Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Факультет математики та інформатики

Кафедра прикладної математики та інформаційних технологій

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Декан факультету

_____ Ольга МАРТИНЮК
«____» _____ 20___ року

РОБОЧА ПРОГРАМА
«Кодування та алгоритми передачі інформації»

вибіркова

Освітньо-професійна програма

Технології програмування та комп'ютерне моделювання

Спеціальність

113 – Прикладна математика

Галузь знань

11 – математика та статистика

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Факультет математики та інформатики

Мова навчання українська

Чернівці 2026 рік

Робоча програма навчальної дисципліни
«Кодування та алгоритми передачі інформації» **складена відповідно до** освітньо-професійної програми «Технології програмування та комп'ютерне моделювання».

Розробник:

Ковдриш Володимир Володимирович, асистент, к.ф.-м.н.

Викладач (чі), що забезпечує читання даної навчальної дисципліни:

Ковдриш Володимир Володимирович, асистент, к.ф.-м.н.

Затверджено на засіданні кафедри прикладної математики та інформаційних технологій

Протокол № ___ від «___» _____ 20__ року

Завідувач кафедри _____ **Ярослав БІГУН**

Схвалено методичною радою факультету

Протокол № ___ від «___» _____ 202__ року

Голова методичної ради _____ **Тоня ФРАТАВЧАН**

Мета навчальної дисципліни: Сформувати у студентів здатність проєктувати, реалізовувати та аналізувати ефективні алгоритми кодування та передавання інформації, орієнтуючись на реальні технічні задачі.

Опис навчальної дисципліни

Загальна інформація

Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	**Кількість**		**Кількість годин**						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна	4	8	3	90	24	-	-	24	42	-	залік
Заочна	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Структура змісту навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем навчальних занять	**Кількість годин**											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		лекц.	**практ.**	**лаб.**	**інд.**	**срс**		**лекц.**	**практ.**	**лаб.**	**інд.**	**срс**
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1. (КОДУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ: ОСНОВИ ТА ІНСТРУМЕНТИ)												
Тема 1. Ентропія, надлишковість, ефективність кодування	8	2		2		4						
Тема 2. Ентропійне кодування (Huffman, Arithmetic, LZ)	12	3		3		6						
Тема 3. Виявлення та виправлення помилок	13	3		3		7						
Тема 4. Кодування у цифрових форматах	7	2		2		3						
Тема 5. Практична реалізація кодерів/декодерів	7	2		2		3						
Разом за ЗМ 1	**47**	**12**		**12**		**23**						
Змістовий модуль 2. (АЛГОРИТМИ ПЕРЕДАВАННЯ ТА ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ)												
Тема 1. Моделі шумових каналів	9	3		3		3						
Тема 2. ARQ та FEC	10	3		3		4						

Продовження таблиці «Структура змісту навчальної дисципліни»

Назви змістових модулів і тем навчальних занять	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		лекц.	**практ.**	**лаб.**	**інд.**	**срс**		**лекц.**	**практ.**	**лаб.**	**інд.**	**срс**
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тема 3. Кодування у транспортних протоколах	8	2		2		4						
Тема 4. Захист даних	8	2		2		4						
Тема 5. Аналіз продуктивності	8	2		2		4						
Разом за ЗМ 2	**43**	**12**		**12**		**19**						
Усього годин	**90**	**24**		**24**		**42**						

Тематика лекційних занять з переліком питань

№	Назва теми з основними питаннями
1	Ентропія, надлишковість, ефективність кодування — 1) Ентропія Шеннона; 2) властивості ентропії; 3) умовна ентропія; 4) взаємна інформація; 5) інформаційна надлишковість; 6) середня довжина коду; 7) нерівність Крафта; 8) межа ефективності кодування; 9) зв’язок ентропії та коефіцієнта стискання
2	Ентропійне кодування (Huffman, Arithmetic, LZ) — 1) Префіксні коди; 2) алгоритм Хаффмана; 3) побудова дерева та оптимальність; 4) довжина коду та складність алгоритму; 5) арифметичне кодування та інтервальне подання; 6) алгоритми LZ77 і LZ78; 7) словникові методи; 8) порівняння ентропійних і словникових підходів; 9) оцінка коефіцієнта стискання
3	Виявлення та виправлення помилок — 1) Модель помилок у каналі; 2) контрольні суми; 3) циклічний надлишковий код (CRC); 4) генераторні поліноми; 5) мінімальна кодова відстань; 6) принципи побудови блокових кодів; 7) код Хеммінга; 8) синдром та виправлення одиничної помилки; 9) межі можливостей виправлення
4	Кодування у цифрових форматах — 1) Алгоритм Deflate; 2) поєднання LZ і Хаффмана; 3) структура стисненого файлу; 4) основи JPEG-кодування; 5) дискретне косинусне перетворення; 6) квантування; 7) ентропійне кодування в JPEG; 8) принципи MP3-кодування; 9) стискання з втратами та без втрат
5	Практична реалізація кодерів/декодерів — 1) Архітектура програмного кодера; 2) модульність і структурування коду; 3) потокова обробка даних; 4) оптимізація пам’яті; 5) обробка винятків і помилок; 6) тестування алгоритмів; 7) оцінювання швидкодії; 8) аналіз ефективності реалізації
6	Моделі шумових каналів — 1) Дискретний симетричний канал; 2) ймовірність бітової помилки; 3) модель каналу з пам’яттю; 4) шум та його статистичні характеристики; 5) пропускна здатність каналу; 6) межа Шеннона; 7) залежність BER від параметрів каналу
7	ARQ та FEC — 1) Принцип повторної передачі; 2) Stop-and-Wait; 3) Go-Back-N; 4) Selective Repeat; 5) поняття Forward Error Correction; 6) порівняння ARQ та FEC; 7) вплив ймовірності помилки на ефективність; 8) затримки та пропускна здатність при повторній передачі
8	Кодування у транспортних протоколах — 1) Контрольні суми TCP та UDP; 2) структура мережевого пакета; 3) механізми retransmission; 4) управління потоком; 5) контроль перевантаження; 6) особливості передавання у Wi-Fi та 5G; 7) роль кодування у забезпеченні надійності передачі
9	Захист даних — 1) Хеш-функції та їх властивості; 2) ефект лавини; 3) контроль цілісності; 4) симетричне шифрування; 5) принципи автентифікації; 6) роль криптографії у передаванні даних; 7) поєднання шифрування та кодів контролю помилок

№	Назва теми з основними питаннями
10	Аналіз продуктивності — 1) Пропускна здатність; 2) затримка передачі; 3) коефіцієнт корисного навантаження; 4) вплив надлишковості на ефективність; 5) аналіз BER; 6) енергетична ефективність; 7) компроміс між швидкістю та надійністю передачі

Тематика лабораторних занять з переліком питань

№	Назва теми (завдання)
1	Ентропія, надлишковість, ефективність кодування (Обчислення ентропії для текстових та бінарних даних; визначення надлишковості; розрахунок середньої довжини коду; оцінка ефективності кодування; аналіз впливу статистики джерела на стискання)
2	Ентропійне кодування (Huffman, Arithmetic, LZ) (Реалізація алгоритму Хаффмана; кодування та декодування повідомлень; реалізація LZ77 або LZ78; порівняння коефіцієнтів стискання; аналіз складності алгоритмів)
3	Виявлення та виправлення помилок (Реалізація CRC; моделювання помилок у каналі; побудова коду Хеммінга; обчислення синдрому; виправлення одиничної помилки; оцінка ймовірності виявлення та виправлення)
4	Кодування у цифрових форматах (Дослідження алгоритму Deflate; аналіз структури JPEG або MP3; використання бібліотек стискання; порівняння стискання з втратами та без втрат)
5	Практична реалізація кодерів/декодерів (Проєктування програмної архітектури кодера; реалізація потокової обробки; тестування та оптимізація; оцінювання швидкодії реалізації)
6	Моделі шумових каналів (Симуляція дискретного симетричного каналу; генерація помилок; обчислення BER; побудова графіка залежності BER від параметра каналу)
7	ARQ та FEC (Реалізація Stop-and-Wait або Go-Back-N; передача з використанням коду корекції; порівняння ефективності ARQ та FEC; вимірювання затримки та пропускної здатності)
8	Кодування у транспортних протоколах (Аналіз контрольних сум TCP/UDP; дослідження структури пакета; виявлення retransmission; оцінка впливу помилок на передачу)
9	Захист даних (Реалізація хеш-функції; перевірка цілісності файлу; аналіз ефекту лавини; дослідження впливу змін на результат хешування)
10	Аналіз продуктивності (Вимірювання пропускної здатності; оцінка затримки; аналіз впливу надлишковості на ефективність; порівняння різних методів передавання)

Індивідуальні науково-дослідні завдання (ІНДЗ)

№	Завдання до тем
1	Порівняльний аналіз методів ентропійного стискання — Реалізувати або використати алгоритми Huffman та LZ; провести тестування на різних типах даних; визначити коефіцієнт стискання; виміряти швидкодію; проаналізувати залежність ефективності від статистики джерела; зробити обґрунтовані висновки
2	Дослідження впливу шуму на ефективність передачі даних — Змоделювати дискретний симетричний канал; реалізувати передачу без корекції; реалізувати передачу з кодом Хеммінга; реалізувати передачу з ARQ; побудувати графіки залежності BER і пропускної здатності від параметра каналу; провести порівняльний аналіз
3	Аналіз ефективності кодів контролю та корекції помилок — Реалізувати CRC з різними поліномами; змоделювати одиничні та пакетні помилки; оцінити ймовірність невиявленої помилки; порівняти CRC і код Хеммінга за показниками надійності; сформулювати рекомендації щодо застосування

№	Завдання до тем
4	Проєктування системи передавання з оцінкою продуктивності — Реалізувати повний цикл: стискання → додавання надлишковості → шумовий канал → декодування; виміряти коефіцієнт стискання та затримку; оцінити пропускну здатність; провести експерименти при різних параметрах каналу; проаналізувати компроміс між швидкістю та надійністю

Завдання для самостійної роботи студентів

№	Назва теми	Завдання для самостійної роботи	К-сть год.
1	Ентропія, надлишковість, ефективність кодування	Розв’язати задачі на обчислення ентропії та умовної ентропії; визначити надлишковість для заданих джерел; довести виконання нерівності Крафта для заданого коду; порівняти теоретичну та практичну середню довжину коду; підготувати короткий аналітичний висновок	4
2	Ентропійне кодування (Huffman, Arithmetic, LZ)	Побудувати коди Хаффмана для заданого алфавіту; порівняти довжину коду з ентропією джерела; дослідити вплив розміру словника в LZ-алгоритмі; оцінити складність алгоритмів; підготувати таблицю порівняння коефіцієнтів стискання	6
3	Виявлення та виправлення помилок	Розв’язати задачі на мінімальну кодову відстань; побудувати перевірочну матрицю для заданого коду; дослідити здатність коду виявляти кратні помилки; оцінити ймовірність невиявленої помилки; підготувати аналітичний звіт	7
4	Кодування у цифрових форматах	Проаналізувати структуру формату JPEG або PNG; описати етапи алгоритму Deflate; пояснити роль ентропійного кодування у форматах з втратами; підготувати порівняльну характеристику стискання з втратами та без втрат	3
5	Практична реалізація кодерів/декодерів	Розробити структуру програмного модуля кодера; описати алгоритм обробки потоку даних; підготувати набір тестових випадків; проаналізувати можливі помилки реалізації	3
6	Моделі шумових каналів	Вивести формулу пропускної здатності дискретного симетричного каналу; розв’язати задачі на ймовірність помилки; дослідити вплив параметра p на BER; підготувати графічну інтерпретацію результатів	3
7	ARQ та FEC	Порівняти протоколи Stop-and-Wait і Go-Back-N; визначити ефективність передачі при різних значеннях ймовірності помилки; проаналізувати затримки; сформулювати умови доцільності використання FEC	4

№	Назва теми	Завдання для самостійної роботи	К-сть год.
8	Кодування у транспортних протоколах	Проаналізувати структуру TCP та UDP заголовків; описати механізм контрольної суми; дослідити причини retransmission; підготувати короткий технічний огляд	4
9	Захист даних	Дослідити властивості криптографічних хеш-функцій; пояснити ефект лавини; порівняти контрольну суму та криптографічний хеш; підготувати приклади застосування у реальних протоколах	4
10	Аналіз продуктивності	Розрахувати пропускну здатність для заданих параметрів каналу; оцінити вплив надлишковості на ефективність; проаналізувати компроміс між швидкістю та надійністю; підготувати узагальнюючий висновок	4

Разом за наведеними завданнями: 42 год.

Завдання навчальної дисципліни

Ознайомити студентів із теоретичними основами кодування інформації, ентропії, інформаційної надлишковості та алгоритмами стискання даних.

Сформувати практичні навички реалізації алгоритмів кодування, декодування, виявлення й виправлення помилок, а також моделювання каналів передавання інформації.

Навчити аналізувати ефективність, швидкодію, надійність і захищеність передавання даних та обирати оптимальні методи кодування для практичних задач.

Очікувані результати навчання

Пояснювати основні поняття теорії інформації, ентропії, надлишковості та принципи ефективного кодування даних.

Реалізовувати алгоритми стискання й декодування інформації, зокрема Хаффмана, арифметичне кодування та LZ.

Застосовувати методи виявлення та виправлення помилок (CRC, ARQ, FEC) для забезпечення надійного передавання даних.

Моделювати канали зв’язку з шумами та оцінювати ймовірність помилок і пропускну здатність.

Аналізувати та порівнювати ефективність алгоритмів кодування за ступенем стискання, швидкодією, надлишковістю та стійкістю до помилок.

Розробляти й тестувати програмні компоненти систем передавання інформації, оцінюючи їхню продуктивність і надійність.

Методи навчання

лекції з елементами проблемного викладу; пояснювально-ілюстративний метод; аналіз алгоритмів та розбір прикладів; демонстрація реалізації алгоритмів

кодування; лабораторні заняття з програмування (Python /C++); моделювання процесів передавання інформації; порівняльний аналіз ефективності алгоритмів; проєктний підхід; самостійна дослідницька робота студентів.

Система контролю та оцінювання

Методи контролю

1. перевірка коректності реалізації алгоритмів кодування та декодування;
2. оцінювання правильності обчислення ентропії, надлишковості та BER;
3. аналіз ефективності стискання та передачі даних;
4. перевірка результатів моделювання шумового каналу;
5. оцінювання реалізації методів виявлення та виправлення помилок;
6. демонстрація роботи програмних модулів (стискання, CRC, ARQ, FEC);
7. аналіз структури та якості програмного коду;
8. усне опитування з теоретичних питань;
9. оцінювання індивідуального науково-дослідного завдання.

Форми контролю

1. поточний контроль (лабораторні роботи, тестові завдання, індивідуальні завдання);
2. модульний контроль;
3. підсумковий контроль — залік (захист комплексного проєкту з моделювання системи передавання інформації).

Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне оцінювання (аудиторна та самостійна робота)										Кількість балів (залікова/екзаменаційна робота)	Сумарна к-ть балів
Змістовий модуль №1					**Змістовий модуль № 2**						
T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	40	100
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Оцінка за національною шкалою	**Оцінка за шкалою ЄКТС**	
	Оцінка (бали)	**Пояснення за розширеною шкалою**
зараховано	A (90-100)	відмінно
	B (80-89)	дуже добре
	C (70-79)	добре
	D (60-69)	задовільно
	E (50-59)	достатньо
не зараховано	FX (35-49)	(незадовільно) з можливістю повторного складання
	F (1-34)	(незадовільно) з обов’язковим самостійним опрацюванням освітнього компоненту до перескладання

Перелік питань для самоконтролю та підсумкового контролю

Питання для підсумкового контролю

1. Що таке ентропія Шеннона і які її властивості?

2. Як визначається надлишковість джерела інформації?
3. У чому полягає зв’язок між ентропією та середньою довжиною коду?
4. Сформулюйте нерівність Крафта.
5. У чому полягає оптимальність алгоритму Хаффмана?
6. Який принцип лежить в основі арифметичного кодування?
7. У чому різниця між ентропійними та словниковими методами стискання?
8. Що таке мінімальна кодова відстань і як вона пов’язана зі здатністю коду виправляти помилки?
9. Як працює CRC і що таке генераторний поліном?
10. Поясніть принцип побудови коду Хеммінга.
11. У чому різниця між стисканням з втратами та без втрат?
12. Які основні етапи алгоритму Deflate?
13. Що таке дискретний симетричний канал?
14. Як визначається пропускна здатність каналу?
15. Поясніть різницю між ARQ та FEC.
16. У чому особливість протоколів Stop-and-Wait та Go-Back-N?
17. Як здійснюється контроль цілісності у TCP та UDP?
18. Що таке BER і як він обчислюється?
19. Які властивості повинна мати криптографічна хеш-функція?
20. У чому полягає компроміс між швидкістю та надійністю передачі?
21. Доведіть основні властивості ентропії Шеннона.
22. Виведіть межу ефективності кодування для дискретного джерела.
23. Побудуйте код Хаффмана для заданого алфавіту та оцініть його ефективність.
24. Порівняйте алгоритми Хаффмана та LZ за принципом роботи і сферою застосування.
25. Проаналізуйте здатність CRC виявляти різні типи помилок.
26. Поясніть принцип виправлення одиничної помилки в коді Хеммінга.
27. Опишіть структуру алгоритму Deflate.
28. Виведіть формулу пропускної здатності дискретного симетричного каналу.
29. Проаналізуйте ефективність ARQ при зростанні ймовірності помилки.
30. Порівняйте ARQ та FEC за показниками затримки та пропускної здатності.
31. Поясніть механізм контролю цілісності в транспортних протоколах.
32. Проаналізуйте вплив надлишковості на ефективність системи передавання.
33. Опишіть повний цикл передавання даних: стискання → контроль помилок → канал → декодування.
34. Обґрунтуйте вибір методу кодування для конкретного типу даних.
35. Проаналізуйте продуктивність системи передачі за заданими параметрами каналу.

Зарахування результатів неформальної освіти

Зарахування результатів навчання, здобутих шляхом неформальної та/або інформальної освіти, здійснюється відповідно до чинного Положення університету про визнання результатів навчання, здобутих поза межами формальної освіти.

Студент має право подати документи, що підтверджують набуття результатів навчання, передбачених програмою дисципліни (сертифікати, результати онлайн-курсів, власні проєкти, портфоліо, посилання на GitHub-репозиторії тощо).

Рішення щодо зарахування приймається викладачем дисципліни (або комісією) на підставі експертної оцінки поданих матеріалів та, за необхідності, співбесіди.

Рекомендована література

Основна

1. Cover T. M., Thomas J. A. Elements of Information Theory. — 2nd ed. — Wiley-Interscience, 2006.

2. MacKay D. J. C. Information Theory, Inference, and Learning Algorithms. — Cambridge University Press, 2003.

3. Sayood K. Introduction to Data Compression. — 5th ed. — Morgan Kaufmann, 2017.

4. Hamming R. W. Coding and Information Theory. — Prentice Hall, 1980.

5. Haykin S. Communication Systems. — 5th ed. — Wiley, 2009.

Додаткова

1. Lin S., Costello D. J. Error Control Coding: Fundamentals and Applications. — 2nd ed. — Pearson, 2004.

2. Tanenbaum A. S., Wetherall D. J. Computer Networks. — 5th ed. — Pearson, 2011.

3. Stallings W. Cryptography and Network Security: Principles and Practice. — 7th ed. — Pearson, 2017.

4. Salomon D., Motta G. Handbook of Data Compression. — Springer, 2010.

5. RFC 1951 — DEFLATE Compressed Data Format Specification.

6. RFC 793 — Transmission Control Protocol (TCP).

7. RFC 768 — User Datagram Protocol (UDP).

Інформаційні ресурси

1. Офіційна сторінка стандартів IETF (RFC)
2. RFC 1951 — DEFLATE Compressed Data Format Specification
3. RFC 793 — Transmission Control Protocol (TCP)
4. RFC 768 — User Datagram Protocol (UDP)

5. IEEE Xplore Digital Library
6. Cambridge University Press — матеріали до книги MacKay
7. Документація бібліотеки zlib
8. Документація OpenSSL
9. Офіційна документація Wireshark
10. Репозиторії прикладів алгоритмів (GitHub)

Політика академічної доброчесності

Дотримання політики щодо академічної доброчесності учасниками освітнього процесу при вивченні навчальної дисципліни регламентовано такими документами:

«Етичний кодекс Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича»

«Положенням про виявлення та запобігання академічного плагіату у Чернівецькому національному університету імені Юрія Федьковича»