

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
“УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ”
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА КОМП’ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Декан інженерно-технічного
факультету**

доц. Йолана ГОЛИК

“30.06” червня 2025 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ТЕОРІЯ ІНФОРМАЦІЇ ТА КОДУВАННЯ

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Галузь знань – F Інформаційні технології

Спеціальність – F7 Комп’ютерна інженерія

Освітня програма – Комп’ютерні системи та мережі

Статус дисципліни – обов’язкова

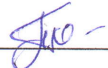
Мова навчання – українська

Робоча програма навчальної дисципліни «Теорія інформації та кодування» для здобувачів спеціальності F7 Комп'ютерна інженерія, освітня програма «Комп'ютерні системи та мережі» – 20 с.

Розробник: Горват П.П., завідувач кафедри комп'ютерних систем та мереж, кандидат фізико-математичних наук, доцент.

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри комп'ютерних систем та мереж

протокол № 13 від «25» червня 2025 р.

Завідувач кафедри  доц. Петро ГОРВАТ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено науково-методичною комісією інженерно-технічного факультету
протокол № 6 від «27» червня 2025 р.

Голова науково-методичної комісії  доц. Володимир ЦИГИКА
(прізвище та ініціали) (підпис)

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом
	Денна / дистанційна форма здобуття освіти
Кількість кредитів ЄКТС – 3	Рік підготовки:
Загальна кількість годин – 90	перший
Кількість модулів – 2	Семестр:
	другий
Тижневих годин: аудиторних – 2,9 год самостійної роботи студента – 3,1 год	Лекції:
	30 год
	Практичні (семінарські):
	14 год
Вид підсумкового контролю: екзамен	Лабораторні:
	-
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:
	46 год

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета дисципліни – познайомити студентів з основами теорії інформації та кодування, дати практичні навички у постановці та реалізації простих інженерно-технічних задач з використанням апарату теорії інформації та кодування.

Відповідно до освітньої програми «Комп'ютерні системи та мережі», вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

- інтегральна (здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми під час професійної діяльності у комп'ютерній галузі або навчання, що передбачає застосування теорій та методів комп'ютерної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов);

- загальні (ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу, ЗК2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями, ЗК3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях, ЗК7. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми);

- фахові (ФК13. Здатність вирішувати проблеми у галузі комп'ютерних та інформаційних технологій, визначати обмеження цих технологій, ФК15. Здатність аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованих задач, критично оцінювати отримані результати, обґрунтовувати та захищати прийняті рішення).

-

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Перелік дисциплін, засвоєння яких необхідне для вивчення даної дисципліни

- організація та функціонування комп'ютерів
- лінійна алгебра та аналітична геометрія
- дискретна математика.

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «Комп'ютерні системи та мережі», вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

ПРН1. Знати і розуміти наукові положення, що лежать в основі функціонування комп'ютерних засобів, систем та мереж;

ПРН8. Вміти системно мислити та застосовувати творчі здібності до формування нових ідей;

ПРН11. Вміти здійснювати пошук інформації в різних джерелах для розв'язання задач комп'ютерної інженерії.

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Розуміння математичних основ теорії інформації, оптимального та завадостійкого кодування.	ПРН1, ПРН8
Вміння оцінити кількісні характеристики інформації та ентропії при передаванні, обробці та збереженні даних в комп'ютерних системах.	ПРН1, ПРН8, ПРН11
Вміння використовувати основні принципи кодування даних з метою досягнення ефективного і/або завадостійкого передавання інформації каналами її передачі.	ПРН8, ПРН11

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Дисципліна «Теорія інформації та кодування» складається з двох модулів. Використовуються традиційні методи навчання: лекції, практичні заняття, самостійна та індивідуальна робота студентів, консультації.

Використовуються методи усного контролю та письмового контролю. Поточний контроль передбачає: опитування студентів під час практичних занять та опитування на лекціях; контрольні роботи, індивідуальні (розрахункові), самостійні завдання. Підсумковий контроль передбачає екзамен.

Оцінка ECTS, яку студент отримує після вивчення дисципліни, визначається відповідно до рейтингу студента, який є середнім арифметичним рейтингів з окремих модулів. Рейтинг студента з кожного модуля складається з балів (до 100 балів) за такі види робіт:

1. Модульна контрольна робота (МКР) тривалістю 2 академічних години. Максимальна кількість балів за МКР – 40 балів.

2. Виконання практичних та розрахункових робіт, максимальна кількість балів за всі роботи – 50 балів.

3. Бали за самостійну роботи студентів, які нараховуються за виконання самостійних робіт, творчий підхід до виконання завдань, виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни, виконання індивідуальних завдань – до 10 балів за всі види робіт.

Необхідною умовою допуску до екзамену є відсутність заборгованостей з розрахункових робіт та виконання модульних контрольних робіт.

Розподіл балів, які отримують студенти за 1 модуль

Практичні завдання та СР				Розрахункові роботи		МКР	Сума
T1	T2	СР		РР1	РР2		
10	10	10		15	15	40	100

Розподіл балів, які отримують студенти за 2 модуль

Практичні завдання та СР				Розрахункові роботи		МКР	Сума
T1	T2	СР		РР1	РР2		
10	10	10		15	15	40	100

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	К-сть	Макс. к-сть балів	К-сть	Макс. к-сть балів
Практичні заняття та самостійна робота	3	30	3	30
Розрахункові роботи	2	30	2	30
Модульна контрольна робота	1	40	1	40
Разом		100		100

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Модульна контрольна робота проводиться у вигляді письмової роботи, яка містить чотири-п'ять завдань. Перші два-три завдання включають теоретичний матеріал, наступні два завдання – це задачі. Всі завдання при оцінюванні мають однакову вагу.

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

До складання екзамену допускаються лише студенти, які мають рейтинговий бал не менше 35. Екзамен з навчальної дисципліни студент може не скласти, якщо він склав усі модулі та його влаштовує рейтингова

оцінка. Студенти, які мають рейтинговий бал від 35 до 59 екзамен складають обов'язково. Студент може підвищити на екзамені оцінку, при цьому рейтингова оцінка не може бути зменшена.

За результатами виконання студентом навчальної програми впродовж семестру рекомендується виставляти заліки та екзамени без додаткового опитування за такою шкалою:

Сумарні бали	Оцінка ECTS	Екзамен (диф.залік)	Залік
90 – 100	A	Відмінно	Зараховано
82 – 89	B	Добре	
74 – 81	C		
64 – 73	D	Задовільно	
60 – 63	E		
35 – 59	FX	Незадовільно з можливістю повторного складання	Незараховано з можливістю повторного складання
1 – 34	F	Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	Незараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. ОСНОВИ ТЕОРІЇ ІНФОРМАЦІЇ. ОПТИМАЛЬНЕ КОДУВАННЯ

Поняття ентропії. Ентропія як міри невизначеності стану фізичної системи. Властивості ентропії. Ентропія бінарних повідомлень.

Кількість інформації згідно формул Хартлі та Шеннона. Кількість інформації як міра знятої невизначеності. Об'єм даних. Співвідношення між об'ємом даних та кількістю інформації.

Ентропія складної системи. Додавання ентропій незалежних систем. Часткова та повна умовна ентропія. Властивості умовної ентропії.

Канальні матриці. Інформаційна повнота характеристик каналу зв'язку. Інформаційні втрати при передачі інформації та їх обчислення. Зв'язок ентропії об'єднання систем та умовної ентропії. Обчислення кількості прийнятої інформації.

Модель джерела повідомлень. Надлишковість повідомлень. Передача інформації каналами зв'язку. Пропускна здатність каналу. Теореми Шеннона. Взаємна інформація між довільною кількістю дискретних ансамблів повідомлень.

Коди. Кодування інформації. Коди та їх класифікація. Нерівномірні коди. Префіксні коди. Основні теореми кодування.

Методика побудови коду Шеннона-Фано. Критерії оптимальності. Блочне кодування за методом Шеннона-Фано. Код Хафмана. Способи побудови. Критерії оптимальності. Порівняння методик побудови оптимальних нерівномірних кодів.

Алгоритми ущільнення даних без втрат. Групове кодування (алгоритм RLE). Алгоритм ущільнення даних LZ та його модифікації. Арифметичне кодування як один з алгоритмів архівування даних.

Модуль 2. ТЕОРІЯ КОДУВАННЯ. ЗАВАДОСТІЙКЕ КОДУВАННЯ

Завадостійке кодування. Основні принципи. Класифікація завадостійких кодів. Коди з виявленням помилок. Код з перевіркою на парність. Код з постійною вагою. Кореляційний код. Інверсний код. Код Грея. Коректуючі коди. Зв'язок коректуючої здатності із дистанцією Хеммінга.

Лінійні групові коди. Основні визначення. Матричне представлення лінійних групових кодів. Побудова кодових комбінацій лінійних групових кодів за твірною матрицею. Декодування лінійних групових кодів. Синдром. Виявлення і виправлення помилок. Коди Хеммінга (7,4) та (8,4). Виявлення та виправлення помилок у коді Хеммінга.

Циклічні (поліноміальні) коди. Алгебра многочленів (поліномів). Незвідні многочлени. Побудова циклічного коду шляхом ділення на твірний

многочлен. Матричне представлення циклічних кодів. Вибір твірною многочлена для циклічних кодів.

Виявлення та виправлення помилок у циклічних кодах. Матриця помилок. Оцінка кількості помилок, які не виявляються циклічними кодами. Поширені циклічні коди: з мінімальною відстанню, Хеммінга, CRC, Ріда-Соломона, BCH.

6.2. Структура навчальної дисципліни

№ з/п	ТЕМИ	Всього годин	З них				
			Лекції	Практичні	Лабораторні	Самост.робота	Інд. робота
1	2	3	4	5	6	7	8
	Змістовий модуль № 1						
1.	Основи теорії інформації. Інформація та дані. Дискретні та аналогові дані. Поняття ентропії. Ентропія як міри невизначеності стану фізичної системи. Властивості ентропії. Ентропія бінарних повідомлень.	6	2	1		3	
2.	Кількість інформації згідно формул Хартлі та Шеннона. Кількість інформації як міра знятої невизначеності. Об'єм даних. Співвідношення між об'ємом даних та кількістю інформації. Ентропія складної системи. Додавання ентропій незалежних систем. Часткова та повна умовна ентропія. Властивості умовної ентропії.	6	2	1		3	
3.	Канальні матриці. Інформаційна повнота характеристик каналу зв'язку. Інформаційні втрати при передачі інформації та їх обчислення. Зв'язок ентропії об'єднання систем та умовної ентропії. Обчислення кількості прийнятої інформації.	8	2	2		4	
4.	Модель джерела повідомлень. Надлишковість повідомлень. Передача інформації каналами зв'язку. Пропускна здатність каналу. Теореми Шеннона. Взаємна інформація між довільною кількістю дискретних ансамблів повідомлень.	4	2			2	
5.	Теорія кодування Коди. Кодування інформації. Коди та їх класифікація. Нерівномірні коди. Префіксні коди. Основні теореми кодування. Оптимальне кодування. Методика побудови коду Шеннона-Фано. Критерії оптимальності. Блочне кодування за методом Шеннона-Фано. Код Хафмана. Способи побудови. Критерії	8	2	2		4	

	оптимальності. Порівняння методик побудови оптимальних нерівномірних кодів.					
6.	Алгоритми ущільнення даних без втрат. Групове кодування (алгоритм RLE). Алгоритм ущільнення даних LZ та його модифікації. Арифметичне кодування як один з алгоритмів архівування даних.	8	2	2	4	
	Модульна контрольна робота № 1	6	2		4	
	Разом за модуль №1	46	14	8	24	
	Змістовий модуль № 2					
1.	Завадостійке кодування. Завадостійке кодування. Основні принципи. Класифікація завадостійких кодів. Коди з виявленням помилок. Код з перевіркою на парність. Код з постійною вагою. Кореляційний код. Інверсний код. Код Грея. Коректуючі коди. Зв'язок коректуючої здатності із дистанцією Хеммінга.	6	2	1	3	
2.	Коди Хеммінга (7,4) та (8,4). Виявлення та виправлення помилок у коді Хеммінга.	6	2	1	3	
3.	Лінійні групові коди. Основні визначення. Матричне представлення лінійних групових кодів. Побудова кодових комбінацій лінійних групових кодів за твірною матрицею. Декодування лінійних групових кодів. Синдром. Виявлення і виправлення помилок.	7	3	1	3	
4.	Циклічні коди. Циклічні (поліноміальні) коди. Алгебра многочленів (поліномів). Незвідні многочлени. Побудова циклічного коду шляхом ділення на твірний многочлен. Матричне представлення циклічних кодів. Вибір твірного многочлена для циклічних кодів.	7	3	1	3	
5.	Виявлення та виправлення помилок у циклічних кодах. Матриця помилок. Оцінка кількості помилок, які не виявляються циклічними кодами.	6	2	1	3	
6.	Поширені циклічні коди: з мінімальною відстанню, Хеммінга, CRC, Ріда-Соломона, BCH.	6	2	1	3	
	Модульна контрольна робота № 2	6	2		4	
	Разом за модуль № 2	44	16	6	22	

6.3. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Модуль 1	
1	Властивості ентропії. Обчислення кількості інформації	2
2	Розрахунок інформаційних характеристик каналу зв'язку	2
3	Оптимальне кодування	2
4	Алгоритми ущільнення даних	2
	Модуль 2	
1	Завадостійке кодування	1
2	Лінійні групові коди	2
3	Циклічні коди	3
	Разом	14

6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	К-сть годин
1	Основи теорії інформації	3
2	Ентропія складної системи, втрати при передачі інформації	7
3	Модель джерела повідомлень	2
4	Основи теорії кодування. Оптимальне кодування.	4
5	Алгоритми ущільнення даних	4
6	Завадостійке кодування	3
7	Лінійні групові коди	6
8	Циклічні коди	9
	Підготовка до МКР	8
	Разом	46

7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

Практичні та розрахункові роботи виконуються на персональних комп'ютерах із встановленою операційною системою Windows, Linux або іншою. Програмне забезпечення: пакет Microsoft Office (LibreOffice, OpenOffice.org тощо), середовище програмування Visual Studio або інше, математичний пакет MathCAD або аналогічний.

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА

Основна література

1. Жураковський Ю. П., Гнілицький В. В. Теорія інформації та кодування в задачах: Навчальний посібник. – Житомир: ЖІТІ, 2002. – 230 с.
2. Жураковський Ю. П., Полторак В. П. Теорія інформації та кодування. – К.: Вища школа, 2001.

3. Тулякова Н. О. Теорія інформації: Навчальний посібник. – Суми: Вид-во СумДУ, 2008. – 212 с.

Допоміжна література

4. Іващенко П.В. Основи теорії інформації: навч. посіб. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2015. – 53 с.

5. Остапович М. В. Теорія ймовірностей та математична статистика для системотехніків. – Чернівці: Рута, 2002. – 224 с.

6. Applied coding & information theory for engineers, R.B. Wells, Prentice-Hall, 1999.

7. Digital communications, 2nd edition, I.A. Glover & P.M. Grant, Prentice-Hall, 2004.

8. Error control coding, Shu Lin & D.J. Costello, Jr., Prentice-Hall, 2004.

9. Error-correction coding – Mathematical methods and algorithms, T.K. Moon, John Wiley & Sons, 2005.

Перелік типових питань і завдань до модульного контролю

ОСНОВИ ТЕОРІЇ ІНФОРМАЦІЇ

Теоретичні питання

1. Ентропія як міра невизначеності: пояснити від чого залежить невизначеність, як вводиться поняття ентропії, одиниці вимірювання
2. Ентропія з математичної точки зору: пояснити поняття ентропії через математичне сподівання (середнє арифметичне).
3. Формули Хартлі та Шеннона: навести формули, пояснити їх зв'язок та використання.
4. Властивості ентропії: навести та пояснити основні властивості ентропії незалежної дискретної системи.
5. Ентропія бінарних систем: вивести формулу для ентропії бінарної системи, навести графічну інтерпретацію
6. Кількість інформації: часткова інформація та повна інформація, використання ентропії для обчислення.
7. Об'єм даних та кількістю інформації: пояснити у чому відмінність між поняттями та від чого залежить кількість інформації та об'єм даних.
8. Ентропія складної системи: вивести формулу ентропії складної системи у випадок об'єднання двох незалежних систем.
9. Часткова умовна ентропія: вивести формулу для часткової умовної ентропії у випадку двох залежних систем, пояснити зміст часткової умовної ентропії.
10. Повна умовна ентропія: вивести формулу для повної умовної ентропії у випадку двох залежних систем, пояснити зміст повної умовної ентропії..
11. Властивості умовної ентропії: навести та пояснити основні властивості умовної ентропії.
12. Зв'язок ентропії об'єднання систем та умовної ентропії: вивести та пояснити формулу для системи, яка об'єднує дві залежні системи.
13. Канальні матриці: навести три способи описання системи “джерело — канал зв'язку — приймач”, пояснити зв'язок між канальними матрицями.
14. Інформаційні втрати при передачі інформації: навести формули та пояснити обчислення втрат у каналі зв'язку.
15. Обчислення кількості інформації: навести формули та пояснити обчислення кількості інформації, яка передається через канал зв'язку із завадами.
16. Модель джерела повідомлень: навести і пояснити моделі джерела повідомлень та формули для обчислення надлишковості повідомлень.

Задачі

1. Визначте ентропію системи, стан якої описується випадковою величиною X із розподілом ймовірностей станів: 0.01; 0.02; 0.10; 0.03; 0.37; 0.37; 0.10
2. Визначте ентропію системи, стан якої описується випадковою величиною X із розподілом ймовірностей станів: 0.01; p ; 0.10; 0.35; 0.25
3. Ймовірності появи символів алфавіту: 0,05; 0,19; 0,20; 0,30; 0,26. Визначити кількість інформації, яка передається одним символом, та середню кількість інформації на один символ алфавіту.
4. Визначити, яка середня кількість інформації передається одним символом українського, латинського та грецького алфавітів, вважаючи що ймовірності символів однакові. Пояснити відповіді.
5. Ймовірності символів деякого алфавіту задані розподілом: 0.01; p ; q ; 0.05; 0.15. Як залежить середня кількість інформації на один символ алфавіту від величини p ? Пояснити відповідь.

6. Визначити кількість інформації і об'єм даних за таких умов: алфавіт $a_1, a_2, \dots, a_{60}$ рівномірний, його символи кодуються кодом Хеммінга з виправленням однократних помилок.
7. Визначити кількість інформації і об'єм даних за таких умов: алфавіт містить вісім символів, які зустрічаються в повідомленні з ймовірностями: $p_1 = 0.03$; $p_2 = 0.07$; $p_3 = p_4 = p_5 = p_6 = 0.15$; $p_7 = 0.16$; $p_8 = 0.14$, символи кодуються циклічним (n,k) -кодом з виправленням однократних помилок.
8. Визначити кількість інформації і об'єм даних за таких умов: первинний алфавіт складається з семи букв $a_1, a_2, \dots, a_7$ які зустрічаються з однаковими ймовірностями в тексті, які кодуються БЧХ-кодом з виправленням двократних помилок.
9. Визначити ентропію $H(X,Y)$ при передачі чотирьох рівномірних повідомлень через канали зв'язку, які описано такими канальними матрицями:
а) ; б)

$$P(X/Y) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$P(X/Y) = \begin{pmatrix} 0,25 & 0,25 & 0,25 & 0,25 \\ 0,25 & 0,25 & 0,25 & 0,25 \\ 0,25 & 0,25 & 0,25 & 0,25 \\ 0,25 & 0,25 & 0,25 & 0,25 \end{pmatrix}$$

10. Передача даних через канал зв'язку описується матрицею $P(X,Y)$:

$$P(X,Y) = \begin{pmatrix} 0.35 & 0.03 & 0 \\ 0.03 & 0.27 & 0.02 \\ 0 & 0.02 & 0.28 \end{pmatrix}$$

Визначити і записати два інших можливих представлення канальних матриць.

11. Взаємодія двох систем описується матрицею $P(X,Y)$. Визначити безумовні ентропії систем X і Y та ентропію об'єднання систем (X,Y) .

$$P(X,Y) = \begin{pmatrix} 0.18 & 0.01 & 0.01 \\ 0.11 & 0.30 & 0.01 \\ 0 & 0 & 0.38 \end{pmatrix}$$

12. Взаємодія двох систем описується матрицею $P(X,Y)$. Визначити чи є системи X та Y незалежними. Відповідь пояснити.

$$P(X,Y) = \begin{pmatrix} 0.12 & 0.12 & 0.11 \\ 0.11 & 0.11 & 0.13 \\ 0.09 & 0.09 & 0.12 \end{pmatrix}$$

13. Канал зв'язку описано матрицею

$$P(X,Y) = \begin{pmatrix} 0.31 & 0.09 & 0 \\ 0 & 0.21 & 0.04 \\ 0 & 0.03 & 0.32 \end{pmatrix}$$

Визначити інформаційні втрати в каналі зв'язку.

14. Канал зв'язку описано канальною матрицею $P(Y/X)$.

$$P(Y/X) = \begin{pmatrix} 0.67 & 0.31 & 0.02 \\ 0.07 & 0.77 & 0.16 \\ 0.15 & 0.03 & 0.82 \end{pmatrix}$$

Ймовірності появи символів передавача $p(x_1)=0.15$, $p(x_2)=0.55$, $p(x_3)=0.30$. Знайти інформаційні втрати в каналі зв'язку.

15. Ймовірності появи символів на виході передавача: $p_1 = 0,11$; $p_2 = 0,4$; $p_3 = 0,45$; $p_4 = 0,04$. Тривалість генерації відповідних символів $t_1 = 0,01$ мс; $t_2 = 0,08$ мс; $t_3 = 0,011$ мс, $t_4 = 0,09$ мс. Визначити кількість згенерованої джерелом інформації за 1 секунду.
16. Визначити пропускну здатність бінарного каналу зв'язку, здатного передавати 750 символів 0 або 1 за одиницю часу, причому кожний із символів спотворюється з ймовірністю $p = 0,001$.

ТЕОРІЯ КОДУВАННЯ

Теоретичні питання

Оптимальне кодування

1. Кодування даних (дати означення та навести основні теореми кодування).
2. Класифікація кодів (пояснити на прикладі вивчених кодів).
3. Нерівномірні префіксні коди (пояснити як будуються та які мають переваги).
4. Оптимальне кодування (пояснити суть, принципи та застосування).
5. Методика побудови коду Шеннона-Фано (описати методику, вказати можливі проблеми при побудові).
6. Перевірка оптимальності коду Шеннона-Фано (вказати критерії, навести найкращі та найгірші випадки).
7. Блокове кодування Шеннона-Фано (пояснити у яких випадках застосовується та як реалізується).
8. Код Гаффмана (пояснити алгоритм побудови допоміжної таблиці, вказати можливі проблеми при побудові).
9. Код Гаффмана (пояснити алгоритм побудови кодового дерева, вказати можливі проблеми при побудові).
10. Перевірка оптимальності коду Гаффмана (вказати критерії, навести найкращі та найгірші випадки).
11. Застосування оптимальних нерівномірних кодів для ущільнення даних без втрат.
12. Навести способи усунення недоліків кодування Шеннона-Фано і Гаффмана.
13. Вказати переваги словникових алгоритмів ущільнення над статистичними.
14. Алгоритм LZ77 (описати кодування, вказати і пояснити найкращі та найгірші випадки ущільнення).
15. Алгоритм LZSS (описати кодування, вказати і пояснити найкращі та найгірші випадки ущільнення).
16. Алгоритм LZ78 (описати кодування, вказати і пояснити найкращі та найгірші випадки ущільнення).
17. Алгоритм LZW (описати кодування, вказати і пояснити найкращі та найгірші випадки ущільнення).

Завадостійке кодування

1. Мета завадостійкого кодування. Причини та види помилок у кодових словах.
2. Види завадостійких кодів (пояснити на прикладі вивчених кодів).
3. Характеристики завадостійких кодів (надлишковість, завадостійкість, ефективність).
4. Код із перевіркою на парність (пояснити утворення коду, виявлення помилок та ефективність).
5. Код із перевіркою на непарність (пояснити утворення коду, виявлення помилок та ефективність).
6. П'ятирозрядний код із постійною вагою $w=2$ (пояснити утворення коду, виявлення помилок та ефективність).
7. Восьмирозрядний код з вагою, яка кратна трьом (пояснити як можна побудувати, скільки може бути дозволених кодових слів, яка надлишковість та завадостійкість).

8. Восьмирозрядний код з прямим подвоєнням кількості розрядів (пояснити як можна побудувати, скільки може бути дозволених кодових слів, яка надлишковість та завадостійкість)
9. Шестирозрядний код з інверсним подвоєнням кількості розрядів (пояснити як можна побудувати, скільки може бути дозволених кодових слів, яка надлишковість та завадостійкість)
10. Десятирозрядний кореляційний код (пояснити як можна побудувати, скільки може бути дозволених кодових слів, яка надлишковість та завадостійкість)
11. Кодова відстань (відстань Хеммінга), мінімальна кодова відстань, навести приклади, дати графічну інтерпретацію
12. Принципи побудови кодів з виправленням помилок (пояснити на прикладі вивчених кодів). Систематичні та згорткові коди
13. Код Хеммінга (7, 4), пояснити кодування та декодування.
14. Код Хеммінга (8, 4), пояснити як утворюється і які додаткові можливості дає.
15. Лінійні групові (n, k) коди, пояснити основні властивості.
16. Побудова лінійного групового коду з виправленням однократних помилок
17. Декодування лінійного групового коду з виправленням однократних помилок
18. Представлення кодів через поліноми: навести приклади кодування та виконання операцій над кодовими словами.
19. Незвідні поліноми: поняття незвідного полінома та приклади незвідних поліномів.
20. Циклічні (n, k)-коди: навести основні властивості та характеристики (параметри) кодів.
21. Принцип побудови циклічних кодів: навести та пояснити основну формулу для побудови кодового слова циклічного коду.
22. Матричний спосіб побудови циклічних (n, k)-кодів: твірна матриця та її використання для побудови коду
23. Спосіб корекції помилок у кодових словах циклічного коду: пояснити виправлення помилок за допомогою циклічного зсуву
24. Спосіб корекції помилок у кодових словах циклічного коду: пояснити виправлення помилок шляхом перевірки гіпотез
25. Застосування циклічного коду для виявлення помилок. Оцінка кількості помилок, які код не виявляє.
26. Вибір твірного полінома для випадку кодів з виправленням однократних помилок
27. Вибір твірного полінома для випадку кодів з виправленням t-кратних помилок
28. Обернені поліноми та їх використання при побудові циклічних кодів
29. Циклічні коди з мінімальною кодовою відстанню 2: їх побудова, властивості та застосування
30. Циклічні коди Хеммінга: їх побудова, властивості та застосування
31. Коди Боуза-Чоудхурі-Хоквінгема: їх побудова, властивості та застосування
32. Вкорочені циклічні коди: побудова вкорочених кодів, проблема виправлення помилок
33. CRC-коди (CRC-суми): побудова та використання, твірні поліноми.

Задачі

Оптимальне кодування

1. Дано сукупність символів $x_1, \dots, x_6$ та ймовірності їх появи: 0,09; 0,23; 0,18; 0,06; 0,14; 0,30. Побудувати код Шеннона-Фано. Обчислити середню довжину кодового слова та надлишковість коду.
2. Дано сукупність символів $x_1, \dots, x_6$ та ймовірності їх появи: 0,30; 0,08; 0,12; 0,21; 0,11; 0,18. Побудувати код Гаффмана. Обчислити середню довжину кодового слова та надлишковість коду.

3. Дано сукупність символів x_1, x_2 та ймовірності їх появи: 0,8; 0,2. Провести кодування окремих букв і двобуквенних сполучень за методом Шеннона-Фано, порівняти результати.
4. Дано сукупність символів x_1, x_2 та ймовірності їх появи: 0,7; 0,3. Провести кодування окремих букв і двобуквенних сполучень за методом Гаффмана, порівняти результати.
5. Дано послідовність символів: AACAAACDDDDDCACC. Провести ущільнення та відновлення послідовності за допомогою алгоритмів LZ77.
6. Дано послідовність символів: BBBAAADDBBDDDA. Провести ущільнення та відновлення послідовності за допомогою алгоритмів LZSS.
7. Дано послідовність символів: DDBDBDCCCCCDDBB. Провести ущільнення та відновлення послідовності за допомогою алгоритмів LZ78.
8. Дано послідовність символів: CACACACABACBBBB. Провести ущільнення та відновлення послідовності за допомогою алгоритмів LZW.

Завадостійке кодування

1. Закодувати інформаційну комбінацію 00111101 ($k=8$) двійковими кодами, що виявляють помилки: з перевіркою на парність і простим повторенням. Показати процес виявлення однократної помилки та порівняти надлишковості цих кодів.
9. Закодувати інформаційну комбінацію 11010101 ($k=8$) двійковими кодами, що виявляють помилки: з числом одиниць у комбінації, кратним трьом, та інверсним (Бауера). Показати процес виявлення однократної помилки та порівняти надлишковості цих кодів.
10. Закодувати інформаційну комбінацію 10101100 ($k=8$) двійковими кодами, що виявляють помилки: з перевіркою на непарність і кореляційним. Показати процес виявлення однократної помилки та порівняти надлишковості цих кодів.
11. Визначити найменшу кількість контрольних розрядів $n-k$, необхідну для виправлення трикратних помилок, якщо кількість інформаційних розрядів у кодовому слові $k = 8, 12, 16$. Оцінити надлишковість отриманих кодів.
12. Побудувати коди Хеммінга (7,4) та (8,4) для передачі інформаційної комбінації 0011. Показати процес виправлення помилки в сьомому розряді повного кодового слова.
13. Побудувати коди Хеммінга (7,4) та (8,4) для передачі інформаційної комбінації 1001. Показати процес виправлення помилки в шостому розряді повного кодового слова.
14. Дано твірну матрицю:

$$C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Показати корекцію однократних помилок у кодових словах: 1010010, 1111110, 0101100.

15. Побудувати твірну та перевірочну матриці лінійного групового коду для передачі 128 різних повідомлень з можливістю виправлення однократних помилок.
16. Код побудований за матрицею

$$C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

- Показати корекцію однократних помилок у кодових словах: 1110101, 1010100, 1111010.
17. Провести множення трьох поліномів в алгебрі циклічних кодів: (x^2+1) , (x^3+x) і (x^3+1) . Виконати аналогічну операцію для двійкових еквівалентів.
 18. Провести множення трьох поліномів в алгебрі циклічних кодів: (x^2+x) , (x^3+x^2) і (x^3+x^2+x+1) . Виконати аналогічну операцію для двійкових еквівалентів.
 19. Знайти частку та остачу при діленні многочлена $(x^8+x^5+x^4+x^2+1)$ на многочлен (x^4+x^3+1) . Аналогічну операцію виконати і для двійкових еквівалентів.
 20. Знайти частку та остачу при діленні многочлена $(x^8+x^7+x^5+x+1)$ на многочлен (x^4+x^2+1) . Аналогічну операцію виконати і для двійкових еквівалентів.
 21. За твірним поліномом $P_1(x^3)=x^3+x+1$ побудувати твірну матрицю циклічного коду для передачі 16 різних повідомлень. Побудувати кодові комбінації циклічного коду для інформаційних комбінацій 1011 і 1101. Показати процес виявлення і виправлення помилки у другому інформаційному розряді.
 22. За твірним поліномом $P_1(x^3)=x^3+x+1$ побудувати кодову комбінацію циклічного коду для інформаційної комбінації 1001. Показати процес виявлення і виправлення помилки у третьому інформаційному розряді.
 23. Перевірити кодову комбінацію $x^6+x^4+x^3+x^2+1$ на наявність одиночної помилки, якщо для її побудови використано твірний поліном $P_1(x^3)=x^3+x+1$. При виявленні помилки виправити її.
 24. За твірним поліномом $P(x)=x^4+x+1$ побудувати кодову комбінацію циклічного коду для інформаційної комбінації 11101. Показати процес виявлення і виправлення помилки.
 25. За твірним поліномом $P(x)=x^4+x+1$ побудувати кодову комбінацію циклічного коду для інформаційної комбінації 10111. Показати процес виявлення і виправлення помилки.
 26. Закодувати циклічним кодом, який виправляє однократні помилки ($d_{\min}=3$), інформаційну комбінацію 110000110. Параметри коду та твірний поліном підібрати самостійно. Пояснити вибір параметрів, твірного полінома та всі етапи побудови кодової комбінації.
 27. Закодувати циклічним кодом, який виправляє однократні помилки ($d_{\min}=3$), інформаційну комбінацію 11000011011. Параметри коду та твірний поліном підібрати самостійно. Пояснити вибір параметрів, твірного полінома та всі етапи побудови кодової комбінації.
 28. Закодувати циклічним кодом, який виправляє однократні помилки ($d_{\min}=3$), інформаційну комбінацію 111010000. Параметри коду та твірний поліном підібрати самостійно. Пояснити вибір параметрів, твірного полінома та всі етапи побудови кодової комбінації.
 29. Побудувати циклічний код з $d_{\min}=2$ для $k=5$.
 30. Побудувати твірну матрицю вкороченого (11,7)-коду. Пояснити застосування та можливості коду.
 31. Для повідомлення 11001111001001 знайти контрольну суму за алгоритмом CRC, використовуючи генератор CRC-8-CCITT x^8+x^2+x+1 .
 32. Для повідомлення 100000111111001 знайти контрольну суму за алгоритмом CRC, використовуючи генератор CRC-4-ITU x^4+x+1 .

РОЗРАХУНКОВА РОБОТА № 1

Тема: Розрахунок інформаційних характеристик каналу зв'язку

Мета: Набуття навичок розрахунку основних інформаційних характеристик каналу зв'язку.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ РОБОТИ:

Дано: Каналом зв'язку передаються повідомлення у вигляді послідовностей символів деякого алфавіту, імовірності яких задано: $p(0)=...;; p(...)=....$

Відома канална матриця $P(Y/X)$, що визначає втрати інформації в каналі зв'язку.

Визначити:

1. Ентропію джерела інформації – $H(X)$
2. Безумовну ентропію приймача інформації – $H(Y)$.
3. Повні умовні ентропії – $H(Y/X), H(X/Y)$.
4. Швидкість передачі інформації та пропускну спроможність каналу зв'язку, якщо час передачі одного символу первинного алфавіту дорівнює $0,05V$ мс. (V – номер варіанта)
 1. Втрати інформації в каналі зв'язку при передачі $100V$ символів алфавіту (V – номер варіанта).
 2. Середню кількість прийнятої інформації.

Розрахунки провести у середовищі Visual Studio (або іншому середовищі програмування) MS Excel або MathCAD. Передбачити введення початкових даних, виведення проміжкових та кінцевих результатів, перевірку правильності розрахунків. У звіті навести розрахункові формули, лістинги, результати та зробити висновки.

РОЗРАХУНКОВА РОБОТА № 2

Тема: Побудова оптимальних нерівномірних кодів

Завдання для роботи:

1. Для символів алфавіту із розрахункової роботи № 1 побудувати оптимальні нерівномірні коди за методиками Шеннона-Фано та Хаффмана обчислити:
 - ентропію алфавіту,
 - довжину відповідного рівномірного коду,
 - середню довжину кодового слова,
 - надлишковість коду,
 - коефіцієнт статистичного ущільнення,
 - коефіцієнт відносної ефективності.
3. Результати оформити у вигляді таблиці та кодового дерева Хаффмана, формул і результатів обчислень згідно них.
4. Порівняти результати кодування за двома методиками ОНК: Шеннона-Фано та Хаффмана

РОЗРАХУНКОВА РОБОТА № 3

Дано твірну матрицю C лінійного групового коду з виправленням однократних помилок (див. варіанти завдань).

Завдання.

1. Перевірити твірну матрицю C на коректність (вага кожного рядка - не менше 3, у контрольній частині відсутні однакові рядки). За необхідності внести виправлення і записати змінену матрицю C .
2. Побудувати усі кодові слова відповідного лінійного групового коду для передачі 32 різних повідомлень з можливістю виправлення однократних помилок.
3. Побудувати перевірочну матрицю H для побудованого коду.

4. Записати систему перевірочних формул для побудованого коду.
5. Показати процес перевірки трьох правильних кодових слів.
6. Показати процес виправлення однократної помилки для трьох кодових слів з помилкою.
7. Додаткове завдання: довести, що побудований код має необхідну мінімальну кодову відстань.
8. Результати роботи завантажити у файлі для перевірки

РОЗРАХУНКОВА РОБОТА № 4

Завдання 1. Закодувати циклічним кодом, який виправляє однократні помилки ($d_{\min}=3$), інформаційні комбінації згідно варіанту завдання. Параметри коду та твірний поліном підібрати самостійно. Пояснити вибір параметрів коду, вибір твірного полінома та всі етапи побудови кодових слів.

Завдання 2. Для кожного побудованого кодового слова показати і пояснити процес перевірки кодових слів без помилок та процес виправлення однократних помилок в інформаційних розрядах методом циклічного зсуву та методом перевірки гіпотез.

Роботу виконати без застосування програмного забезпечення на паперових носіях і завантажити фотокопії для перевірки.