

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Факультет прикладної математики та інформатики**  
**Кафедра дискретного аналізу та інтелектуальних систем**

**Затверджено**

на засіданні кафедри дискретного аналізу  
та інтелектуальних систем  
факультету прикладної математики та  
інформатики  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
(протокол № 24/23 від 30 серпня 2023 р.)

Завідувач кафедри



Микола ПРИТУЛА

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**“Застосування дискретної математики”,**  
**що викладається в межах ОПП Кібербезпека**  
**першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів зі**  
**спеціальності 125 – кібербезпека та захист інформації**

Львів 2023 р.

|  |  |
|--|--|
| <b>Назва дисципліни</b>  | <b>Застосування дискретної математики</b>  |
| <b>Адреса викладання дисципліни</b>                              | Львівський національний університет імені Івана Франка,<br>вул. Університетська 1, м. Львів, Україна, 79000  |
| <b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>       | Факультет прикладної математики та інформатики<br>Кафедра дискретного аналізу та інтелектуальних систем  |
| <b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>                 | 12 – інформаційні технології<br>125 – кібербезпека та захист інформації  |
| <b>Викладачі дисципліни</b>                                      | Щербина Юрій Миколайович, професор кафедри дискретного аналізу та інтелектуальних систем, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки.<br>Кириченко Наталія Володимирівна, асистент кафедри дискретного аналізу та інтелектуальних систем.   |
| <b>Контактна інформація викладачів</b>                           | <a href="mailto:yuriy.shcherbyna@lnu.edu.ua">yuriy.shcherbyna@lnu.edu.ua</a> ; <a href="https://ami.lnu.edu.ua/employee/scherbyna">https://ami.lnu.edu.ua/employee/scherbyna</a><br><a href="mailto:nataliia.kyrychenko@lnu.edu.ua">nataliia.kyrychenko@lnu.edu.ua</a> ; <a href="https://swr.abtollc.com/ReportList">https://swr.abtollc.com/ReportList</a><br>Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, каб. 360.<br>м. Львів, вул. Університетська, 1  |
| <b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b> | Консультації проводять раз на тиждень згідно з оприлюдненим розкладом консультацій викладача. Можливі онлайн консультації через Microsoft Teams. Для погодження часу онлайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача.  |
| <b>Сторінка курсу</b>  | <a href="https://ami.lnu.edu.ua">https://ami.lnu.edu.ua</a>  |
| <b>Інформація про дисципліну</b>                                 | Дисципліна “Застосування дискретної математики” є нормативною дисципліною зі спеціальності 125 – кібербезпека та захист інформації для освітньої програми Кібербезпека, яка викладається в 2-му семестрі першого (бакалаврського) рівня освіти в обсязі 4-х кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).   |
| <b>Коротка анотація дисципліни</b>                               | Застосування дискретної математики є важливою складовою підготовки з кібербезпеки. Розглядаються такі розділи: теорія графів, дерева та їхні застосування, відношення, теорія кодів. З кожного розділу розглядаються можливі застосування, в основному до проблем кібербезпеки. В усіх розділах значна увага приділяється доведенню теорем, опису алгоритмів розв’язування дискретних задач. Висвітлюються питання обчислювальної складності.  |
| <b>Мета та цілі дисципліни</b>                                   | Метою вивчення нормативної дисципліни “Застосування дискретної математики” є систематичне викладення засобів дискретної математики як інструментарію для подання та обробки інформації в комп’ютерах. Цілями дисципліни є вивчення дискретних математичних моделей та алгоритмів із прикладами застосувань, зокрема, у криптографії.   |
| <b>Література для вивчення дисципліни</b>                        | <u>Основна література:</u><br>1. <i>Ю.В. Никольський, В.В. Пасічник, Ю.М. Щербина.</i> Дискретна математика (у серії „Комп’ютинг”), видання 7-ме, виправлене та доповнене Львів: Магнолія 2006 та ЛНУ ім. Івана Франка, 2023.<br>2. <i>Ю.М. Щербина, Н.М. Колос, О.Я. Прядко.</i> Математична логіка для комп’ютерних наук. Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2023.<br>3. <i>Євсєєв С.П., Мілов О.В., Остапов С.Е. Северінов О.В.</i> Кібербезпека: основи кодування та криптографії: навч. посібник. – Харків: ХІП, 2023. – 658 с.<br>4. <i>Kenneth H. Rosen.</i> Discrete Mathematics and Its Applications. Eighth Edition. McGraw-Hill, Inc, 2019. – 1118 p. |

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
|                                      | <p>5. <i>Heba Al-Asady</i>. Introduction to Information Theory and Coding: Probability, Entropy, Channels, and Error Detection and Correction Codes. Lambert academic publ., 2019. – 136 p.</p> <p><u>Додаткова література:</u></p> <p>6. <i>Leigh Metcalf, William Casey</i>. Cybersecurity and Applied Mathematics. Syngress, 2016. – 240 p.</p> <p>7. <i>Ю.В. Нікольський, В.В. Пасічник, Ю.М. Щербина</i>. Дискретна математика (у серії „Інформатика”). Київ: Видавнича група ВНУ, 2006, 2007.</p> <p>8. <i>Ю.В. Капітонова, С.Л. Кривий, О.А. Летичевський, М.К. Печурін</i>. Основи дискретної математики. К.: Наукова думка, 2002.</p>   |
| <b>Обсяг курсу</b>                   | Загальний обсяг: 120 годин. Аудиторних занять: 64 год., з них 32 години лекцій та 32 години лабораторних занять. Самостійної роботи: 56 годин.   |
| <b>Очікувані результати навчання</b> | <p>Після завершення цього курсу студент буде</p> <p>Знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основні означення та теореми теорії графів;</li> <li>- алгоритми на графах;</li> <li>- застосування графів;</li> <li>- дерева та їх застосування в інформатиці;</li> <li>- відношення та їх застосування;</li> <li>- основні поняття теорії кодів.</li> </ul> <p>Вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- використовувати графові моделі для розв’язування задач;</li> <li>- використовувати властивості дерев для розв’язування типових задач;</li> <li>- здійснювати обхід кореневих дерев, формувати польський запис виразів, будувати бінарне дерево пошуку;</li> <li>- виявляти відношення еквівалентності й відношення часткового порядку та розв’язувати типові задачі;</li> <li>- будувати коди Фано і Гаффмана;</li> <li>- будувати коди Геммінга;</li> </ul> <p><b>Курс забезпечує набуття таких компетентностей: ІК, КЗ 1, КЗ 2, КЗ 4, КЗ 5, КФ 2, КФ 10, КФ 12; та програмних результатів навчання: ПРН 2-6, ПРН 10-12, ПРН 28, ПРН 47, ПРН 48, ПРН 53.</b></p> |
| <b>Ключові слова</b>                 | Граф, ізоморфізм графів, найкоротший шлях у графі, алгоритм Дейкстри, алгоритм Флойда, мінімальний каркас, алгоритм Краскала, дерево, польський запис, дерево рішень, відношення, алгоритм Воршалла, алфавітне кодування, рівномірне кодування, код Фано, код Гаффмана, код Геммінга.  |
| <b>Формат курсу</b>                  | Очний.<br>Проведення лекцій, лабораторних робіт і консультацій.  |

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Теми</b></p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Поняття графа. Способи подання графів. Ізоморфізм.</li> <li>2. Шляхи й цикли. Зв'язність графів.</li> <li>3. Ейлерів і гамільтонів цикли.</li> <li>4. Планарність. Розфарбування. Незалежність. Паросполучення, теорема Голла.</li> <li>5. Задача про найкоротший шлях. Алгоритм Дейкстри. Задача комівояжера (лише формулювання).</li> <li>6. Поняття дерева. Рекурсія. Обхід дерев. Польська нотація.</li> <li>7. Застосування дерев в інформаційних технологіях.</li> <li>8. Відношення та їхні властивості.</li> <li>9. Замикання відношень.</li> <li>10. Відношення еквівалентності.</li> <li>11. Відношення часткового порядку. Застосування відношення часткового порядку в інформаційних технологіях.</li> <li>12. Алфавітне й рівномірне кодування. Роздільні коди.</li> <li>13. Оптимальне кодування. Код Фано.</li> <li>14. Оптимальне кодування (закінчення). Код Гаффмана. Стиснення даних: алгоритм Лемпеля – Зіва.</li> <li>15. Коди, стійкі до перешкод. Необхідні й достатні умови виявлення та виправлення помилок.</li> <li>16. Коди Геммінга.</li> </ol> |
| <p><b>Підсумковий контроль, форма</b></p>  | <p>Екзамен у кінці другого семестру.</p>   |
| <p><b>Пререквізити</b></p>   | <p>Для вивчення курсу студенти потребують базові знання з математики в обсязі середньої школи, а також дисциплін: “Моделі та методи дискретної математики”, “Основи кібербезпеки”.</p>   |
| <p><b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b></p> | <p>Презентації, лекції.<br/>Індивідуальні завдання.<br/>Робота в групах.<br/>Групові проекти.</p>  |
| <p><b>Необхідне обладнання</b></p>   | <p>Проектор, дошка, комп'ютер, Moodle, Internet.</p>   |
| <p><b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b></p>                | <p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• поточне тестування: 40% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 40;</li> <li>• індивідуальне завдання: 10% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 10;</li> <li>• екзамен: 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 50.</li> </ul> <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100.</p> <p><b>Письмові роботи:</b> Очікується, що студенти виконають вісім письмових робіт і звіт про виконання індивідуального завдання.</p> <p><b>Академічна доброчесність:</b> Очікується, що роботи студентів будуть їх самостійними дослідженнями чи міркуваннями. 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</p>   |

|   |  |
|---|--|
|   | <p>незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p><b>Відвідування занять</b> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та лабораторні заняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів, визначених для виконання всіх видів письмових робіт та індивідуальних завдань, передбачених курсом.</p> <p><b>Література.</b> Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде 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><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали, отримані при поточному тестуванні, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного заняття; недопустимість пропусків та запізнень на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p> |
| <p><b>Питання до<br/>екзаменів.</b></p> | <p><b>2-й семестр.</b></p> <p>Поняття графа. Способи подання графів.<br/>Шляхи та цикли. Зв'язність. Ізоморфізм графів.<br/>Ейлерів і гамільтонів цикли в неорієнтованих графах.<br/>Планарні графи. Теорема Куратовського.<br/>Розфарбування графів.<br/>Незалежні множини вершин і кліки.<br/>Паросполучення у двочастковому графі. Теорема Голла.<br/>Дерева, основні властивості. Кореневі дерева.<br/>Обхід дерев, польська нотація. Дерево рішень.<br/>Бінарні відношення. Композиція відношень.<br/>Транзитивне замикання відношення, алгоритм Воршалла.<br/>Відношення еквівалентності.<br/>Відношення часткового порядку. Діаграма Гассе. Решітка.<br/>Схеми алфавітного та рівномірного кодування.<br/>Оптимальне кодування. Код Гаффмана.<br/>Коди, стійкі до перешкод. Коди Геммінга.</p>  |
| <p><b>Опитування</b></p>                | <p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>  |

Схема курсу

| Тиж. | Тема, план, короткі тези   | Форма діяльності (заняття)      | Література  | Завдан-ня, год. | Термін виконанн-я |
|------|--|---------------------------------|-------------|-----------------|-------------------|
| 1    | <b>Тема 1. Поняття графа. Способи подання графів. Ізоморфізм.</b><br>(Основні означення та властивості. Деякі спеціальні класи простих графів. Способи подання графів: матриця інцидентності, матриця суміжності. Ізоморфізм графів)   | лекція,<br>самостійна<br>робота | [1, 4, 6-8] | 2<br>6          | 1 тиждень         |
|      | <b>Тема 1. Поняття графа. Способи подання графів. Ізоморфізм.</b><br>(Основні означення та властивості. Спеціальні класи простих графів. Подання графів матрицею інцидентності та матрицею суміжності. Визначення ізоморфізму графів)  | лаб                             | [1, 4, 6-8] | 2               |                   |
| 2    | <b>Тема 2. Шляхи й цикли. Зв'язність графів.</b><br>(Шляхи й цикли. Зв'язність. Термінологія. Шляхи в графах та ізоморфізм. Оцінка кількості ребер простого графа. Критерій двочастковості графа.)   | лекція,<br>самостійна<br>робота | [1, 4, 6-8] | 2<br>6          | 1 тиждень         |
|      | <b>Тема 2. Шляхи й цикли. Зв'язність графів.</b><br>(Шлях та цикл, варіанти термінології. Шляхи та ізоморфізм. Оцінки кількості ребер простого графа. Критерій двочастковості графа.)  | лаб.                            | [1, 4, 6-8] | 2               |                   |
| 3    | <b>Тема 3. Ейлерів і гамільтонів цикли.</b><br>(Ейлерів цикл у графі, задача про кенігсбергські мости. Критерій наявності ейлерового циклу в неорієнтованому графі. Алгоритм Флері. Гамільтонів цикл у неорієнтованому графі, теореми Дірака та Оре)                                 | лекція,<br>самостійна<br>робота | [1, 4, 6-8] | 2<br>6          | 1 тиждень         |
|      | <b>Тема 3. Ейлерів і гамільтонів цикли.</b><br>(Побудова ейлерового циклу за алгоритмом об'єднання циклів і за алгоритмом Флері. Гамільтонів цикл у неорієнтованому графі, Приклади застосування теорем Дірака та Оре)   | лаб                             | [1, 4, 6-8] | 2               |                   |
| 4    | <b>Тема 4. Планарність. Розфарбування. Незалежність. Паросполучення, теорема Голла.</b><br>(Означення плоского та планарного графів. Теорема Ейлера про плоскі графи та наслідки з неї. Розфарбування графа, хроматичне число. Незалежні множини вершин. Кліки)                      | лекція,<br>самостійна<br>робота | [1, 4, 6-8] |                 |                   |
|      | <b>Тема 4. Планарність. Розфарбування. Незалежність. Паросполучення, теорема Голла.</b><br>(Означення плоского та планарного графів. Теорема Ейлера про плоскі графи та наслідки з неї. Критерії планарності: теореми Куратовського та Вагнера /без доведення/. Розфарбування графа, | лаб.                            | [1, 4, 6-8] |                 |                   |

|   |  |                                 |              |        |           |
|---|--|---------------------------------|--------------|--------|-----------|
|   | Практичні задачі, які зводяться до розфарбування графів. хроматичне число. Незалежні множини вершин. Кліки. Паросполучення, теорема Голла та її застосування)  |                                 |              |        |           |
| 5 | <b>Тема 5. Задача про найкоротший шлях. Алгоритм Дейкстри. Задача комівояжера.</b><br>(Різні формулювання задач про найкоротший шлях. Алгоритм Дейкстри та його реалізація. Задача комівояжера, складність її розв'язання)   |                                 | [1, 4, 6-8]  | 2<br>6 | 1 тиждень |
|   | <b>Тема 5. Задача про найкоротший шлях. Алгоритм Дейкстри. Задача комівояжера.</b><br>(Різні формулювання задач про найкоротший шлях. Реалізація алгоритму Дейкстри. Алгоритм Дейкстри належить до жадібних алгоритмів)  |                                 | [1, 4, 6-8]  | 2      |           |
| 6 | <b>Тема 6. Древа та їхні застосування.</b><br>(Поняття дерева, основні означення та властивості. Рекурсія. Обхід дерев. Польська нотація)  | лекція,<br>самостійна<br>робота | [1, 4, 6-8]  | 2<br>6 | 1 тиждень |
|   | <b>Тема 6. Древа та їхні застосування.</b><br>(Поняття дерева, основні означення та властивості. Рекурсія. Обхід дерев. Подання виразів у польській та зворотній польській нотаціях)   | лаб.                            | [1, 4, 6-8]  | 2      |           |
| 7 | <b>Тема 7. Застосування дерев в інформаційних технологіях.</b><br>(Код Прюфера для дерев, теорема Келі, бінарне дерево пошуку, AVL-дерево, червоно-чорне дерево, дерево рішень, бектрекінг, каркаси, задача про мінімальний каркас: алгоритм Краскала)   | лекція,<br>самостійна<br>робота | [1, 4, 6-8]  | 2<br>6 | 1 тиждень |
|   | <b>Тема 7. Застосування дерев в інформаційних технологіях.</b><br>(Код Прюфера для дерев, теорема Келі, бінарне дерево пошуку: алгоритми додавання об'єкта в дерево і пошуку об'єкта, AVL-дерево, червоно-чорне дерево, дерево рішень, бектрекінг, каркаси, задача про мінімальний каркас: алгоритм Краскала)  | лаб.                            | [1, 4, 6-8]  | 2      |           |
| 8 | <b>Тема 8. Відношення та їхні властивості.</b><br>(Означення відношення, функції як відношення, подання відношень матрицями та орієнтованими графами, властивості бінарних відношень на множині, теоретико-множинні операції над відношеннями, композиція відношень, теорема про властивість степеня транзитивного відношення. Операції над булевими матрицями, операції над відношеннями через матриці відношень) | лекція,<br>самостійна<br>робота | [1, 4, 7, 8] | 2<br>6 | 1 тиждень |
|   | <b>Тема 8. Відношення та їхні властивості.</b><br>(Означення відношення, функції як відношення, подання відношень матрицями  | лаб.                            | [1, 4, 7, 8] | 2      |           |

|    |   |                                 |              |        |           |
|----|---|---------------------------------|--------------|--------|-----------|
|    | та орієнтованими графами, властивості бінарних відношень на множині, теоретико-множинні операції над відношеннями, композиція відношень, теорема про властивість степеня транзитивного відношення. Операції над булевими матрицями, операції над відношеннями через матриці відношень)                    |                                 |              |        |           |
| 9  | <b>Тема 9 Закриття відношень.</b><br>(Рефлексивне, симетричне та транзитивне закриття відношення. Алгоритм Воршалла)  | лекція,<br>самостійна<br>робота | [1, 4, 7, 8] | 2<br>6 | 1 тиждень |
|    | <b>Тема 9. Закриття відношень.</b><br>(Рефлексивне, симетричне та транзитивне закриття відношення. Алгоритм Воршалла, його реалізація.)   | лаб.                            | [1, 4, 7, 8] | 2      |           |
| 10 | <b>Тема 10. Відношення еквівалентності.</b><br>(Приклади відношень еквівалентності. Теорема про зв'язок між відношенням еквівалентності та розбиттям множини)   | лекція,<br>самостійна<br>робота | [1, 4, 7, 8] | 2<br>7 | 1 тиждень |
|    | <b>Тема 10. Відношення еквівалентності.</b><br>(Наведення прикладів відношень еквівалентності. Побудова розбиття множини за відношенням еквівалентності та відношення еквівалентності за розбиттям множини)   | лаб.                            | [1, 4, 7, 8] | 2      |           |
| 11 | <b>Тема 11. Відношення часткового порядку. Застосування відношення часткового порядку в інформаційних технологіях.</b><br>(Означення відношення часткового порядку. Діаграма Гассе. Максимальні та мінімальні елементи. Решітки. Решіткова модель інформаційного потоку. Топологічне сортування)          | лекція,<br>самостійна<br>робота | [1, 4, 7, 8] | 2<br>6 | 1 тиждень |
|    | <b>Тема 11. Відношення часткового порядку. Застосування відношення часткового порядку в інформаційних технологіях.</b><br>(Означення відношення часткового порядку. Побудова діаграми Гассе. Максимальні та мінімальні елементи. Решітки. Решіткова модель інформаційного потоку. Топологічне сортування) | лаб.                            | [1, 4, 7, 8] | 2      |           |
| 12 | <b>Тема 12. Алфавітне й рівномірне кодування. Роздільні коди.</b><br>(Означення алфавітного та рівномірного кодувань. Достатні умови однозначності алфавітного декодування. Властивості роздільних кодів. Префіксна схема. Нерівність Мак-Міллана та пов'язані з нею результати)                          | лекція,<br>самостійна<br>робота | [1, 3-5, 7]  | 2<br>6 | 1 тиждень |
|    | <b>Тема 12. Алфавітне й рівномірне кодування. Роздільні коди.</b><br>(Означення алфавітного та рівномірного кодувань. Достатні умови однозначності алфавітного декодування. Властивості роздільних кодів. Префіксна схема. Нерівність Мак-Міллана та пов'язані з нею результати)                          | лаб.                            | [1, 3-5, 7]  | 2      |           |



|    |  |                           |             |        |           |
|----|--|---------------------------|-------------|--------|-----------|
| 13 | <b>Тема 13. Оптимальне кодування. Код Фано.</b><br>(Середня довжина кодування. Коди з мінімальною надлишковістю, або оптимальні коди. Код Фано – код, близький до оптимального. Кодове дерево)   | лекція, самостійна робота | [1, 3-5, 7] | 2<br>7 | 1 тиждень |
|    | <b>Тема 13. Оптимальне кодування. Код Фано.</b><br>(Середня довжина кодування. Коди з мінімальною надлишковістю, або оптимальні коди. Побудова коду Фано)  | лаб.                      | [1, 3-5, 7] | 2      |           |
| 14 | <b>Тема 14. Оптимальне кодування (закінчення). Код Гаффмана. Стиснення даних: алгоритм Лемпеля – Зіва.</b><br>(Оптимальне кодування. Код Гаффмана – оптимальний код. Поняття про алгоритм Лемпеля – Зіва для стиснення даних)  | лекція, самостійна робота | [1, 3-5, 7] | 2<br>7 | 1 тиждень |
|    | <b>Тема 14. Оптимальне кодування (закінчення). Код Гаффмана. Стиснення даних: алгоритм Лемпеля – Зіва.</b><br>(Оптимальне кодування. Побудова коду Гаффмана за таблицею та за деревом Гаффмана. Алгоритм Гаффмана належить до жадібних алгоритмів.)  | лаб.                      | [1, 3-5, 7] | 2      |           |
| 15 | <b>Тема 15. Коди, стійкі до перешкод. Необхідні й достатні умови виявлення та виправлення помилок.</b><br>(Мінімальні диз'юнктивні нормальні форми. Скорочена диз'юнктивна нормальна форма. Алгоритм Квайна. Алгоритм Мак-Класкі. Тупикові диз'юнктивні нормальні форми та імплікантна таблиця. Алгоритм Петріка знаходження всіх тупикових диз'юнктивних нормальних форм) | лекція, самостійна робота | [1, 3-5, 7] | 2<br>7 | 1 тиждень |
|    | <b>Тема 15. Коди, стійкі до перешкод. Необхідні й достатні умови виявлення та виправлення помилок.</b><br>(Віддаль Гемінга, аксіоми метрики. Умови надійності кодування в разі адитивних помилок: умова виявлення і умова виправлення помилок)   | лаб.                      | [1, 3-5, 7] | 2      |           |
| 16 | <b>Тема 16. Коди Геммінга</b><br>(Лінійні або групові коди. Теорема про кодову віддаль лінійного коду. Коди Геммінга. Задання коду Геммінга за допомогою перевірконої матриці. (7,4,3)- та (15,11,3)-коди Геммінга. Виявлення двох та виправлення однієї помилки: (8,4,4)- та (16,11,4)-коди Геммінга)   | лекція, самостійна робота | [1, 3-5, 7] | 2<br>7 | 1 тиждень |
|    | <b>Тема 16. Коди Геммінга</b><br>Побудова (7,4,3)- та (15,11,3)-кодів Геммінга. Виявлення двох та виправлення однієї помилки у (8,4,4)- та (16,11,4)-кодах Геммінга)   | лаб.                      | [1, 3-5, 7] | 2      |           |