3.5.