

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Восстановление данных и коды исправления ошибок»
для студентов направления подготовки
02.03.01 «Математика и компьютерные науки»
направленность (профиль)
«Анализ данных и искусственный интеллект»

Ставрополь 2025 г.

Введение

Дисциплина «Восстановление данных и коды исправления ошибок» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, и изучается студентами бакалавриата в 8 семестре.

Цель изучения дисциплины: ознакомление студентов с актуальными теоретическими и практическими аспектами теории кодирования.

Решаемые в ходе изучения дисциплины задачи:

- изучение основных принципов построения кодов, исправляющих ошибки,
- изучение теории конечных полей, необходимых для построения кодов, исправляющих ошибки,
- изучение условий обнаружения, локализации и исправления ошибок модулярными кодами,
- рассмотрение основных областей применения модулярной арифметики и перспектив развития данного направления.

Формы отчетности: экзамен - 8 семестр.

Содержание дисциплины: Определение кода. Однозначность декодирования. Префиксные коды и их свойства. Блочные коды. Циклические коды и их свойства. Элементы теории конечных полей. Коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема и коды Рида-Соломона.

Реализуемые компетенции:

ПК-1 – «Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий».

Результаты освоения дисциплины.

Знать: способы определения и свойства кодов, исправляющих ошибки; критерии однозначности декодирования, подходы к кодированию: линейные и групповые коды, алгебро-геометрические коды, префиксные коды; метрику Хэмминга и блочные коды, циклические коды и их свойства, коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема и коды Рида-Соломона.

Уметь: находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных языков программирования, строить и исследовать конкретные коды из семейства кодов Боуза-Чоудхури-Хоквингема, реализовывать на практике коды Рида-Соломона.

Владеть: математическим аппаратом, информационными и компьютерными технологиями, необходимыми для решения задач, навыками использования методов математического моделирования при решении теоретических и прикладных задач.

Рекомендуемое программное обеспечение:

Среда программирования: Python (версия не ниже 2.0), Anaconda Navigator, Jupiter Notebook.

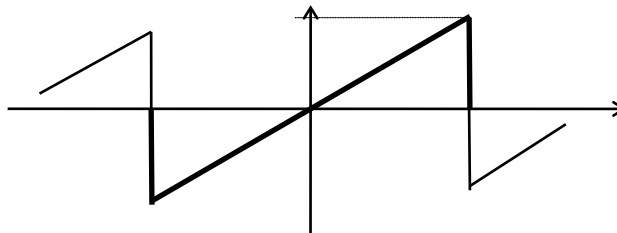
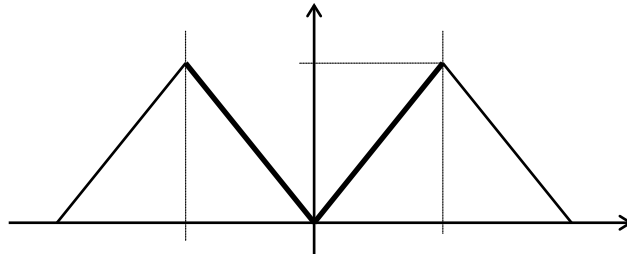
Операционная система: Windows (версия не ниже 7) или Linux.

Рекомендуемое материально-техническое обеспечение: компьютерный класс (лаборатория, аудитория) с числом исправных ЭВМ по числу студентов группы плюс рабочее место преподавателя и производительностью, достаточной для освоения дисциплины. На всех ЭВМ класса (лаборатории, аудитории) рекомендованное программное обеспечение, выход в интернет для изучения интернет-источников дисциплины (со скоростью доступа, достаточной для комфортной работы).

Лабораторная работа 1. Математические модели детерминированных периодических и непериодических сигналов

ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

1. Изучить теоретический материал.
2. Вычислить спектральные характеристики последовательности униполярных треугольных импульсов (рис. 1.1)



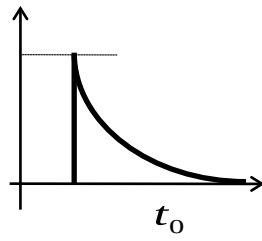


Рис. 2.1. Экспоненциальный импульс

7. Подготовить набор значений

12. Построить и исследовать интегральную кривую распределения энергии сигнала в спектре частот.
13. Исследовать представление сигнала в виде ряда Котельникова.
14. Результаты отразить в лабораторном отчете.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие способы представления моделей сигналов известны?
2. В чем заключаются преимущества частотного метода представления сигналов?
3. При каких условиях периодическая функция может быть представлена рядом Фурье?
4. Что понимается под спектром амплитуд и спектром фаз?
5. Каковы характерные особенности спектра периодического сигнала?
6. Как в спектре амплитуд отображается постоянная составляющая периодического сигнала?
7. Каков спектр гармонического сигнала?
8. Как можно энергетически истолковать спектр периодического сигнала?
9. Что понимается под практической шириной спектра периодического сигнала?
10. В чем состоит критерий выбора практической ширины спектра периодического сигнала?
11. Как выглядит спектр периодической последовательности прямоугольных импульсов?
12. Какой физический смысл имеет огибающая спектра амплитуд периодического сигнала?
13. При каких условиях непериодическая функция может быть представлена интегралом Фурье?
14. Что понимается под прямым и обратным преобразованиями Фурье?
15. Каковы характерные особенности спектра непериодического сигнала?
16. Каковы свойства спектральной плотности сигнала?
17. Каков спектр одиночного прямоугольного импульса?
18. Как можно энергетически истолковать спектр непериодического сигнала?
19. Что понимается под практической шириной спектра непериодического сигнала?
20. В чем состоит критерий выбора практической ширины спектра непериодического сигнала?
21. Как можно получить спектр импульса высокочастотных колебаний, используя свойства преобразования Фурье?
22. Каким образом можно получить спектр непериодического сигнала непосредственно из спектра соответствующего периодического сигнала?
23. В чем состоит практическая ценность равенства Парсеваля?
24. Каков физический смысл ряда Котельникова?

Лабораторная работа 2. Дискретизация непрерывных сигналов
ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

1. Изучить теоретический материал.
2. Дать графическое и математическое представление детерминированных

12. Результаты отразить в лабораторном отчете.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем состоит физический смысл теоремы Котельникова?
2. Что такое функция отсчетов и каков ее вид?
3. В чем заключаются противоречия частотного критерия Котельникова?
4. Что собой представляет дискретное преобразование Фурье?
5. В чем состоит роль алгоритмов быстрого преобразования Фурье?
6. Какова реакция идеального фильтра нижних частот с граничной частотой

Лабораторная работа 3. Математические модели случайных сигналов и элементы теории оптимального приема

ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

1. Изучить теоретический материал. Вывести выражения порогового уровня измерения сигнала для трех решающих правил.
2. Произвольным образом задать значения отличных от нуля параметров в едином формате (табл. 3.1). Параметры

11. Как оценивается средняя ошибка распознавания?
12. Как оценивается средний риск распознавания?
13. В чем сущность основных критериев распознавания и их достоинства?

Лабораторная работа 4. Рациональное кодирование двоичного источника

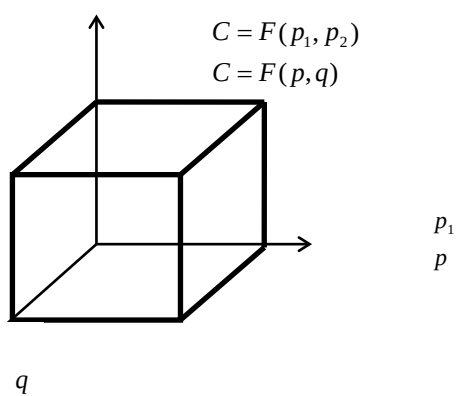
ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

1. Изучить теоретический материал.
2. Выбрать произвольный n -блок небольшой длины и провести его сжатие с использованием методов КДС, АПК, ИПП и УК.
3. Вычислить основные количественные характеристики и сопоставить их между собой.
4. Продумать последовательность действий для получения семейства кривых

Лабораторная работа 5. Исследование информационной пропускной способности двоичного канала

ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

1. Изучить теоретический материал.
2. Выбрать произвольные условные вероятности



7. Сопоставить полученные C ДСКС с пропускной способностью канала без контроля ДСК при тех же исходных данных.

8. Результаты отразить в лабораторном отчете.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чем вызвана необходимость согласования сигнала с каналом передачи информации?
2. Что понимается под скоростью передачи информации и пропускной способностью канала?
3. Что характеризует матрица переходных вероятностей?
4. Каким образом вычисляется пропускная способность дискретного канала с помехами?
5. Что понимается под стационарным каналом без памяти?
6. В чем сущность теоремы Шеннона для дискретного канала с помехами?
7. Какими свойствами обладают каналы, симметричные по входу и выходу?
8. Каким образом можно оценить ненадежность передачи?
9. Как можно оценить условную вероятность обнаружения ошибки при заданной избыточности?
10. Как можно оценить условную вероятность правильной коррекции ошибки при заданной избыточности?

Лабораторная работа 6. Корректирующие коды Боуза–Чоудхури–Хоквингема. Построение кодирующих и декодирующих устройств циклического кода Хэмминга

ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

1. Изучить теоретический материал.
2. Построить порождающий многочлен

7. Для заданного преподавателем циклического кода Хэмминга

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по организации и проведению самостоятельной работы по дисциплине
«Восстановление данных и коды исправления ошибок»
для студентов направления подготовки
02.03.01 «Математика и компьютерные науки»
направленность (профиль)
«Анализ данных и искусственный интеллект»

1. Общие положения

Самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов (СРС) в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения.

К основным видам самостоятельной работы студентов относятся:

- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);
- написание докладов;
- подготовка к семинарам, практическим и лабораторным работам, их оформление;
- составление аннотированного списка статей из соответствующих журналов по отраслям знаний (педагогических, психологических, методических и др.);
- выполнение учебно-исследовательских работ, проектная деятельность;
- подготовка практических разработок и рекомендаций по решению проблемной ситуации;
- выполнение домашних заданий в виде решения отдельных задач, проведения типовых расчетов, расчетно-компьютерных и индивидуальных работ по отдельным разделам содержания дисциплин и т.д.;
- компьютерный текущий самоконтроль и контроль успеваемости на базе электронных обучающих и аттестующих тестов;
- выполнение курсовых работ (проектов) в рамках дисциплин;
- выполнение выпускной квалификационной работы и др.

Методика организации самостоятельной работы студентов зависит от структуры, характера и особенностей изучаемой дисциплины, объема часов на ее изучение, вида заданий для самостоятельной работы студентов, индивидуальных качеств студентов и условий учебной деятельности.

Процесс организации самостоятельной работы студентов включает в себя следующие этапы:

- подготовительный (определение целей, составление программы, подготовка методического обеспечения, подготовка оборудования);
- основной (реализация программы, использование приемов поиска информации, усвоения, переработки, применения, передачи знаний, фиксирование результатов, самоорганизация процесса работы);
- заключительный (оценка значимости и анализ результатов, их систематизация, оценка эффективности программы и приемов работы, выводы о направлениях оптимизации труда).

2. Цель и задачи самостоятельной работы

Ведущая цель организации и осуществления СРС совпадает с целью обучения студента – формирование набора общенаучных, профессиональных и специальных компетенций будущего бакалавра по соответствующему направлению подготовки

При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности. Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Задачами СРС являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

3. Методические указания (по видам работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины)

Текущая аттестация студентов проводится преподавателями, ведущими лабораторные работы по дисциплине.

При проверке лабораторной работы, оцениваются правильность ответа, последовательность и рациональность выполнения, точность расчетов.

Максимальное количество баллов студент получает, если оформление отчета соответствует установленным требованиям, а отчет полностью раскрывает суть работы. Основанием для снижения оценки являются:

- незначительные нарушения правил оформления отчета;
 - затруднения студентов при ответе на некоторые контрольные вопросы;
- Отчет может быть отправлен на доработку в следующих случаях:
- отсутствия каких-либо элементов отчета.
 - абсолютное несоответствие требованиям к оформлению.

Лабораторная работа считается выполненной студентом и засчитывается преподавателем (с зачислением баллов пропорционально выполненным пунктам отчета, т.е. обязательно, чтобы отчет содержал все пункты) при предоставлении в электронном виде к

защите (бумажная распечатка не требуется!!!) аккуратно оформленного файла-отчета в формате .odt (OpenOffice, LibreOffice) или .doc (Microsoft Office).

Файл-отчет должен иметь следующие элементы в указанном порядке (с сохранением их номера в случае пропуска некоторых пунктов):

0. Отметка об ознакомлении с техникой безопасности (правилами поведения в компьютерном классе (аудитории, лаборатории)).

В данном пункте необходимо наличие записи «С правилами техники безопасности при выполнении лабораторной работы и поведения в компьютерном классе (аудитории, лаборатории) ознакомлен, обязуюсь выполнять _____ (ФИО), _____ дата».

1. Постановка задачи (полное условие в соответствии с выбранным вариантом).

2. Подробная математическая (совокупность формул и поясняющего формулы текста) или информационной (словесное описание алгоритма) модели решения задачи. В данном пункте допустимо наличие экранных снимков расчетов в системах компьютерной алгебры (SciLab, Octave, Maxima и т.п.) или профессиональных графических системах. Использование проприетарных (коммерческих) систем (MathCad, MatLab и т.п.) не рекомендуется.

3. Тестовые наборы исходных данных и соответствующих им правильных результатов для проверки работоспособности программы (в данном пункте **должно быть ручное решение задачи с промежуточными выкладками**). В данном пункте допустимо наличие экранных снимков расчетов в системах компьютерной алгебры (SciLab, Octave, Maxima и т.п.) или профессиональных графических системах. Использование проприетарных (коммерческих) систем (MathCad, MatLab и т.п.) не рекомендуется.

4. Указание имен, типов и назначения всех переменных и сигналов, входящих в математическую или информационную модель.

5. Основной и вспомогательные (если есть) алгоритмы решения задачи (допустимо описание алгоритма на алгоритмическом языке, например, Pascal).

6. Запись полных имен файлов, образующих проект с указанием назначения каждого файла (минимум указать имена и содержимое файлов с расширением .c, .cpp, .h, .pas и т.д. (какие процедуры и функции содержат, что делают)).

7. Полные исходные тексты компьютерных программ (в каждом файле обязательно наличие информации о разработчике — ФИО, курс, группа, специальность, университет).

8. Экранный снимок или распечатка результата работы компьютерной программы при введенных тестовых данных из пункта 3 отчета. Конкретно в данном пункте необходимо сравнить полученные результаты с эталонным тестовым решением и написать «результат совпадает с эталонным решением».

9. Исследование проекта.

В данном пункте требуется записать несколько наборов входных данных (определить самостоятельно) и соответствующих им результатов. Оценить примерное число шагов и время работы алгоритма решения задачи в общем случае.

10. Выводы о проделанной работе.

Указать возможности, достоинства и недостатки, привести примеры использования.

4. Методические указания по подготовке к экзамену

Процедура проведения экзамена осуществляется в соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования в СКФУ.

В экзаменационный билет включаются 2 теоретических вопроса и задача.

Для подготовки по билету отводится 40 минут

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования справочными таблицами, калькулятором, персональной ЭВМ с установленным на ней программным обеспечением дисциплины.

Оценка «отлично» выставляется студенту, если:

он безукоризненно изложил теоретический материал без наводящих вопросов преподавателя и решил предложенную задачу и разработал алгоритм на языке высокого уровня. Возможны одна - две неточности при освещении второстепенных вопросов или выкладках, которые студент легко исправил после замечания преподавателя

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если:

он показал систематический характер знаний по дисциплине и способность к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности; если допущены один - два недочёта при изложении основного содержания ответа и освещении второстепенных вопросов или выкладках, легко исправленные после замечания преподавателя.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если:

он допустил погрешности в ответе и при выполнении заданий, недостаточно правильно формулировал основные положения программного материала, нарушал последовательность в его изложении, показал недостаточную сформированность основных умений и навыков при выполнении практического задания, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если:

обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических знаний.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Понятие кодирования и декодирования. Математическая постановка задачи кодирования и декодирования. Алфавитное кодирование.
2. Основные требования, предъявляемые к коду.
3. Когда кодирование называется однозначным. Необходимое и достаточное условие однозначного кодирования.
4. Три достаточных условия однозначности кода.
5. Критерии однозначности алфавитного кодирования Маркова. Его геометрическая формулировка. Уметь применять геометрический критерий на практике.
6. Оценка минимальной длины неоднозначно декодируемого слова.
7. Коэффициент избыточности кода (определение). Код с минимальной избыточностью (определение).
8. Неравенство Мак-Миллана. Может ли существовать двоичный код с длинами слов 1, 2, 2, 3, 3,3?
9. Когда неравенства Мак-Миллана приобретает достаточный характер.
10. Алгоритм Шеннона построения кода с заданными длинами слов.
11. Свойства оптимальных кодов
12. Алгоритм Фано. Алгоритм Хаффмана.

13. Типы ошибок, которые возникают при передаче информации.
14. Понятие блочного и древовидного кода. Основные определения, связанные с блочным кодом (кодовые слова, длина кода, мощность кода)
15. Принцип максимального правдоподобия (суть), таблица кодирования (структура, принцип использования)
16. Метрическое пространство Хемминга. Вектор ошибок. Вес вектора ошибки и расстояние между принятым и переданным словом.
17. Кодовое расстояние. Связь кодового расстояния с возможностями кода исправлять и обнаруживать ошибки. Примеры.
18. Граница Хемминга.
19. Линейный код: определение, размерность линейного кода. Кодовое расстояние линейного кода. Мощность линейного кода.
20. Порождающая матрица линейного кода: определение, назначение. Проверочная матрица линейного кода: определение, назначение, определение кодового расстояния по проверочной матрице.
21. Исправление и обнаружение ошибок линейными кодами: стандартное расположение для таблицы декодирования, необходимое и достаточное условие исправления ошибки в случае стандартного расположения для таблицы декодирования.
22. Понятие синдрома вектора. Алгоритм декодирования с использованием синдрома.
23. Верхняя граница линейного кода (граница Плоткина). Может ли существовать линейный (7,4)-код, исправляющий 2 ошибки?
24. Граница Синглтона. Граница Варшавова-Гильберта.
25. Код Хемминга: с длиной кодового слова

Список рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Березкин Е.Ф. Основы теории информации и кодирования: Учебное пособие. – 3-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2019. – 320 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
2. Тронин С.Н. Краткий конспект лекций по теории кодирования: учебно-методическое пособие/С.Н. Тронин. - Казань: КФУ, 2017. - 36 с. - URL:https://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/110893/Tronin_Kratkij_konspekt_lekcij_po_teorii_kodirovaniya.pdf?sequence=
3. Чечёта, С.И. Введение в дискретную теорию информации и кодирования [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.И. Чечёта. - Электрон. дан. - Москва : МЦНМО, 2011. -224 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/9437>
4. Исследование методов и устройств кодирования информации : метод. указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Теория кодирования» / Сост. В.С. Чернега; Министерство науки и высшего образования РФ, Севастопольский государственный университет. – Севастополь :СевГУ, 2020. – 44 с.

Дополнительная литература

1. Штарьков, Ю.М. Универсальное кодирование. Теория и алгоритмы [Электронный ресурс]: учебное пособие /Ю.М. Штарьков. - Электрон. дан. - Москва :Физматлит, 2013. - 288 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59667>
2. Кельберт, М.Я. Вероятность и статистика в примерах и задачах. Т.3: Теория информации и кодирования [Электронный ресурс] / М.Я. Кельберт, Ю.М. Сухов. - Электрон. дан. - Москва : МЦНМО, 2016. - 567 с. - URL:<https://e.lanbook.com/book/80125>
3. Верещагин, Н.К. Информация, кодирование и предсказание [Электронный ресурс] : монография / Н.К. Верещагин, Е.В. Щепин. - Электрон. дан. - Москва : МЦНМО, 2012. - 236 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/71863>