

УТВЕРЖДЕНА

Решением Ученого совета
АНО ВО «Центральный университет»
«07» марта 2024 г.
Протокол №1

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

Направление подготовки: 02.03.01 Математика и компьютерные науки

Направленность (профиль) подготовки: Искусственный интеллект

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Срок освоения программы: 4 года

Год набора: 2024

**Москва
2024**

Содержание

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)	3
2. Перечень планируемых результатов обучения	5
3. Тематический план	5
4. Содержание дисциплины (модуля)	8
5. Учебно-методическое обеспечение	9
6. Материально-техническое обеспечение	9
7. Методические и оценочные материалы	11

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 специальности 02.03.01 Математика и компьютерные науки, профиль Искусственный интеллект, утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 807 от 23.08.2017 года.

Изучение дисциплины (модуля) «Теория информации и кодирования» предоставляет математические инструменты для анализа неопределённости, оптимизации передачи информации и разработки алгоритмов в области больших данных и искусственного интеллекта. В условиях цифровизации общества эта дисциплина способствует развитию компетенций в создании надёжных систем связи, криптографии и машинного обучения, повышая конкурентоспособность выпускников на рынке труда в IT-сфере.

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 Искусственный интеллект и входит в вариативную часть Блока 1, формируемую участниками образовательных отношений.

Дисциплина (модуль) является выборной и доступна для изучения на 3 или 4 курсе в 5, 6, 7, 8 семестрах на выбор.

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:

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор компетенции	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 искусственного интеллекта, 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	ОПК-1.1.	Знает основные концепции и теории в области математического анализа и смежных дисциплин; методы и подходы, используемые в различных областях математики
		ОПК-1.2.	Умеет применять математические методы для решения профессиональных задач
		ОПК-1.3.	Имеет практический опыт разработки и реализации математических моделей в профессиональной деятельности

	математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики в профессиональной деятельности		
ПК-1.	Способен формулировать задачи с математической точностью, обосновывать утверждения строго и анализировать полученные результаты в области математики и компьютерных наук	ПК-1.1.	Знает методы и подходы к формулированию задач, а также основные принципы математического доказательства и анализа результатов
		ПК-1.2.	Умеет корректно ставить и формулировать математические задачи, применять строгие методы доказательства и анализировать полученные результаты
		ПК-1.3.	Имеет опыт работы с задачами в области математики и компьютерных наук, включая применение математических методов для решения практических задач
ПК-2.	Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности в области искусственного интеллекта, опираясь на информационную и библиографическую культуру, используя информационно-коммуникационные технологии и учитывая основные требования информационной безопасности	ПК-2.1.	Знает основы информационной и библиографической культуры, а также принципы информационной безопасности и применения информационно-коммуникационных технологий в профессиональной деятельности
		ПК-2.2.	Умеет эффективно использовать информационно-коммуникационные технологии для решения стандартных задач профессиональной деятельности, учитывая требования информационной безопасности
		ПК-2.3.	Имеет опыт работы с информационными ресурсами и технологиями в области разработки, включая соблюдение норм информационной безопасности

3. Тематический план

№п/ п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Трудоемкость, академические часы				ТКУ (текущий контроль успеваемости)
		<i>Очная форма</i>				
		Контактная работа		Контроль	Самостоятель ная работа	
		Лекции	Семинар ы			
1	Основы теории информации	2	4		7	Домашнее задание Подготовка к семинару
2	Дискретные каналы	2	4		7	Домашнее задание
3	Линейные коды	2	4		7	Домашнее задание Контрольная работа
4	Циклические коды	2	4		7	Домашнее задание Контрольная работа
5	Коды Рида-Соломона	2	4		7	Домашнее задание Подготовка к семинару
6	Коды Рида-Маллера	2	4		7	Подготовка к семинару
7	Сверточные коды	2	4		7	Домашнее задание Контрольная работа
8	Турбо-коды	2	4		7	Домашнее задание Контрольная работа
9	LDPC-коды	2	4		7	Домашнее задание Подготовка к семинару
10	Полярные коды	2	4		7	Подготовка к семинару
11	Декодирование полярных кодов	2	4		6	Домашнее задание Контрольная работа
12	Современные направления	2	4	2	6	Домашнее задание Контрольная работа
13	Прикладные аспекты	2	4		6	Домашнее задание Подготовка к семинару
14	Оптимизация кодов	4	8		6	Подготовка к семинару
	<i>Зачет с оценкой</i>			4		
	Итого:	30	60	6	94	
	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	Основы теории информации	Энтропия и информация. Теоремы Шеннона. Пропускная способность канала. Практика: расчет информационных характеристик
2	Дискретные каналы	Каналы с шумом. Каналы множественного доступа. Широковещательные каналы. Кейс: анализ реальных каналов связи
3	Линейные коды	Порождающие и проверочные матрицы. Коды Хэмминга. Практикум: построение линейных кодов
4	Циклические коды	Алгебраические основы. Коды БЧХ. Практика: кодирование/декодирование
5	Коды Рида-Соломона	Конечные поля. Построение кодов РС. Применение в системах хранения данных
6	Коды Рида-Маллера	Булевы функции. Построение кодов. Практикум: сравнение с другими кодами
7	Сверточные коды	Решетчатые диаграммы. Алгоритм Витерби. Практика: реализация кодера
8	Турбо-коды	Принцип перемежения. Итеративное декодирование. Кейс: применение в LTE
9	LDPC-коды	Графы Таннера. Алгоритм "Сумма-Произведение". Практикум: моделирование
10	Полярные коды	Поляризация каналов. Построение полярных кодов. Практика: анализ подканалов
11	Декодирование полярных кодов	SC-декодирование. SCL-декодирование. Практикум: сравнение методов
12	Современные направления	Космические коды. Коды для квантовых вычислений. Обзор новых исследований
13	Прикладные аспекты	Применение в 5G. Системы хранения данных. Кейс: стандарты DVB
14	Оптимизация кодов	Анализ сложности. Компромисс скорость/помехоустойчивость. Работа над проектами

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. Грэхем Р., Кнут Д., Паташник О. Конкретная математика. Математические основы информатики. — М. : Вильямс, 2009. — 784 с.

2. 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>.

3. 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 (издания, курса, документа)	Ссылка
1.	Научная электронная библиотека elibrary.ru библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp
2.	База данных для IT-специалистов	https://habr.com
3.	База данных ScienceDirect	https://www.sciencedirect.com
4.	Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации	https://minobrnauki.gov.ru/
5.	Федеральный портал «Российское образование»	https://www.edu.ru/
6.	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	http://window.edu.ru/
7.	Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов	http://school-collection.edu.ru/
8.	Федеральный центр информационно - образовательных ресурсов	http://fcior.edu.ru/

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
Операционные системы:		
Microsoft Imagine (Windows Client, Server)	зарубежное	лицензионное
Браузеры:		
Яндекс.Браузер	отечественное	свободно распространяемое
Google Chrome	зарубежное	свободно распространяемое
Офисные приложения:		
Microsoft Imagine (Visio, OneNote)	зарубежное	лицензионное
TeXstudio	зарубежное	свободно распространяемое
Adobe Acrobat Reader	зарубежное	свободно распространяемое
Программное обеспечение для планирования и учета времени:		
Toggle app	зарубежное	свободно распространяемое

Системы управления проектами:		
Microsoft Imagine (Project)	зарубежное	лицензионное
Системы управления базами данных:		
Microsoft Imagine (SQL Server)	зарубежное	лицензионное
Системы резервного копирования (backup):		
Acronis Backup Advanced for HyperV	зарубежное	лицензионное
Справочно-правовые системы:		
КонсультантПлюс: справочно-правовая система	отечественное	лицензионное
Средства антивирусной защиты:		
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса Стандартный Russian Edition	отечественное	лицензионное
Среды разработки:		
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
Пакеты программных средств и библиотек:		
AutoPsy	зарубежное	свободно распространяемое
Interactive Disassembler (IDA)	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления библиографической информацией:		
Zotero	зарубежное	свободно распространяемое
Сервисы и службы:		
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 лекция, семинары, контрольные работы и домашние задания, 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.

Аудиторная работа – активная работа студента на семинаре, его ответы на вопросы преподавателя и участие в дискуссии.

Для успешного участия в семинаре студентам рекомендуется заранее ознакомиться с темой обсуждения, прочитать необходимые материалы и подготовить вопросы. Важно активно слушать и вовлекаться в дискуссию, высказывая свои мнения и аргументируя их. При ответах на вопросы преподавателя стоит быть уверенным, четким и логичным, опираясь на изученный материал. Также полезно поддерживать диалог с однокурсниками, чтобы обогатить обсуждение и расширить свои знания.

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 (модуля) и продемонстрировать навыки их практического применения.

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:

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
9	Отлично	Зачтено	
8	Отлично	Зачтено	

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Оценка за зачет	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
			важном. Умеет анализировать, сравнивать, 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 решать только самые простые задачи и владеет лишь минимальным набором методов исследования.
4	Удовлетворительно	Зачтено	
3	Не сдан	Не зачтено	Студент не овладел обязательным минимумом знаний по предмету и не
2	Не сдан	Не зачтено	

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Оценка за зачет	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
1	Не сдан	Не зачтено	может ответить на вопросы, даже если преподаватель задает дополнительные наводящие вопросы.

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

Активность	Вес	Количество	Описание
Домашние задания	20%	13	Набор задач по темам недели
Контрольные работы	30%	2	Письменная работа с набором задач, которые нужно решить за ограниченное время
Аудиторная работа	15%	1	Ответы на вопросы, список которых известен студенту заранее
Зачет с оценкой	35%	1	Письменная работа с набором задач, которые нужно решить за ограниченное время, возможен дополнительный устный экзамен

Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Теория информации и кодирования»: $\langle 0,2 \times \text{среднее за домашние задания} + 0,3 \times \text{среднее за контрольные работы} + 0,15 \times \text{за аудиторную работу} + 0,35 \times \text{зачет с оценкой} \rangle$.

Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)

Примерные вопросы для семинаров

Основы теории информации

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?

Дискретные каналы

1. Что такое дискретный канал с шумом и как он моделируется?
2. Как рассчитать пропускную способность канала множественного доступа?
3. Объясните принцип работы широкополосного канала.
4. Приведите пример анализа реального канала связи, такого как Wi-Fi.

5. Как шум влияет на энтропию канала?
6. Рассчитайте вероятность ошибки в бинарном канале с переходами.
7. Что такое канал без памяти и с памятью?
8. Как моделировать канал множественного доступа в сетях?
9. Объясните концепцию ширококовещания в беспроводных сетях.
10. Проанализируйте кейс: как шум влияет на пропускную способность Ethernet?
11. Как рассчитать взаимную информацию в канале с шумом?
12. Приведите пример реального канала, такого как спутниковая связь.
13. Что такое ёмкость канала и как её максимизировать?
14. Как анализировать эффективность ширококовещательных каналов в IoT?
15. Рассчитайте пропускную способность для канала с 4 входами и выходами.

Линейные коды

1. Что такое порождающая матрица линейного кода?
2. Как построить проверочную матрицу для линейного кода?
3. Объясните принцип кодов Хэмминга и их параметры.
4. Как рассчитать минимальное расстояние линейного кода?
5. Постройте линейный код (7,4) Хэмминга.
6. Что такое синдром в линейных кодах и как он используется для декодирования?
7. Как определить вес кода и его связь с коррекцией ошибок?
8. Приведите пример построения линейного кода с заданной порождающей матрицей.
9. Рассчитайте параметры кода Хэмминга для длины 15.
10. Как проверить, является ли вектор кодовым словом?
11. Объясните разницу между систематическими и несистематическими кодами.
12. Постройте проверочную матрицу для кода (5,2).
13. Как линейные коды обеспечивают коррекцию ошибок?
14. Рассчитайте вероятность ошибки после декодирования в коде Хэмминга.
15. Приведите практический пример применения линейных кодов в памяти ЭВМ.

Циклические коды

1. Что такое алгебраические основы циклических кодов?
2. Как построить генераторный полином для циклического кода?
3. Объясните принцип кодов БЧХ и их коррекцию ошибок.
4. Как выполнить кодирование в циклическом коде?
5. Рассчитайте параметры кода БЧХ для заданного порядка.
6. Что такое синдромный декодирование в циклических кодах?
7. Постройте циклический код с генераторным полиномом $x^2 + x + 1$.
8. Как определить минимальное расстояние циклического кода?
9. Объясните роль конечных полей в циклических кодах.
10. Выполните декодирование для полученного вектора с ошибкой.
11. Как циклические коды используются в сетевых протоколах?
12. Рассчитайте генераторный полином для кода (15,11).
13. Приведите пример кодирования сообщения в коде БЧХ.
14. Как проверить корректность декодирования в циклическом коде?
15. Объясните преимущества циклических кодов над линейными.

Коды Рида-Соломона

1. Что такое конечные поля и их роль в кодах Рида-Соломона?
2. Как построить код Рида-Соломона над полем $GF(2^m)$?
3. Объясните параметры кодов РС: длина, размерность, расстояние.

4. Как выполнить кодирование в коде Рида-Соломона?
5. Приведите пример применения кодов РС в системах хранения данных, таких как RAID.
6. Рассчитайте минимальное расстояние для кода РС (7,3) над GF(8).
7. Что такое декодирование по алгоритму Берлекэмп-Мэсси?
8. Как коды РС исправляют стирания и ошибки?
9. Постройте код РС для алфавита из 4 символов.
10. Объясните связь кодов РС с полиномиальной интерполяцией.
11. Как определить генераторный полином для кода РС?
12. Рассчитайте параметры кода РС для DVD-стандарта.
13. Приведите кейс: применение в спутниковой связи.
14. Как моделировать декодирование кодов РС в Python?
15. Объясните преимущества кодов РС для хранения данных.

Коды Рида-Маллера

1. Что такое булевы функции и их роль в кодах Рида-Маллера?
2. Как построить код Рида-Маллера порядка r ?
3. Объясните параметры кодов РМ: длина и размерность.
4. Как рассчитать вес кодовых слов в коде РМ?
5. Сравните коды РМ с кодами Хэмминга по эффективности.
6. Постройте код РМ(1,3) для длины 8.
7. Что такое декодирование большинства в кодах РМ?
8. Приведите пример применения кодов РМ в беспроводных сетях.
9. Рассчитайте минимальное расстояние для кода РМ(2,4).
10. Как булевы функции генерируют кодовые слова?
11. Сравните коды РМ с циклическими кодами.
12. Постройте таблицу кодов РМ для $m=3$.
13. Объясните, почему коды РМ эффективны для малых длин.
14. Рассчитайте скорость кода РМ(1,5).
15. Приведите практический пример моделирования кода РМ.

Сверточные коды

1. Что такое решётчатые диаграммы в сверточных кодах?
2. Как работает алгоритм Витерби для декодирования?
3. Объясните принцип построения сверточного кодера.
4. Как рассчитать скорость сверточного кода?
5. Реализуйте простой сверточный кодер для полинома $(1, 1+D^2)$.
6. Что такое память в сверточных кодах?
7. Как алгоритм Витерби находит наиболее вероятный путь?
8. Постройте решётчатую диаграмму для кода с 2 состояниями.
9. Рассчитайте минимальное расстояние для сверточного кода.
10. Приведите пример применения в мобильной связи.
11. Как выполнить кодирование последовательности бит.
12. Объясните роль мягкого декодирования в Витерби.
13. Моделируйте декодирование с помощью Витерби в Python.
14. Сравните сверточные коды с блочными.
15. Рассчитайте параметры кода для GSM-стандарта.

Турбо-коды

1. Что такое принцип перемежения в турбо-кодах?

2. Как работает итеративное декодирование в турбо-кодах?
3. Объясните структуру турбо-кодера.
4. Приведите пример применения турбо-кодов в LTE.
5. Как рассчитать скорость турбо-кода?
6. Что такое MAP-декодирование в турбо-кодах?
7. Постройте простой турбо-кодер с двумя сверточными кодами.
8. Как перемежение улучшает производительность?
9. Моделируйте итеративное декодирование для короткой последовательности.
10. Сравните турбо-коды с сверточными.
11. Рассчитайте минимальное расстояние турбо-кода.
12. Объясните роль обратной связи в декодировании.
13. Приведите кейс: применение в 3G-сетях.
14. Как оптимизировать число итераций в декодировании?
15. Реализуйте турбо-кодер в Python (упрощённо).

LDPC-коды

1. Что такое графы Таннера в LDPC-кодах?
2. Как работает алгоритм "Сумма-Произведение" для декодирования?
3. Объясните построение LDPC-кода на основе матрицы проверки.
4. Как рассчитать скорость LDPC-кода?
5. Моделируйте декодирование LDPC с помощью алгоритма Сумма-Произведение.
6. Что такое плотность графа и её влияние на производительность?
7. Постройте простой LDPC-код с матрицей 4x6.
8. Как LDPC-коды приближаются к границе Шеннона?
9. Рассчитайте минимальное расстояние для LDPC.
10. Приведите пример применения в спутниковой связи.
11. Объясните роль итераций в декодировании.
12. Сравните LDPC с турбо-кодами.
13. Как построить нерегулярный LDPC-код?
14. Моделируйте LDPC в Python для короткого блока.
15. Рассчитайте параметры LDPC для WiMAX.

Полярные коды

1. Что такое поляризация каналов в полярных кодах?
2. Как построить полярный код для заданной длины?
3. Объясните принцип рекурсивного построения.
4. Как рассчитать скорость полярного кода?
5. Анализируйте подканалы в полярном коде.
6. Что такое надёжные и ненадёжные биты?
7. Постройте полярный код для $N=8$.
8. Как полярные коды достигают границы Шеннона?
9. Рассчитайте параметры кода для VCH-подобного.
10. Приведите пример применения в 5G.
11. Как определить порядок бит в полярном коде?
12. Моделируйте поляризацию для простого канала.
13. Сравните полярные коды с LDPC.
14. Рассчитайте минимальное расстояние полярного кода.
15. Объясните роль энтропии в поляризации.

Декодирование полярных кодов

1. Что такое SC-декодирование в полярных кодах?
2. Как работает SCL-декодирование и его преимущества?
3. Объясните рекурсивный алгоритм SC.
4. Как рассчитать сложность SC-декодирования?
5. Сравните SC и SCL по производительности.
6. Реализуйте SC-декодирование для $N=4$.
7. Что такое список кандидатов в SCL?
8. Как SCL улучшает коррекцию ошибок?
9. Моделируйте SCL-декодирование в Python.
10. Рассчитайте вероятность ошибки для SC.
11. Приведите пример применения в квантовой связи.
12. Как оптимизировать размер списка в SCL?
13. Сравните с алгоритмом Витерби.
14. Рассчитайте параметры декодирования для полярного кода.
15. Объясните роль CRC в SCL.

Современные направления

1. Что такое космические коды и их применение в спутниках?
2. Как коды используются в квантовых вычислениях?
3. Объясните обзор новых исследований в теории кодирования.
4. Приведите пример кода для квантовой коррекции ошибок.
5. Как космические коды защищают от радиации?
6. Что такое топологические коды в квантовой информатике?
7. Обсудите развитие кодов для больших данных.
8. Как коды применяются в квантовом интернете?
9. Приведите кейс: коды в миссиях NASA.
10. Объясните роль машинного обучения в кодировании.
11. Как современные коды улучшают 6G?
12. Что такое голографические коды?
13. Обсудите исследования в постквантовой криптографии.
14. Приведите пример нового направления: коды для ДНК-хранения.
15. Как коды эволюционируют с развитием технологий?

Прикладные аспекты

1. Как коды применяются в стандарте 5G?
2. Объясните роль кодов в системах хранения данных (SSD).
3. Приведите кейс: применение в DVB для телевидения.
4. Как коды улучшают надёжность в IoT?
5. Обсудите использование в автомобильных сетях (CAN).
6. Как коды обеспечивают безопасность в банковских системах?
7. Приведите пример в медицинских устройствах.
8. Объясните применение в Bluetooth.
9. Как коды используются в облачных хранилищах?
10. Приведите кейс: стандарты MPEG для видео.
11. Обсудите роль в криптографии (ECC).
12. Как коды применяются в RFID?
13. Приведите пример в спутниковом ТВ.
14. Объясните интеграцию кодов в AI-системы.
15. Как коды оптимизируют энергопотребление в устройствах?

Оптимизация кодов

1. Как анализировать сложность кодов?
2. Что такое компромисс скорость/помехоустойчивость?
3. Объясните оптимизацию кодов для конкретных приложений.
4. Как рассчитать эффективность кода по Шеннону?
5. Приведите пример проекта: оптимизация для 5G.
6. Как минимизировать задержку в декодировании?
7. Обсудите компромисс между длиной и скоростью.
8. Как оптимизировать коды для низкой мощности?
9. Рассчитайте параметры для баланса в LDPC.
10. Приведите кейс: оптимизация для хранения данных.
11. Как использовать машинное обучение для оптимизации?
12. Объясните роль симуляций в оптимизации.
13. Как сравнить коды по сложности декодирования?
14. Приведите пример проекта по турбо-кодам.
15. Обсудите будущие тренды в оптимизации кодов.

Примерные задания по контрольной работе

Контрольная работа №1

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 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.

Задания для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Задание	Ответ	Компетенция
1	Рассчитайте энтропию Шеннона для дискретного источника с алфавитом из трех символов, вероятности которых равны 0.5, 0.3 и 0.2.	1.485	УК-1
2	Определите пропускную способность бинарного симметричного канала с вероятностью ошибки 0.1.	0.531	УК-1
3	Назовите тип канала, где один передатчик передает данные нескольким приемникам одновременно.	Широковещательный	УК-1
4	Рассчитайте минимальное расстояние кода Хэмминга (7,4).	3	УК-1
5	Определите порядок конечного поля для кода Рида-Соломона, способного исправлять 2 ошибки в 7-символьном блоке.	8	УК-2
6	Назовите метод декодирования, используемый в турбо-кодах для итеративного исправления ошибок.	Итеративное декодирование	УК-2
7	Рассчитайте ёмкость полярного подканала для $n=2$ и	0.531	УК-2

	вероятности ошибки 0.1 в первом подканале.		
8	Назовите алгоритм декодирования, применяемый для LDPC-кодов на основе графа Таннера.	Сумма-Произведение	УК-2
9	Определите количество исправляемых ошибок в коде Рида-Маллера $RM(1,3)$.	1	ОПК-1
10	Рассчитайте скорость сверточного кода с генераторными полиномами $(1, 1+D)$ и памятью 1.	0.5	ОПК-1
11	Назовите основное применение кодов Рида-Соломона в системах хранения данных.	Исправление пакетов ошибок	ОПК-1
12	Определите минимальное расстояние циклического кода БЧХ $(15,7)$.	5	ОПК-1
13	Назовите принцип, лежащий в основе поляризации каналов в полярных кодах.	Поляризация	ПК-1
14	Рассчитайте энтропию для равномерного распределения четырех символов.	2	ПК-1
15	Назовите тип декодирования, используемый в полярных кодах для последовательного принятия решений.	SC-декодирование	ПК-1
16	Определите стандарт связи, где применяются турбо-коды для повышения помехоустойчивости.	LTE	ПК-2
17	Назовите технологию, где используются LDPC-коды для защиты данных в сетях 5G.	5G	ПК-2
18	Рассчитайте пропускную способность канала без шума для алфавита из 2 символов.	1	ПК-2
19	Назовите метод оптимизации кодов, учитывающий компромисс между скоростью и помехоустойчивостью.	Анализ сложности	ПК-2
20	Определите количество подканалов в полярном коде для $n=8$.	8	ПК-2