

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра компьютерных технологий

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научно-методической
и учебной работе



Е.И. Скафа

2017 г.

Рабочая программа учебной дисциплины

«ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ»

Направления подготовки:	09.04.01 Информатика и вычислительная техника
Магистерская программа:	Информатика и вычислительная техника
Программа подготовки:	академическая магистратура
Квалификация:	магистр
Форма обучения:	очная

Донецк 2017

УТВЕРЖДАЮ:

Декан физико-технического факультета

 Н.Г. Малюк

« 23 » июня 2017 г.

МП



Программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 октября 2014 г. № 1420.

Программа учебной дисциплины «Цифровая обработка сигналов» составлена на основе ГОС ВПО по направлению подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР от «25» декабря 2015 г. № 946, зарегистрированного в Министерстве юстиции ДНР от 01 февраля 2016 г. № 948, «Положения об организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики», утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР 07 августа 2015 г. № 380 (с изменениями и дополнениями от 30 октября 2015 г. № 750), учебного плана по направлению подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника (Профиль: Информатика и вычислительная техника), утвержденного Ученым Советом Университета от 31.03.2017 г., протокол № 3 и основной образовательной программы, утвержденной приказом ректора (№ 77/05 от 06.05 2017 г.).

Разработчик:

канд. техн. наук,

доцент кафедры компьютерных технологий

Т.В. Шарий

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры компьютерных технологий

Протокол № 17 от «04» мая 2017 г.

Заведующий кафедрой

Т.В. Ермоленко

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией физико-технического факультета

Протокол № 5 от «24» мая 2017 г.

Председатель учебно-методической комиссии факультета

В.Н. Котенко

1. Область применения и место дисциплины в учебном процессе

Учебная дисциплина «Цифровая обработка сигналов» относится к базовой части блока «Дисциплины (модули)» и состоит из двух содержательных модулей: модуль 1 – «Цифровые сигналы и системы во временной и частотной областях», модуль 2 – «Цифровые фильтры».

Дисциплина реализуется на физико-техническом факультете кафедрой компьютерных технологий.

Основывается на дисциплинах бакалавриата: «Программирование», «Высшая математика». Является основой для изучения следующих дисциплин: «Распознавание речи», «Распознавание графических образов».

Полученные знания используются студентами во при изучении дисциплины: «Распознавание речи», а также во время выполнения научно-исследовательской работы при написании магистерской диссертации.

Курс читается на английском языке.

2. Структура дисциплины

<i>Характеристика учебной дисциплины</i>		
Направление подготовки	09.04.01 Информатика и вычислительная техника	
Магистерская программа	Информатика и вычислительная техника	
Программа подготовки	академическая магистратура	
Квалификация	магистр	
Количество содержательных модулей	2	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	дисциплина базовой части	
Формы контроля	1 модульный контроль, 1 экзамен	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	3	
Год подготовки	1	
Семестр	1	
Количество часов	108	
- лекционных	18	
- практических, семинарских		
- лабораторных	18	
- самостоятельной работы	72	
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,	6	
в т.ч. аудиторных	2	

3. Описание дисциплины

Цели и задачи.

Цель – формирование базовых знаний и умений студента в области дискретных сигналов и систем, фильтрации, спектрального анализа сигналов.

Задачи – 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.

Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины «Цифровая обработка сигналов» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО РФ по направлению подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника (магистерская программа: Информатика и вычислительная техника):

а) общекультурных (ОК):

- способностью к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности (ОК-3);
- способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности (ОК-7);
- умение оформлять отчеты о проведенной научно-исследовательской работе и подготавливать публикации по результатам исследования (ОК-9).

б) общепрофессиональных (ОПК):

- способностью воспринимать математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания, умением самостоятельно приобретать, развивать и применять их для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте (ОПК-1);
- владением методами и средствами получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе в глобальных компьютерных сетях (ОПК-5);
- способностью анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями (ОПК-6).

в) профессиональных (ПК):

научно-исследовательская деятельность:

- владением существующими методами и алгоритмами решения задач распознавания и обработки данных (ПК-4);
- владением существующими методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов (ПК-5);
- применением перспективных методов исследования и решения профессиональных задач на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники и информационных технологий (ПК-7);

проектная деятельность:

- способностью к созданию программного обеспечения для анализа, распознавания и обработки информации, систем цифровой обработки сигналов (ПК-15).

В результате изучения учебной дисциплины студент должен

Знать:

- основы процессов дискретизации и передискретизации сигналов;
- базовые операции с сигналами во временной и частотной областях;
- основы спектрального анализа сигналов;
- основы проектирования фильтров и анализа их частотных, импульсных, фазовых характеристик.

Уметь:

- осуществлять свертку цифровых сигналов во временной и частотной областях;
- производить спектральный анализ сигналов, трактовать спектрограммы сигналов;
- проектировать и применять разные типы фильтров (с конечной и бесконечной импульсной характеристикой), трактовать диаграммы нулей и полюсов передаточной функции фильтра;
- выполнять передискретизацию сигналов.

Владеть:

- навыками разработки программ на специализированных языках для решения задач цифровой обработки сигналов.

4. Содержание дисциплины и формы организации учебного процесса

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
Содержательный модуль 1. Цифровые сигналы и системы во временной и частотной областях	
Тема 1. Применения цифровой обработки сигналов.	Введение в цифровую обработку сигналов. Области применения. Современное состояние. DSP-процессоры. Аспекты программирования.
Тема 2. Сигналы	Сигналы. Классификация сигналов. Синусоидальные сигналы. Случайные сигналы. Стационарность сигнала. Амплитудно-временные характеристики сигналов.
Тема 3. Дискретизация и квантование аналоговых сигналов	Дискретизация и квантование аналоговых сигналов. Теорема Котельникова-Найквиста. Алиасинг.
Тема 4. Цифровые системы	Цифровые системы. Линейные системы, инвариантные к сдвигу. Принцип суперпозиции. Импульсная характеристика системы. Свертка. Кросс-корреляция.
Тема 5. Частотная область	Частотная характеристика системы. Семейство преобразований Фурье (ПФ): ряды Фурье, непрерывное, дискретное во времени, дискретное ПФ. Свойства ПФ.
Тема 6. Быстрое преобразование Фурье	Алгоритмы Быстрого преобразования Фурье
Тема 7. Спектральный анализ сигналов	Спектральный анализ сигналов. Кратковременное ПФ (STFT), спектрограммы. Эффект Гиббса. Оконные функции
Тема 8. Быстрая свертка	Быстрая свертка. Деконволюция.

Содержательный модуль 2. Цифровые фильтры	
Тема 9. Основы цифровой фильтрации	Цифровые фильтры. Классификация фильтров. Частотная, фазовая, импульсная характеристики фильтров. Разностные уравнения. Секционная свертка.
Тема 10. Прямое и обратное Z-преобразования	Прямое и обратное Z-преобразования. Свойства Z-преобразования. Таблица Z-преобразований функций.
Тема 11. Проектирование цифровых фильтров	Цифровые фильтры в Z-области. Передаточная функция. Нули и полюса передаточной функции. Оконный метод проектирования цифровых фильтров.
Тема 12. Передискретизация сигналов	Передискретизация сигналов. Децимация. Интерполяция. Полифазная фильтрация.
Тема 13. Адаптивная фильтрация	Подавление стационарных шумов. Спектральное вычитание. Адаптивная фильтрация.
Тема 14. Нелинейные фильтры	Медианный фильтр. Гомоморфная обработка сигнала.

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	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа
Тема 1. Применения цифровой обработки сигналов	5	1			4							
Тема 2. Сигналы	6	1		1	4							
Тема 3. Дискретизация и квантование аналоговых сигналов	7	1		2	4							
Тема 4. Цифровые системы	7	2		1	4							
Тема 5. Частотная область	9	2		2	5							
Тема 6. Быстрое преобразование Фурье	7	1		1	5							
Тема 7. Спектральный анализ сигналов	7	1		1	5							
Тема 8. Быстрая свертка	7	1		1	5							
Итого по 1-му содержательному модулю	55	10		9	36							

	Содержательный модуль 2											
Тема 9. Основы цифровой фильтрации	11	2		3	6							
Тема 10. Прямое и обратное Z-преобразования	8	1		1	6							
Тема 11. Проектирование цифровых фильтров	11	2		3	6							
Тема 12. Передискретизация сигналов	9	1		2	6							
Тема 13. Адаптивная фильтрация	7	1			6							
Тема 14. Нелинейные фильтры	7	1			6							
Итого по 2-му содержательному модулю	53	8		9	36							
Всего часов	108	18		18	72							

5. Методические рекомендации для проведения лекционных, практических и лабораторных занятий.

Практические занятия не предусмотрены учебным планом

ТЕМЫ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Название темы	Количество часов
1	Применения цифровой обработки сигналов. Сигналы	2
2	Дискретизация и квантование аналоговых сигналов	2
3	Цифровые системы. Импульсная характеристика. Свертка	2
4	Частотная область. Частотная характеристика. Преобразование Фурье	2
5	Быстрое преобразование Фурье. Спектральный анализ сигналов	2
6	Быстрая свертка. Основы цифровой фильтрации	2
7	Прямое и обратное Z-преобразования. Проектирование цифровых фильтров	2
8	Передискретизация сигналов. Полифазная фильтрация	2
9	Адаптивная фильтрация. Нелинейные фильтры	2
	ВСЕГО	18

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Название темы	Количество часов
1	Обработка сигналов во временной области	3
2	Обработка сигналов в частотной области	6
3	Цифровая фильтрация сигналов	3
4	Анализ и проектирование цифровых фильтров	4
5	Передискретизация сигналов	2
	ВСЕГО	18

6. Методические рекомендации по организации 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.

ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

№ п / п	Название темы	Количество часов
1	Применения цифровой обработки сигналов.	4
2	Сигналы	4
3	Дискретизация и квантование аналоговых сигналов	4
4	Цифровые системы	4
5	Частотная область	5
6	Быстрое преобразование Фурье	5
7	Спектральный анализ сигналов	5
8	Быстрая свертка	5
9	Основы цифровой фильтрации	6
10	Прямое и обратное Z-преобразования	6
11	Проектирование цифровых фильтров	6
12	Передискретизация сигналов	6
13	Адаптивная фильтрация	6
14	Нелинейные фильтры	6
	ВСЕГО	72

7. Индивидуальные задания содержатся в методических указаниях.

Образец индивидуального задания

(Из лабораторной работы № 1).

Вариант 1. Write code to generate signal consisting of 3 sinusoids with frequencies 900 Hz, 1400 Hz and 7100 Hz. The signal has to be 600 ms long, and it should be sampled with sampling frequency 44100 Hz.

Вариант 2. Write code to generate signal consisting of 3 sinusoids with frequencies *1200 Hz*, *1900 Hz* and *5600 Hz*. The signal has to be *800 ms* long, and it should be sampled with sampling frequency *22050 Hz*.

Вариант 3. Write code to generate signal consisting of 3 sinusoids with frequencies *300 Hz*, *2400 Hz* and *3100 Hz*. The signal has to be *600 ms* long, and it should be sampled with sampling frequency *16000 Hz*.

...

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

Модульный контроль включает 10 тестовых вопросов, каждый из которых оценивается в 2 балла.

Пример тестового задания:

1. 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
2. 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

10. Образец экзаменационного билета

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: **1**
 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 кафедрой компьютерных технологий,
 протокол № ____ от “__” _____ 20__ г.

Зав. кафедрой _____

Преподаватель _____

Теоретические вопросы к экзамену

1. Применения цифровой обработки сигналов.
2. Сигналы
3. Дискретизация и квантование аналоговых сигналов
4. Цифровые системы
5. Частотная область
6. Быстрое преобразование Фурье
7. Спектральный анализ сигналов
8. Быстрая свертка
9. Основы цифровой фильтрации
10. Прямое и обратное Z-преобразования
11. Проектирование цифровых фильтров
12. Передискретизация сигналов
13. Адаптивная фильтрация
14. Нелинейные фильтры

Критерии оценивания экзамена

Номер задания	Количество баллов
Задание 1	20
Задание 2	20
Задание 3	10
Всего	50 баллов

11. Образец тестового задания

1. 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

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, выполнение блока лабораторных работ и экзамена.

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

Форма контроля	Максимальное количество баллов
Лабораторная работа №1	5
Лабораторная работа №2	7
Лабораторная работа №3	5
Лабораторная работа №4	8
Лабораторная работа №5	5
Модульный контроль	20
Экзамен	50
Итого	100

Шкала оценивания:

Шкала ECTS	Оценка по 100-балльной шкале, которая действует в ДонНУ	Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачёт)	Оценка по государственной шкале (зачёт)
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

13. 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.

14. Рекомендованная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ	Наличие электронной версии в ЭБС
<i>Основная литература</i>			
1.	Шарий Т.В. Digital Signal Processing [Электронный ресурс] / Т.В.Шарий. – Донецк: ДонНУ, 2017. – Электронные данные (1 файл).	-	+
<i>Дополнительная литература</i>			
2.	Шарий Т.В. Лабораторные работы по цифровой обработке сигналов [Электронный ресурс] / Т.В.Шарий. – Донецк: ДонНУ, 2017. – Электронные данные (1 файл)	-	+

15. Информационные ресурсы

<http://greenteapress.com/thinkdsp/html/index.html> – Allen Downey. Think DSP: Digital Signal Processing in Python.

<http://www.dspguide.com/pdfbook.htm> – The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing By Steven W. Smith, Ph.D.

<https://github.com/ar1st0crat/NWaves> – Библиотека цифровой обработки сигналов на языке программирования C#.

16. Программное обеспечение

1. Python-дистрибутив Anaconda последней версии (лицензия BSD, свободное программное обеспечение).

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры компьютерных технологий с изменениями (без изменений) на 2018/19 учебный год.

Протокол № 2 от “30” 08 2018 г.

Зав. кафедрой



Т.В. Ермоленко