

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ
заведующий кафедрой
кибербезопасности
информационных систем
С.Л. Кенин



22.03.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.О.29 Теория информации

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:
10.05.01 Компьютерная безопасность
2. Профиль подготовки / специализация / магистерская программа:
Безопасность компьютерных систем и сетей
Математические методы защиты информации
3. Квалификация (степень) выпускника: специалист
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кибербезопасности
информационных систем
6. Составители программы: Кенин Сергей Леонидович, к.т.н., доцент кафедры
кибербезопасности информационных систем
7. Рекомендована: НМС факультета ПММ, протокол № 5 от 22.03.2024

отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: 2026/2027

Семестр(ы): 5

1. Цели и задачи учебной дисциплины:

- Дисциплина ориентирована на формирование у студентов основополагающих представлений об использовании количественной меры информации для характеристики источников и каналов передачи информации, а также их потенциальных характеристик;
- задачи дисциплины - сформировать представление о современном состоянии теории информации, представить фундаментальные положения теории информации, различные аспекты количественной меры информации источников с дискретным и непрерывным множеством состояний, информационные характеристики источников информации и каналов связи, рассмотреть вопросы оценки пропускной способности канала связи без шума и с шумом, методы кодирования информации;

2. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина относится к обязательной части блока Б1. Для изучения дисциплины необходимы знания алгебры, алгоритмов и структур данных, теории вероятностей и математической статистику.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников) и индикаторами их достижения:

Код и название компетенции	Код и название индикатора компетенции	Знания, умения, навыки
ОПК-10 Способен анализировать тенденции развития методов и средств криптографической защиты информации, использовать средства криптографической защиты информации при решении задач профессиональной деятельности;	ОПК-10.21 знает фундаментальные понятия теории информации (энтропия, взаимная информация, источники сообщений, каналы связи, коды), свойства энтропии и взаимной информации;	знать: фундаментальные понятия теории информации (энтропия, взаимная информация, источники сообщений, каналы связи, коды), свойства энтропии и взаимной информации
ОПК-10 Способен анализировать тенденции развития методов и средств криптографической защиты информации, использовать средства криптографической защиты информации при решении задач профессиональной деятельности;	ОПК-10.22 знает основные результаты о кодировании дискретных источников сообщений при наличии и отсутствии шума;	знать: основные результаты о кодировании дискретных источников сообщений при наличии и отсутствии шума

Код и название компетенции	Код и название индикатора компетенции	Знания, умения, навыки
<p>ОПК-10 Способен анализировать тенденции развития методов и средств криптографической защиты информации, использовать средства криптографической защиты информации при решении задач профессиональной деятельности;</p>	<p>ОПК-10.23 знает основные методы оптимального кодирования источников информации и помехоустойчивого кодирования каналов связи (коды - линейные, циклические, Хемминга);</p>	<p>знать: основные методы оптимального кодирования источников информации и помехоустойчивого кодирования каналов связи (коды - линейные, циклические, Хемминга)</p>
<p>ОПК-10 Способен анализировать тенденции развития методов и средств криптографической защиты информации, использовать средства криптографической защиты информации при решении задач профессиональной деятельности;</p>	<p>ОПК-10.24 знает понятие пропускной способности канала связи, прямую и обратную теоремы кодирования;</p>	<p>знать: понятие пропускной способности канала связи, прямую и обратную теоремы кодирования</p>
<p>ОПК-10 Способен анализировать тенденции развития методов и средств криптографической защиты информации, использовать средства криптографической защиты информации при решении задач профессиональной деятельности;</p>	<p>ОПК-10.25 умеет вычислять теоретико-информационные характеристики источников сообщений и каналов связи (энтропия, взаимная информация, пропускная способность);</p>	<p>уметь: вычислять теоретико-информационные характеристики источников сообщений и каналов связи (энтропия, взаимная информация, пропускная способность)</p>

Код и название компетенции	Код и название индикатора компетенции	Знания, умения, навыки
ОПК-10 Способен анализировать тенденции развития методов и средств криптографической защиты информации, использовать средства криптографической защиты информации при решении задач профессиональной деятельности;	ОПК-10.26 умеет решать типовые задачи кодирования и декодирования;	уметь: решать типовые задачи кодирования и декодирования
ОПК-10 Способен анализировать тенденции развития методов и средств криптографической защиты информации, использовать средства криптографической защиты информации при решении задач профессиональной деятельности;	ОПК-10.27 владеет основами построения математических моделей текстовой информации и моделей систем передачи информации;	владеть: основами построения математических моделей текстовой информации и моделей систем передачи информации;
ОПК-10 Способен анализировать тенденции развития методов и средств криптографической защиты информации, использовать средства криптографической защиты информации при решении задач профессиональной деятельности;	ОПК-10.28 владеет навыками применения математического аппарата для решения прикладных теоретико-информационных задач.	владеть: навыками применения математического аппарата для решения прикладных теоретико-информационных задач

4. Объем дисциплины в зачетных единицах/час:

3/108

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен

5. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Семестр 5	Всего
Аудиторные занятия	50	50
Лекционные занятия	16	16
Практические занятия	34	34
Лабораторные занятия		
Самостоятельная работа	22	22
Курсовая работа		
Промежуточная аттестация		
Часы на контроль	36	36
Всего	108	108

5.1.Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1. Лекции			
1.1	Энтропия дискретных источников	<p>Дискретные источники сообщений. Измерение информации. Собственная информация. Энтропия. Выпуклые функции многих переменных.</p> <p>Условная энтропия. Дискретные случайные последовательности. Цепи Маркова.</p> <p>Энтропия на сообщение дискретного стационарного источника.</p> <p>Равномерное кодирование дискретного источника. Постановка задачи. Неравенство Чебышева. Закон больших чисел.</p> <p>Прямая теорема кодирования для дискретного постоянного источника. Обратная теорема кодирования для дискретного постоянного источника. Множество типичных последовательностей для дискретного постоянного источника. Источники с памятью.</p>	<p>https://edu.vsu.ru/course</p>

1.2	Неравномерно екодирование дискретных источников	Постановка задачи неравномерного побуквенного кодирования. Неравенство Крафта. Теоремы побуквенного неравномерного кодирования. Оптимальный побуквенный код –код Хаффмана. Избыточность кода Хаффмана. Код Шеннона. Код Гилберта- Мура. Неравномерное кодирование для стационарного источника.	https://edu.vsu.ru/course
1.3	Кодирование дискретных источников при неизвестной статистике	Постановка задачи универсального кодирования источников. Несколько полезных комбинаторных формул. Двухпроходное побуквенное кодирование. Нумерационное кодирование. Асимптотические границы избыточности универсального кодирования. Адаптивное кодирование. Сравнение алгоритмов.	https://edu.vsu.ru/course
1.4.	Алгоритмы кодирования источников, применяемые в архиваторах	Монотонные коды. Интервальное кодирование и метод «стопка книг». Метод скользящего словаря (LZ-77). Алгоритм LZW (LZ-78). Предсказание по частичному совпадению. Сжатие с использованием преобразования Барроуза-Уилера. Сравнение способов кодирования. Характеристики архиваторов.	https://edu.vsu.ru/course
1.5	Кодирование для дискретных каналов с шумом	Постановка задачи помехоустойчивого кодирования. Модели каналов. Взаимная информация. Средняя взаимная информация. Условная средняя взаимная информация. Теорема о переработке информации. Выпуклость средней взаимной информации. Информационная емкость и пропускная способность. Неравенство Фано. Обратная теорема кодирования. Вычисление информационной емкости каналов без памяти. Симметричные каналы. Прямая теорема кодирования для дискретных	https://edu.vsu.ru/course/

		постоянных каналов. Типичные пары последовательностей. Типичные пары последовательностей.	
2. Лабораторные работы			
2.1	Ансамбли и вероятности	Вероятностные ансамбли. Байесовский вывод.	https://edu.vsu.ru/course
2.2	Энтропия	Энтропия. Условная энтропия и ее свойства. Энтропия дискретного источника информации. Полная и частная энтропии.	https://edu.vsu.ru/
2.3	Марковские цепи	Стационарные Марковские цепи. Расчет условной энтропии стационарной Марковской цепи.	https://edu.vsu.ru/course
2.4	Количество информации	Расчет количества информации. Свойства количества информации.	-
2.5	Неравномерно екодирование	Код Хаффмана. Код Шеннона-Фано. Код Гилберта-Мура. Арифметическое кодирование.	https://edu.vsu.ru/course
2.6	Блочный источник с n-кратным расширением	Кодирование блочного источника X ₂ и X ₃ .	https://edu.vsu.ru/
2.7	Универсальный алгоритм сжатия	Алгоритм универсального кодирования Лемпеля-Зива. Декодирование LZ-кода. Алгоритм Лемпеля-Зива-Уэлча. Декодирования LZW.	https://edu.vsu.ru/course
2.8	Каналы без памяти	Двоичный симметричный канал без памяти. Комбинирование источников.	-
2.9	Пропускная способность канала	Средняя взаимная информация. Пропускная способность двоичного симметричного канала.	-

5.1. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
1	Энтропия дискретных источников	2	6		6	18
2	Неравномерное кодирование дискретных источников	4	9		10	26
3	Кодирование дискретных источников при неизвестной статистике	4	9		10	26
4	Алгоритмы кодирования источников, применяемые в архиваторах	4	7		7	21
5	Кодирование для дискретных каналов с шумом	2	3		7	17
		16	34	0	22	72

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для успешного освоения дисциплины рекомендуется систематическая подготовка к выполнению практических заданий, а также самостоятельная работа обучающегося, которая предусматривает подготовку к рубежным аттестациям и изучение дополнительной литературы по вопросам дисциплины.

7. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

№ п/п	Источник
1	Попов, И. Ю. Теория информации / И. Ю. Попов, И. В. Блинова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 160 с. — ISBN 978-5-507-44279-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — Режим доступа: https://reader.lanbook.com/book/218870

№ п/п	Источник
2	Ланских, Ю. В. Теория информации : учебник / Ю. В. Ланских. — Киров : ВятГУ, 2020. —236 с. — Лань : электронно-библиотечная система. — Режим доступа : https://reader.lanbook.com/book/201926#1

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Котенко В. В. Теория информации: учебное пособие / В. В. Котенко, К.Е. Румянцев. - Ростовна-Дону, Таганрог: Ихздательство Южного федерального университета, 2018. - 240 с. Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — Режим доступа : https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=561095
2	Трухан, А. А. Теория вероятностей в инженерных приложениях : учебное пособие / А. А. Трухан, Г. С. Кудряшев. — 4-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 368с. — ISBN 978-5-8114-1664-6. — Лань : электронно-библиотечная система. — Режим доступа : https://e.lanbook.com/reader/book/168752/#1
3	Майстренко Н. В. Основы теории информации и криптографии : учебное электронное издание: учебное пособие / Н. В. Майстренко , А. В. Майстренко. - Тамбов: Издательскийцентр ФГБОУ ВО ТГТУ, 2018. - 81 с. - Университетская библиотека онлайн : электроннобиблиотечная система. — Режим доступа : https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=570354
4	Усенко О. А. Приложения теории информации и криптографии в радиотехнических системах: учебное пособие / О. А. Усенко. - Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2017. - 239 с. - Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — Режим доступа : https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=500141
5	Волынская А.В. Теория информации: практикум / А.В. Волынская , Г.А. Черезов. - Издательство Уральского государственного университета путей сообщения, 2018. - 32 с.Лань: электронно-библиотечная система. — Режим доступа : https://e.lanbook.com/reader/book/121385/#1

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
1	www.lib.vsu.ru ЗНБ ВГУ

8. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	ЭУМК. Электронный университет ВГУ. - Режим доступа : https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6563

9. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

Пакет математического программирования Matlab любой версии

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины (см. файл МТО):

лекционная аудитория, оснащенная мультимедиа проектором; класс для проведения практических занятий; вычислительные устройства для проведения расчетов алгебраических функций до третьего знака после десятичного разделителя.

11. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Разделы дисциплины (модули)	Код компетенции	Код индикатора	Оценочные средства для текущей аттестации
1	Энтропия дискретных источников	ОПК-10	ОПК-10.21	контрольное задание 1 тестовое задание 1
2	Неравномерное кодирование дискретных источников Кодирование дискретных источников при неизвестной статистике	ОПК-10	ОПК-10.22	контрольное задание 2 тестовое задание 2
3	Кодирование дискретных источников при неизвестной статистике Алгоритмы кодирования источников, применяемые в архиваторах Кодирование для дискретных каналов с шумом	ОПК-10	ОПК-10.23	контрольное задание 2 тестовое задание 2 контрольное задание 4
4	Кодирование дискретных источников при неизвестной статистике Алгоритмы кодирования источников, применяемые в архиваторах	ОПК-10	ОПК-10.24	контрольное задание 2 тестовое задание 2 контрольное задание 3 тестовое задание 3

№ п/п	Разделы дисциплины (модули)	Код компетенции	Код индикатора	Оценочные средства для текущей аттестации
5	Кодирование дискретных источников при неизвестной статистике Алгоритмы кодирования источников, применяемые в архиваторах Кодирование для дискретных каналов с шумом	ОПК-10	ОПК-10.25	контрольное задание 4
6	Кодирование дискретных источников при неизвестной статистике Алгоритмы кодирования источников, применяемые в архиваторах	ОПК-10	ОПК-10.26	контрольное задание 2 тестовое задание 2 контрольное задание 3 тестовое задание 3
7	Алгоритмы кодирования источников, применяемые в архиваторах	ОПК-10	ОПК-10.27	контрольное задание 3 тестовое задание 3
8	Кодирование дискретных источников при неизвестной статистике Алгоритмы кодирования источников, применяемые в архиваторах Кодирование для дискретных каналов с шумом	ОПК-10	ОПК-10.28	контрольное задание 2 тестовое задание 2 контрольное задание 4

Промежуточная аттестация

Форма контроля - Экзамен

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 4-балльная шкала: «отлично»,

«хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Критерии оценивания компетенций	Критерии оценивания компетенций
Сформированные знания о фундаментальных положениях теории информации в части кодирования информации, передачи информации от различных источников по каналам. Сформированное умение формализовать задачу оценки информационных характеристик системы передачи информации, провести анализ ее работы и выделить наиболее значимые параметры Сформированы навыки анализа информационных характеристик системы передачи информации	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>

Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о фундаментальных положениях теории информации в части кодирования дискретных источников информации, алгоритмов кодирования источников. Успешное, но содержащее отдельные пробелы, умение формализовать задачу оценки информационных характеристик системы передачи информации, провести анализ ее работы и выделить наиболее значимые параметры Сформированы, но имеют отдельные пробелы, навыки анализа информационных характеристик системы передачи информации	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
Неполное представление о фундаментальных положениях теории информации в части кодирования дискретных источников при неизвестной статистике Умение формализовать задачу оценки информационных характеристик системы передачи информации, провести анализ ее работы и выделить наиболее значимые параметры, сопряженное с наличием существенных ошибок и способностью исправления при указании на них Сформированы, но имеют существенные пробелы, навыки анализа информационных характеристик системы передачи информации	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Фрагментарные знания или отсутствие знаний Фрагментарные умения или отсутствие умений Отсутствие навыков	-	<i>Неудовлетворительно</i>

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий и итоговый контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью контрольных работ и тестовых заданий.

Контрольные (практико-ориентированные) задания

Пример контрольного задания 1. Дано произведение ансамблей

$$XY = [x_1y_1 \ x_1y_2 \ x_1y_3 \ x_2y_1 \ x_2y_2 \ x_2y_3]$$

$$[0.21 \ 0.42 \ 0.07 \ 0.09 \ 0.18 \ 0.03]$$

Определить, являются ли ансамбли X и Y независимыми, вычислить энтропию $H(X)$, $H(Y)$, $H(XY)$.

Пример контрольного задания 2.

Для набора вероятностей построить код Хаффмана, Шеннона, Гильберта-Мура, арифметического кодирования.

$$z_1 = 0.249, z_2 = 0.03, z_3 = 0.085, z_4 = 0.04, z_5 = 0.11, z_6 = 0.124, z_7 = 0.022, z_8 = 0.142, z_9 = 0.138, z_{10} = 0.06.$$

Пример контрольного задания 3.

Необходимо передать сообщение: НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО с помощью алгоритма кодирования LZ77.

Пример контрольного задания 4.

Даны вероятности появления входных символов в канале и вероятности верной/ошибочной передачи: $p(x_0)=0.5$, $p(x_1)=0.5$, $p(y_0|x_0)=1$, $p(y_0|x_1)=0.5$, $p(y_1|x_0)=0$, $p(y_1|x_1)=0.5$.

Вычислить количество информации $I(X,Y)$.

Тестовые задания

Пример тестового задания 1.

Формула условного распределения вероятностей. Свойство энтропии дискретного ансамбля. Формула условной энтропии при фиксированном событии. Свойства условной энтропии. Простая цепь Маркова. Энтропия на букву последовательности. Источник с памятью.

Пример тестового задания 2.

Неравенство Крафта. Код Гилберта-Мура. Двухпроходное побуквенное кодирование. Адаптивное кодирование. Адаптивное кодирование.

Пример тестового задания 3.

Характеристики архиваторов. Алгоритм LZW (LZ-78). Модели каналов. Симметричные каналы Типичные пары последовательностей Условная средняя взаимная информация.

20.2 Фонд оценочных средств сформированности компетенций студентов, рекомендуемый для проведения диагностических работ

ОПК-10 Способен анализировать тенденции развития методов и средств криптографической защиты информации, использовать средства криптографической защиты информации при решении задач профессиональной деятельности;

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

1. Определите правильное свойство монотонности собственной информации при $p(x_1) \geq p(x_2)$

A. $I(x_1) \leq I(x_2)$

B. $I(x_1) = I(x_2)$

C. $I(x_1) \geq I(x_2)$

D. $I(x_1) < I(x_2)$

E. $I(x_1) > I(x_2)$

2. 2 Ансамбли X и Y независимы, если

- A. $H(XY) = H(X) + H(Y)$
- B. $H(XY) = H(X) - H(Y)$
- C. $H(XY) = H(X)H(Y)$
- D. $H(XY) = H(X) / H(Y)$

3. Собственная информация $I(x)$ сообщения x , выбираемого из дискретного ансамбля $X = \{x, p(x)\}$, называется величина

- A. $I(x) = -\log_2 p(x)$
- B. $I(x) = \log_2 p(x)$
- C. $I(x) = \log(x)$
- D. $I(x) = -\lg p(x)$
- E. $I(x) = \log_2(x)$

4. Энтропия дискретного ансамбля определяется выражением (выберите несколько правильных вариантов)

- A. $H(X) = \mathbf{M}[-\log_2 p(x)]$
- B. $H(X) = -\sum_{x \in X} p(x) \log_2 p(x)$
- C. $H(X) = -\sum_{x \in X} p(x) \lg(x)$
- D. $H(X) = -\sum_{x \in X} p(x) \lg p(x)$
- E. $H(X) = \sum_{x \in X} p(x) \log_2 p(x)$
- F. $H(X) = \mathbf{D}[-\log_2 p(x)]$
- G. $H(X) = \mathbf{D}[\log_2 p(x)]$
- H. $H(X) = \mathbf{M}[-\log_2 x]$

5. Выберите правильное высказывание

- A. обработка информации не приводит к увеличению энтропии
- B. к увеличению энтропии не приводит только упорядочивание информации, другие типы обработки ведут к увеличению энтропии
- C. обработка информации приводит к увеличению энтропии
- D. информация и энтропия не связаны

6. Выберите правильное высказывание : Если заданы ансамбли X, Y, то

- A. $H(X|Y) \leq H(X)$ при независимых ансамблях X, Y
- B. $H(X|Y) \leq H(X)$
- C. $H(X|Y) \leq H(X)$ при зависимых ансамблях X, Y
- D. $H(X|Y) \geq H(X)$
- E. $H(X|Y) \geq H(X)$ при независимых ансамблях X, Y
- F. $H(X|Y) \geq H(X)$ при зависимых ансамблях X, Y

7. Выберите правильное выражение условной собственной информации

- A. $I(x|y) = -\log_2 p(x|y)$
- B. $I(x|y) = \log_2 p(x|y)$
- C. $I(x|y) = -\lg p(x|y)$
- D. $I(x|y) = -\log_2 p(y|x)$
- E. $I(x|y) = -\log_2 p(xy)$

8. Выберите правильное выражение условной энтропии ансамбля X при фиксированном ансамбле Y

- A. $H(X|Y) = -\sum_{x \in X} \sum_{y \in Y} p(x, y) \log_2 p(x|y)$
- B. $H(X|Y) = -\sum_{x \in X} \sum_{y \in Y} p(x|y) \log_2 p(x|y)$
- C. $H(X|Y) = \sum_{x \in X} \sum_{y \in Y} p(x, y) \log_2 p(x|y)$
- D. $H(X|Y) = -\sum_{x \in X} \sum_{y \in Y} p(x, y) \lg p(x|y)$
- E. $H(X|Y) = -\sum_{x \in X} \sum_{y \in Y} p(x|y) \lg p(x|y)$

9. Выберите правильное выражение для неравенства Чебышева

- A. $P(|x - m_x| \geq \varepsilon) \leq \frac{\sigma_x^2}{\varepsilon^2}$
- B. $P(|x - m_x| \leq \varepsilon) \geq \frac{\sigma_x^2}{\varepsilon^2}$
- C. $P(|x - m_x| \geq \varepsilon) \geq \frac{\sigma_x^2}{\varepsilon}$
- D. $P(|x - m_x| \leq \varepsilon) \leq \frac{\sigma_x}{\varepsilon^2}$
- E. $P(|m_x| - x \geq \varepsilon) \leq \frac{\sigma_x^2}{\varepsilon^2}$
- F. $P(|x - m_x| \geq \varepsilon^2) \leq \frac{\sigma_x^2}{\varepsilon^2}$

10. Энтропия на букву последовательности длины n определяется выражением

- A. $H_n(X) = \frac{H(X^n)}{n}$
- B. $H_n(X) = \frac{H(X_n)}{n}$
- C. $H^n(X) = \frac{H(X_n)}{n}$
- D. $H^n(X) = \frac{H(X^n)}{n}$
- E. $H_n(X) = \frac{H(X_1|X^n)}{n}$
- F. $H_n(X) = \frac{H(X^n|X_1)}{n}$

11. Необходимым и достаточным условием существования префиксного кода объемом M с длинами кодовых слов l_1, \dots, l_M является выполнение неравенства Крафта (выберите правильное выражение)

A.
$$\sum_{i=1}^M 2^{-l_i} \leq 1$$

B.
$$\sum_{i=1}^M 2^{-i} \leq 1$$

C.
$$\sum_{i=1}^M 2^{-l_i} \leq M$$

D.
$$\sum_{i=1}^M 2^{l_i} \leq 1$$

E.
$$\sum_{i=1}^M 2^i \leq M$$

12. Для любого однозначно декодируемого двоичного кода объемом M с длинами кодовых слов l_1, \dots, l_M справедливо неравенство (выберите правильное выражение)

A.
$$\sum_{i=1}^M 2^{-l_i} \leq 1$$

B.
$$\sum_{i=1}^M 2^{-l/i} \leq 1$$

C.
$$\sum_{i=1}^M 2^{-l_i} \leq M$$

D.
$$\sum_{i=1}^M 2^{2l_i} \leq 1$$

E.
$$\sum_{i=1}^M 2^{l-i} \leq M$$

13. Для любого однозначно декодируемого кода дискретного источника $X = \{x, p(x)\}$ с энтропией H средняя длина кодовых слов \bar{l} удовлетворяет неравенству (выберите правильное выражение)

- A. $\bar{l} \geq H$
- B. $\bar{l} \geq H+1$
- C. $\bar{l} \geq p+1$
- D. $\bar{l} \leq p-1$
- E. $\bar{l} \geq H-1$
- F. $\bar{l} \geq X$
- G. $\bar{l} \leq H-1$

14. Для ансамбля сообщений $X = \{1, \dots, M\}$ с вероятностями сообщений $\{p_1, \dots, p_M\}$ и упорядоченными по убыванию вероятностей, если $p_i < p_j$, то (выберете правильное выражение)

- A. $l_i \geq l_j$
- B. $l_i \leq l_j$
- C. $l_i \geq p_j$
- D. $l_i \leq p_j$
- E. $l_i \leq x_j$
- F. $l_i \leq x_i$

15. Для дискретного стационарного источника с энтропией на сообщение H и для любого $\delta > 0$ существует способ неравномерного FV-кодирования такой, для которого (выберете правильное выражение)

- A. $\bar{R} \leq H + \delta$
- B. $\bar{R} \leq H - \delta$
- C. $\bar{R} \leq \delta - H$
- D. $\bar{R} \geq H + \delta$
- E. $\bar{R} \geq H - \delta$

16. Для ансамбля сообщений $X = \{1, \dots, M\}$ с вероятностями сообщений $\{p_1, \dots, p_M\}$ и упорядоченными по убыванию вероятностей найдется не менее двух кодовых слов имеют одинаковую длину равную длине кодовых слов

A. средней

- B максимальной
C минимальной

17. Для дискретного стационарного источника $H(X|X_n)$ с увеличением n .

- A не возрастает
B не убывает
C возрастает
D убывает

18. Величина условной энтропии $H(X_n|X_1, \dots, X_{n-1})$ определяет пусто количество переданной декодером информации

- A средней
B максимальной
C минимальной

Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ
1	A
2	A
3	A
4	A,B
5	A
7	A
8	A
10	A
11	A
12	A
13	A
14	A
15	A
16	A
17	A
18	A
19	A
20	A

2) открытые задания (мини-кейсы, средний уровень сложности):

1. Вычисление условной энтропии $H_X(Y)$

Дано произведение ансамблей XY (указаны совместные вероятности)

$p(x_1y_1)$	$p(x_1y_2)$	$p(x_2y_1)$	$p(x_2y_2)$
0.3	0.25	0.25	0.2

Необходимо вычислить условную энтропию $H_X(Y)$.

Напишите развернутое решение и конечный результат с единицами измерения.

2. Вычисление условной энтропии $H_Y(X)$

Дано произведение ансамблей XY (указаны совместные вероятности)

$p(x_1y_1)$	$p(x_1y_2)$	$p(x_2y_1)$	$p(x_2y_2)$
0.3	0.25	0.25	0.2

Необходимо вычислить условную энтропию $H_Y(X)$.

Напишите развернутое решение и конечный результат с единицами измерения.

3. Вычисление энтропии совместного ансамбля

Дано произведение ансамблей XY (указаны совместные вероятности)

$p(x_1y_1)$	$p(x_1y_2)$	$p(x_2y_1)$	$p(x_2y_2)$
0.3	0.25	0.25	0.2

Необходимо вычислить совместную энтропию $H(XY)$. Напишите развернутое решение и конечный результат с единицами измерения.

4. Зависимость (независимость) ансамблей

Дано произведение ансамблей XY (указаны совместные вероятности)

$p(x_1y_1)$	$p(x_1y_2)$	$p(x_2y_1)$	$p(x_2y_2)$
0.4	0.2	0.25	0.15

Необходимо определить являются ли ансамбли независимыми. Напишите развернутое решение и дайте обоснование ответа.

5. Код Хаффмана

Построить двоичное дерево, записать код Хаффмана, среднюю длину кода, энтропию и избыточность для следующего дискретного источника:

$z_1=0.245, z_2=0.09, z_3=0.055, z_4=0.15, z_5=0.13, z_6=0.045, z_7=0.037, z_8=0.038, z_9=0.14, z_{10}=0.07$.

Ответы на вопросы:

Номер вопроса	Ответ
19	Должны быть записаны промежуточные решения. Вычисление логарифмов ведется по основанию 2. По 100 балльной шкале вычисление: $P(y_1 x_1)$ - по 15 баллов $P(y_2 x_1)$ - по 15 баллов $P(y_1 x_2)$ - по 15 баллов $P(y_2 x_2)$ - по 15 баллов $H_{x1}(Y)$ - 15 баллов $H_{x2}(Y)$ - 15 баллов $H_x(Y)$ - 10 баллов
20	Должны быть записаны промежуточные решения. Вычисление логарифмов ведется по основанию 2. По 100 балльной шкале вычисление: $P(x_1 y_1)$ - по 15 баллов $P(x_2 y_1)$ - по 15 баллов $P(x_1 y_2)$ - по 15 баллов $P(x_2 y_2)$ - по 15 баллов $H_{y1}(X)$ - 15 баллов $H_{y2}(X)$ - 15 баллов $H_y(X)$ - 10 баллов
21	Должны быть записаны промежуточные решения. Вычисление логарифмов ведется по основанию 2. По 100 балльной шкале - каждое слагаемое по 20 баллов. Итоговые результат 20 баллов.
22	Для определения независимости ансамблей необходимо вычислить $p(x_1), p(x_2), p(y_1), p(y_2)$. По 100 балльной шкале - вычисление: $p(x_1)=20$ баллов, $p(x_2)=20$ баллов, $p(y_1)=20$ баллов, $p(y_2)=20$ баллов, нахождение произведения одномерных вероятностей и сравнение с совместными вероятностями - по 4 баллов Итоговый ответ - 4 балла
23	По 100 балльной шкале: Построение дерева кода - 76 баллов Энтропия - 14 баллов Средняя длина - 7 баллов Избыточность - 3 баллов

Задания раздела 20.3 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных результатов освоения данной дисциплины (знаний, умений, навыков).