

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»  
Высшая школа компьютерных наук и искусственного интеллекта

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Обработка сигналов**

**Шифр: 02.03.02**

**Направление подготовки: Фундаментальная информатика и информационные  
технологии**

**Профиль: Программная инженерия в искусственном интеллекте**

**Квалификация (степень) выпускника: бакалавр**

## Лист согласования

**Составитель:** Верещагин Михаил Дмитриевич, PhD, директор Высшей школы компьютерных наук и искусственного интеллекта

Рабочая программа утверждена на заседании  
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 33 от «27» октября 2023 г.

Председатель Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Директор высшей школы компьютерных наук  
и искусственного интеллекта

М.Д. Верещагин

Руководитель ОПОП ВО

С.С. Головин

## Содержание

1. Наименование дисциплины «Обработка сигналов».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
  - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
  - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности процессе текущего контроля
  - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
  - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

## 1. Наименование дисциплины: «Обработка сигналов».

**Целью** курса «Обработка сигналов» является систематическое изучение теоретических методов и алгоритмов компьютерного анализа экспериментальных данных, упорядоченных вдоль некоторой оси. Курс лекций включает изучение базовых вопросов дискретизации сигналов по времени, получения их цифрового представления, цифровой фильтрации, спектрально-корреляционного анализа. Большое внимание уделяется вопросам построения и оценивания моделей нестационарных сигналов на основе марковской теории случайных процессов. Задачей курса является предоставить студентам уникальные инструменты, позволяющие решать конкретные прикладные задачи из различных областей знаний: микробиологии, экономики, финансов, техники и технологии.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции.	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен классифицировать и идентифицировать задачи искусственного интеллекта, выбирать адекватные методы и инструментальные средства решения задач искусственного интеллекта	ПК-1.1. Классифицирует и идентифицирует задачи систем искусственного интеллекта в зависимости от особенностей проблемной и предметной областей ПК-1.2. Выбирает методы и инструментальные средства искусственного интеллекта для решения задач в зависимости от особенностей проблемной и предметной областей ПК-1.3. Собирает исходную информацию и формирует требования к решению задач с использованием методов искусственного интеллекта	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• основные определения искусственного интеллекта и систем искусственного интеллекта, историю развития науки об искусственном интеллекте, эволюцию и главные тренды систем искусственного интеллекта; классы решаемых задач с помощью систем искусственного интеллекта; основные параметры идентификации задач искусственного интеллекта: назначение, сфера применения, виды используемых знаний, временные аспекты решения задач</li><li>• методы и инструментальные средства решения задач с использованием систем искусственного интеллекта в зависимости от особенностей</li></ul>

		<p>проблемной области, критерии выбора методов и инструментальных средств решения интеллектуальных задач, подходы к выбору методов и инструментальных средств систем искусственного интеллекта, процесс, стадии и методологии разработки решений на основе искусственного интеллекта</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• методы сбора и обобщения информации о проблемной области путем опроса экспертов, исходных данных о функционировании проблемной и предметной областей, документированных источников знаний, а также формирования требований к системе искусственного интеллекта</li></ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• определять принадлежность проблемной и предметной областей к классу решаемых задач с помощью систем искусственного интеллекта и основные параметры идентификации задач систем искусственного интеллекта</li><li>• осуществлять оценку критериев выбора методов и инструментальных средств решения задач с помощью систем искусственного интеллекта и выбор</li></ul>
--	--	---

		<p>методов и инструментальных средств в зависимости от особенностей проблемной и предметной областей</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• осуществлять сбор и обобщение информации о проблемной области путем опроса экспертов, исходных данных о функционировании проблемной области, документированных источников знаний, а также формировать требования к системе искусственного интеллекта</li><li>• осуществлять сбор исходной информации с использованием платформ данных (облачных и внутрикорпоративных)</li></ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• инструментальными средствами решения задач с помощью систем искусственного интеллекта и выбор методов и инструментальных средств в зависимости от особенностей проблемной и предметной областей</li><li>• инструментами сбора и обобщения информации о проблемной области путем опроса экспертов, исходных данных о функционировании проблемной области, документированных источников знаний, а также формировать требования к системе искусственного</li></ul>
--	--	--

		интеллекта
--	--	------------

### 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

«Обработка сигналов» представляет собой дисциплину Части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.ДВ.02) направления подготовки бакалавриата 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», профиль «Программная инженерия в искусственном интеллекте».

### 4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

### 5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы

№ п/п	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Тема 1. Введение.	Задача и содержание курса. Связь с другими дисциплинами. Краткая историческая справка о становлении методов ЦОС и их значение в современных системах сбора и обработки данных. Характеристика основных разделов ЦОС.

		Прикладные задачи анализа сигналов..
2	Тема 2. Понятие сигнала.	Нестационарная модель сигнала. Примеры сигналов и их нестационарных моделей. Сигнал речи, его спектральное представление и результат распознавания. Периодические данные о доходностях ценных бумаг и задача оценивания изменяющегося состава портфеля инвестиционной компании. Последовательность аминокислот, составляющая полимерную молекулу белка, и задача парного выравнивания белков.
3	Тема 3. Пространства сигналов.	Линейные пространства. Подпространство линейного пространства. Нормированные линейные пространства. Пространства со скалярным произведением.
4	Тема 4. Классификация задач обработки сигналов по Норберту Винеру.	Задача фильтрации. Задача интерполяции. Задача экстраполяции (прогноза). Основные характеристики сигналов. Временная и спектральная области представления и анализа сигналов..
5	Тема 5. Динамическое представление сигналов.	Разложение сигналов по единичным импульсам. Импульсный отклик линейной системы. Свертка (конволюция).
6	Тема 6 Спектральное представление сигналов.	Разложение сигналов по гармоническим функциям. Ряды Фурье. Тригонометрическая форма рядов Фурье. Эффект Гиббса. Непрерывные преобразования Фурье и Лапласа. Обобщенный ряд Фурье. Свойства преобразований Фурье. Спектры некоторых сигналов.
7	Тема 7 Энергетические спектры сигналов.	Мощность и энергия сигналов. Энергетические спектры сигналов.
8	Тема 8 Дискретизация сигналов	. Задачи дискретизации функций. Равномерная дискретизация. Адаптивная дискретизация.
9	Тема 9 Квантование сигналов.	Децимация и интерполяция данных. Дискретные преобразования сигналов. Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Преобразование Лапласа. Z-преобразование сигналов. Дискретная свертка (конволюция). Корреляция сигналов. Автокорреляционные функции сигналов. Взаимные корреляционные функции сигналов. Спектральные плотности корреляционных функций
10	Тема 10 Цифровые фильтры.	Рекурсивные и нерекурсивные дискретные фильтры Нерекурсивные фильтры. Симметричные фильтры. Рекурсивные фильтры. Формы реализации дискретных фильтров. Каноническая форма. Транспонированная форма. Последовательная (каскадная) форма. Параллельная форма Проектирование дискретных фильтров. Синтез



		рекурсивных фильтров по аналоговому прототипу. Метод билинейного z-преобразования. Метод инвариантной импульсной характеристики. Прямые методы синтеза. Оптимальные методы. Субоптимальные методы. Субоптимальный синтез нерекурсивных фильтров. Синтез с использованием окон. Фильтры с косинусоидальным сглаживанием. Влияние эффектов квантования в цифровых фильтрах.
--	--	---

## 6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

**Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа** (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

№ п/п	Наименование раздела	Тема лекции
1	Тема 1. Введение.	Лекция 1. Введение.
2	Тема 2. Понятие сигнала.	Лекция 2. Понятие сигнала.
3	Тема 3. Пространства сигналов.	Лекция 3. Пространства сигналов.
4	Тема 4. Классификация задач обработки сигналов по Норберту Винеру.	Лекция 4. Классификация задач обработки сигналов по Норберту Винеру.
5	Тема 5. Динамическое представление сигналов.	Лекция 5. Динамическое представление сигналов.
6	Тема 6. Спектральное представление сигналов.	Лекция 6. Спектральное представление сигналов.
7	Тема 7. Энергетические спектры сигналов.	Лекция 7. Энергетические спектры сигналов.
8	Тема 8. Дискретизация сигналов	Лекция 8. Дискретизация сигналов
9	Тема 9. Квантование сигналов.	Лекция 9. Квантование сигналов.
10	Тема 10. Цифровые фильтры.	Лекция 10. Цифровые фильтры.

### **Рекомендуемая тематика практических занятий:**

1. Пространства сигналов.
2. Классификация задач обработки сигналов по Норберту Винеру.
3. Динамическое представление сигналов.
4. Спектральное представление сигналов.
5. Энергетические спектры сигналов.
6. Дискретизация сигналов
7. Квантование сигналов.
8. Цифровые фильтры.

### **Требования к самостоятельной работе обучающихся**

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

## **7. Методические рекомендации по видам занятий**

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия

выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

## 8. Фонд оценочных средств

### 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Тема 1. Введение.	ПК-1	Лабораторная работа
Тема 2. Понятие сигнала.	ПК-1	Лабораторная работа
Тема 3. Пространства сигналов.	ПК-1	Лабораторная работа
Тема 4. Классификация задач обработки сигналов по Норберту Винеру.	ПК-1	Тесты
Тема 5. Динамическое представление сигналов.	ПК-1	Лабораторная работа
Тема 6. Спектральное представление сигналов.	ПК-1	Лабораторная работа
Тема 7. Энергетические спектры сигналов.	ПК-1	Лабораторная работа
Тема 8. Дискретизация сигналов	ПК-1	Тесты
Тема 9. Квантование сигналов.	ПК-1	Лабораторная работа
Тема 10. Цифровые фильтры.	ПК-1	Лабораторная работа

### 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

## Примерные практические контрольные задания для текущего контроля успеваемости.

Для выполнения преобразования Фурье над сигналом необходимо выполнение условий:

- интеграл от модуля сигнала должен быть конечной величиной;
- отсутствие разрывов второго рода;
- конечное число разрывов первого рода;
- конечное число экстремумов;

Выберите неверные утверждения:

- если сигнал является вещественной функцией, то значения спектральной функции являются на частотах  $\omega$  и  $-\omega$  комплексно-сопряженными по отношению друг к другу;
- если сигнал – четная функция, то его спектральная функция является чисто вещественной;

Из свойства симметричности ДПФ следует:

- спектр сигнала содержит столько же информации, сколько сам сигнал;
- спектр сигнала содержит вдвое меньше информации по сравнению с самим сигналом;
- $N$  комплексным отсчетам соответствует  $N$  комплексных отсчетов в частотной области;
- спектр является сопряжено-симметричным относительно  $N$ .

В каком случае целесообразно применять быстрое преобразование Фурье вместо дискретного преобразования Фурье:

- когда число отсчетов сигнала является степенью числа 2;
- в любом случае;
- когда число отсчетов сигнала четное;
- когда число отсчетов сигнала нечетное.

Как изменяется спектр относительно исходного для сигнала с запаздыванием?

- изменяется только фазовый спектр, а амплитудный спектр сигнала остается неизменным;
- изменяется амплитудный спектр сигнала, фазовый остается неизменным;
- изменяется как фазовый, так и амплитудный спектр;
- спектр не изменяется.

При дифференцировании амплитудный спектр исходного сигнала меняется следующим образом:

- высокие частоты ослабляются, а низкие усиливаются;
- низкие частоты ослабляются, а высокие усиливаются;
- происходит понижение уровня на всех частотах;
- происходит повышение уровня на всех частотах.

Алиасинг – это:

- преобразование модулированных колебаний высокой (несущей) частоты в колебания с частотой модулирующего сигнала
- эффект наложения спектров, возникающий в результате дискретизации сигнала с недостаточной частотой, в результате чего восстановление исходного сигнала становится невозможным
- способ нахождения промежуточных значений величины по имеющемуся дискретному набору известных значений.

- уменьшение частоты дискретизации дискретного во времени сигнала путем удаления его отсчетов.

Основной принцип адаптивной дискретизации:

- слежение за текущей погрешностью восстановления сигнала
- уменьшение частоты дискретизации дискретного во времени сигнала путем удаления его отсчетов.
- восстановление сигнала многочленами Тейлора
- восстановление сигнала с заданным допустимым значением погрешности

Децимация – это:

- преобразование модулированных колебаний высокой (несущей) частоты в колебания с частотой модулирующего сигнала
- эффект наложения спектров, возникающий в результате дискретизации сигнала с недостаточной частотой, в результате чего восстановление исходного сигнала становится невозможным
- способ нахождения промежуточных значений величины по имеющемуся дискретному набору известных значений.
- уменьшение частоты дискретизации дискретного во времени сигнала путем удаления его отсчетов.

Квантование – это:

- процесс преобразования отсчетов исходного сигнала в двоичные числа с конечным числом разрядов
- уменьшение частоты дискретизации дискретного во времени сигнала путем удаления его отсчетов
- процесс преобразование сигнала в последовательность отсчетов
- преобразование модулированных колебаний высокой (несущей) частоты в колебания с частотой модулирующего сигнала

Цифровой сигнал – это:

- сигнал, дискретный по времени
- сигнал, квантованный по уровню
- сигнал, непрерывный по времени
- сигнал, дискретный по времени и квантованный по уровню

Выберите верные утверждения:

- при передискретизации происходит изменение частоты дискретизации
- изменение частоты дискретизации в рациональное число раз представляет собой сочетание операций интерполяции и децимации
- интерполяция, децимация и алиасинг относятся к операциям передискретизации
- интерполяция и децимация – частные случаи передискретизации, при которых происходит изменение частоты дискретизации в нецелое число раз

Как соотносится вычислительная эффективность алгоритмов быстрого преобразования Фурье с прореживанием по времени и с прореживанием по частоте?

- алгоритм быстрого преобразования Фурье с прореживанием по времени является более эффективным
- алгоритм быстрого преобразования Фурье с прореживанием по частоте является более эффективным
- вычислительная эффективность обоих алгоритмов практически идентична

- данное соотношение зависит от исходной последовательности отсчетов

Для алгоритмов БПФ по основанию 2 характерно следующее:

- высокая эффективность
- минимальное количество умножений из всех возможных алгоритмов БПФ
- простота программной реализации
- «распараллеливание» при использовании жесткой логики

В каком алгоритме БПФ производится минимальное количество умножений?

- алгоритм по основанию 2
- алгоритм по основанию 4
- обобщенный алгоритм для произвольных длин
- алгоритм Виноградова

Для алгоритмов БПФ характерно следующее:

- когерентное накопление ошибок округления при умножении и сложении
- одновременный расчет всех спектральных отсчетов
- эффективность алгоритма определяется длиной последовательности отсчетов
- эффективность алгоритма определяется длиной последовательности отсчетов и способом ее разбиения и объединения

Если разложить в ряд Фурье нечетную функцию, то

$$S_n = \frac{1}{T} \int_a^b s(t) [\cos(n\Delta\omega t) - j \sin(n\Delta\omega t)] dt = A_n - jB_n$$

- Все значения  $B(n\Delta\omega)$  будут равны нулю
- Все значения  $A(n\Delta\omega)$  будут равны нулю
- Спектр будет иметь только действительную часть
- Спектр будет чисто мнимым

Что вносит наибольший вклад в проявление эффекта Гиббса

- Количество суммируемых членов (гармоник)
- Резкое нарушение монотонности функции
- Четность/нечетность функции
- Интервал, на котором производится преобразование

Разложение по ортонормированной системе базисных функций называется...

- Обобщенным рядом Фурье
- Сверткой
- Спектральной функцией сигнала
- Преобразованием Лапласа

Выберите правильную формулировку теоремы Котельникова

- Если непрерывный сигнал  $u(t)$  имеет неограниченный спектр и наивысшая частота в спектре меньше, чем  $f$  герц, то сигнал  $u(t)$  полностью определяется последовательностью своих мгновенных значений в дискретные моменты времени, отстоящие друг от друга не более чем на  $1/(2f)$  секунд
- Если непрерывный сигнал  $u(t)$  имеет ограниченный спектр и наивысшая частота в спектре меньше, чем  $f$  герц, то сигнал  $u(t)$  полностью определяется последовательностью

своих мгновенных значений в дискретные моменты времени, отстоящие друг от друга не менее чем на  $1/(2f)$  секунд

- Если непрерывный сигнал  $u(t)$  имеет ограниченный спектр и наивысшая частота в спектре меньше, чем  $f$  герц, то сигнал  $u(t)$  полностью определяется последовательностью своих мгновенных значений в дискретные моменты времени, отстоящие друг от друга не более чем на  $2f$  секунд

- Если непрерывный сигнал  $u(t)$  имеет ограниченный спектр и наивысшая частота в спектре меньше, чем  $f$  герц, то сигнал  $u(t)$  полностью определяется последовательностью своих мгновенных значений в дискретные моменты времени, отстоящие друг от друга не более чем на  $1/(2f)$  секунд

В настоящее время наиболее употребительные частоты дискретизации...

- 44100 Гц (стандарт для CD-аудио)
- 10400 Гц (стандарт для CD-аудио)
- 84000 Гц (основной стандарт для DAT)
- 48000 Гц (основной стандарт для DAT)

Запаздывание (сдвиг/смещение) по аргументу функции на интервале  $t_0$  приводит к изменению фазочастотной функции спектра (фазового угла всех гармоник) на величину

- $-\omega t_0$ , без изменения модуля (амплитудной функции) спектра
- $-\omega t_0$ , с изменения модуля (амплитудной функции) спектра
- $\omega t_0$ , с изменения модуля (амплитудной функции) спектра
- $\omega t_0$ , без изменения модуля (амплитудной функции) спектра

К чему приводит сжатие (или расширение) сигнала в рядах Фурье?

- Прямому изменению ее фурье-образу и обратно пропорционально ее модулю
- Обратному изменению ее фурье-образу и обратно пропорционально ее модулю
- Обратному изменению ее фурье-образу и прямо пропорционально ее модулю
- Прямому изменению ее фурье-образу и прямо пропорционально ее модулю

Сформулируйте терему запаздывания

- Запаздывание (сдвиг, смещение) сигнала по аргументу функции на интервал  $t_0$  не приводит к изменению фазочастотной функции спектра с изменением модуля (амплитудной функции) спектра

- Запаздывание (сдвиг, смещение) сигнала по аргументу функции на интервал  $t_0$  приводит к изменению фазочастотной функции спектра (фазового угла всех гармоник) на величину  $-\omega t_0$  без изменения модуля (амплитудной функции) спектра

- Запаздывание (сдвиг, смещение) сигнала по аргументу функции на интервал  $t_0$  приводит к изменению фазочастотной функции спектра (фазового угла всех гармоник) на величину  $-\omega t_0$  с изменения модуля (амплитудной функции) спектра

- Запаздывание (сдвиг, смещение) сигнала по аргументу функции на интервал  $t_0$  не приводит к изменению фазочастотной функции спектра без изменения модуля (амплитудной функции) спектра

Укажите какими свойствами в общем случае будет обладать сигнал, умноженный на гармоническую функцию

- Сигнал с гармонической частотой
- Радиосигнал
- Непериодический сигнал
- Сигнал останется без изменений

Оператор интегрирования ( $1/j\omega$ ) в частотной области при  $\omega > 1$

- Усиливает в амплитудном смысле высокие частоты
- Ослабляет в амплитудном смысле высокие частоты
- Усиливает в амплитудном смысле низкие частоты
- Ослабляет в амплитудном смысле низкие частоты

Воспроизведение ортогонального сигнала по выборкам может проводиться на основе...

- Ортогональных базисных функций
- Гармонических функций
- Неортогональных базисных функций
- Произвольных функций

Какие принципы лежат в основе быстрого преобразования Фурье?

- Уменьшение амплитуды
- Прореживание частоты
- Пирамидальный алгоритм
- Исключение произвольных членов ряда Фурье

В чем заключается пирамидальный алгоритм в быстром преобразовании Фурье?

- Исключаются повторные вычисления периодически повторяющихся членов ряда Фурье
- Добавляются новые члены ряда Фурье
- Исключаются половина членов ряда Фурье
- Исключается заданная часть членов ряда Фурье

Существует ли взаимосвязь между быстрым преобразованием Фурье и обратным быстрым преобразованием Фурье?

- Нельзя с уверенностью ничего сказать
- Ничего нельзя однозначно сказать
- Нет верного ответа
- Преобразования тождественны

Укажите сложность N-точечного быстрого преобразования Фурье

- $O(N \log(N))$
- $O(pN)$
- $O(N^p)$
- $O(N^2)$



### 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

#### Вопросы для итогового контроля

1. Понятие сигнала. Нестационарная модель сигнала
2. Основные характеристики сигнала.
3. Пространства сигналов
4. Линейные пространства
5. Подпространство линейного пространства
6. Нормированные линейные пространства
7. Пространства со скалярным произведением
8. Разложение сигналов по единичным импульсам
9. Импульсный отклик линейной системы
10. Свертка
11. Разложение сигналов по гармоническим функциям
12. Ряды Фурье
13. Тригонометрическая форма рядов Фурье. Эффект Гиббса.
14. Непрерывные преобразования Фурье. Обобщенный ряд Фурье
15. Свойства преобразования Фурье
16. Энергетические спектры сигналов.
17. Дискретизация сигналов
18. Дискретизация спектров
19. Дискретное преобразование Фурье
20. Быстрое преобразование Фурье
21. Z-преобразование сигналов
22. Дискретная свертка
23. Автокорреляционные функции сигналов
24. Взаимные корреляционные функции сигналов
25. Спектральные плотности корреляционных функций.
26. Общее понятие цифрового фильтра. Основные параметры цифровых фильтров
27. Рекурсивные цифровые фильтры
28. Нерекурсивные цифровые фильтры
29. Метод билинейного z-преобразования
30. Метод инвариантной импульсной характеристики
31. Оптимальные и субоптимальные методы синтеза цифровых фильтров
32. Фильтры с косинусоидальным сглаживанием АЧХ

#### Примеры задач для зачета

##### Задача 1

Даны полутоновые изображения ( $512 \times 512$ , 256 градаций серого) совершенно разные, хотя их гистограммы идентичны. Предположим, что каждое изображение сглажено с помощью сглаживающей маски  $3 \times 3$ .

Сравните, как изменятся две гистограммы после сглаживания и нарисуйте эскизы обеих гистограмм.

а) 1 и 3;

(1)

б) 1 и 4;

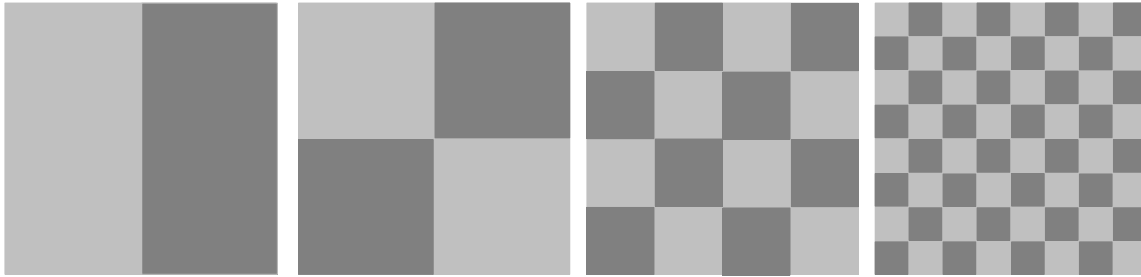
(2)

в) 2 и 3;

(3)

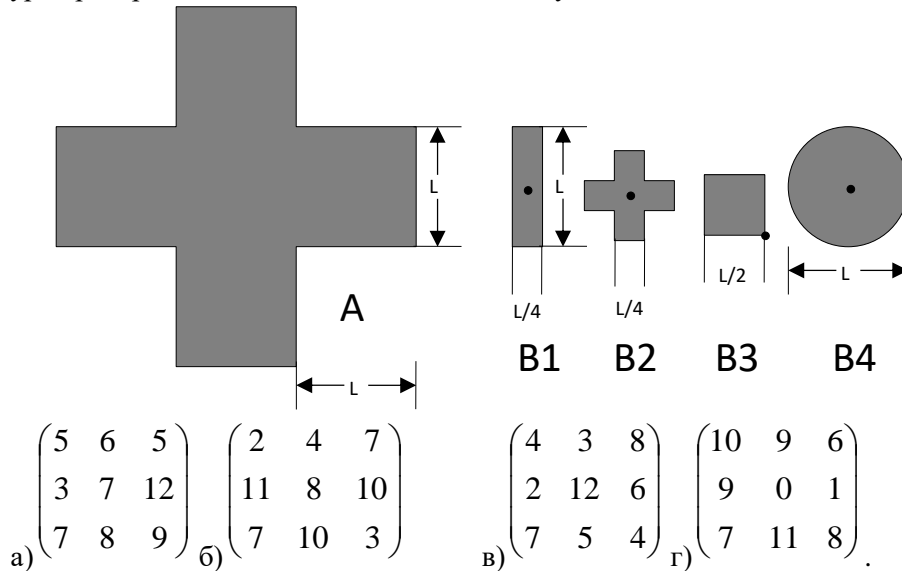
г) 2 и 4.

(4)



### Задача 2

В апертуре преобразования  $3 \times 3$  наблюдаются следующие значения пикселей:



Каково будет выходное значение для преобразований:

- медианная фильтрация;
- оператор Лапласа;
- оператор Собеля.

### Задача 3

Пусть  $A$  – множество, показанное на рисунке тёмным цветом, а рядом изображены четыре вида примитивов (чёрными точками обозначены их начала координат – «центры»).

Изобразите результаты выполнения следующих морфологических операций

- а)  $(A \ominus B^4) \oplus B^2$
- б)  $(A \ominus B^1) \oplus B^3$
- в)  $(A \oplus B^1) \oplus B^3$
- г)  $(A \oplus B^3) \ominus B^2$

### Задача 4

Для заданного вектора построить вейвлет-разложение Хаара.

- 1) (10, 6, 3, 9)
- 2) (12, 20, 2, 14)
- 3) (4, 0, 16, -8)
- 4) (0, -8, -2, 10)

### Задача 5

Сделаны три фотографии двора с 6 этажа. Изображения представлены в формате 2 бита на пиксел, т.е. имеют всего 4 градации яркости. На первой фотографии (A) – пустой двор, на второй (B) – стоящий белый автомобиль, имеющий длину 6 метров, на третьей (C) – тот же

автомобиль через 1 секунду после начала движения. По фотографиям построены два новых изображения  $D=|B-A|$  и  $E=|C-B|$ . Для изображений А, D и E имеются следующие гистограммы яркости: гистограмма А: **(0,0,10000,0)**, гистограмма D: **(9400,600,0,0)**, гистограмма E: **(9000,1000,0,0)**. Нужно определить по этим гистограммам ускорение автомобиля. Движение автомобиля считать равноускоренным.

### Задача 6

Есть два снимка бильярдного стола в 4-битовом формате (15 – белый цвет, 0 - чёрный). Фотографии сделаны с одной и той же точки. Один снимок сделан перед последним (победным) ударом, загнавшим три белых шара в лузы. А второй – после него, т.е. пустой стол. Для снимков построены гистограммы яркости:

А: 0 100 400 700 800 600 500 600 500 400 400 600 400 100 0 0  
 Б: 0 100 300 700 700 600 500 600 500 400 400 600 500 200 0 0

- 1) На каком снимке есть шары?
- 2) Как будет выглядеть гистограмма разности снимка с шарами и снимка с пустым столом?

## 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и	Включает нижестоящий	хорошо		71-85

	умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать пр			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		Неудовлетворительно	Незачтен	Менее 55

## 9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

### Основная литература

1. Аллен Б., Д. Дауни, Аллен Б. Think DSP. Цифровая обработка сигналов на Python / Аллен Б. Дауни ; пер. с англ. А.Э. Бряндинский. - Москва : ДМК Пресс, 2017. - 160 с. - ISBN 978-5-97060-454-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1027527> (дата обращения: 18.11.2023). – Режим доступа: по подписке
2. Афанасьев, А. А. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие для вузов / А. А. Афанасьев, А. А. Рыболовлев, А. П. Рыжков. - Москва : Горячая линия-Телеком, 2019. - 356 с. - ISBN 978-5-9912-0611-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1195562> (дата обращения: 18.11.2023). – Режим доступа: по подписке.

### Дополнительная литература

1. Улахович, Д. А. Введение в цифровую обработку сигналов : учебник / Д. А. Улахович. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. - 436 с. - ISBN 978-5-9729-

1128-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2092477>  
(дата обращения: 18.11.2023). – Режим доступа: по подписке.

#### **10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).**

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций
- Гребенников Электронная библиотека ИД журналы
- ЭБС Консультант студента
- ПРОСПЕКТ ЭБС
- ЭБС ZNANIUM.COM
- ЭБС IBOOKS.RU
- РГБ Информационное обслуживание по MBA
- БЕН РАН
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантиана (<https://elib.kantiana.ru/>)

#### **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта – [www.lms.kantiana.ru](http://www.lms.kantiana.ru), обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- корпоративная платформа;
- установленное на рабочих местах обучающихся ПО: Microsoft Windows 7, Microsoft Office Standart 2010, антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security.
- Visual Studio Community Интегрированная среда разработки ПО. Свободно-распространяемое ПО
- PyCharm Community Интегрированная среда разработки ПО. Свободно-распространяемое ПО
- Anaconda Интегрированная среда разработки ПО. Свободно-распространяемое ПО

#### **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные

специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.