Межгосударственная образовательная организация высшего образования «Российско-Армянский университет»

Утверждено
Директор Института
Агаронян А.К. _____
«19» июня 2026 г., протокол № 10
Утвержден Ученым Советом ИМФВТ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины: Б1.В.ДВ.01.02 Адаптивные фильтры

Автор *к.т.н., доцент Агаронян А.К.*
Ф.И.О, ученое звание (при наличии), ученая степень (при наличии)

Направление подготовки: 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Наименование образовательной программы: Беспроводные коммуникации и сенсоры

Согласовано:

Заведующий Базовой кафедрой Телекоммуникаций
Сиволенко Э. Р.
_____
(подпись)

1. АННОТАЦИЯ

1.1. Учебная программа дисциплины «Адаптивные фильтры», являющейся одной из основных профилирующих специальных дисциплин магистратуры ориентирована на подготовку высокопрофессиональных кадров в области телекоммуникаций, умеющих обоснованно и эффективно применять существующие и осваивать новые методы в обработке сигналов.;

1.2. Трудоемкость в академических кредитах – 5 и часах – 180, формы итогового контроля - экзамен;

1.3. Взаимосвязь дисциплины с другими дисциплинами учебного плана специальности (направления): Данная дисциплина базируется на результатах освоения следующих дисциплин: общая теория связи, построение телекоммуникационных сетей и систем, теория связи с подвижными объектами,

1.4. Результаты освоения программы дисциплины:

Код компетенции *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование компетенции** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Код индикатора достижения компетенций** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование индикатора достижений компетенций***(в соответствии рабочим с учебным планом)*
ПК-3	***Способен самостоятельно собирать и анализировать исходные данные с целью формированию плана развития, выработке и внедрению научно обоснованных решений по оптимизации сети связи.***	***ПК-3.1***	**Знает** методы и подходы к формированию планов развития сети, средства сбора и анализа исходных данных для развития и оптимизации сети связи.
		ПК-3.2	**Умеет** применять современные методы исследований с целью создания перспективных сетей связи, осуществлять поиск, анализировать и оценивать информацию, необходимую для эффективного выполнения задачи планирования. **Владеет** навыками выбора технологий для

		ПК-3.3	предоставления услуг связи, расчета экономической эффективности принимаемых технических решений, навыками анализа качества работы технических средств связи.
ПК-5	Способен организовывать и проводить экспериментальные испытания с целью оценки и улучшения качества предоставляемых услуг связи, соответствия требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов	***ПК-5.1***	**Знает** основы архитектуры, устройства и функционирования вычислительных систем, стандарты информационного взаимодействия систем.
		ПК-5.2	**Умеет** собирать данные для анализа показателей качества программных технических средств инфокоммуникационной системы и анализировать системные проблемы обработки системы.
		ПК-5.3	**Владеет** навыками обнаружения и определения причин возникновения критических инцидентов при работе системного программного обеспечения

2. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

2.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины - ознакомление студентов с основными методами и техническими приемами оцифровки сигналов, фильтрации, обработки и преобразований информационных данных в современных информационных системах регистрации, накопления, обработки и представления данных, изучение методов реализации в информационных системах и на современных персональных компьютерах эффективных алгоритмов преобразования и анализа информационных данных.

Задача - обеспечение основополагающих знаний необходимых для передачи и приема оцифрованных сигналов, их фильтрации, обработки и хранения

Виды учебной работы Разделы и темы дисциплины	Всего, в акад. часах	Распределение по семестрам						
		I сем	II сем	III сем	IV сем	V сем	VI сем	
1	2	3	4	5	6	7	8	
1. Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:	**180**	**180**						
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	**64**	**64**						
1.1.1. Лекции	**32**	**32**						
1.1.2. Практические занятия, в т. ч.	**32**	**32**						
МОДУЛЬ 1. ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ СВЯЗИ	**10**	**7**				**3**		
1.1.3. Другие виды (указать)								
1.2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	**62**	**62**						
1.2.1. Подготовка к экзаменам	**32**	**32**						
1.2.1.1. Письменные домашние задания	**20**	**20**						
1.3. Консультации	**10**	**10**						
1.4. Другие методы и формы занятий								
Итоговый контроль (Экзамен, Зачет, диф. зачет - указать)	**Экзамен 54**	**Экзамен 54**						

2.2. Трудоемкость дисциплины в академических часах – 180, в зачетных единицах -5 и виды учебной работы

2.3. Содержание дисциплины

2.3.1. Тематический план и трудоемкость аудиторных занятий (модули, разделы дисциплины и виды занятий) по рабочему учебному плану

Введение	**1**	**1**			
Раздел 1. Цифровая обработка сигналов связи	**4**	**3**			**1**
Тема 1.1. Цифровые фильтры обработки одномерных сигналов.	**3**	**2**			**1**
Тема 1.2. Фильтры сглаживания сигналов. Метод наименьших квадратов	**2**	**1**			**1**
МОДУЛЬ 2. СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ	**11**	**8**			**3**
Раздел 2. Методы фильтрации цифровых данных	**2**	**2**			
Тема 2.1. Адаптивная фильтрация цифровых данных.	**3**	**2**			**1**
Тема 2.2. Оптимальные линейные цифровые фильтры.	**3**	**2**			**1**
Тема 2.3. Эффекты сэмплирования и квантования	**3**	**2**			**1**

Разделы и темы дисциплины	**Всего (ак. часов)**	**Лекционные занятия (ак. часов)**	**Семинарские занятия (ак. часов)**	**Практические занятия (ак. часов)**	**Лабораторные работы (ак. часов)**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
МОДУЛЬ 3. РАВНОМЕРНОЕ И НЕРАВНОМЕРНОЕ КВАНТОВАНИЕ	**13**	**8**			**5**
Введение	**1**	**1**			
Раздел 3. Равномерное квантование	**2**	**1**			**1**

Тема 3.1. Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ)	**3**	**2**			**1**
Тема 3.2. Неравномерное квантование	**3**	**2**			**1**
Тема 3.3. Компандирование, Характеристики компандирования	**4**	**2**			**2**
МОДУЛЬ 4. ПЕРЕДАЧА ОСНОВНОЙ ПОЛОСЫ ЧАСТОТ	**15**	**5**			**10**
Раздел 4. Типы сигналов PCM	**0**	**0**			
Тема 4.1. Невозврат к нулю (NRZ)	**3**	**1**			**2**
Тема 4.2. Фазовое кодирование	**3**	**1**			**2**
Тема 4.3. Многоуровневый двоичный код	**3**	**1**			**2**
Тема 4.4. Выбор формы сигнала PCM	**3**	**1**			**2**
Тема 4.5. бит на слово ИКМ и бит на символ	**3**	**1**			**2**

2.3.2. Краткое содержание разделов дисциплины в виде тематического плана

МОДУЛЬ 1. ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ СВЯЗИ

Введение

Краткая историческая справка о развитии теории цифровой связи. Постановка проблемы. Основные понятия теории. Некоторые законы обработки цифровой информации. Содержание дисциплины [1,4].

Раздел 1. Цифровая обработка сигналов связи

Тема 1.1. *Цифровые фильтры обработки одномерных сигналов.*

Тема 1.2. *Фильтры сглаживания сигналов. Метод наименьших квадратов*

МОДУЛЬ 2. МОДУЛЬ 2. СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Раздел 2. Основы классификации.Методы фильтрации цифровых данных

Тема 2.1. Адаптивная фильтрация цифровых данных.Форматирование аналоговой информации, Теорема Найквиста

Форматирование является первым важным этапом обработки сигнала в цифровой связи. Цель форматирования — гарантировать, что сообщение или исходный сигнал совместимы с цифровой обработкой. Форматирование передачи представляет собой преобразование исходной информации в цифровые символы. Когда используется сжатие данных в дополнение к форматированию, этот процесс называется исходным кодированием.

Тема 2.2. Оптимальные линейные цифровые фильтры. Теорема выборки, Импульсная выборка или идеальная выборка

Выборка непрерывного сигнала выполняется несколькими способами. В основном, существует три типа методов выборки. Если функция выборки представляет собой последовательность импульсов, то метод называется импульсной выборкой или идеальной выборкой.

Тема 2.3. Эффекты сэмплирования и квантования

Импульсная выборка приводит к выборкам, ширина T которых приближается к нулю. Благодаря этому содержание мощности в мгновенно дискретизированном импульсе пренебрежимо мало. Таким образом, этот метод не подходит для целей передачи.

МОДУЛЬ 3. РАВНОМЕРНОЕ И НЕРАВНОМЕРНОЕ КВАНТОВАНИЕ

Тема 3.1. Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ)

Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ) относится к классу сигналов основной полосы частот, полученных из квантованных сигналов PAM путем кодирования каждой квантованной выборки в цифровое слово.

Тема 3.2. Неравномерное квантование

В импульсно-кодовой модуляции параметры времени и амплитуды выражаются в дискретной форме. Процесс дискретизации преобразует непрерывные значения форматирования времени и модуляции основной полосы аналогового сигнала в значения дискретного времени. Процесс квантования преобразует непрерывные значения амплитуды в конечный (дискретный) набор допустимых значений.

Тема 3.3. Компандирование, Характеристики компандирования

Неравномерное квантование практически достигается с помощью процесса, называемого компандированием. Этот процесс называется сжатием. В ресивере экспандер выполняет обратную функцию сжатия.

МОДУЛЬ 4. ПЕРЕДАЧА ОСНОВНОЙ ПОЛОСЫ ЧАСТОТ

Раздел 4. Типы сигналов PCM

Тема 4.1. Невозврат к нулю (NRZ)

Группа NRZ, вероятно, является наиболее часто используемой формой сигнала PCM. Если сигнал остается на каком-либо ненулевом уровне в течение всего битового интервала T, то он называется сигналом без возврата к нулю (NRZ).

Тема 4.2. Фазовое кодирование

В схеме с фазовым кодированием временная позиция возникновения или перехода формы импульсного сигнала используется для различения различных логических уровней.

Тема 4.3. Многоуровневый двоичный код

Двоичные сигналы, которые используют три уровня для кодирования двоичных данных вместо двух уровней, называются многоуровневыми двоичными сигналами. К этой группе относятся биполярные схемы PЗ и PЗ-AMИ. Эта группа также содержит форматы, называемые дикодом и дуобинарным.

Тема 4.4. Выбор формы сигнала PCM

Процесс форматирования включает преобразование аналоговой информации в битовый поток посредством дискретизации, квантования и кодирования. Каждый аналоговый образец преобразуется в слово PCM, состоящее из группы битов.

Тема 4.5. бит на слово ИКМ и бит на символ

Когда информационные выборки без какого-либо квантования модулируются в импульсы, результирующую импульсную модуляцию можно назвать аналоговой импульсной модуляцией. Существует три основных способа модуляции информации

последовательностью импульсов. Мы можем изменять амплитуду импульса (импульсно-амплитудная модуляция, PAM), положение (импульсно-позиционная модуляция, PPM) и продолжительность (модуляция длительности импульса или широтно-импульсная модуляция, PDM или PWM).

2.3.3. Краткое содержание семинарских/практических занятий/лабораторного практикума

1. DIGITAL COMMUNICATION Digital-Communication.pdf

(Кратко изложить форму/формы проведения семинарских занятий).

2.3.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

(Кратко представить перечень материально-технического оснащения, информационно-технических средств).

2.4. Модульная структура дисциплины с распределением весов по формам контролей

Формы контролей	Вес формы (форм) текущего контроля в результирующей оценке текущего контроля (по модулям)		Вес формы промежуточного контроля в итоговой оценке промежуточного контроля		Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей		Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей (семестровой оценке)	Веса результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля
Вид учебной	**M1**	**M2**	**M1**	**M2**	**M1**	**M2**		

работы/контроля	[1]							
Контрольная работа *(при наличии)*			1	1				
Устный опрос *(при наличии)*	1	1						
Тест *(при наличии)*								
Лабораторные работы *(при наличии)*								
Письменные домашние задания *(при наличии)*								
Реферат *(при наличии)*								
Эссе *(при наличии)*								
Проект *(при наличии)*								
Другие формы (при наличии)								
Веса результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей					0,5	0,5		
Веса оценок промежуточных контролей в итоговых оценках промежуточных контролей					0,5	0,5		
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0,5	
Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0,5	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля								0,5
Вес итогового контроля (Экзамен/зачет) в результирующей оценке итогового контроля								0,5 **Экзамен**
	∑ = 1	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**

3. **Теоретический блок** ***(указываются материалы, необходимые для освоения учебной программы дисциплины)***

3.1. Материалы по теоретической части курса

[1] Учебный Модуль

3.1.1. Учебник(и);

3.1.2. Учебное(ые) пособие(я);

3.1.3. Курс лекций;

3.1.4. Краткие конспекты лекций;

3.1.5. Электронные материалы (электронные учебники, учебные пособия, курсы и краткие конспекты лекций, презентации PPT и т.п.);

3.1.6. Глоссарий/терминологический словарь;

3.1.7. др. варианты материалов, необходимых для освоения учебной программы дисциплины.

4. Фонды оценочных средств ***(указываются материалы, необходимые для проверки уровня знаний в соответствии с содержанием учебной программы дисциплины).***

4.1. Планы практических и семинарских занятий

4.2. Планы лабораторных работ и практикумов

4.3. Материалы по практической части курса

4.3.1. Учебно-методические пособия;

4.3.2. Учебные справочники;

4.3.3. Задачники (практикумы);

4.3.4. Наглядно-иллюстративные материалы;

4.3.5. др. виды материалов.

4.4. Вопросы и задания для самостоятельной работы студентов

4.5. Тематика рефератов, эссе и других форм самостоятельных работ

4.6. Образцы вариантов контрольных работ, тестов и/или других форм текущих и промежуточных контролей

4.7. Перечень экзаменационных вопросов

ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ СВЯЗИ

1. Введение
2. Цифровая обработка сигналов связи
3. Преимущества цифровой связи по сравнению с аналоговой связью
4. Недостатки цифровой связи по сравнению с аналоговой связью
5. Типовая блок-схема и преобразования
6. Каналы цифровой связи
7. Телефонный канал

8. Оптоволоконный канал
9. Спутниковый канал
10. Классификация сигналов
11. Детерминированные и случайные сигналы
12. Периодические непериодические сигналы
13. Аналоговые и дискретные сигналы
14. Энергия и сигналы мощности
15. Функция Unit Impulse
16. Информационная емкость
17. Предел Шеннона для информационной емкости
18. Передача данных
19. Последовательная и параллельная передача
20. Параллельная передача
21. Последовательная передача
22. Сравнение
23. Синхронная и асинхронная передача
24. Асинхронная передача
25. Синхронная передача
26. Сравнение
27. Системы основной полосы частот
28. Форматирование аналоговой информации
29. Теорема выборки
30. Теорема Найквиста
31. Методы отбора проб
32. Импульсная выборка или идеальная выборка
33. Натуральный отбор проб
34. Отбор проб с плоской вершины или операция выборки и удержания
35. Сигнальный интерфейс для цифровой системы
36. Квантование
37. Источники коррупции
38. Эффекты сэмплирования и квантования
39. Шум квантования

40. Насыщенность квантизатора
41. Временной джиттер
42. Канальные эффекты
43. Шум канала
44. Межсимвольные помехи
45. Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ)
46. Равномерное и неравномерное квантование
47. Равномерное квантование
48. Неравномерное квантование
49. Компандирование
50. Характеристики компандирования
51. Сравнение характеристик для речевого сигнала
52. Передача основной полосы частот
53. Типы сигналов PCM
54. Невозврат к нулю (NRZ)
55. Возврат к нулю (RZ)
56. Фазовое кодирование
57. Многоуровневый двоичный код
58. Выбор формы сигнала PCM
59. Спектральные характеристики сигналов ИКМ
60. бит на слово ИКМ и бит на символ
61. Размер слова PCM
62. М-ричные формы сигналов импульсной модуляции

4.8. Образцы экзаменационных билетов

4.9. Образцы экзаменационных билетов

МОО РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ, ФИЗИКИ И ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Направление: Инфокоммуникационные технологии и системы связи (магистратура)
Дисциплина: Адаптивные фильтры

Билет № **

1. Преимущества цифровой связи по сравнению с аналоговой связью
2. Эффекты сэмплирования и квантования

3. Импульсная выборка или идеальная выборка

Зав. кафедрой Телеком. **Э.Р. Сиволенко**

5. Методический блок

5.1. Методика преподавания

Во время каждого занятия преподаватель представляет материал по теме дня и вовлекает группу в обсуждение. Практичный характер курса предполагает активное вмешательство каждого студента в процессы представления и обсуждения темы. За преподавателем закреплена ответственность придерживаться тематики данного занятия и предоставлять необходимые фундаментальные знаний и концепций.

После завершения изучения каждой из программ будет проведена контрольная работа для закрепления навыков.