

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт вычислительной математики и информационных технологий



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Минзарипов Р.Г.

"\_\_" 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**  
Цифровая обработка сигналов М2.В.2

Направление подготовки: 010300.68 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Профиль подготовки: Математические основы и программное обеспечение информационной безопасности и защиты информации

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Столов Е.Л.

**Рецензент(ы):**

Фофанов В.Б.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Латыпов Р. Х.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

Протокол заседания УМК № \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" 201\_\_ г

Регистрационный №

Казань

2013

## **Содержание**

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Соловьев Е.Л. кафедра системного анализа и информационных технологий отделение фундаментальной информатики и информационных технологий , Yevgeni.Stolov@kpfu.ru

## **1. Цели освоения дисциплины**

Цель курса заключается в изложении математических основ теории обработки сигналов и изображений. Дается изложение преобразования Фурье от обобщенных функций. В рамках данной теории излагаются вопросы фильтрации сигналов и изображений. Рассматриваются современные способы сжатия изображений. На практических занятиях изложенная теория иллюстрируется как готовыми программами, так и программами, написанными студентами в системе SciLab

## **2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования**

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.В.2 Профессиональный" основной образовательной программы 010300.68 Фундаментальная информатика и информационные технологии и относится к вариативной части. Осваивается на 1 курсе, 2 семестре.

"Цифровая обработка сигналов" входит в состав профессиональных дисциплин. Читается на 4 курсе, в 8 семестре.

## **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля**

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1 (профессиональные компетенции)	ПК1 способность применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и языки баз данных, методологии системной инженерии, системы автоматизации проектирования, электронные библиотеки и коллекции, сетевые технологии, библиотеки и пакеты программ, современные профессиональные стандарты информационных технологий (в соответствии с профилизацией)
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность профессионально решать задачи производственной и технологической деятельности с учетом современных достижений науки и техники, включая: разработку алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования; разработку математических, информационных и имитационных моделей по тематике выполняемых исследований; создание информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных; разработку тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям; разработку эргономических человеко-машинных интерфейсов (в соответствии с профилизацией)

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способность разрабатывать и реализовывать процессы жизненного цикла информационных систем, программного обеспечения, сервисов систем информационных технологий, а также методы и механизмы оценки и анализа функционирования средств и систем информационных технологий; способности разработки проектной и программной документации, удовлетворяющей нормативным требованиям
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способность демонстрировать знания фундаментальных и смежных прикладных разделов специальных дисциплин магистерской программы, знания общеметодологического характера, знания истории развития информатики и информационных технологий;
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способность использовать углубленные теоретические и практические знания в области информационных технологий и прикладной математики, фундаментальные концепции и системные методологии, международные и профессиональные стандарты в области информационных технологий, а также знания, которые находятся на передовом рубеже науки

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основные различия между аналоговыми и цифровыми сигналами и знать проблемы, возникающие при переходе от одного вида представления к другому

2. должен уметь:

ориентироваться в современной литературе, относящейся к области цифровых сигналов и изображений

3. должен владеть:

теоретическими знаниями в области фильтрации цифровых сигналов и методами сжатия цифровых сигналов

-применять полученные знания и навыки в своей дальнейшей профессиональной деятельности

#### **4. Структура и содержание дисциплины/ модуля**

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен во 2 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### **4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю**

##### **Тематический план дисциплины/модуля**

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Преобразование Фурье. Обобщенные функции. Дельта функция и работа с ней	2		0	8	0	домашнее задание
2.	Тема 2. Дискретное преобразование Фурье и его свойства	2		0	6	0	домашнее задание
3.	Тема 3. Оцифровка аналогового сигнала. Шум оцифровки. Теорема Котельникова-Шеннона	2		0	8	0	домашнее задание
4.	Тема 4. Линейные инвариантные системы. Фильтры с конечным и бесконечным временем отклика.	2		0	8	0	домашнее задание
5.	Тема 5. Симметричные FIR фильтры	2		0	4	0	домашнее задание
6.	Тема 6. IIR фильтры. Фильтры Баттерворта	2		0	4	0	домашнее задание
7.	Тема 7. Связь фильтров высоких частот и полосовых фильтров с фильтрами низких частот	2		0	4	0	домашнее задание
8.	Тема 8. Конечное преобразование Фурье. Схемы БПФ	2		0	4	0	домашнее задание
9.	Тема 9. Кратковременное преобразование Фурье и его применение. Вейвлет преобразование. Преобразование Хаара	2		0	4	0	домашнее задание
10.	Тема 10. Цифровое изображение. Точечные и пространственные преобразования Удаление шума	2		0	4	0	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
11.	Тема 11. Спектр изображения. FIR фильтры для обработки изображений. Фирмы Собеля и Лапласа	2		0	4	0	домашнее задание
12.	Тема 12. Методы создания текстур. Фракталы. Фрактальные текстуры	2		0	6	0	домашнее задание
13.	Тема 13. Сжатие изображений. Идея метода JPEG	2		0	8	0	домашнее задание
.	Тема . Итоговая форма контроля	2		0	0	0	экзамен
	Итого			0	72	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Преобразование Фурье. Обобщенные функции. Дельта функция и работа с ней**  
**практическое занятие (8 часа(ов)):**

Преобразование Фурье. Обобщенные функции. Дельта функция и работа с ней

**Тема 2. Дискретное преобразование Фурье и его свойства**

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

Дискретное преобразование Фурье и его свойства

**Тема 3. Оцифровка аналогового сигнала. Шум оцифровки. Теорема Котельникова-Шеннона**

**практическое занятие (8 часа(ов)):**

Оцифровка аналогового сигнала. Шум оцифровки. Теорема Котельникова-Шеннона

**Тема 4. Линейные инвариантные системы. Фильтры с конечным и бесконечным временем отклика.**

**практическое занятие (8 часа(ов)):**

Линейные инвариантные системы. Фильтры с конечным и бесконечным временем отклика.

**Тема 5. Симметричные FIR фильтры**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Симметричные FIR фильтры

**Тема 6. IIR фильтры. Фильтры Баттеруорта**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

IIR фильтры. Фильтры Баттеруорта

**Тема 7. Связь фильтров высоких частот и полосовых фильтров с фильтрами низких частот**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Связь фильтров высоких частот и полосовых фильтров с фильтрами низких частот

**Тема 8. Конечное преобразование Фурье. Схемы БПФ**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Конечное преобразование Фурье. Схемы БПФ

## **Тема 9. Кратковременное преобразование Фурье и его применение. Вейвлет преобразование. Преобразование Хаара**

### **практическое занятие (4 часа(ов)):**

кратковременное преобразование Фурье и его применение. Вейвлет преобразование. Преобразование Хаара

## **Тема 10. Цифровое изображение. Точечные и пространственные преобразования Удаление шума**

### **практическое занятие (4 часа(ов)):**

Цифровое изображение. Точечные и пространственные преобразования Удаление шума

## **Тема 11. Спектр изображения. FIR фильтры для обработки изображений. Фирмы Собеля и Лапласа**

### **практическое занятие (4 часа(ов)):**

Спектр изображения. FIR фильтры для обработки изображений. Фирмы Собеля и Лапласа

## **Тема 12. Методы создания текстур. Фракталы. Фрактальные текстуры**

### **практическое занятие (6 часа(ов)):**

Методы создания текстур. Фракталы. Фрактальные текстуры

## **Тема 13. Сжатие изображений. Идея метода JPEG**

### **практическое занятие (8 часа(ов)):**

Сжатие изображений. Идея метода JPEG

## **4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Преобразование Фурье. Обобщенные функции. Дельта функция и работа с ней	2		подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
2.	Тема 2. Дискретное преобразование Фурье и его свойства	2		подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
3.	Тема 3. Оцифровка аналогового сигнала. Шум оцифровки. Теорема Котельникова-Шеннона	2		подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
4.	Тема 4. Линейные инвариантные системы. Фильтры с конечным и бесконечным временем отклика.	2		подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
5.	Тема 5. Симметричные FIR фильтры	2		подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
6.	Тема 6. IIR фильтры. Фильтры Баттервортса	2		подготовка домашнего задания	4	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
7.	Тема 7. Связь фильтров высоких частот и полосовых фильтров с фильтрами низких частот	2		подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
8.	Тема 8. Конечное преобразование Фурье. Схемы БПФ	2		подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
9.	Тема 9. Кратковременное преобразование Фурье и его применение. Вейвлет преобразование. Преобразование Хаара	2		подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
10.	Тема 10. Цифровое изображение. Точечные и пространственные преобразования Удаление шума	2		подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
11.	Тема 11. Спектр изображения. FIR фильтры для обработки изображений. Фирмы Собеля и Лапласа	2		подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
12.	Тема 12. Методы создания текстур. Фракталы. Фрактальные текстуры	2		подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
13.	Тема 13. Сжатие изображений. Идея метода JPEG	2		подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
Итого					72	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Обучение происходит в форме лекционных и лабораторных занятий, а также самостоятельной работы студентов.

Теоретический материал излагается на лекциях. Причем конспект лекций, который остается у студента в результате прослушивания лекции не может заменить учебник. Его цель-формулировка основных утверждений и определений. Прослушав лекцию, полезно ознакомиться с более подробным изложением материала в учебнике. Список литературы разделен на две категории: необходимый для сдачи зачета минимум и дополнительная литература.

Изучение курса подразумевает не только овладение теоретическим материалом, но и получение практических навыков для более глубокого понимания разделов на основе решения задач и упражнений, иллюстрирующих доказываемые теоретические положения, а также развитие абстрактного мышления и способности самостоятельно доказывать утверждения. Самостоятельная работа предполагает выполнение домашних работ. Практические задания, выполненные в аудитории, предназначены для указания общих методов решения задач определенного типа. Закрепить навыки можно лишь в результате самостоятельной работы. Кроме того, самостоятельная работа включает подготовку к экзамену. При подготовке к сдаче экзамена весь объем работы рекомендуется распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к экзамену, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если можно перевыполнить план. Тогда будет резерв времени.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

**Тема 1. Преобразование Фурье. Обобщенные функции. Дельта функция и работа с ней**  
домашнее задание , примерные вопросы:

Углубленное изучение литературы. Решение задач.

**Тема 2. Дискретное преобразование Фурье и его свойства**

домашнее задание , примерные вопросы:

Углубленное изучение литературы. Решение задач.

**Тема 3. Оцифровка аналогового сигнала. Шум оцифровки. Теорема Котельникова-Шеннона**

домашнее задание , примерные вопросы:

Углубленное изучение литературы. Решение задач.

**Тема 4. Линейные инвариантные системы. Фильтры с конечным и бесконечным временем отклика.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Углубленное изучение литературы. Решение задач.

**Тема 5. Симметричные FIR фильтры**

домашнее задание , примерные вопросы:

Углубленное изучение литературы. Решение задач.

**Тема 6. IIR фильтры. Фильтры Баттервортса**

домашнее задание , примерные вопросы:

Углубленное изучение литературы. Решение задач.

**Тема 7. Связь фильтров высоких частот и полосовых фильтров с фильтрами низких частот**

домашнее задание , примерные вопросы:

Углубленное изучение литературы. Решение задач.

**Тема 8. Конечное преобразование Фурье. Схемы БПФ**

домашнее задание , примерные вопросы:

Углубленное изучение литературы. Решение задач.

**Тема 9. Кратковременное преобразование Фурье и его применение. Вейвлет преобразование. Преобразование Хаара**

домашнее задание , примерные вопросы:

Углубленное изучение литературы. Решение задач.

**Тема 10. Цифровое изображение. Точечные и пространственные преобразования  
Удаление шума**

домашнее задание , примерные вопросы:

Углубленное изучение литературы. Решение задач.

### **Тема 11. Спектр изображения. FIR фильтры для обработки изображений. Фирмы Собеля и Лапласа**

домашнее задание , примерные вопросы:

Углубленное изучение литературы. Решение задач.

### **Тема 12. Методы создания текстур. Фракталы. Фрактальные текстуры**

домашнее задание , примерные вопросы:

Углубленное изучение литературы. Решение задач.

### **Тема 13. Сжатие изображений. Идея метода JPEG**

домашнее задание , примерные вопросы:

Углубленное изучение литературы. Решение задач.

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

По данной дисциплине предусмотрено проведение зачета и промежуточных тестов.

Примерные вопросы для зачета - Приложение 1. Примерные тестовые вопросы по текущему контролю успеваемости - Приложение 2.

Задания по обработке сигналов

Во всех заданиях исходным является звуковой файл sound.txt на сайте.

Файл надо скачать, затем переименовать в sound.wav и загрузить в систему командой `[a,f]=wavread('sound.wav');` При этом массив 'a' ? звуковой файл, а 'f' ? частота стробирования.

Использовать функции `roots` ? вычисление корней, `fft`.

1. Построить полосовой FIR фильтр для выделения полосы частот [200,400] Hz. Сравнить спектры до и после фильтрации. Построить график передаточной функции

2. Построить полосовой IIR фильтр для выделения полосы частот [200,400] Hz. Сравнить спектры до и после фильтрации. Построить график передаточной функции

3. Построить полосовой фильтр для выделения полосы частот [800,1300] Hz в виде последовательного соединения двух IIR фильтров Сравнить спектры до и после фильтрации. Построить график передаточной функции

4. Построить полосовой фильтр для выделения полосы частот [1200,1300] Hz в виде последовательного соединения FIR фильтра высоких частот и IIR фильтра низких частот. Сравнить спектры до и после фильтрации. Построить график передаточной функции

5. Построить полосовой фильтр для выделения полосы частот [200,600]-Hz в виде последовательного соединения FIR фильтра низких частот и IIR фильтра высоких частот . Сравнить спектры до и после фильтрации. Построить график передаточной функции

6. Построить полосовой фильтр для выделения полосы [200,600]-Hz в виде последовательного соединения IIR фильтра низких частот и FIR фильтра высоких частот Построить график передаточной функции. Сравнить спектры до и после фильтрации.

7. Построить стоп-банд FIR фильтр для полосы частот [1200,1350] Hz в виде суммы двух FIR фильтров. Сравнить спектры до и после фильтрации. Построить график передаточной функции
  8. Построить стоп-банд фильтр для полосы частот [200,700] Hz в виде суммы двух IIR фильтров Сравнить спектры до и после фильтрации. Построить график передаточной функции
  9. Построить стоп-банд фильтр для полосы частот [1200,3000] Hz в виде суммы FIR фильтра высоких частот и IIR фильтра низких частот. Сравнить спектры до и после фильтрации. Построить график передаточной функции
  10. Найти коэффициенты IIR фильтра с передаточной функцией  $1/(1+(\sin(\pi w)/0.2)^6)$ . Сравнить графики передаточных функций.
  11. Подобрать коэффициенты устойчивого IIR фильтра с передаточной функцией  $1+a_1z^{-1}+a_2z^{-2}$  так, чтобы получился фильтр низких частот
  12. Подобрать коэффициенты устойчивого IIR фильтра с передаточной функцией  $1+a_1z^{-1}+a_2z^{-2}$  так, чтобы получился фильтр высоких частот
  13. Найти коэффициенты IIR фильтра с передаточной функцией  $1/(1+(\tan(\pi w)/0.2)^6)$ .
  14. Построить сонограмму звукового файла с помощью fft и окна 15 мс. Найти пределы форманты F\_0. Построить полосовой фильтр, выделяющий эту форманту.
  15. Построить сонограмму звукового файла с помощью fft и окна 15 мс. Найти пределы форманты F\_1. Построить полосовой фильтр, выделяющий эту форманту.
  16. Реализовать процедуру фильтрации фильтром с  $H(z)=1+2z^{-1}-3z^{-2}$  коротких последовательностей (N=512) с помощью fft
  17. Реализовать процедуру фильтрации фильтром с  $H(z)=1/(1+0.2^2z^{-1})$  коротких последовательностей (N=512) с помощью fft
- Задания по обработке изображений
- Во всех заданиях исходным является файл 378\_364.txt, содержащий изображение. Загрузка изображения осуществляется согласно инструкции на сайте.
1. Осуществить морфологическое преобразование для выделения вертикальных линий erosion (предварительно перевести в бинарную форму)
  2. Осуществить морфологическое преобразование для выделения горизонтальных линий erosion (предварительно перевести в бинарную форму)
  3. Осуществить морфологическое преобразование dilation с конкретным структурным элементом (предварительно перевести в бинарную форму)
  4. Применить операцию hit-miss с помощью конкретной 3Х3 апертуры (предварительно перевести в бинарную форму)
  5. Применить фильтр Собеля для выделения вертикальных линий
  6. Применить фильтр Собеля для выделения горизонтальных линий.
  7. Применить фильтр Лапласа для выделения границ
  8. Восстановить смазанное в вертикальном направлении изображение

9. Применить точечное преобразование к изображению с определенной функцией ( сначала подавление, затем равномерный рост)
10. Применить операцию dithering к изображению
11. Применить операцию эквализации , используя 5 битов (32 уровня)
12. Вырезать фрагмент 16X16 , применить к нему косинус преобразование и восстановить изображение, оставив 30% коэффициентов
13. Вырезать фрагмент 16X16 , применить к нему преобразование Хартли и восстановить изображение, оставив 30% коэффициентов

### **7.1. Основная литература:**

1. Соловьев Е.Л. Введение в цифровую обработку сигналов./// Казанский государственный университет, 2008
2. Цифровая обработка сигналов и изображений // //Электронный ресурс КФУ. Vksalt.ksu.ru Институт ВМ и ИТ
3. Galada H. Image processing with SciLab // Scilab organization, 2011  
Электронное издание. Книга помещена внутрь курса "Цифровая обработка сигналов и изображений"

### **7.2. Дополнительная литература:**

1. Яне Б. Цифровая обработка изображений. - Техносфера, 2007, 584 с.
2. С. Малла. Вейвлеты в обработке сигналов. Мир. 2005, 672 с.
3. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. - Техносфера, 2007, 856 с.
4. Лабораторные работы по цифровой обработке сигналов и изображений. Сайт факультета ВМК

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

- Википедия - <http://ru.wikipedia.org>  
Интернет-портал образовательных ресурсов по ИТ - <http://www.intuit.ru>  
Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.math.ru/>  
Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.allmath.com/>  
Портал ресурсов по математике, алгоритмике и ИТ - <http://algolist.manual.ru/>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану**

Освоение дисциплины "Цифровая обработка сигналов" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 010300.68 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" и магистерской программе Математические основы и программное обеспечение информационной безопасности и защиты информации .

Автор(ы):

Столов Е.Л. \_\_\_\_\_

"\_\_" 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Фофанов В.Б. \_\_\_\_\_

"\_\_" 201\_\_ г.

Лист согласования

N	ФИО	Согласование
1	Латыпов Р. Х.	
2	Латыпов Р. Х.	
3	Латыпов Р. Х.	
4	Чижанова Е. А.	
5	Соколова Е. А.	
6	Тимофеева О. А.	