

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
кафедра комп'ютерних технологій і моделювання систем

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
для виконання лабораторних робіт з дисципліни

ТЕОРІЯ ІНФОРМАЦІЇ ТА КОДУВАННЯ

Модуль 1

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
галузі знань 12 «Інформаційні технології»

Житомир – 2021

УДК 004, 007

Розглянуто та схвалено на засіданні кафедри
комп'ютерних технологій і моделювання систем
факультету обліку та фінансів Поліського національного університету
(протокол № 13 від 25 травня 2021 року)

Р е ц е н з е н т и :

Ковбасюк С.В. – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, керівник навчально – наукового центру космічних технологій Поліського національного університету;

Горобець С.М. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій Житомирського державного університету ім. Івана Франка.

Методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт з дисципліни Теорія інформації та кодування: модуль1 / Ю.Б. Бродський, О.В. Маєвський. – Житомир : ПНУ, 2021. – 17 с.

В методичних рекомендаціях наведено теоретичні відомості, завдання та методики виконання лабораторних робіт з дисципліни Теорія інформації та кодування: модуль1 для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти галузі знань 12 «Інформаційні технології».

УДК 004, 007

© Бродський Ю. Б., Маєвський О. В.
©

ЗМІСТ

Передмова.....	4
Теоретична частина.....	5
Контрольні питання.....	6
Практична частина.....	11
Лабораторна робота 1.....	12
Лабораторна робота 2.....	14
Перелік використаних джерел.....	16

ПЕРЕДМОВА

Дисципліна «Теорія інформації та кодування» належить до групи професійних дисциплін і займає важливе місце у підготовці спеціалістів галузі «Інформаційні технології» та формує комплекс знань та умінь пов'язаних з засвоєнням основних положень з оброблення та передачі інформації в комп'ютерних системах. В процесі опанування дисципліни студенти будуть вивчати природу інформації, основні принципи обміну інформацією в системах; математичні моделі сигналів, перешкод і каналів зв'язку, принципи узгодження характеристик сигналів і каналів та оцінювання їх пропускнуої спроможності (модуль 1); принципи кодування сигналів в цифрових каналах зв'язку та способи побудови кодів (модуль 2); методи дискретизації та відновлення сигналів, основні методи перетворення сигналів, особливості цифрової фільтрації інформації, спектральний аналіз сигналів, алгоритми швидких спектральних перетворень, склад і функції основних компонентів системи цифрової обробки та передачі інформації (модуль 3).

Компетентності, на формування яких націлена дисципліна:

Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. Здатність до пошуку, оброблення та узагальнення інформації з різних джерел. Здатність до проектування, розробки, налагодження та вдосконалення системного, комунікаційного та програмно - апаратного забезпечення інформаційних систем та технологій, Інтернету речей (IoT), комп'ютерно-інтегрованих систем та системної мережної структури, управління ними. Здатність до аналізу, синтезу і оптимізації інформаційних систем та технологій з використанням математичних моделей і методів.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.

Інформація є загальнонауковою філософською категорією і на сьогодні є об'єктивною реальністю разом із такими фундаментальними поняттями як матерія та енергія; *інформація* є мірою відображення різноманіття реального світу; *інформація* є способом опису взаємодії отримувача з оточуючим середовищем; *інформація* є характеристикою співвідношення між повідомленням і його користувачем [6].

Теорія інформації, як наука, вивчає питання оцінки кількості інформації, аналізу інформаційних характеристик джерел повідомлень і каналів зв'язку, можливості кодування та декодування повідомлень, щоб забезпечити максимальну швидкість їх передачі каналами зв'язку при наявності та відсутності завад.

Основні задачі теорії інформації:

- оцінка кількості інформації;
- математичний опис сигналів інформації;
- перетворення сигналів інформації в процесах модуляції, демодуляції, фільтрації, аналого-цифрового та цифро-аналогового перетворень;
- кодування та декодування сигналів;
- розробка технологій передачі інформації по каналах зв'язку.

Постулати теорії інформації:

- джерело повідомлення здійснює вибір повідомлення з деякої множини з певною ймовірністю;
- повідомлення можуть передаватися по каналу зв'язку в закодованому виді. Кодовані повідомлення утворюють множину, що є взаємно однозначним відображенням множини повідомлень. Правило декодування відоме декодеру (записане в його програмі);
- повідомлення вважається прийнятим правильно, якщо в результаті декодування воно може бути в точності відновленим. При цьому не

враховується, скільки часу пройшло з моменту передачі повідомлення до моменту закінчення декодування, та яка складність операцій кодування і декодування;

- кількість інформації не залежить від смислового вмісту повідомлення, від його емоційного впливу, корисності і навіть від його відношення до реальної дійсності.

Повідомлення – дані, що підлягають передачі. *Дані* – зареєстровані сигнали.

Сигнал – це матеріальний носій інформації.

Вимоги до кількісної міри інформації:

- функціональний зв'язок з числом можливих невідомих станів системи;
- рівність нулю, коли система визначена;
- збільшення кількості інформації відповідно кількості станів;
- може приймати значення не менше нуля (тому що повідомлення може або нести інформацію, або ні, але виносити інформацію не може).

Таким вимогам задовольняє логарифмічна міра інформації, яка була запропонована американським вченим Л. Хартлі у 1928 р.:

$$I = \log_2 N$$

За Шенноном для визначення ентропії системи беруть суму добутків ймовірностей появи кожного з i -х станів системи на логарифми цих ймовірностей:

$$H = -\sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i$$

Надмірність джерела повідомлень – це властивість передавати інформацію більшою кількістю знаків:

$$R = \frac{H_{\max} - H}{H_{\max}} = 1 - \frac{H}{H_{\max}} = 1 - \frac{H}{\log_2 N},$$

Продуктивність – кількість інформації (ентропії) за одиницю часу: $\bar{H} = \frac{H}{\tau}$.

Ентропія є мірою невизначеності, непрогнозованої ситуації. Зменшення ентропії, що відбулось завдяки деякому повідомленню, точно збігається з кількістю інформації, яка міститься в цьому повідомленні. *Ентропія* дорівнює нулю, якщо повідомлення відоме завчасу. *Ентропія* максимальна, якщо всі знаки (елементи) алфавіту рівноймовірні.

Ентропія, продуктивність та надмірність – інтегральні інформаційні характеристики джерела інформації.

Спільна інформація (ентропія)– загальна кількість інформації від різних джерел.

Взаємна інформація (ентропія)– кількість інформації, яку можна отримати про джерело X, спостерігаючи джерело Y, або навпаки.

Поняття взаємної інформації широко використовується в теорії передачі інформації. Вимоги до взаємної інформації різні в залежності від того, з якою інформацією працює споживач. Якщо X і Y - це повідомлення, що передаються різними джерелами, то для отримання якомога більшої сумарної (спільної) інформації, взаємна (тобто однакова в даному випадку) інформація повинна бути мінімальною. Якщо X і Y - це повідомлення на вході і на виході каналу зв'язку з перешкодами, то для отримання якомога більшої інформації її одержувачем необхідно, щоб взаємна інформація була найбільшою. Взаємна інформація - це нове поняття теорії інформації, що відіграє центральну роль в інформаційній техніці і описує передачу інформації каналом зв'язку. Взаємна інформація зв'язує канал і можливість передачі інформації через нього. Тому, взаємна інформація (як і спільна) визначається умовною ентропією.

Спільна ентропія розраховується:

$$H(X, Y) = H(X) + H(Y/X) = H(Y) + H(X/Y)$$

Взаємна інформація розраховується:

$$I(X, Y) = H(X) - H(X/Y) = H(Y) - H(Y/X)$$

Умовна ентропія $H(X/Y)$ – це втрати інформації в каналі зв'язку (ненадійність каналу). Умовна ентропія $H(Y/X)$ – це інформація про перешкоди (ентропія джерела перешкод), що подається в канал ззовні або утворюється внутрішніми перешкодами в каналі.

Швидкістю передачі інформації по каналу називають кількість інформації, що передається по каналу за одиницю часу (біт/с).

$$\tilde{I} = v_0 I(Y, X) = v_0 (H(X) - H(X/Y)) = v_0 (H(Y) - H(Y/X))$$

$$v_0 = \frac{1}{T}$$

Пропускна здатність каналу – це максимально можлива швидкість передачі інформації.

$$C = \max_{\{p(x_i)\}} \tilde{I}$$

$$C = v_0 \max_{\{p(x_i)\}} (H(X) - H(X/Y))$$

$$C = v_0 \max_{\{p(x_i)\}} (H(Y) - H(Y/X))$$

Контрольні питання (тестові).

1. Засновник статистичної теорії інформації це ...?
2. Інформація є ...?
3. Теорія інформації, як наука, вивчає питання ...?
4. Вимоги до кількісної міри інформації є ...?
5. У формулі кількісної оцінки інформації використана функція ...?
6. Формулу Хартлі застосовують, коли ...?
7. Чим відрізняються (за змістом) формули Шеннона і Хартлі ...?
8. Що враховує знак «мінус» у формулі Шеннона ...?
9. Ентропія максимальна, коли ...?
10. Ентропія дорівнює нулю, коли ...?
11. Чому дорівнює кількість інформації (біт/повідомлення) про один з 8, 16, 128, 1024 рівноімовірних станів ...?
12. Скільки потрібно біт для кодування 256 символів ...?
13. Скільки потрібно байт для кодування 256 символів ...?
14. Скільки потрібно біт для кодування 6, 25, 56, 154, 258 символів ...?
15. В якому випадку результати розрахунку за формулам Хартлі і Шеннона співпадають ...?
16. В якому випадку формула Шеннона перетворюється у формулу Хартлі ...?
17. Ентропія дорівнює нулю, якщо ...?
18. Для чого використовують надмірність джерела повідомлень?

- 19.Пропускна здатність каналу це ...?
- 20.Спільна інформація (ентропія) – це ...?
- 21.Взаємна інформація (ентропія) – це ...?
- 22.Спільна ентропія розраховується:...?
- 23.Взаємна інформація розраховується:...?
- 24.Умовна ентропія визначає ...?
- 25.Швидкістю передачі інформації ...?

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА.

Всі розрахунки проводити з використанням відповідних комп'ютерних засобів: електронні таблиці, математично орієнтовані пакети програм, середовища програмування. Звіт практичної (розрахункової) частини готувати в електронному вигляді з позначенням імені файлу: ім'я та прізвище студента, шифр групи. Структура звіту:

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №__

Тема: _____

Мета: _____

Завдання 1.

Виконання завдання з вказанням розрахункових формул, алгоритмів, схем, результатів обчислень в числовому або графічному вигляді.

Висновки.

Завдання 2.

Виконання завдання з вказанням розрахункових формул, алгоритмів, схем, результатів обчислень в числовому або графічному вигляді.

Висновки.

·
·
·

Завдання N.

Виконання завдання з вказанням розрахункових формул, алгоритмів, схем, результатів обчислень в числовому або графічному вигляді.

Висновки.

Висновки по лабораторній роботі.

Зробити узагальнюючі висновки по лабораторній роботі відповідно до мети і результатів виконання поставлених завдань.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

Тема: Оцінювання кількості інформації в каналах без завад.

Мета: дослідити способи оцінювання інформаційних характеристик дискретних повідомлень та отримати навички застосування відомих формул Р. Хартлі та К. Шеннона, як кількісної міри інформації.

Час виконання завдань: 4 години.

Завдання 1.

Повторити теоретичний матеріал, лекції 1 і 2 [8]. Відповісти на контрольні питання 1-19 теоретичної частини методичних рекомендацій.

Форму відповідей указує викладач: усно, письмово, оформити у звіті з лабораторної роботи в електронному або друкованому вигляді.

Завдання 2.

Оцінити ентропію повідомлення з: 4, 6, 7, 10, 12, 16, 18, 27, 30 символів, якщо загальна кількість символів в алфавіті дорівнює 32 і всі повідомлення рівноймовірні.

Завдання 3.

Передається інформація у вигляді повідомлення з 4-х символів алфавіту. Оцінити ентропію джерела повідомлення та його надмірність за умови взаємної незалежності символів, якщо відомі відповідні імовірності появи символів:

3.1. $P_1=0,1; P_2=0,2; P_3=0,4; P_4=0,3$.

3.2. $P_1=0,7; P_2=0,1; P_3=0,1; P_4=0,1$.

Порівняти результати і зробити висновок.

Завдання 4.

Обчислити продуктивність джерела дискретних повідомлень, заданого в Завданні 3 для часової тривалості знаків 1, 2, 3 та 4 мс.

Завдання 5.

Оцінити кількість інформації в повідомленні, що складається з послідовності із шести символів, за умови рівноймовірності та незалежні символів джерела повідомлення та обсягу алфавіту 16 знаків.

Завдання 6.

Оцінити ентропію повідомлення, що складається зі слів:

Інформація, ентропія, Житомир, Ваше прізвище та ім'я з урахуванням пропуску «_».

Вважати, що літери в повідомленні незалежні. Відносні частоти (імовірності) вживання літер української подано на рисунку 1.

Відносні частоти (імовірності) вживання літер української абетки.

Літера	Частота	Літера	Частота	Літера	Частота	Літера	Частота
„_”	0,138	Р	0,043	П	0,025	Ї	0,010
О	0,086	Е	0,042	З	0,020	Ц	0,010
Н	0,068	С	0,037	Я	0,019	Й	0,009
А	0,064	К	0,033	Ь	0,016	Ю	0,008
И	0,055	М	0,029	Б	0,013	Ж	0,007
В	0,046	У	0,027	Г	0,013	Ш	0,005
Т	0,045	Д	0,027	Ч	0,011	Є	0,005
І	0,044	Л	0,027	Х	0,011	Щ	0,004
						Ф	0,003

Частота повторюваності букви Г дорівнює 0,00006

Рисунок 1.

Завдання 7 (теоретичне).

Довести невід'ємність ентропії джерела повідомлень.

Завдання 8.

Оформити звіт з лабораторної роботи, де указати: № лабораторної роботи, тему, мету, ім'я та прізвище виконавця, шифр групи студента, завдання та їх виконання з обґрунтуванням, пропозиціями та формулами для розрахунків, висновки по роботі.

Форму звіту указує викладач: рукописний (у зошиті), електронний, друкований.

Лабораторна робота 2

Тема: Оцінювання кількості інформації в каналах з завадами.

Мета: дослідити способи оцінювання ентропії та інформаційних характеристик каналів з завадами.

Час виконання завдань: 4 години.

Завдання 1.

Повторити теоретичний матеріал, лекція 3 [8]. Відповісти на контрольні питання 19-25 теоретичної частини методичних рекомендацій, виконати тест модуля 1 за указівкою викладача.

Форму відповідей указує викладач: усно, письмово, оформити у звіті з лабораторної роботи в електронному або друкованому вигляді.

Завдання 2.

Пояснити, що взаємна ентропія двох незалежних джерел повідомлень дорівнює нулю.

Завдання 3.

Розрахувати спільну і взаємну ентропії двох джерел повідомлень (X – Y) та швидкість передачі інформації між ними ($X – Y$) при заданих умовах:

Завдання 3.1:

$$H(X) = 5,2 \text{ біт}, \quad H(X/Y) = 2,2 \text{ біт};$$

$$H(Y) = 5,3 \text{ біт}, \quad H(Y/X) = 2,3 \text{ біт};$$

середня тривалість повідомлення 1,5 мс.

Завдання 3.2:

$$H(X) = 4,2 \text{ біт}, \quad H(X/Y) = 1,2 \text{ біт};$$

$$H(Y) = 4,3 \text{ біт}, \quad H(Y/X) = 1,3 \text{ біт};$$

середня тривалість повідомлення 1,2 мс.

Завдання 3.3:

$$H(X) = 4,2 \text{ біт}, \quad H(X/Y) = 1,2 \text{ біт};$$

$$H(Y) = 4,3 \text{ біт}, \quad H(Y/X) = 1,3 \text{ біт};$$

середня тривалість повідомлення 2 мс.

Порівняти результати, зробити висновки.

Завдання 4.

Оцінити коефіцієнт надмірності джерела повідомлень, якщо:

повідомлення складається з 8 символів;

ентропія джерела повідомлення 2,5 біт.

Завдання 5.

Обчислити продуктивність джерела дискретних повідомлень за умовою:

ентропія джерела повідомлення $H(X) = 2,25 \text{ біт};$

середня тривалість символу $\tau = 10 \text{ мс.}$

Завдання 6.

Для початкових даних завдань 3.1, 3.2, 3.3 обчислити продуктивність джерела повідомлень XU .

Завдання 7.

Розрахувати пропускну здатність каналу зв'язку з завадами, якщо задані умови:

повідомлення кодуються рівномірним двійковим кодом і передаються по каналу зв'язку;

тривалість двійкових сигналів $\tau = 1 \text{ мкс};$

середня ймовірність помилки на один двійковий символ $P_c = 10^{-3}.$

Виконати розрахунки для варіантів, указаних в таблиці.

Параметр	Варіант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
τ , мкс	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_e	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-7}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}

Завдання 8.

Оцінити ентропію, коефіцієнт надмірності та продуктивність джерела дискретних повідомлень якщо відомо:

дані передаються про один із 4-х можливих станів системи (обсяг алфавітного набору 4 символи);

імовірності появи кожного символу відповідно: $p(a) = 0,5$; $p(b) = 0,25$; $p(c) = 0,125$; $p(d) = 0,125$;

середня тривалість повідомлень: 1 мс; 2 мс; 3 мс; 4 мс.

Завдання 9.

Канал передачі інформації описується каналною матрицею:

$$P(Y/X) = \begin{bmatrix} 0.98 & 0.1 & 0.2 \\ 0.01 & 0.75 & 0.3 \\ 0.01 & 0.15 & 0.5 \end{bmatrix}$$

Оцінити:

кількість інформації, що передається одним символом повідомлення, якщо імовірності появи символів

$$p(x_1) = 0,7; p(x_2) = 0,2; p(x_3) = 0,1;$$

інформаційні втрати в процесі передачі повідомлення із 1000 символів

(x_1, x_2, x_3) через канал з завадами;

кількість прийнятої інформації із 1000 символів.

Завдання 10.

Оформити звіт з лабораторної роботи, де указати: № лабораторної роботи, тему, мету, ім'я та прізвище виконавця, шифр групи студента, завдання та їх виконання з обґрунтуванням, пропозиціями та формулами для розрахунків, висновки по роботі.

Форму звіту указує викладач: рукописний (у зошиті), електронний, друкований.

Перелік використаних джерел

1. Жураковський Д. П., Полторак В. П. Теорія інформації та кодування: Підручник. – К.: Вища шк., 2001. – 255с.
2. Майданюк В. П. Кодування та захист інформації. Навчальний посібник. - Вінниця: ВНТУ, 2009.-164с.
3. Курко А. М., Решетник В. Я. Введення в теорію інформації – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017–108с.
4. Іващенко П. В. Основи теорії інформації: навч. посіб. – Одеса: ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2015. – 53с.
5. Кожевников В. Л. Теорія інформації та кодування: навч. посібник: Національний гірничий університет, 2011.–108с.
6. Бродський Ю. Б., Грищук Р. В. Аналіз ролі та місця, сутності та змісту інформаційних технологій на сучасному етапі розвитку науки і техніки // Проблеми інформаційних технологій. – 2018.-№1(023).–С.36-42.
7. Бродський Ю. Б. Інформатика та системологія: навч. Посібник / Ю. Б. Бродський, В.М. Желябовський, Ю.В. Загородній. – Житомир: ДАУ, 2002 – 188с.
8. Бродський Ю.Б. Теорія інформації та кодування. Конспект лекцій. Код доступу: <https://learn.ztu.edu.ua/course/view.php?id=7277>