



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)**

Институт математики и информационных технологий  
Кафедра алгебраических и информационных систем



**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

**Б1.В.ДВ.02.02 Обработка сигналов методами машинного обучения**

Направление подготовки информационные технологии	02.04.02	Фундаментальная информатика и	и
Направленность (профиль) подготовки машинное обучение		Анализ данных научных исследований и	
Квалификация выпускника	магистр		
Форма обучения	очная		

## 1. Цели и задачи дисциплины:

**Цель** дисциплины Б1.В.ДВ.02.02 **Обработка сигналов методами машинного обучения** дать систематический обзор методов и принципов организации и оперирования большими объемами данных с применением современных информационных средств и технологий.

**Задачи:** изучить основы цифровой обработки сигналов, основные алгоритмы ЦОС, ознакомить студентов с основами теории дискретных сигналов и систем, методами цифровой фильтрации и спектрального анализа, алгоритмами синтеза дискретных фильтров, эффектами квантования и конечной точности вычислений.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1. Учебная дисциплина (модуль Б1.В.ДВ.02.02 **Обработка сигналов методами машинного обучения** относится к вариативной части программы.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы знания, умения и навыки, формируемые дисциплинами, включенными в программу бакалавриата: высшая математика, математический анализ, дискретная математика. В программе магистратуры предшествующей является математика для анализа данных, машинное обучение.

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых могут понадобиться знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: все виды практик, итоговая аттестация.

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций (элементов следующих компетенций) в соответствии с ФГОС ВО по соответствующему направлению подготовки.

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК 3 Способен формулировать задачи, анализировать и применять способы и методы научных исследований, проводить информационный поиск и использовать информационные ресурсы для решения научно-исследовательских задач, формулировать и представлять научные результаты в форме презентаций и публикаций.	ИДК <sub>ПК3.1</sub> Способен формулировать задачи, анализировать и применять способы и методы научных исследований.	<b>Знать</b> основные объекты и понятия сложности алгоритмов, основные дискретные оптимизационные задачи (задача о минимальном остове, о кратчайших путях в графах, основные задачи о потоках в сетях, о наибольшем паросочетании, о полном паросочетании, о назначениях), <b>Уметь</b> строить эффективные алгоритмы решения основных задач дискретной оптимизации, оценивать их вычислительную сложность.
	ИДК <sub>ПК3.2</sub> Способен проводить информационный поиск и использовать информационные ресурсы для решения научно-исследовательских задач	
	ИДК <sub>ПК3.3</sub> Способен формулировать и представлять научные результаты в форме презентаций и публикаций.	

		<b>Владеть</b> методами решения оптимизационных задач на сетях и графах, в том числе компьютерными методами.
--	--	--

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа,

Форма промежуточной аттестации: зачет

<b>Введение</b>
<b>Основы анализа сигналов.</b>
<b>Корреляционный анализ</b>
<b>Сигналы и их преобразования при цифровой обработке</b>
<b>Фурье-представление временных последовательностей</b>
<b>Несинусоидальные ортогональные функции.</b>
<b>Применение ортогональных преобразований.</b>
<b>Заключение.</b>

##### 4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
			Лекции	Семинарские (практические занятия)	Консультации		
1	<b>Введение</b>	1	2	2	1	2	Лаб. работа
	Роль и место цифровой обработки сигналов в современной радиотехнике. Методы и средства ЦОС.						
2	<b>Основы анализа сигналов.</b>	1	3	3	1	5	Лаб. работа
	Понятие сигнала. Системы обработки сигналов. Классификация сигналов. Энергия и мощность сигнала. Ортогональные преобразования при ЦОС. Ряд Фурье. Примеры разложения в ряд Фурье.						

	Преобразование Фурье. Примеры расчёта преобразования Фурье. Свойства преобразования Фурье. Преобразование аналоговых сигналов в цифровые.						
3	<b>Корреляционный анализ</b>	1	3	3	1	5	Лаб. работа
	Корреляционная функция. Взаимная корреляционная функция. Связь между корреляционными функциями и спектрами сигналов. Энергетические расчёты в спектральной области.						
4	<b>Сигналы и их преобразования при цифровой обработке</b>	1	4	4	1	5	Лаб. работа
	Общая структура системы цифровой обработки аналоговых сигналов. Дискретизация сигналов по времени. Математические модели дискретных сигналов. Квантование сигнала по уровню и кодирование, математические модели квантования и цифрового кодирования. Условия выбора разрядности АЦП. Условия математической адекватности цифрового и дискретного сигналов. Преобразование сигналов из цифровой формы в аналоговую.						
5	<b>Фурье-представление временных последовательностей</b>		2	3	1	6	Лаб. работа
	Спектр мощности, амплитудный и фазовый спектры, вычисляемые через ДПФ. Обзор методов вычисления ДПФ. Классификация алгоритмов. Вычисление корреляционной последовательности. Вычисление свертки. Двухмерное ДПФ.						
6	<b>Несинусоидальные ортогональные функции.</b>		2	3	1	5	Лаб. работа
	Непрерывные и дискретные несинусоидальные функции. Функции Радема-хера и Хаара. Функции Уолша. Преобразование Уолша-Адамара.						
7	<b>Применение ортогональных преобразований.</b>						Лаб. работа
	Винеровская фильтрация.						
8	<b>Заключение.</b>						Лаб. работа
	Особенности прикладных задач цифровой обработки изображений, речевых, радиолокационных и биомедицинских сигналов. Перспективы и тенденции развития ЦОС.						

<b>Итого часов</b>		<b>16</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>32</b>	<b>72</b>

#### 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Загрaты времени (час.)		
1	Введение	УИЛТИн	1-я половина курса	2	Лаб. работа	
2	Основы анализа сигналов.	УИЛТИн		4	Лаб. работа	
3	Корреляционный анализ	УИЛТИн		4	Лаб. работа	
4	Сигналы и их преобразования при цифровой обработке	УИЛТИн		4	Лаб. работа	
5	Фурье-представление временных последовательностей	УИЛТИн	2-я половина курса	4	Лаб. работа	
6	Несинусоидальные ортогональные функции.	УИЛТИн		4	Лаб. работа	
7	Применение ортогональных преобразований.	УИЛТИн		4	Лаб. работа	
8	Заключение.	УИЛТИн		2	Лаб. работа	
Общая трудоемкость самостоятельной работы по дисциплине (час)				<b>32</b>		
<b>Бюджет времени самостоятельной работы, предусмотренный учебным планом для данной дисциплины (час)</b>				<b>32</b>		

Виды самостоятельной работы:

*Р* – написание реферата,

*Д* – подготовка доклада,

*У* – выполнение упражнений,

*Э* – написание эссе,

*Пт* – выполнение проекта,

*К* – кейс-задание,

*Пф* – портфолио,

*И* – информационный поиск,

*Прз* – презентация,

*Л* – изучение литературы,

*Т* – заполнение таблицы Донны Огл «Знал, хотел узнать, узнал»

*Ин* – заполнение таблицы, содержащей 4 столбца – «V» - уже знал, «+» - новое, «-»

– думал иначе, «?» – не понял, есть вопросы.

#### 4.3. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Методические указания по организации самостоятельной работы расположены в ИОС Educa

### 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

#### а) основная литература

1. Пасечников, И. И. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / И. И. Пасечников. — Тамбов : ТГУ им. Г.Р.Державина, 2019. — 156 с. — ISBN 978-5-00078-261-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/137567> (дата обращения: 18.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / А. В. Безруков, А. С. Стукалова, Н. В. Сотникова, А. А. Сорокин. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2017. — 156 с. — ISBN 978-5-906920-80-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121875> (дата обращения: 18.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Нечес, И. О. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / И. О. Нечес. — Ростов-на-Дону : РГУПС, 2019. — 84 с. — ISBN 978-5-88814-893-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/140606> (дата обращения: 18.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Трухин, М. П. Моделирование сигналов и систем. Основы разработки компьютерных моделей систем и сигналов : учебное пособие для вузов / М. П. Трухин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 212 с. — ISBN 978-5-8114-8064-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171422> (дата обращения: 18.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### г) список авторских методических разработок:

#### д) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Полнотекстовая электронная библиотека учебных и учебно-методических материалов (федеральный ресурс). <http://www.window.edu.ru>.

2. Образовательный математический сайт. <http://www.exponenta.ru>.

3. Московский центр непрерывного математического образования, МЦНМО. Материалы (полные тексты) свободно распространяемых книг по математике. <http://www.mcsme.ru/free-books>.

4. База знаний и набор вычислительных алгоритмов. <http://www.wolframalpha.com>.

5. Электронно-библиотечная система издательства «ЮРАЙТ» <https://www.biblio-online.ru/>

6. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» <https://e.lanbook.com/>

7. ИОС ИГУ EDuca

8. Онлайн-курсы от ведущих вузов и компаний страны <https://welcome.stepik.org/ru>

9. Образовательный онлайн-проект <https://www.coursera.org/>

10. [KDNuggets](https://www.kdnuggets.com/) — крупнейший ресурс о науке о данных, где собраны знания для всех уровней: от начинающих специалистов до профессиональных инженеров.

11. [Indigo](https://www.indigo.io/) — внедрение data science-решений на примере конкретных кейсов,

рассказанных компанией-разработчиком.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория с презентационным оборудованием, для проведения практических занятий необходима аудитория на 15-30 рабочих мест (в зависимости от численности учебной группы), оборудованная доской, презентационной техникой.

### **6.2. Программное обеспечение:**

LaTeX – с использованием сборки TeXLive (или возможность выхода на онлайн-ресурс Overleaf), pdf-view'ер, произвольный пакет или библиотеки для математических вычислений.

### **6.3. Технические и электронные средства:**

ИОС EDUCA, DOMIC, презентационное оборудование, персональный компьютер с возможностью просмотра презентаций.

## **7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

При реализации данного курса используются следующие образовательные технологии: технологии традиционного обучения, игровые технологии, технологии проблемного обучения, технологии обучения в сотрудничестве, технологии контекстного обучения, интерактивные технологии, технологии дистанционного обучения, активные педагогические технологии.

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **Оценочные средства (ОС):**

8.1. Оценочные средства для входного контроля – тест в ИОС Educa.

8.2. Оценочные средства текущего контроля – тесты в ИОС Educa в соответствии с п. 4.1.

8.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации (в форме зачета). Необходимым условием получения зачета является и защита лабораторных работ и практических заданий, защита индивидуальных заданий.

### **Примерные вопросы для зачета.**

Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы.

Квантование по уровню и по времени сигналов. Теорема Котельникова. Особенности квантования.

Спектральная функция. Амплитудный спектр.

Разложение функции в ряд Фурье. Преобразование Фурье. Связь между этими преобразованиями.

Представление сигналов с помощью ортогональных преобразований.

Фурье – представление временных последовательностей. Свойства ДПФ.

Запишите формулы прямого и обратного ДПФ.

Как связаны друг с другом результаты ДПФ и спектр дискретного сигнала (преобразование Фурье в дискретном времени)? Приведите соответствующую формулу.

Чему равен шаг частотной сетки ДПФ?

Частота дискретизации сигнала равна 8000 Гц, интервал окна ДПФ  $N=1024$ . Какой частоте соответствует результат вычисления ДПФ, имеющий индекс  $n=40$  (нумерация начинается с нуля)? Привести соответствующие расчеты.

Частота дискретизации сигнала равна 22050 Гц, размерность ДПФ  $N=50$ . Какой (с каким номером  $n$ ) элемент ДПФ соответствует частоте 7056 Гц? (Нумерация элементов ДПФ начинается с нуля.) Привести соответствующие расчеты.

В чем заключается основная идея алгоритма быстрого преобразования Фурье с прореживанием по времени?

Что такое «бабочка» в алгоритмах БПФ? Изобразите ее структурную схему.

Что такое бит-реверсная адресация? Где и с какой целью она применяется?

Как зависит число математических операций, требуемое для вычисления ДПФ *по прямой формуле*, от длины преобразуемого сигнала? Привести соответствующую формулу.

Как зависит число математических операций, требуемое для вычисления *быстрого* преобразования Фурье, от длины преобразуемого сигнала? Привести соответствующую формулу, считая, что длина сигнала равна степени двойки.

Охарактеризуйте изменения в результатах ДПФ, происходящие при дополнении преобразуемого сигнала нулями.

Что такое растекание спектра? Каковы причины этого явления?

Для чего используются весовые функции (окна) при спектральном анализе? Охарактеризуйте изменения результатов вычисления

### Разработчики:

\_\_\_\_\_ Доц. кафедры АиИС ИМИТ ИГУ Петрушин И.С.  
(подпись) (занимаемая должность) (инициалы, фамилия)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии» (уровень магистратуры), утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «23» августа 2017 г. № 811, зарегистрированный в Минюсте России «13» сентября 2017 г. № 48168 с изменениями и дополнениями от 26 ноября 2020 г., 8 февраля 2021 г.

Программа рассмотрена на заседании кафедры Алгебраических и информационных систем ИМИТ ИГУ «24» марта 2022 г.

Протокол № 9 Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Пантелеев В.И.

*Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.*