

---

**УТВЕРЖДЕНА**

Решением Ученого совета  
АНО ВО «Центральный университет»  
«25» мая 2026 г.  
Протокол №2

**Рабочая программа дисциплины (модуля)  
«Теория информации и кодирования»**

**Направление подготовки:** 02.03.01 Математика и компьютерные науки

**Направленность (профиль) подготовки:** Прикладной искусственный интеллект

**Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр

**Форма обучения:** очная

**Срок освоения программы:** 4 года

**Год набора:** 2026

**Москва  
2026**

## Содержание

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| 1. Краткая характеристика дисциплины (модуля) ..... | 3  |
| 2. Перечень планируемых результатов обучения .....  | 3  |
| 3. Тематический план .....                          | 7  |
| 4. Содержание дисциплины (модуля) .....             | 8  |
| 5. Учебно-методическое обеспечение .....            | 10 |
| 6. Материально-техническое обеспечение .....        | 10 |
| 7. Методические и оценочные материалы .....         | 12 |

## **1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)**

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Теория информации и кодирования» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», профиль «Прикладной искусственный интеллект», утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 807 от 23.08.2017 года.

Изучение дисциплины (модуля) «Теория информации и кодирования» обеспечивает глубокое понимание стохастических процессов, которые лежат в основе современных математических моделей, используемых для анализа неопределённости и случайности в сложных системах. Эта дисциплина способствует развитию навыков компьютерного моделирования и симуляции случайных явлений, что критично для применения в областях, таких как финансовый анализ, машинное обучение, оптимизация алгоритмов и обеспечение информационной безопасности, где точные предсказания и управление рисками невозможны без учёта стохастических факторов.

### **Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Настоящая дисциплина (модуль) включена в учебный план по программе подготовки бакалавриата по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», профиль «Прикладной искусственный интеллект» и входит в вариативную часть Блока 1, формируемую участниками образовательных отношений, как дисциплина по выбору.

Дисциплина (модуль) доступна для изучения на 3 или 4 курсе в 6, 7, 8 семестрах на выбор после успешного освоения дисциплин (модулей): «Математический анализ. Часть 1», «Математический анализ. Часть 2» и «Линейная алгебра и геометрия. Часть 1», «Линейная алгебра и геометрия. Часть 2» или «Математический анализ. Продвинутый уровень. Часть 1», «Математический анализ. Продвинутый уровень. Часть 2» и «Линейная алгебра и геометрия. Продвинутый уровень. Часть 1», «Линейная алгебра и геометрия. Продвинутый уровень. Часть 2» или «Язык программирования Python. Основной».

**Цель изучения дисциплины (модуля):** формирование у студентов системного понимания математических основ теории информации, методов кодирования и их применения для эффективной обработки, передачи и защиты данных в компьютерных системах.

### **Задачи изучения дисциплины (модуля):**

- овладеть основными концепциями теории информации, включая энтропию, взаимную информацию и пропускную способность канала, для оценки информационных потоков;
- освоить разработку и исследование разнообразных кодов (таких как блочные, сверточные и арифметические), направленных на снижение ошибок при передаче и улучшение сжатия данных;
- анализировать использования методов кодирования в актуальных технологиях, например, для исправления ошибок в коммуникационных сетях и криптографических систем, с акцентом на практическое моделирование через математические вычисления и программную реализацию;
- сформировать умения для решения практических проблем информационной защиты и совершенствования алгоритмов в компьютерных приложениях.

### **В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:**

#### **знать:**

- основные понятия и фундаментальные теоремы теории информации (энтропия, пропускная способность, теоремы Шеннона);

- основные понятия, конструкции и свойства классических блочных кодов (линейные, циклические, БЧХ, Рида-Соломона, Рида-Маллера);
- основные элементы и принципы работы современных кодов (Турбо-коды, LDPC-коды);
- основы построения, кодирования и декодирования полярных кодов;
- современные направления развития теории кодирования и их роль в телекоммуникациях;

***уметь:***

- рассчитывать информационные характеристики источников и каналов (энтропия, пропускная способность);
- анализировать параметры и исправляющую способность блочных кодов (расстояние, границы);
- применять базовые алгоритмы декодирования для изученных классов кодов (синдромное декодирование, декодирование кодов Рида-Соломона);
- анализировать эффективность изученных схем коррекции ошибок (скорость передачи, помехоустойчивость, вычислительная сложность);
- выбирать подходящие методы кодирования для типовых задач передачи данных;

***владеть:***

- навыками применения аппарата теории информации для оценки предельных возможностей систем передачи данных;
- методологией синтеза и анализа алгоритмов кодирования и декодирования для полярных кодов;
- методами практического применения современных методов кодирования (Турбо-коды, LDPC-коды, Полярные коды);
- навыками анализа и сравнения помехоустойчивых свойств различных классов кодов;
- пониманием принципов работы алгоритмов декодирования на графах (алгоритм "Сумма-Произведение"/Belief Propagation).

## 2. Перечень планируемых результатов обучения

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) при проведении учебных занятий в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками Университета и в форме самостоятельной работы обучающихся:

| Код и содержание компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Индикатор компетенции и перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | УК-1.1. Знает методы поиска и анализа информации в области разработки, основные принципы критической оценки источников информации и их релевантности.                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | УК-1.2. Умеет критически оценивать источники информации и синтезировать данные из различных источников для решения задач, применять системный подход к анализу и решению комплексных проблем.                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | УК-1.3. Имеет практический опыт работы с современными инструментами и технологиями для обработки информации, формулировании и структурировании задач на основе полученной информации.                                                                                                                                                                                              |
| УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений                                                                                                                                                                                                                                                                     | УК-2.1. Знает действующие правовые нормы, регулирующие деятельность в области решения задач, основные методы и подходы к определению круга задач.                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | УК-2.2. Умеет определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения задач, учитывая имеющиеся ресурсы и ограничения.                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | УК-2.3. Имеет практический опыт применения знаний о правовых нормах и ресурсах в реальных ситуациях, разработки и реализации решений в соответствии с установленными ограничениями.                                                                                                                                                                                                |
| ОПК-1. Способен консультировать и использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики в профессиональной деятельности | ОПК-1.1. Знает основные понятия, методы и результаты математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, аналитической и дифференциальной геометрии, топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов и теоретической механики. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | ОПК-1.2. Умеет применять фундаментальные математические знания и методы для анализа и решения профессиональных задач.                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | ОПК-1.3. Имеет практический опыт выбора, разработки и реализации математических моделей и методов при решении задач профессиональной деятельности.                                                                                                                                                                                                                                 |
| ОПК-6. Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | ОПК-6.1. Знает принципы алгоритмизации, основные структуры данных, парадигмы программирования, методы разработки, тестирования и отладки компьютерных программ.                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | ОПК-6.2. Умеет разрабатывать, документировать, тестировать и                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|                          |                                                                                                                                               |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| практического применения | отлаживать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, с использованием современных языков и сред разработки. |
|                          | ОПК-6.3. Имеет практический опыт разработки и сопровождения компьютерных программ и программных комплексов для решения прикладных задач.      |

### 3. Тематический план

| №п/<br>п                               | Наименование<br>раздела дисциплины<br>(модуля)                        | Трудоемкость, академические часы |                      |          |                        | ТКУ<br>(текущий контроль<br>успеваемости) |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------|----------|------------------------|-------------------------------------------|
|                                        |                                                                       | Очная форма                      |                      |          |                        |                                           |
|                                        |                                                                       | Аудиторная работа                |                      | Контроль | Самостоятельная работа |                                           |
|                                        |                                                                       | Лекции                           | Практические занятия |          |                        |                                           |
| 1                                      | Энтропия и основы кодирования дискретных источников                   | 10                               | 12                   |          | 30                     | Домашнее задание, Коллоквиум              |
| 2                                      | Непрерывная теория информации и вариационные методы                   | 6                                | 8                    |          | 30                     | Домашнее задание, Коллоквиум              |
| 3                                      | Теория помехоустойчивого кодирования: базовые понятия и линейные коды | 4                                | 4                    |          | 30                     | Домашнее задание                          |
| 4                                      | Циклические коды и коды БЧХ                                           | 10                               | 10                   | 2        | 30                     | Домашнее задание, Контрольная работа      |
|                                        | Зачет с оценкой                                                       |                                  |                      | 4        |                        | Итоговая работа                           |
| Итого:                                 |                                                                       | 30                               | 34                   | 6        | 120                    |                                           |
| Объем дисциплины (модуля) (в ак. ч.)   |                                                                       | 190                              |                      |          |                        |                                           |
| Объем дисциплины (модуля) (в зач. ед.) |                                                                       | 5                                |                      |          |                        |                                           |

#### 4. Содержание дисциплины (модуля)

| №п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля)                              | Содержание дисциплины (модуля) по темам                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | Энтропия и основы кодирования дискретных источников                   | <p>Количество информации в сообщении. Энтропия как количество собственной информации. Энтропия стационарного источника: первая и вторая теоремы о пределе энтропии.</p> <p>Задача кодирования равномерными кодами: понятие кода, мощность, побуквенное и словарное кодирование, однозначная декодируемость, скорость кодирования, прямые и обратные теоремы</p> <p>Высоковоероятные множества для дискретного источника без памяти. Прямая и обратная теоремы кодирования стационарных источников без памяти равномерными кодами</p> <p>Определение эргодического источника. Количество информации, порождаемое эргодическим источником: лемма Мак-Миллана, прямая и обратная теоремы кодирования</p> <p>Префиксные и суффиксные коды. Неравенство Крафта.</p> <p>Оптимальные коды: прямая и обратная теоремы. Методы Шеннона-Фано и Хаффмена.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 2    | Непрерывная теория информации и вариационные методы                   | <p>Дифференциальная энтропия. f-дивергенции и их свойства.</p> <p>Взаимная информация в непрерывном случае: цепное правило, неравенство обработки информации, инвариантность. Дивергенции и проверка гипотез. Неравенство Фано: связь взаимной информации с ошибкой классификации; связь взаимной информации со средней квадратичной ошибкой в задаче регрессии.</p> <p>Вариационная форма Донскера–Варадхана для дивергенции Кульбака–Лейблера, связь с моделями, основанными на энергии.</p> <p>Дуальность f-дивергенций, f-генеративная связательная сеть.</p> <p>Нейросетевые оценки взаимной информации в формах Донскера-Варадхана (MINE-DV) и Нгуена-Уэйнрайта-Джордана (MINE-NWJ); устранение смещения в градиенте. Принцип информационного бутылочного горлышка. Оценка обобщающей способности через взаимную информацию между весами модели и обучающей выборкой.</p> <p>Deep InfoMax. Автокодировщики как максимизаторы взаимной информации. Контрастивные методы (InfoNCE) как нижняя оценка взаимной информации. Что говорит теория информации о проекционных головах. Согласование распределений через максимизацию взаимной информации.</p> <p>Обобщенные модели, основанные на энергии. Диффузия как обращение марковского ядра, теорема Гирсанова. Оценка взаимной информации через диффузию (MINDE). Проекционная взаимная информация и Максимальная проекционная зависимая информация: проверка случайных величин на независимость.</p> |
| 3    | Теория помехоустойчивого кодирования: базовые понятия и линейные коды | <p>Двоичный симметричный канал и теорема Шеннона Пропускная способность канала. Блочные и линейные коды. Порождающая матрица. Декодирование по максимуму правдоподобия. Прямая теорема Шеннона.</p> <p>Стандартное расположение. Лидеры смежного класса. Кодовое расстояние и исправляющая способность. Совершенные и квазисовершенные коды.</p> <p>Проверочная матрица. Дуальный код, самодуальные коды. Синдром вектора. Декодирование по синдрому.</p> <p>Код, исправляющий одну ошибку. Код Хэмминга: кодирование и декодирование. Границы Хэмминга, Варшавова–Гильберта (алгебраический аналог обратной теоремы Шеннона), Синглтона.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|   |                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | Циклические коды и коды БЧХ | <p>Код, исправляющий две ошибки. Циклические коды. Минимальные многочлены и циклотомические классы. Цикличность кода Хэмминга.</p> <p>Коды БЧХ. Локаторы ошибок, многочлен локаторов. Линейная сложность последовательности. Теорема Мессе. Алгоритм Берлекемпа–Мессе для декодирования.</p> |
|---|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 5. Учебно-методическое обеспечение

Университет располагает полным набором лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, включая продукты отечественного производства.

Каждый студент в течение всего периода обучения получает индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечной системе и электронной информационно-образовательной среде университета. Эти системы предоставляют возможность доступа к ресурсам из любой точки, где есть подключение к сети Интернет, как на территории университета, так и за его пределами.

Студентам обеспечен удаленный доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

### *Основная литература:*

1. Осокин, А. Н. Теория информации : учебник для вузов / А. Н. Осокин, А. Н. Мальчуков. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 208 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16333-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/561389>.

2. Круглов, В. М. Случайные процессы в 2 ч. Часть 1. Основы общей теории : учебник для вузов / В. М. Круглов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 276 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01748-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/536889>.

3. Осокин, А. Н. Теория информации : учебник для вузов / А. Н. Осокин, А. Н. Мальчуков. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 208 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16333-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/561389>.

4. Кудряшов, Б. Д. Основы теории кодирования: Учебное пособие / Кудряшов Б.Д. - СПб:БХВ-Петербург, 2016. - 400 с. ISBN 978-5-9775-3527-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/944069>.

### *Дополнительная литература:*

1. Нестерова, Л. Ю. Теория чисел : учебник и практикум для вузов / Л. Ю. Нестерова, С. В. Напалков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 152 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20057-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/568090>.

2. Гисин, В. Б. Дискретная математика : учебник и практикум для вузов / В. Б. Гисин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 428 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16763-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/577329>.

## 6. Материально-техническое обеспечение

Университет располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работ обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Помещения, которые представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского (практического) типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Помещения укомплектованы специализированной

мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Изучение дисциплины (модуля) обеспечивается в учебных аудиториях, оснащенных:

- столами и стульями;
- компьютерной техникой;
- механическими калькуляторами;
- специализированным оборудованием, включая демонстрационное оборудование.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, в том числе приспособленные для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья, оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Обучающимся предоставляется доступ (в том числе удаленный) к ресурсам информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», электронным ресурсам (в том числе электронным библиотечным системам, современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам):

| №  | Наименование портала<br>(издания, курса, документа)                            | Ссылка                                                                          |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Научная электронная библиотека elibrary.ru библиотека                          | <a href="https://elibrary.ru/defaultx.asp">https://elibrary.ru/defaultx.asp</a> |
| 2. | База данных для IT-специалистов                                                | <a href="https://habr.com">https://habr.com</a>                                 |
| 3. | База данных ScienceDirect                                                      | <a href="https://www.sciencedirect.com">https://www.sciencedirect.com</a>       |
| 4. | Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации | <a href="https://minobrnauki.gov.ru/">https://minobrnauki.gov.ru/</a>           |
| 5. | Федеральный портал «Российское образование»                                    | <a href="https://www.edu.ru/">https://www.edu.ru/</a>                           |
| 6. | Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"        | <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>                       |
| 7. | Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов                             | <a href="http://school-collection.edu.ru/">http://school-collection.edu.ru/</a> |
| 8. | Федеральный центр информационно - образовательных ресурсов                     | <a href="http://fcior.edu.ru/">http://fcior.edu.ru/</a>                         |

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), в том числе комплект лицензионного программного обеспечения, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

| Наименование ПО                                                  | Производство  | Лицензионное / свободно распространяемое |
|------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------|
| <b>Операционные системы:</b>                                     |               |                                          |
| Microsoft Imagine (Windows Client, Server)                       | зарубежное    | лицензионное                             |
| <b>Браузеры:</b>                                                 |               |                                          |
| Яндекс.Браузер                                                   | отечественное | свободно распространяемое                |
| Google Chrome                                                    | зарубежное    | свободно распространяемое                |
| <b>Офисные приложения:</b>                                       |               |                                          |
| Microsoft Imagine (Visio, OneNote)                               | зарубежное    | лицензионное                             |
| TeXstudio                                                        | зарубежное    | свободно распространяемое                |
| Adobe Acrobat Reader                                             | зарубежное    | свободно распространяемое                |
| <b>Программное обеспечение для планирования и учета времени:</b> |               |                                          |
| Toggle app                                                       | зарубежное    | свободно распространяемое                |

|                                                                     |               |                           |
|---------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------|
| <b>Системы управления проектами:</b>                                |               |                           |
| Microsoft Imagine (Project)                                         | зарубежное    | лицензионное              |
| <b>Системы управления базами данных:</b>                            |               |                           |
| Microsoft Imagine (SQL Server)                                      | зарубежное    | лицензионное              |
| <b>Системы резервного копирования (backup):</b>                     |               |                           |
| Acronis Backup Advanced for HyperV                                  | зарубежное    | лицензионное              |
| <b>Справочно-правовые системы:</b>                                  |               |                           |
| КонсультантПлюс: справочно-правовая система                         | отечественное | лицензионное              |
| <b>Средства антивирусной защиты:</b>                                |               |                           |
| Kaspersky Endpoint Security для бизнеса Стандартный Russian Edition | отечественное | лицензионное              |
| <b>Среды разработки:</b>                                            |               |                           |
| Visual Studio Code                                                  | зарубежное    | свободно распространяемое |
| Bash (Unix shell)                                                   | зарубежное    | свободно распространяемое |
| Anaconda                                                            | зарубежное    | свободно распространяемое |
| Robotic Operating System                                            | зарубежное    | свободно распространяемое |
| CopelliaSim                                                         | зарубежное    | свободно распространяемое |
| Google Colaboratory                                                 | зарубежное    | свободно распространяемое |
| <b>Пакеты программных средств и библиотек:</b>                      |               |                           |
| AutoPsy                                                             | зарубежное    | свободно распространяемое |
| Interactive Disassembler (IDA)                                      | зарубежное    | свободно распространяемое |
| <b>Системы управления библиографической информацией:</b>            |               |                           |
| Zotero                                                              | зарубежное    | свободно распространяемое |
| <b>Сервисы и службы:</b>                                            |               |                           |
| Bind                                                                | зарубежное    | свободно распространяемое |
| Docker                                                              | зарубежное    | свободно распространяемое |

## 7. Методические и оценочные материалы

### Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В процессе изучения дисциплины (модуля) «Теория информации и кодирования» в рамках текущего контроля успеваемости используются такие виды учебной работы, как лекции, семинары, домашние задания, контрольная работа, коллоквиум, а также различные виды самостоятельной работы обучающихся по заданию преподавателя, направленные на развитие навыков профессиональной лексики, закрепление практических профессиональных компетенций, поощрение инициатив.

*Лекция* – систематическое, последовательное, монологическое изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера.

В процессе лекций рекомендуется вести конспект лекций: кратко и схематично фиксировать основные идеи, выводы и обобщения лекции; выделять важные мысли, ключевые слова и термины. Необходимо отметить вопросы или материалы, которые вызывают затруднения, и попытаться найти ответы в рекомендованной литературе. Если разобраться в материале не удастся, следует сформулировать вопрос и задать его преподавателю на консультации или во время семинарского (практического) занятия.

*Семинар* – это форма учебной деятельности, проводимая в учебном заведении под руководством преподавателя, где студенты активно участвуют в обсуждениях, практических заданиях и других формах взаимодействия.

Для успешной подготовки к семинару рекомендуется заранее ознакомиться с темой

занятия и основными материалами, чтобы иметь возможность активно участвовать в обсуждении. Также полезно подготовить вопросы и идеи для обсуждения, что поможет глубже понять материал и продемонстрировать заинтересованность.

*Домашнее задание* – набор задач по темам недели.

При работе над домашними заданиями важно внимательно ознакомиться с требованиями и сроками выполнения. Рекомендуется разбивать задания на этапы, чтобы избежать перегрузки и лучше усвоить материал. Использовать различные источники информации, включая учебники и онлайн-ресурсы, для более глубокого понимания темы.

*Контрольная работа* – письменная работа с набором задач, которые нужно решить за ограниченное время.

Цель контрольной работы – получить специальные знания по одной или нескольким темам дисциплины и продемонстрировать навыки их практического применения.

*Коллоквиум* – устные ответы на вопросы, список которых известен студенту заранее.

В процессе подготовки к коллоквиуму необходимо проанализировать учебные материалы, ознакомившись с лекциями, учебниками и дополнительными источниками, акцентируя внимание на ключевых темах. Рекомендуется создать структурированные конспекты, выделяя основные идеи, термины и формулы.

*Самостоятельная работа* – работа студентов, направленная на углубленное изучение отдельных тем и вопросов учебной дисциплины (модуля).

В процессе самостоятельной работы студенты взаимодействуют с рекомендованными материалами при минимальном участии преподавателя. Задачи студента включают работу с конспектами лекций (обработка текста), повторное изучение учебных материалов планов и тезисов ответов, изучение дополнительных тем, выполнение учебно-исследовательских заданий и другое.

### **Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)**

**Критерии получения уровня и оценивания сформированности компетенций по дисциплине (модулю) «Теория информации и кодирования»**

Оценивание уровня учебных достижений, обучающихся по дисциплине (модулю), осуществляется в виде текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

**Промежуточная аттестация** по дисциплине (модулю) осуществляется в форме **зачета с оценкой**, при этом проводится оценка компетенций, сформированных по дисциплине.

Для оценивания текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации используется десятибалльная шкала оценивания, которая соотносится с традиционной пятибалльной шкалой следующим образом, если иное не указано в syllabus дисциплины:

| Десятибалльная оценка | Пятибалльная оценка | Оценка за зачет | Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------|---------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10                    | Отлично             | Зачтено         | Студент полностью владеет знаниями, изложенными в рабочей программе, и глубоко осмысляет дисциплину. Он самостоятельно и логически последовательно отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее важном. Умеет анализировать, сравнивать, |
| 9                     | Отлично             | Зачтено         |                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 8                     | Отлично             | Зачтено         |                                                                                                                                                                                                                                                      |

| Десятибалльная<br>оценка | Пятибалльная<br>оценка | Оценка за<br>зачет | Общая характеристика результата<br>обучения по дисциплине (модулю)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------|------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          |                        |                    | классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя ключевые моменты и устанавливая причинно-следственные связи. Четко формулирует ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты дисциплины (модуля) с практическими задачами.                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 7                        | Хорошо                 | Зачтено            | Студент обладает знаниями предмета почти в полном объеме рабочей программы и самостоятельно, логически последовательно и всесторонне отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее значимых моментах. Он умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя его ключевые аспекты и устанавливая причинно-следственные связи. Формулирует свои ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные ситуационные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты предмета с практическими задачами. |
| 6                        | Хорошо                 | Зачтено            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5                        | Удовлетворительно      | Зачтено            | Студент обладает базовыми знаниями по дисциплине (модулю), но испытывает трудности при самостоятельных ответах и использует неточные формулировки. В ходе ответов он допускает ошибки, касающиеся сути вопросов. Студент способен                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 4                        | Удовлетворительно      | Зачтено            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

| Десятибалльная оценка | Пятибалльная оценка | Оценка за зачет | Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)                                                                                               |
|-----------------------|---------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       |                     |                 | решать только самые простые задачи и владеет лишь минимальным набором методов исследования.                                                                   |
| 3                     | Не сдан             | Не зачтено      | Студент не овладел обязательным минимумом знаний по предмету и не может ответить на вопросы, даже если преподаватель задает дополнительные наводящие вопросы. |
| 2                     | Не сдан             | Не зачтено      |                                                                                                                                                               |
| 1                     | Не сдан             | Не зачтено      |                                                                                                                                                               |

Дисциплина (модуль) «Теория информации и кодирования» оценивается следующим образом:

| Активность         | Вес | Количество | Описание                                                                      |
|--------------------|-----|------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Домашние задания   | 5%  | 4          | Набор задач по темам недели                                                   |
| Контрольная работа | 20% | 1          | Письменная работа с набором задач, которые нужно решить за ограниченное время |
| Коллоквиум         | 50% | 2          | Устные ответы на вопросы, список которых известен студенту заранее            |
| Зачет с оценкой    | 25% | 1          | Итоговая работа                                                               |

**Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Теория информации и кодирования»:**  $0,05 \times \text{среднее за домашние задания} + 0,2 \times \text{контрольная работа} + 0,5 \times \text{коллоквиум} + 0,25 \times \text{зачет с оценкой}$ .

В рамках изучения дисциплины (модуля) возможно получение бонусных баллов.

**Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)**

### Примерные домашние задания

#### Домашнее задание 1

1. Рассчитайте энтропию Шеннона для источника информации с тремя символами, имеющими вероятности 0.6, 0.3 и 0.1. Объясните, что означает полученное значение с точки зрения неопределенности источника.

2. Для дискретного источника с алфавитом {A, B, C} и вероятностями {0.5, 0.25, 0.25} постройте оптимальный код по Шеннону-Фано. Вычислите среднюю длину кода и сравните её с энтропией источника.

3. Объясните теорему Шеннона о кодировании источника без шума. Приведите пример, как она применяется для сжатия текстовых данных, и рассчитайте предельную скорость сжатия для источника с энтропией 2.5 бита/символ.

4. Рассчитайте пропускную способность бинарного симметричного канала с вероятностью ошибки 0.05. Используйте формулу Шеннона и постройте график зависимости ёмкости от вероятности ошибки для значений от 0 до 0.5.

5. Проанализируйте реальный пример: рассчитайте энтропию английского текста (используйте частоты букв: e=12.7%, t=9.1%, a=8.2%, остальные по стандартным данным). Предложите, как минимизировать избыточность для сжатия файла.

## Домашнее задание 2

6. Постройте порождающую матрицу  $G$  для линейного кода  $(7,4)$  Хэмминга. Закодируйте сообщение  $[1,0,1,1]$  и вычислите кодовое слово.

7. Для кода с проверочной матрицей  $H = [[1,1,0,1,0,0,0], [1,0,1,1,1,0,0], [0,1,1,1,0,1,0]]$  определите минимальное расстояние кода и способность к коррекции ошибок. Проверьте, является ли вектор  $[1,0,1,0,1,0,1]$  кодовым словом.

8. Объясните принцип работы кодов Хэмминга. Постройте проверочную матрицу для расширенного кода Хэмминга  $(8,4)$  и рассчитайте синдром для полученного слова  $[1,1,0,1,0,0,1,0]$  с одной ошибкой.

9. Создайте простой линейный код  $(5,2)$  с порождающей матрицей  $G = [[1,0,1,1,0], [0,1,0,1,1]]$ . Закодируйте два сообщения и вычислите вес каждого кодового слова. Определите минимальное расстояние.

10. В практическом задании: реализуйте в Python (или на бумаге) алгоритм кодирования и декодирования для кода Хэмминга  $(7,4)$ . Протестируйте на сообщении с введенной ошибкой и покажите, как синдром выявляет позицию ошибки.

## Примерные задания для контрольной работы

1. Рассчитайте энтропию Шеннона для дискретного источника с алфавитом из четырех символов, вероятности которых равны 0.4, 0.3, 0.2 и 0.1. Объясните, как изменится энтропия, если вероятности станут равномерными.

2. Для бинарного симметричного канала с вероятностью ошибки  $p = 0.1$  рассчитайте пропускную способность. Приведите теорему Шеннона и объясните её значение для передачи данных.

3. Опишите принцип работы широкополосного канала. Приведите пример его использования в реальной сети (например, Wi-Fi) и проанализируйте преимущества и недостатки по сравнению с каналом точка-точка.

4. Постройте порождающую матрицу  $G$  для кода Хэмминга  $(7,4)$ . Закодируйте сообщение  $[1,0,1,0]$  и получите кодовое слово. Определите минимальное расстояние этого кода.

5. Объясните алгебраические основы циклических кодов на примере кода БЧХ. Постройте простой циклический код  $(7,4)$  с генераторным полиномом  $x^3 + x + 1$  и закодируйте вектор  $[1,0,1,0]$ .

6. Опишите построение кодов Рида-Соломона над конечным полем  $GF(8)$ . Приведите пример применения в системах хранения данных (например, CD-ROM) и объясните, как они исправляют пакеты ошибок.

7. Нарисуйте решетчатую диаграмму для сверточного кодера с генераторными полиномами  $(1, 1+D)$  и памятью 1. Закодируйте последовательность  $[1,0,1]$  и объясните, как применяется алгоритм Витерби для декодирования.

8. Объясните принцип перемежения в турбо-кодах. Приведите пример их применения в стандарте LTE и опишите, как итеративное декодирование повышает помехоустойчивость.

9. Опишите граф Таннера для простого LDPC-кода. Объясните алгоритм "Сумма-Произведение" и его роль в декодировании. Как LDPC-коды сравниваются с турбо-кодами по сложности и эффективности?

10. Объясните процесс поляризации каналов в полярных кодах. Постройте полярный код для  $n=4$  и рассчитайте ёмкости подканалов. Приведите практический пример их использования в современных системах связи.

## Примерные задания для коллоквиума

1. Что такое энтропия Шеннона и как она измеряется?

2. Как рассчитать энтропию источника с дискретным алфавитом на примере монеты?
3. Что такое взаимная информация и как она отличается от энтропии?
4. Объясните теорему Шеннона о кодировании источника без шума.
5. Как определить пропускную способность канала связи?
6. Рассчитайте энтропию для источника с вероятностями символов 0.5, 0.3, 0.2.
7. Что такое избыточность информации и как её минимизировать?
8. Приведите пример применения теоремы Шеннона в сжатии данных.
9. Как рассчитать среднюю длину кода по Шеннону-Фано?
10. Что такое условная энтропия и её роль в теории информации?
11. Объясните теорему Шеннона о кодировании канала с шумом.
12. Вычислите пропускную способность бинарного симметричного канала с вероятностью ошибки 0.1.
13. Как энтропия связана с эффективностью кодирования?
14. Приведите практический пример расчёта информационных характеристик текста.
15. Какие ограничения накладывает теорема Шеннона на передачу данных?

### Задания для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

| №<br>п/п | Задание                                                                           | Ответ                                                                     | Компетенция | Индикатор |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------|
| 1.       | Дайте определение энтропии Шеннона для дискретного источника (формула).           | $H(X) = -\sum p(x) \log_2 p(x)$                                           | ОПК-1       | ОПК-1.1   |
| 2.       | Рассчитайте энтропию для равномерного распределения четырёх символов.             | 2 бита                                                                    | ОПК-1       | ОПК-1.2   |
| 3.       | Назовите условие однозначной декодируемости префиксного кода.                     | Неравенство Крафта                                                        | ОПК-1       | ОПК-1.1   |
| 4.       | Укажите метод построения оптимального префиксного кода для заданных вероятностей. | Код Хаффмена                                                              | ОПК-1       | ОПК-1.2   |
| 5.       | Сформулируйте первую теорему Шеннона о кодировании источника.                     | Средняя длина кода стремится к энтропии источника при блочном кодировании | ОПК-1       | ОПК-1.1   |
| 6.       | Дайте определение дифференциальной энтропии для непрерывной случайной величины.   | $h(X) = -\int f(x) \log f(x) dx$                                          | ОПК-1       | ОПК-1.1   |
| 7.       | Назовите меру различия двух распределений, используемую в f-дивергенциях.         | Дивергенция Кульбака-Лейблера                                             | ОПК-1       | ОПК-1.1   |
| 8.       | Укажите связь взаимной информации с ошибкой классификации.                        | Неравенство Фано                                                          | ОПК-1       | ОПК-1.2   |
| 9.       | Назовите метод оценки взаимной информации с помощью нейронных сетей.              | MINE (Mutual Information Neural Estimation)                               | ОПК-6       | ОПК-6.1   |
| 10.      | Сформулируйте принцип информационного бутылочного горлышка.                       | Сжатие входных данных при сохранении информации о                         | УК-2        | УК-2.2    |

|     |                                                                              |                                                                                                 |       |         |
|-----|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------|
|     |                                                                              | целевой<br>переменной                                                                           |       |         |
| 11. | Запишите формулу пропускной способности бинарного симметричного канала.      | $C = 1 - H(p)$ , где $p$ — вероятность ошибки                                                   | ОПК-1 | ОПК-1.2 |
| 12. | Назовите прямую теорему Шеннона для канала с шумом.                          | При скорости ниже пропускной способности существует код с произвольно малой вероятностью ошибки | ОПК-1 | ОПК-1.1 |
| 13. | Укажите минимальное кодовое расстояние кода Хэмминга (7,4).                  | 3                                                                                               | ОПК-1 | ОПК-1.2 |
| 14. | Назовите метод декодирования линейных кодов по синдрому.                     | Синдромное декодирование                                                                        | ОПК-6 | ОПК-6.2 |
| 15. | Дайте определение проверочной матрицы для линейного кода.                    | Матрица $H$ , где $H \cdot c^T = 0$ для всех кодовых слов $c$                                   | ОПК-1 | ОПК-1.1 |
| 16. | Назовите границы для параметров кода, связанные с исправляющей способностью. | Границы Хэмминга, Варшамова-Гильберта, Синглтона                                                | ОПК-1 | ОПК-1.1 |
| 17. | Укажите свойство циклических кодов при циклическом сдвиге.                   | Циклический сдвиг кодового слова остаётся кодовым словом                                        | ОПК-1 | ОПК-1.2 |
| 18. | Назовите алгоритм декодирования кодов БЧХ для поиска локаторов ошибок.       | Алгоритм Берлекемпа-Мессери                                                                     | ОПК-6 | ОПК-6.1 |
| 19. | Укажите применение кодов Рида-Соломона в системах хранения.                  | Исправление пакетов ошибок                                                                      | УК-1  | УК-1.1  |
| 20. | Назовите технологию, где используются LDPC-коды для защиты данных.           | 5G / Wi-Fi 6 / DVB-S2                                                                           | УК-2  | УК-2.2  |