

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Механіко-математичний факультет
Кафедра алгебри, топології та основ математики



Затверджено

На засіданні
кафедри алгебри, топології
та основ математики
механіко-математичного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 29.08.2023 р.)

Завідувач кафедри: Тарас БАНАХ

Силабус з навчальної дисципліни
“Теорія кодування”,
що викладається в межах ОПП “Статистичний аналіз даних”
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з
спеціальності 112 - Статистика

Львів 2023 р.

Назва дисципліни	Теорія кодування
Адреса викладання дисципліни	Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка м. Львів, вул. Університетська 1, 79000
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Механіко-математичний факультет Кафедра алгебри, топології та основ математики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	11 - Математика та статистика 112 - Статистика
Викладачі дисципліни	Гутік О. В., кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри алгебри, топології та основ математики
Контактна інформація викладачів	oleg.gutik@lnu.edu.ua , https://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/gutik-o-v ;
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/практичних занять (за попередньою домовленістю). Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, каб. 374. м. Львів, вул. Університетська, 1
Сторінка курсу	https://new.mmf.lnu.edu.ua/course/tkod-112-bak23
Інформація про дисципліну	Дисципліна “Теорія кодування” є дисципліною вільного вибору студента зі спеціальності 112 – Статистика для освітньої програми “Статистичний аналіз даних”, яка викладається в 7-му семестрі в обсязі 4-ох кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Курс розроблено для ознайомлення студентів з основними поняттями та методами сучасної теорії кодування
Мета та цілі дисципліни	<i>Мета:</i> вивчення дисципліною вільного вибору «Теорія кодування» є формування теоретичних знань щодо методів перетворення та передачі повідомлень, а також умінь застосувати найбільш ефективні методи кодування та декодування інформації. <i>Цілі:</i> викласти основні теоретичні положення базових понять теорії кодування, підготовка до використання набутих знань в подальших навчальних курсах, сприянню розвитку логічного та аналітичного мислення студентів.
Література для вивчення дисципліни	ОСНОВНА 1. Жураковський Д.П., Полторак В.П. Теорія інформації та кодування: підручник. – К.: Вища школа, 2001. – 255 с. Режим доступу: https://shron1.chtyvo.org.ua/Zhurakovskiy_Yurii/Teoria_informatsii_ta_koduвання_nnia.pdf?PHPSESSID=nq3pasd2mtbr0g6dqj3t8s13i5 2. Коваленко А.Є. Теорія інформації і кодування: курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 248 с. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41907 3. Подлевський Б. М. Р. Є. Рикалюк. Теорія інформації : підручник / Б. М. Подлевський. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2016. – 342 с.

	<p>4. <i>J.I.Hall</i>. Notes on Coding Theory – Department of Mathematics Michigan State University, 2010. – 204с. Режим доступу: https://users.math.msu.edu/users/halljo/classes/codenotes/Topstuff.pdf</p> <p>5. <i>Venkatesan Guruswami, Atri Rudra, Madhu Sudan</i>. Essential Coding Theory. – University at Buffalo, 2022.– 473с. Режим доступу: https://cse.buffalo.edu/faculty/atri/courses/coding-theory/book/web-coding-book.pdf</p> <p style="text-align: center;">ДОПОМІЖНА</p> <p>1. <i>Олексенко П.Ф., Коваль В.В., Розорінов Г.М., Сукач Г.О.</i> Теоретичні основи завадостійкого кодування: підручник у 2-х част.– Київ: Наукова думка, 2012.</p> <p>2. <i>Berlekamp, E.R.</i> Algebraic Coding Theory.– <u>New York: McGraw-Hill</u>, 1968.</p> <p>3. <i>Andre Neubauer, Jürgen Freudenberger, Volker Kühn</i>. Coding theory : algorithms, architectures and applications. – John Wiley & Sons Lt, 2007. – 350с. Режим доступу: https://nibmehub.com/opacservice/pdf/read/Coding%20Theory%20-%20Algorithms%20Architectures%20and%20Applications%20by%20Andre%20Neubauer-%20Jurgen%20Freudenberger-%20Volker%20Kuhn%20(z-lib.org).pdf</p> <p>4. <i>Jurgen Bierbrauer</i>. Introduction to coding theory. Michigan Technological University, USA, 2017. – 501 с.</p> <p>5. <i>Alain Couvreur</i>. Introduction to coding theory. – Paris, 2020.– 108с. Режим доступу: http://www.lix.polytechnique.fr/~alain.couvreur/doc_ens/lecture_notes.pdf</p>
Обсяг курсу	Загальний обсяг: 120 годин. Аудиторних занять: 64 год., з них 32 год. лекційних та 32 год. практичних занять. Самостійної роботи: 56 год.
Очікувані результати навчання	Після завершення курсу «Теорія кодування» студент буде володіти сучасними методами і теоретичними положеннями теорії кодування та вміти застосовувати її в подальшій професійній діяльності.
Ключові слова	Код, кодування, декодування, ентропія, кодове дерево, лінійні коди, циклічні коди, породжуюча (твірна) матриця, перевірна (контрольна) матриця.
Формат курсу	Очний
Теми	Див. Схема курсу
Підсумковий контроль, форма	Залік у кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення дисципліни студенти потребують знань з алгебри, інформатики та програмування, теорії ймовірностей, достатніх для сприйняття категоріального апарату.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	<p>Основними методами навчання, що використовуються в процесі викладання навчальної дисципліни «Теорія кодування» є:</p> <ul style="list-style-type: none"> • метод передачі і сприйняття навчальної інформації, пробудження наукового інтересу (розповідь, пояснення, бесіда, лекція, презентація, демонстрація, спостереження, аналіз); • метод практично-орієнтованого засвоєння курсу за допомогою розв’язування задач за темами курсу для набуття умінь і практичних навичок (практичні заняття);

	<ul style="list-style-type: none"> • метод контролю за допомогою періодичного складання колоквіумів та контрольних робіт за тематикою лекційних та практичних занять; • метод самостійного засвоєння студентами навчального матеріалу у вигляді виконання домашніх завдань та розв'язування задач підвищеної складності з визначених тем курсу на підставі самостійно опрацьованої базової літератури та додаткових джерел інформації, інтернет-ресурсів з метою конкретизації й поглиблення базових знань, необхідних умінь та практичних навичок (самостійна робота); • інтерактивні методи (демонстраційні вправи, мозковий штурм, дискусії, діалогова форма набуття знань, обговорення складних дискусійних питань і проблем тощо) на лекційних, практичних заняттях та консультаціях. <p>Під час навчання застосовуватимуться лекції, презентації, практично-орієнтоване навчання, інтерактивні методи навчання.</p>
<p>Необхідне обладнання</p>	<p>Для проведення лекційних занять: комп'ютер (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i3, 4ГБ оперативної пам'яті), доступ до мережі Internet, засоби мультимедіа (в т.ч. проектор).</p> <p>Для проведення практичних/лабораторних занять: комп'ютер (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i3, 4ГБ оперативної пам'яті), доступ до мережі Internet.</p> <p>Необхідне програмне забезпечення включає в себе ОС Windows 10, програмні додатки (MS Teams, MS Excel, Jupyter Notebook з вбудованим компілятором мови програмування Python).</p>
<p>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</p>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за схемою:</p> <ul style="list-style-type: none"> - контрольні роботи: 40% семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 40; - колоквіуми: 40% семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 40; - робота на практичних заняттях: 20% семестрової оцінки, максимальна кількість балів – 20. <p>З метою перевірки якості підготовки, знань, умінь здобувача з навчальної дисципліни використовуються такі засоби оцінювання:</p> <ul style="list-style-type: none"> • для поточного контролю – усне опитування, перевірка домашніх завдань; • для проміжного контролю – проведення контрольних робіт (розв'язування задач) та колоквіумів, що включають тестування, теоретичні питання. <p>Об'єктами контролю знань студентів з навчальної дисципліни «Теорія кодування» є:</p> <ul style="list-style-type: none"> • систематичність роботи та активність на практичних заняттях; • виконання домашніх завдань; • виконання контрольних робіт; • виконання колоквіумів. <p>При оцінці систематичності та активності роботи студента на практичних заняттях враховується:</p> <ul style="list-style-type: none"> • рівень знань, продемонстрований у відповідях на практичних

	<p>заняттях;</p> <ul style="list-style-type: none"> • активність при обговоренні задач підвищеної складності; • результати виконання домашніх завдань, завдань поточного контролю тощо. <p>Порядок вивчення та оцінювання дисципліни доводиться до відома студентів на початку семестру. Успішність навчання студентів оцінюється за шкалою: “зараховано” / “не зараховано з можливістю повторного складання”.</p> <p>Оцінку “зараховано” заслуговує студент, який виявив знання навчального матеріалу в обсязі, потрібному для подальшого навчання та майбутньої професійної діяльності. Для отримання оцінки “зараховано” студент повинен під час семестру набрати 51 чи більше балів зі 100 можливих.</p> <p>Оцінка “незараховано з можливістю повторного складання” виставляється студентові, який недостатньо повно вивчив основний теоретичний матеріал, виявив значні прогалини в знаннях основного матеріалу, допускає грубі помилки у відповідях, не набув необхідних вмій та знань, передбачених програмою дисципліни. Оцінка “не зараховано з можливістю повторного складання” виставляється студентові, якщо він під час семестру набрав менше, ніж 51 бал із 100 можливих.</p> <p>Письмові роботи: Очікується, що студенти протягом семестру виконають дві контрольні роботи та два колоквиуми. Варіант контрольної роботи включає в себе задачі відповідних тем різних типів та рівнів складності. Колоквиум передбачає виконання тестових теоретичних завдань та надання розгорнутих відповідей на теоретичні питання з доведеннями теорем.</p> <p>Академічна доброчесність. Очікується, що студенти виконуватимуть завдання самостійно, не використовуючи недозволені засоби, не видаватимуть за свої результати роботи інших людей; при використанні чужих ідей і тверджень у власних роботах обов'язково використовуватимуть на використані джерела інформації. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману. Жодні форми недоброчесності не толеруються.</p> <p>Відвідування занять є важливою складовою навчання. Очікується, що студенти відвідають усі лекції та практичні заняття дисципліни. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. За згодою декана та викладача дозволяється перейти на індивідуальний графік занять. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів виконання усіх передбачених видів робіт.</p> <p>Література. Література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, може бути надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали поточного та проміжного контролю, а також самостійної роботи. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими</p>
--	---

	<p>мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Бали оцінювання аудиторного виконання практичних робіт нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <p>100% – студент в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, має повне розуміння розглянутої теми, надає правильні відповіді на запитання по темі;</p> <p>75% – студент достатньо розуміє розглянутий матеріал та принципи написаного ним коду програми, присутні неточності та незначні помилки у відповідях на запитання по темі;</p> <p>50% – студент не досить добре розуміє розглянутий матеріал та написаний ним код програми, вагається та надає неточні/не конкретні відповіді на запитання по темі, код програми функціонує з помірними недоліками;</p> <p>25% – студент погано розуміє розглянутий матеріал та написаний ним код програми, студент в більшості надає помилкові відповіді на питання по темі;</p> <p>0 - студент зовсім не засвоїв розглянутий матеріал.</p> <p>Оцінювання колоквиумів відбувається шляхом оцінки письмових відповідей студента на поставлені запитання.</p> <p>Відсотки нарахування балів оцінювання відповіді на кожне запитання нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <p>75-100% – тема відтворюється в повному обсязі, правильно, обґрунтовано, логічно;</p> <p>50-75% – відтворюється значна частина розглянутої теми, проте присутні неточності та/або невідповідності;</p> <p>25-50% – виявлено множинні неточності та невідповідності, пояснення відсутні чи частково помилкові;</p> <p>0-25% – тему майже не розкрито, кількість викладеного матеріалу не відповідає загальним нормам обраного виду роботи.</p> <p>Критерії оцінювання результатів неформальної освіти:</p> <p>Нарахування балів відбувається за публікацію студентом тез доповідей на конференціях, наукових статей, за участь студента у діяльності наукових гуртків, семінарів, круглих столів, конкурсів, участь у заходах неформальної освіти, за отримання сертифікатів про проходження навчання на різних освітніх платформах (Coursera, Prometheus тощо), курсах провідних ІТ компаній за тематикою навчальної дисципліни.</p> <p>Кількість балів визначається відсотком покриття результатів відповідної активності до вимог результатів навчання з навчальної дисципліни.</p>
<p>Питання для контрольного тестування</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основні характеристики кодів. 2. Метрика Хемінга. 3. Метрика Левенштейна. 4. Мінімальна кодова відстань. 5. Коди, що виявляють помилки. 6. Коди, що виправляють помилки. 7. Властивості виправлення помилок парних кодів і кодів з повторенням. 8. Коди Варшамова-Тененгольца: виправлення однієї помилки випадання. 9. Коди Варшамова-Тененгольца: виправлення однієї помилки вставки. 10. Алфавітне кодування. Взаємна однозначність алфавітного кодування. 11. Нерівність Мак-Мілана та наслідки з неї.

	<p>12. Теорема про редукцію оптимального коду. 13. Алгоритм Гафмана. 14. Алгоритм Фано. 15. Алгоритм Шенона. 16. Безумовна ентропія. 17. Умовна ентропія. 18. Ентропія об'єднання двох джерел. 19. Зв'язок ентропії з вартістю оптимального алфавітного кодування. 20. Поняття лінійного коду. 21. Породжуюча (твірна) та перевірна (контрольна) матриця лінійного коду. 22. Еквівалентні коди. Властивості перевірочних (контрольних) матриць еквівалентних кодів. 23. Декодування лінійних кодів за таблицями суміжних класів. 24. Ваговий спектр коду. 25. Синдром помилок, їх властивості. 26. Декодування лінійних кодів за синдромом. 27. Систематичні коди. Критерій систематичності коду. 28. Код Хемінга. 29. Досконалий код Голя. 30. Поняття двійкових лінійних кодів, що виправляють подвійні помилки. 31. Поняття циклічного коду. 32. Властивості циклічних кодів. 33. Ідеали і циклічні коди.</p>
Опитування	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

**Схема курсу “Теорія кодування”
для студентів спеціальності 112 - Статистика**

Тижні	Лекційний курс		Практичні заняття		К-сть год СР	Літе- ратура
	Назва теми	К-сть год	Назва теми	К-сть год		
1	2	3	4	5	6	7
1	Класифікація кодів. Способи подання коду. Основи характеристики коду: довжина коду, мінімальна кодова відстань, швидкість коду, вага кодового слова.	2	Визначення основних кодових характеристик.	2	3	Ос. літ.[2-5], Дод. літ. [1-5], Сайт курсу
2	Види помилок: вставлення, випадання, заміни. Коди, що виявляють помилки, та коди, що виправляють помилки. Коди Варшамова-Тененгольца.	2	Розв’язування задач на використання кодів Варшамова-Тененгольца для виявлення і виправлення помилок.	2	4	Ос. літ.[2-5], Дод. літ. [1-5], Сайт курсу
3	Означення і приклади алфавітного кодування. Взаємна однозначність у алфавітному кодуванні. Префіксні коди. Нерівність Мак-Мілана.	2	Розв’язування завдань на побудову префіксних кодів.	2	3	Ос. літ.[2-5], Дод. літ. [1-5], Сайт курсу
4	Кодове дерево. Алгоритм побудови префіксного коду за набором довжин елементарних кодів.	2	Розв’язування завдань на побудову префіксних кодів за набором довжин елементарних кодів.	2	4	Ос. літ.[2-5], Дод. літ. [1-5], Сайт курсу
5	Оптимальні коди. Теорема про редукцію. Оцінка вартості кодування. Алгоритми побудови оптимальних префіксних кодів: алгоритм Гафмана.	2	Розв’язування завдань на побудову префіксних кодів, використовуючи алгоритми Гафмана.	2	3	Ос. літ.[2-5], Дод. літ. [1-5], Сайт курсу
6	Алгоритми побудови оптимальних префіксних кодів: алгоритм Фано, алгоритм Шенона.	2	Розв’язування завдань на побудову префіксних кодів, використовуючи алгоритми Шенона та Фано. Оцінка вартості кодування.	2	4	Ос. літ.[2-5], Дод. літ. [1-5], Сайт курсу
7	Кількісні характеристики інформації. Ентропія. Зв’язок ентропії з вартістю оптимального алфавітного кодування. Види ентропії: безумовна та умовна. Ентропія об’єднання двох джерел.	2	Розв’язування задач на визначення ентропії повідомлень	2	3	Ос. літ.[2-5], Дод. літ. [1-5], Сайт курсу
8	Лінійні коди та їх основні властивості. Породжуюча (твірна) та перевірюча (контрольна) матриця лінійного коду.	2	Розв’язування задач на визначення ентропії повідомлень	2	4	Ос. літ.[1-5], Дод. літ. [1-5], Сайт курсу
9	Колоквіум 1	2	Контрольна робота 1	2	3	Ос. літ.[1-5], Дод. літ. [1-5], Сайт курсу

10	Еквівалентні коди. Властивості породжуючої (твірної) та перевіркової (контрольної) матриці еквівалентних кодів. Систематичні коди та їх властивості. Критерій систематичності лінійного коду.	2	Розв'язування задач на побудову породжуючої (твірної) та перевіркової (контрольної) матриці лінійного коду та перевірку їх властивостей	2	4	Ос. літ.[2-5], Дод. літ. [1-5], Сайт курсу
11	Коди Хемінга. Двійкові коди Хемінга. Розширені коди Хемінга. Досконалий код Голея.	2	Розв'язування задач на кодування, виправлення помилок та декодування за допомогою двійкового коду Хемінга	2	3	Ос. літ.[2-5], Дод. літ. [1-5], Сайт курсу
12	Необхідні умови для виправлення двох помилок. Поняття БЧХ-кодів, що виправляють подвійні помилки.	2	Розв'язування задач на кодування, виправлення помилок та декодування за допомогою двійкового коду Хемінга	2	4	Ос. літ.[2-5], Дод. літ. [1-5], Сайт курсу
13	Декодування лінійних кодів за суміжними класами. Лідери суміжних класів. Ваговий спектр коду.	2	Розв'язування задач на декодування лінійних кодів за лідерами суміжних класів	2	3	Ос. літ.[2-5], Дод. літ. [1-5], Сайт курсу
14	Синдроми помилок. Декодування лінійних кодів за синдромами.	2	Розв'язування задач на декодування лінійних кодів за синдромами.	2	4	Ос. літ.[2-5], Дод. літ. [1-5], Сайт курсу
15	Циклічні коди: поняття та приклади. Опис циклічного коду як ідеалу кільця многочленів.	2	Розв'язування задач на циклічні коди	2	3	Ос. літ.[2-5], Дод. літ. [1-5], Сайт курсу
16	Колоквіум 2	2	Контрольна робота 2	2	4	Ос. літ.[2-5], Дод. літ. [1-5], Сайт курсу
	Разом	32		32	56	
	Викладач: Гутік О.В.		Викладач: Гутік О.В.			