

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ІЗМАЇЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ФАКУЛЬТЕТ УПРАВЛІННЯ, АДМІНІСТРУВАННЯ ТА**  
**ІНФОРМАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ**  
**КАФЕДРА МАТЕМАТИКИ, ІНФОРМАТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНОЇ**  
**ДІЯЛЬНОСТІ**

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ДИСКРЕТНА МАТЕМАТИКА**

*(назва навчальної дисципліни)*

освітній ступінь бакалавр  
*(назва освітнього ступеня)*

галузь знань 01 Освіта / Педагогіка  
*(шифр і назва галузі знань)*

спеціальність 014 Середня освіта  
*(код і назва спеціальності)*

предметна спеціальність 014.04 Математика  
*(код і назва предметної спеціальності)*

освітня програма Середня освіта: математика  
*(назва освітньої програми)*

тип дисципліни обов'язкова  
*(обов'язкова / вибіркова / факультативна)*

**ПОГОДЖЕНО:**

Гарант освітньо-професійної програми

 доц. Івлієва О.М.  
(підпис, ініціали, прізвище)

**РЕКОМЕНДОВАНО:**

кафедрою математики, інформатики та інформаційної діяльності  
протокол № 1 від 30.08.2021

Завідувач кафедри  доц. Івлієва О.М.  
(підпис, ініціали, прізвище)

**ПОГОДЖЕНО:**

Голова ради з якості вищої освіти факультету управління, адміністрування та інформаційної діяльності

 доц. Драгієва Л.В.  
(підпис, ініціали, прізвище)

**Розробники програми:**

викладач кафедри математики, інформатики та інформаційної діяльності Щоголева Тетяна Миколаївна.

**Рецензенти програми:**

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри математики, інформатики та інформаційної діяльності Івлєва О.М.

## 1. ОПИС ДИСЦИПЛІНИ

| Найменування показників                         | Розподіл годин за навчальним планом |        |
|---|-------------------------------------|--------|
|   | Денна                               | Заочна |
| Кількість кредитів: 4                           | Лекції:                             |        |
|   | 24                                  | 6      |
| Модулів: 4                                      | Практичні заняття:                  |        |
| Загальна кількість годин: 120                   | 34                                  | 6      |
| Рік вивчення дисципліни за навчальним планом: 1 | Лабораторні заняття:                |        |
|   | --                                  | --     |
| Семестр: 2                                      | Семінарські заняття:                |        |
|   | --                                  | --     |
| Тижневе навантаження (год.):                    | Консультації:                       |        |
| - аудиторне: 3                                  | 2                                   | --     |
| - самостійна робота: 4                          | Індивідуальні заняття:              |        |
| Форма підсумкового контролю: екзамен            | --                                  | --     |
| Мова навчання: українська                       | Самостійна робота:                  |        |
|   | 60                                  | 108    |

## 2. МЕТА ДИСЦИПЛІНИ

**Предмет** вивчення навчальної дисципліни Дискретна математика є теоретичні засади математичного апарату, закони, що діють у сфері дискретних масових явищ, методи систематизації, опрацювання і аналізу масових дискретних соціально-економічних даних: формування кількісних показників (теорія множин, комбінаторика), аналіз їх взаємозв'язку і розвитку (математична логіка, теорія графів).

### Міждисциплінарні зв'язки

Перелік дисциплін, на які безпосередньо спирається вивчення даної дисципліни: Елементарна математика: алгебра, геометрія, тригонометрія та початки математичного аналізу; Математичний аналіз; Лінійна алгебра, Математичний аналіз, Математична логіка, Аналітична геометрія.

Перелік дисциплін, вивчення яких безпосередньо спирається на дану дисципліну: Архітектура та базове програмне забезпечення, Математичне програмування, Основи алгоритмізації та мови програмування, Теорія ймовірностей та математична статистика, Математичне моделювання, Елементарна математика, Математичний аналіз, Аналітична геометрія.

### Мета і завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни Дискретна математика є:

1. ознайомити студентів з основами дискретної математики та її використаннями в інформатиці;
2. підготувати надійний теоретичний фундамент для вивчення– наступних курсів професійної спрямованості; навчити студентів глибоко розуміти проблеми, які виникають при– автоматизації процесів обробки дискретної інформації;
3. прищеплювати навички природничого використання формальних методів дискретної математики, пов'язаних з розробкою та експлуатацією засобів обчислювальної техніки та програмного забезпечення;
4. ознайомити з широким спектром методів комп'ютерної дискретної математики;
5. навчити розуміти проблеми, що виникають при синтезі пристроїв обробки дискретної інформації, при побудові алгоритмів та програм для таких пристроїв.

**Основними завданнями** вивчення дисципліни Дискретна математика є: вивчення основних принципів та інструментарію математичного апарату кількісного аналізу

дискретних масових соціально - економічних явищ, який використовується для розв'язування задач.

### 3. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

#### *Для обов'язкових навчальних дисциплін*

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів компетентностей та програмних результатів навчання відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми «Дискретна математика».

#### **Інформація про компетентності та відповідні їм програмні результати навчання за дисципліною**

| Шифр компетентності                   | Компетентності   | Шифр програмних результатів | Програмні результати навчання   |
|---------------------------------------|--|-----------------------------|---|
| <b>Загальні компетентності (ЗК)</b>   |  |                             |   |
| ЗК1.                                  | Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.  | ПРН 1.                      | Демонструє знання з теоретичної та прикладної математики та методики її навчання.   |
| ЗК8                                   | Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.  | ПРН 8.                      | Використовує різноманітні ресурси для пошуку потрібної інформації, критично аналізує й опрацьовує інформацію з метою використання її у навчальній і професійної діяльності із дотриманням принципів доброчесності та визнанням авторських прав. |
| <b>Спеціальні компетентності (ФК)</b> |  |                             |   |
| СК 1.                                 | Здатність формувати в учнів предметні компетентності.  | ПРН 9.                      | Перетворює словесний матеріал у математичні моделі, створює математичні моделі об'єктів та процесів для розв'язування задач із різних предметних галузей засобами інформаційних технологій і програмування.                                     |
| СК 6.                                 | Здатність використовувати системні знання з математики, педагогіки, методики навчання математики, історії їх виникнення та розвитку. | ПРН 15                      | Демонструє здатність до розв'язування професійних задач в області математики  |
| СК 8.                                 | Здатність аналізувати математичну задачу, розглядати різні способи її розв'язування.   | ПРН 23                      | Здатний вчитися упродовж життя і вдосконалювати з високим рівнем автономності набути під час навчання кваліфікацію.   |
| СК 10.                                | Здатність формувати в учнів переконання в необхідності обґрунтування гіпотез, розуміння математичного доведення.                     |                             |   |

**Матриця відповідності компетентностей результатам навчання за  
дисципліною**

| <b>Шифр<br/>компете<br/>нтності</b> | <b>Результати навчання</b> |               |                    |   |
|-------------------------------------|----------------------------|---------------|--------------------|---|
|                                     | <b>Знання</b>              | <b>Уміння</b> | <b>Комунікація</b> | <b>Автономність та<br/>відповідальність</b> |
| <b>ЗК 1.</b>                        |                            | <b>ПРН 15</b> | <b>ПРН 1</b>       | <b>ПРН 8</b>                                |
| <b>ЗК 8.</b>                        | <b>ПРН 23</b>              |               |                    |   |
| <b>СК 1.</b>                        |                            |               |                    | <b>ПРН 8</b>                                |
| <b>СК 6.</b>                        |                            | <b>ПРН 9</b>  | <b>ПРН 1</b>       |   |
| <b>СК 8.</b>                        |                            | <b>ПРН 15</b> |                    | <b>ПРН 8</b>                                |
| <b>СК 10.</b>                       | <b>ПРН 23</b>              | <b>ПРН 9</b>  | <b>ПРН 1</b>       |   |

### III. Тематичний план дисципліни

| № з/п  | Назви модулів / тем                                  | Кількість годин<br>(денна форма навчання) |           |                            |             |              |                      | Кількість годин<br>(заочна форма навчання) |           |                            |             |              |                      |
|--|--|---|-----------|----------------------------|-------------|--------------|----------------------|--|-----------|----------------------------|-------------|--------------|----------------------|
|  |  | Аудиторні                                 | Лекції    | Семинарські<br>(практичні) | Лабораторні | Консультації | Самостійна<br>робота | Аудиторні                                  | Лекції    | Семинарські<br>(практичні) | Лабораторні | Консультації | Самостійна<br>робота |
| <b>Тема № 1. Множини. Функції. Відображення. Числення висловлень</b> |  |   |           |                            |             |              |                      |  |           |                            |             |              |                      |
| 1  | <i>Вступ.</i>  | 3   | 1         | 2                          |             |              | 2                    |  |           |                            |             |              |                      |
| 2  | <i>Основні поняття теорії множин.</i>                | 4   | 2         | 2                          |             |              | 6                    | 4  | 2         | 2                          |             |              | 8                    |
| 3  | <i>Відношення та їх властивості</i>                  | 6   | 2         | 4                          |             |              | 6                    |  |           |                            |             |              | 8                    |
| 4  | <i>Відображення та функції</i>                       | 3   | 1         | 2                          |             |              | 4                    |  |           |                            |             |              | 8                    |
|  | <b>Разом:</b>  | <b>16</b>                                 | <b>6</b>  | <b>10</b>                  |             |              | <b>18</b>            | <b>4</b>                                   | <b>2</b>  | <b>2</b>                   |             |              | <b>24</b>            |
| <b>Тема № 2. Булеві функції</b>                                      |  |   |           |                            |             |              |                      |  |           |                            |             |              |                      |
| 5  | <i>Булеві функції.</i>                               | 4   | 2         | 2                          |             |              | 4                    |  |           |                            |             |              | 8                    |
| 6  | <i>Нормальні форми. Алгебра Жегалкіна.</i>           | 4   | 2         | 2                          |             |              | 4                    | 4  | 2         | 2                          |             |              | 8                    |
| 7  | <i>Функціональна повнота наборів булевих функцій</i> | 6   | 2         | 4                          |             |              | 6                    |  |           |                            |             |              | 8                    |
|  | <b>Разом:</b>  | <b>14</b>                                 | <b>6</b>  | <b>8</b>                   |             |              | <b>14</b>            | <b>4</b>                                   | <b>2</b>  | <b>2</b>                   |             |              | <b>24</b>            |
| <b>Тема № 3. Математична логіка.</b>                                 |  |   |           |                            |             |              |                      |  |           |                            |             |              |                      |
| 8  | <i>Математична логіка. Логіка висловлювань</i>       | 4   | 2         | 2                          |             |              | 4                    |  |           |                            |             |              | 4                    |
| 9  | <i>Математична логіка. Логіка предикатів</i>         | 4   | 2         | 2                          |             |              | 6                    | 4  | 2         | 2                          |             |              | 4                    |
| 10   | <i>Основи комбінаторного аналізу</i>                 | 6   | 2         | 4                          |             |              | 6                    |  |           |                            |             |              | 6                    |
|  | <b>Разом:</b>  | <b>14</b>                                 | <b>6</b>  | <b>8</b>                   |             |              | <b>16</b>            | <b>4</b>                                   | <b>2</b>  | <b>2</b>                   |             |              | <b>14</b>            |
| <b>Тема № 4. Графи</b>   |  |   |           |                            |             |              |                      |  |           |                            |             |              |                      |
| 11   | <i>Основні поняття теорії графів</i>                 | 8   | 4         | 4                          |             |              | 6                    |  |           |                            |             |              | 6                    |
| 12   | <i>Транспортні мережі</i>                            | 6   | 2         | 4                          |             |              | 6                    |  |           |                            |             |              | 6                    |
|  | <b>Разом:</b>  | <b>16</b>                                 | <b>6</b>  | <b>8</b>                   |             |              | <b>2</b>             | <b>12</b>                                  |           |                            |             |              | <b>44</b>            |
|  | <b>Разом:</b>  | <b>60</b>                                 | <b>24</b> | <b>34</b>                  |             |              | <b>2</b>             | <b>60</b>                                  | <b>12</b> | <b>6</b>                   | <b>6</b>    |              | <b>108</b>           |

### 5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

#### 5.1. Зміст навчальної дисципліни за темами

#### 1. Множини. Функції. Відображення. Числення висловлень.

##### 1.1. Вступ.

Вступ. Цілі і задачі курсу, його місце в системі підготовки фахівців із комп'ютерних наук. Внесок вчених у розвиток дискретної математики, історія її зародження і становлення.

##### 1.2. Основні поняття теорії множин.

Алгебра множин. Основні визначення. Способи завдання множин. Операції над множинами. Рівність множин. Підмножини. Потужність множин. Скінченні і нескінченні множини. Застосування апарату теорії множин. Формули і тотожності алгебри множин. Еквівалентні перетворення формул. Геометрична інтерпретація множин: кола Ейлера та діаграми Венна. Рівнопотужні або еквівалентні множини. Зчисленні, незчисленні, континуальні множини.

##### Тема 1.3. Відношення та їх властивості

Декартов добуток множин. Кортежі. Упорядковані пари. Поняття відношення. Бінарні відношення. Властивості бінарних відношень. Операції над відношеннями. Зворотне

відношення. Композиція відношень. Відношення еквівалентності. Відношення порядкові. Відношення толерантності. Способи завдання відношень. Тема 4 . *Відображення та функції*

Функціональні відношення. Відображення. Типи відображень – ін'єкція, бієкція, сюр'єкція. Реляційна модель даних та реляційна алгебра. Операції алгебри відношень. Принцип Діріхле. Аналітичне доведення тотожностей

## 2. Булеві функції

### 2.5. Булеві функції.

Ізоморфізм алгебри множин та булевої алгебри. Булеві змінні, булеві функції. Кількість різних наборів аргументів та булевих функцій на  $n$  булевих змінних. Способи завдання булевих функцій. Булеві функції від однієї та двох змінних. Властивості операцій (комутативність, асоціативність, дистрибутивність, наявність 0) і 1). Елементарні функції алгебри логіки . Закони і тотожності алгебри логіки. Еквівалентні перетворення формул алгебри логіки. Математична індукція. Двоїстість булевих функцій. Двоїсті булеві функції. Самодвоїсті булеві функції. Принцип двоїстості. Правило побудови двоїстих формул

### 2.6. Нормальні форми

Теорема про диз'юнктивне розкладання функції алгебри логіки. ДНФ, ДДНФ. Використання теореми про розкладання і її висновки для спрощення формул алгебри логіки і навпаки. Перехід від таблиці булевої функції до формули алгебри логіки і навпаки. *Алгебра Жегалкіна* . Тотожності алгебри Жегалкіна. Формули переходу від алгебри логіки до Алгебри Жегалкіна і навпаки. Поліном Жегалкіна та правило його побудови. Лінійні булеві функції.

### 2. 7. Функціональна повнота наборів булевих функцій

Поняття повноти набору булевих функцій. Поняття замкненого класу булевих функцій. Монотонні булеві функції. Булеві функції, що зберігають 0 і 1. Замкнені класи булевих функцій. Теорема Поста про функціональну повноту набору булевих функцій . Методи мінімізації булевих функцій. Критерії мінімізації; карти Карно для булевих функцій від 3, 4, 5 і 6 змінних. Частково -завдані булеві функції. Правила склеювання контурів карт Карно.

## 3.Алгебра логіки.

### 3.8. Логіка висловлювань

Висловлювання. Поняття атома, молекули, формули. Логічні зв'язки. Побудова складних формул. Область дії логічних зв'язок. Загальнозначущі і суперечливі формули. Істиннісне значення висловлення. Інтерпретація формул у логіці висловлювань. Логічні наслідки. Правила дедуктивних висновків логіки висловлень.

### 3.9. Логіка предикатів

Поняття терма, предиката; зміст вільних і зв'язаних змінних в алгебрі предикатів. Правильно побудовані формули. Інтерпретація формул у логіці предикатів. Логічні наслідки в логіці предикатів. Квантори. Випереджені нормальні форми (ВНФ), перетворення вільної формули до ВНФ. Закони логіки першого порядку.

### Тема 10. Основи комбінаторного аналізу

Загальні правила і задачі комбінаторики. Вибірка. Правила суми і добутку . Формули простого перелічення . Перестановки, розміщення, сполучення. Рекурентні співвідношення. Елементарні методи вирішення. Числа Фібоначчі. Формула включення та виключення.

## 4. Графи

### 4.11. Основні поняття теорії графів

Походження графів. Визначення графа. Види графів. Способи завдання графів. Орієнтовані і неорієнтовані графи. Маршрут, ланцюг, цикл, шлях, контур. Зв'язність графів, компонента зв'язності, сильно зв'язані графи. Ступінь вершини. Сума ступенів вершин графа. Досяжність. Визначення ізоморфізму графів. Ізоморфізм як відношення еквівалентності на множині графів. Приклади ізоморфних графів. Теорема Ейлера. Алгоритм знаходження ейлерова циклові. Гамільтонові ланцюги і цикли. Умови існування гамільтонових ланцюгів і циклів на графі. Плоскі та планарні графи. Гомеоморфні графи. Теорема Понтрягіна-Курантовського. Теореми про особливості планарних графів. Жорданова крива. Побудова плоского зображення графа. *Відстані на графах*

Аксиоми метрики. Графи з числовими характеристиками ребер (дуг). Відстань між двома вершинами на графі. Алгоритм визначення відстані між вершинами на графі з одиничними довжинами ребер. Алгоритм Дійкстри визначення відстані між вершинами на графі з довільними довжинами ребер.

#### 4.14. Транспортні мережі

Транспортні мережі та їх властивості. Розріз мережі. Задача про найбільший потік у мережі. Теорема про найбільший потік і розріз із найменшою пропускною спроможністю. Алгоритм Форда -Фалкерсона .

### 5.2. Тематика практичних занять.

1. Множини. Операції над множинами.
2. Відношення. Поняття відношення. Граф відношення. Способи задання відношень.3. Властивості відношень.
3. Відповідність Поняття відповідності. Способи задання відповідностей
4. Елементи математичної логіки. Типи логік.
5. Логіка висловлювань.
6. Булеві функції. Ізоморфізм алгебри множин та булевої алгебри.
7. Нормальні форми. Теорема про диз'юнктивне розкладання функції алгебри логіки.
8. Функціональна повнота наборів булевих функцій
9. Теореми. Математичні доведення.
- 10 Основні поняття теорії графів. Визначення графа. Види графів. Способи завдання графів.
11. Планарність графів. Відстані на графах
12. Деревя. Транспортні мережі. Основи комбінаторного аналізу

### 5.3. Організація самостійної роботи студентів.

| № з/п | Вид роботи  | Кількість годин |            | Форми звітності                        |
|-------|---|-----------------|------------|--|
|       |   | денна           | заочна     |  |
| 1.    | Опрацювання лекційного матеріалу  | 8               | 12         | Відповіді на практичних заняттях       |
| 2.    | Підготовка до практичних занять.  | 12              | 14         | Відповіді на практичних заняттях       |
| 3     | Підготовка до модульного контролю   | 4               | 8          | Написання модульної контрольної роботи |
| 4     | Робота з Інтернет-ресурсами.  | 2               | 20         |  |
| 5     | Виконання розрахункових робіт за темами.  | 10              | 14         | Наявність робіт                        |
| 6     | Опрацювання тем, винесених на самостійну підготовку, в т.ч. конспектування за заданим планом. | 18              | 30         | Конспект опрацьованих тем              |
| 7     | Розв'язування задач, виконання вправ.   | 6               | 10         | Наявність виконаних вправ              |
|       | <b>Разом</b>  | <b>60</b>       | <b>108</b> |  |

### Тематика індивідуальних (групових) завдань

*Теми, що виносяться на самостійне опрацювання;*

1. Геометрична інтерпретація множин: кола Ейлера та діаграми Венна.
2. Рівнопотужні або еквівалентні множини. Зчисленні, незчисленні, континуальні множини.
3. Принцип Діріхле. Аналітичне доведення тотожностей
4. Самодвоїсті булеві функції. Принцип двоїстості. Правило побудови двоїстих формул
5. *Алгебра Жегалкіна* . Тотожності алгебри Жегалкіна. Формули переходу від алгебри логіки до Алгебри Жегалкіна і навпаки.
6. Поліном Жегалкіна та правило його побудови. Лінійні булеві функції.



7. Критерії мінімізації; карти Карно для булевих функцій від 3, 4, 5 і 6 змінних.
8. Частково -завдані булеві функції. Правила склеювання контурів карт Карно.
9. Теорема Ейлера. Алгоритм знаходження ейлерова циклові.
10. Гамільтонові ланцюги і цикли. Умови існування гамільтонових ланцюгів і циклів на графі.
11. Алгоритм Форда -Фалкерсона .
12. Числа Фібоначчі. Формула включення та виключення.

*Приклади завдань до індивідуальних контрольних робіт*

Завдання до індивідуальних контрольних робіт, які використовуються при вивченні дисципліни «Дискретна математика» студентів очної та заочної форм навчання і включають задачі з 4-х основних розділів «Елементи теорії множин», «Булева алгебра», «Графи» і «Математична логіка».

**Основи теорії множин**

**Задачі**

1. Які з приведених співвідношень вірні, які ні? Чому?
 

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| a) $x \in (\{2, a, x\};$       | d) $\{x, y\} \in \{a, \{x, y\}, b\};$             |
| b) $3 \in \{1, \{2, 3\}, 4\};$ | e) $\{1,2\} \in \{\{1, 2, 3\}, \{1, 2\}, 1, 2\}.$ |
| c) $x \in \{1, \sin X\};$      |   |
2. Чи рівні між собою безлічі A и B (якщо ні, то чому)?
 

|                              |                           |
|------------------------------|---------------------------|
| a) $A = \{2, 5, 4\};$        | B = $\{5, 4, 2\};$        |
| b) $A = \{1, 2, 4, 2\};$     | B = $\{1, 2, 4\};$        |
| c) $A = \{2, 4, 5\};$        | B = $\{2, 4, 3\};$        |
| d) $A = \{1, \{2, 5\}, 6\};$ | B = $\{1, \{5, 2\}, 6\};$ |
| e) $A = \{1, \{2, 5\}, 6\};$ | B = $\{1, 2, 5, 6\}.$     |

**Упорядковані множини**

**Задачі**

1. Задано безлічі  $A=\{1, 2\}; B=\{3, 4\}; C=\{4, 5, 6\}$ . Знайти:
 

|                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| a) $A \times B;$            | e) $A \times B \times C;$   |
| b) $B \times A;$            | f) $C \times (B \times A);$ |
| c) $(A \times B) \times C;$ | g) $C \times (B \times A).$ |
| d) $A \times (B \times C);$ |                             |
2. Задано безліч  $A=\{a, b\}$ . Знайти  $A^0, A^1, A^2, A^3$ .
3. Знайти геометричну інтерпретацію наступних безлічей:
  - a)  $[a, b] \times [c, d]$ , де  $[a, b]$  і  $[c, d]$  - відрізки дійсної прямої;
  - b)  $[a, b]^2$ ;
  - c)  $[a, b]^3$ .

**Графіки**

1. Нехай  $[a, b], [a, b), (a, b]$  відповідно відрізок і напіввідрізки,  $(a, b)$  – координати точки на площині. Побудувати графіки на площині, знайти області визначення і значення (перші і другі проекції) графіків:
  - a)  $([2, 4] \times [-1, 1]) \cap ([1, 3] \times (-2, 0]);$
  - b)  $((3, 5) \times [-2, 0]) - ([2, 4] \times [-1, 1]);$
  - c)  $G = \{(1, 2), (-2, 4), (2, 7), [1, 2] \times [-1, 1]\};$
  - d)  $G = \{(x, y) \in G \mid (0 < x < 1 \text{ і } y = 2) \text{ чи } (x > 2 \text{ і } 1 < y < 3)\};$
  - e)  $G = \{(x, y) \in G \mid y = 2x - 4 \text{ і } 1 < x < 5\};$
  - f)  $G = \{(x, y) \notin G \mid y = 3x + 3 \text{ і } x < 7\}.$
2. Для графіків задачі 1 визначити інверсії, знайти області визначення і значення:
  - a)  $(([2, 4] \times [-1, 1]) \cap ([1, 3] \times (-2, 0)))^{-1};$
  - b)  $((((3, 5) \times [-1, 0]) \cup ([2, 3] \times [-1, 2])))^{-1};$
  - c)  $G = \{(1, 2), (-2, 4), (2, 7), [1, 2] \times [-1, 1]\}$ , знайти  $G^{-1};$
  - d)  $G = \{(x, y) \in G \mid (0 < x < 1 \text{ і } y = 2) \text{ чи } (x > 2 \text{ і } 1 < y < 3)\}$ , знайти  $G^{-1};$
  - e)  $G = \{(x, y) \in G \mid y = 2x - 4 \text{ і } 1 < x < 5\}$ , знайти  $G^{-1}.$

**Відповідності, образи і прообрази**

1. Для відповідностей  $\gamma_1$  і  $\gamma_2$  знайти об'єднання, перетинання, різниці, симетричну різницю і доповнення:

a)  $\gamma_1 = (\{1, 2, 3, 4, 5\}, \{a, b, c, d, e, f\}, \{(1, a), (2, b), (3, c), (4, f)\})$ ,  $\gamma_2 = (\{1, 3, 5, 6, 7\}, \{a, c, e, f, g\}, \{(1, a), (2, b), (3, c), (4, f)\}, (7, e))$ ;

b)  $\gamma_1 = (N, N, \{(2, 5), (3, 3), (3, 4), (6, 9)\})$ ,  $\gamma_2 = (N, N, \{(1, 1), (2, 5), (3, 4), (6, 8)\})$ ;

c)  $\gamma_1 = (N, N, \{[2, 5] \times [1, 2]\})$ ,  $\gamma_2 = (C, N, \{[-1, 1] \times [2, 3]\})$ ;

d)  $\gamma_1 = (C, C, \{(x, y) \in G \mid (1 < x < 2 \text{ і } y \geq 1)\})$ ,  $\gamma_2 = (C, C, \{(x, y) \in G \mid x > -1 \text{ і } 2 < y < 4\})$ ;

e)  $\gamma_1 = (D, D, \{(x, y) \in G \mid y \leq -3x + 14\})$ ,  $\gamma_2 = (D, D, \{(x, y) \in G \mid (y \geq x^2 + 1)\})$ .

### Відношення. Функції

1. Для чотир'охарних відношень на безлічі  $A = \{a, b, c\}$  визначити присутність властивостей рефлексивності, симетричності, транзитивності і зв'язності без умови відображення їх у бінарні відношення і з умовою відображення їх у бінарні відношення відповідно до угруповання координат  $(1, 2, 3, 4, 5) \Rightarrow ((1, 2), (3, 4))$ :

a)  $R = \{(a, a, c, b), (c, a, b, b), (b, c, c, a), (a, b, c, c), (b, a, a, c), (a, a, a, a)\}$ ;

b)  $A = \{(a, b, c, a), (b, a, c, b), (b, c, a, a), (a, c, b, c), (c, a, c, b), (c, c, c, c)\}$ ;

c)  $A = \{(a, a, a, a), (b, b, b, b), (c, c, c, c), (a, b, a, b), (c, a, a, c), (a, c, c, a)\}$ ;

d)  $A = \{(a, b, c, a), (a, a, b, c), (a, c, b, a), (a, b, a, c), (a, a, c, b), (a, c, b, a), (b, a, a, c), (b, a, c, a), (b, c, a, a), (c, a, a, b), (c, a, b, a), (c, b, a, a)\}$ .

### Спеціальні функції

1. Записати в матричному виді і визначити, чи є наступні відповідності підстановками:

a)  $\gamma_1 = (\{1, 2, 3, 4, 5\}, \{1, 2, 3, 4, 5\}, \{(1, 2), (2, 3), (3, 5), (5, 1), (4, 4)\})$ ;

b)  $\gamma_2 = (\{1, 2, 3, 4\}, \{1, 2, 3, 4\}, \{(1, 2), (2, 3), (4, 2), (3, 3)\})$ ;

c)  $\gamma_4 = (\{1, 2, 3, 4\}, \{1, 2, 3, 4, 5\}, \{(1, 2), (2, 3), (2, 5), (4, 4), (3, 5), (5, 2)\})$ ;

d)  $\gamma_3 = (\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}, \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}, \{(1, 4), (2, 3), (3, 2), (4, 6), (6, 5), (5, 1), (7, 7)\})$ ;

e)  $\gamma_5 = (\{1, 2, 3, 4, 5\}, \{1, 2, 3, 4, 5\}, \{(1, 5), (5, 2), (2, 1), (2, 4), (3, 4), (4, 3)\})$ .

### Операції

1. Представити в префіксній і постфіксній формах арифметичні вираження і побудувати для них дерева обчислень:

a)  $a/(b-c*d)+(a*b*(d-c))$ ;

d)  $b+(a/(b+c-d))*(a/(c+d))$ ;

b)  $(a-b-c)*((b+d/a)*a-c)$ ;

e)  $(a/((b+c)/d))*(b*c+a)/d$ ;

c)  $((a+d)*b-c)/(b-a+c/d)$ ;

f)  $d+((b*c)/(a*b-d))*(a+b)$ .

## 6. ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

### 6.1. Форми поточного контролю.

Поточний контроль знань студентів упродовж одного семестру включає бали за роботу на практичних заняттях, а також оцінювання всіх видів самостійної роботи. Оцінювання роботи на практичних заняттях, індивідуальної та самостійної роботи здійснюється за шкалою від «0» до «5». Критерії оцінювання поточного, проміжного та підсумкового контролю визначаються Положенням із врахуванням вагових коефіцієнтів: – поточного контролю: для дисциплін, що завершуються заліком – 0,7; – проміжного контролю: для дисциплін, що завершуються заліком – 0,3.

Кожен вид роботи фіксується у відповідній графі академічного журналу з обов'язковим позначенням виду роботи та дати проведення. У кожній клітинці академічного журналу записується лише одна оцінка, позначки «+» та «-» не допускаються. У разі пропуску заняття здобувачем у графах контролю викладачі роблять позначку н/. Здобувач вищої освіти, який з поважних причин, підтверджених документально, не мав можливості брати участь у формах поточного контролю та виконати індивідуальне завдання і самостійну роботу, має право на відпрацювання у двотижневий термін після повернення до навчання, але до початку екзаменаційної сесії. Студент, який не використав надане йому право у встановлений термін або пропустив заняття без поважних причин, отримує за кожне пропущення заняття 0 балів.

Після завершення вивчення дисципліни викладач виводить середньозважений бал, який переводиться у 100-бальну шкалу з відповідним ваговим коефіцієнтом. Підрахунки середньозваженого балу здійснюються з точністю до другого знака після коми. Кількість балів за поточний контроль округлюють до цілих.

### 6.2. *Форми проміжного контролю.*

Проміжний контроль проводиться у формі модульної контрольної роботи. До проміжного контролю допускаються всі студенти. Проміжний контроль проводиться за розкладом, затвердженим деканом факультету. Оцінювання проміжного контролю здійснюється за шкалою від «0» до «30». Результати проміжного контролю фіксуються у відповідній графі академічного журналу. Результати проміжного контролю мають бути внесені до відомості обліку успішності здобувачів вищої освіти протягом 2-х днів після його проведення, але обов'язково до початку екзаменаційної сесії. Оцінка з проміжного контролю не перескладається. У випадку відсутності студента на проміжному контролі з поважної причини, підтвердженої документально, деканатом складається додатковий розклад.

### 6.3. *Форми підсумкового контролю.*

Залік – це форма підсумкового контролю, що полягає в оцінюванні рівня опанування студентами навчального матеріалу виключно на підставі результатів виконання ними певних видів робіт, зазначених у робочій програмі навчальної дисципліни. Оцінка за семестр з дисципліни, з якої передбачений залік, виставляється після закінчення її вивчення (до початку екзаменаційної сесії) за результатами поточного (ваговий коефіцієнт – 0,7) та проміжного (ваговий коефіцієнт – 0,3) контролю. При цьому обов'язкової присутності здобувачів вищої освіти під час заліку не передбачено.

## 7. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Для визначення рівня засвоєння студентами навчального матеріалу використовуються такі методи оцінювання знань: проведення контрольних робіт після вивчення певних змістових модулів; перевірка домашніх робіт; опитування під час практичних занять; підсумкова модульна контрольна робота. Для діагностики знань використовується кредитно-рейтингова система за 100-бальною шкалою оцінювання.

### Приклад модульної роботи

1. Довести наступні тотожності:

$$(A \cup B) \cap (C \cup D) = (A \cap C) \cup (A \cap D) \cup (B \cap C) \cup (B \cap D);$$

$$A \cap (B \cup C \cup D) = (A \cap B) \cup (A \cap C) \cup (A \cap D);$$

2. Знайти інверсії векторів  $(abbacebf)^{-1}$ ,  $\langle 11010001000 \rangle^{-1}$  і  $(75d442mk009)^{-1}$

3. Чи дистрибутивне пряме множення безлічей щодо операцій перетинання й об'єднання? Чи дистрибутивні об'єднання і перетинання щодо прямого множення? Відповідь обґрунтувати.

4. Нехай  $[a, b]$ ,  $[a, b)$ ,  $(a, b]$  відповідно відрізок і напіввідрізки,  $(a, b)$  – координати точки на площині. Побудувати графіки на площині, знайти області визначення і значення (перші і другі проекції) графіків:

-  $([2, 4] \times [-1, 1]) \cap ([1, 3] \times (-2, 0])$ ;

-  $((3, 5) \times [-2, 0]) - ([2, 4] \times [-1, 1])$ ;

а) Для відповідностей  $\gamma_1$  і  $\gamma_2$  знайти об'єднання, перетинання, різниці, симетричну різницю і доповнення:

-  $\gamma_1 = (\{1, 2, 3, 4, 5\}, \{a, b, c, d, e, f\}, \{(1, a), (2, b), (3, c), (4, f)\})$ ,  $\gamma_2 = (\{1, 3, 5, 6, 7\}, \{a, c, e, f, g\}, \{(1, a), (2, b), (3, c), (4, f), (7, e)\})$ ;

б) На безлічах  $A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}$  і  $B = \{b_1, b_2, b_3, b_4\}$  визначено бінарне відношення  $R = \{(a_1, b_2), (a_2, b_1), (a_2, b_2), (a_4, b_2), (a_4, b_3), (a_5, b_1), (a_5, b_3)\}$ :

- визначити область визначення й область значень відношення;

- визначити перетини по кожному елементі з  $A$ ;

с) Для відношень  $R_1, R_2, R_3$ , заданих за допомогою матриць,

$$R_1 = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 1 & 1 & 4 \\ 2 & 4 & 2 & 2 & 3 \\ 4 & 1 & 3 & 2 & 7 \end{pmatrix} \quad R_2 = \begin{pmatrix} 2 & 4 & 4 & 2 & 3 \\ 4 & 9 & 4 & 4 & 1 \\ 3 & 2 & 3 & 5 & 2 \end{pmatrix} \quad R_3 = \begin{pmatrix} 4 & 4 & 2 \\ 3 & 3 & 2 \\ 2 & 3 & 4 \end{pmatrix}$$

4, 9, 4, 4, 1

3, 2, 2, 5, 2

3, 3, 4

і безлічі  $A = \{a, b, c\}$  визначити (у матричній формі):

- об'єднання, перетинання, дві різниці, симетричну різницю відношень  $R_1, R_2$ , а також доповнення відношення  $R_3$  у припущенні, що  $R_3$  діє на безлічі  $B = \{2, 3, 4\}$ ;

d) Показати, що наступні відношення не є еквівалентністю:

- відношення нерівності на безлічі  $A$  ( $A \neq \emptyset$ );

- відношення "а кратне b" на безлічі цілих чисел  $\mathbb{Z}$ ;

e) Побудувати транзитивне і рефлексивне замикання для бінарних відношень:

a)  $R_4 = \{(x, y) \in R_4 \mid x, y \text{ – станції Одеського метрополітену і } y \text{ є наступною станцією за } x\}$ ;

b)  $R_5 = \{(x, y) \in R_5 \mid x, y \text{ – безліч одеситів і } x \text{ є батьком } y\}$ ;

10. Визначити, чи є функціоналами:

- нормальний розподіл Гаусса;

Перевірити, чи є операція  $\varphi$ , що визначена на безлічі  $A = \{a, b, c\}$ , асоціативною, комутативною і чи має одиничний елемент

$\varphi = \{(a, a), (a, b), ((a, b), c), ((a, c), a), ((b, a), c), ((b, b), a), ((b, c), b), ((c, a), a), ((c, b), b), ((c, c), c)\}$ .

## 8. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

### 8.1. Шкала та критерії оцінювання знань студентів.

| Рівні навчальних досягнень | 100-бальна шкала | Критерії оцінювання навчальних досягнень   |  |
|----------------------------|------------------|--|--|
|                            |                  | Теоретична підготовка  | Практична підготовка   |
|                            |                  | Студент  |  |
| <b>Відмінний</b>           | <b>100...90</b>  | вільно володіє навчальним матеріалом, висловлює свої думки, робить аргументовані висновки, рецензує відповіді інших студентів, творчо виконує індивідуальні та колективні завдання; самостійно знаходить додаткову інформацію та використовує її для реалізації поставлених перед ним завдань; вільно використовує нові інформаційні технології для поповнення власних знань | може аргументовано обрати раціональний спосіб виконання завдання й оцінити результати власної практичної діяльності; виконує завдання, не передбачені навчальною програмою; вільно використовує знання для розв'язання поставлених перед ним завдань |
| <b>Достатній</b>           | <b>89...70</b>   | вільно володіє навчальним матеріалом, застосовує знання на практиці; узагальнює і систематизує навчальну інформацію, але допускає незначні огріхи у порівняннях, формулюванні висновків, застосуванні теоретичних знань на практиці  | за зразком самостійно виконує практичні завдання, передбачені програмою; має стійкі навички виконання завдання   |

| Рівні навчальних досягнень | 100-бальна шкала | Критерії оцінювання навчальних досягнень  |   |
|----------------------------|------------------|---|---|
|                            |                  | Теоретична підготовка   | Практична підготовка  |
|                            |                  | Студент   |   |
| <b>Задовільний</b>         | <b>69...51</b>   | володіє навчальним матеріалом поверхово, фрагментарно, на рівні запам'ятовування відтворює певну частину навчального матеріалу з елементами логічних зв'язків, знає основні поняття навчального матеріалу | має елементарні, нестійкі навички виконання завдань                   |
| <b>Незадовільний</b>       | <b>50...26</b>   | має фрагментарні знання (менше половини) при незначному загальному обсязі навчального матеріалу; відсутні сформовані уміння та навички; під час відповіді допущено суттєві помилки                        | планує та виконує частину завдання за допомогою викладача             |
| <b>Неприйнятний</b>        | <b>25...1</b>    | студент не володіє навчальним матеріалом  | виконує лише елементи завдання, потребує постійної допомоги викладача |

#### 8.2. Критерії оцінювання під час аудиторних занять.

| Оцінка         | Критерії оцінювання навчальних досягнень   |
|----------------|--|
| <b>5 балів</b> | Оцінюється робота студента, який у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно, самостійно та аргументовано його викладає, глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних запитань та практичних завдань, використовуючи при цьому обов'язкову та додаткову літературу, вільно послуговується науковою термінологією, розв'язує задачі стандартним або оригінальним способом, наводить аргументи на підтвердження власних думок, здійснює аналіз та робить висновки. |
| <b>4 бали</b>  | Оцінюється робота студента, який достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає, в основному розкриває зміст теоретичних запитань та практичних завдань, використовуючи при цьому обов'язкову літературу, розв'язує задачі стандартним способом, послуговується науковою термінологією. Але при висвітленні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються при цьому окремі неістотні неточності та незначні помилки.   |
| <b>3 бали</b>  | Оцінюється робота студента, який відтворює значну частину навчального матеріалу, висвітлює його основний зміст, виявляє елементарні знання окремих положень, записує основні формули, рівняння, закони. Не здатний до глибокого, всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, не користується необхідною літературою, допускає істотні неточності та помилки.  |
| <b>2 бали</b>  | Оцінюється робота студента, який не володіє навчальним матеріалом у достатньому обсязі, проте фрагментарно, поверхово (без аргументації та обґрунтування) викладає окремі питання навчальної дисципліни, не розкриває зміст теоретичних питань і практичних завдань.   |
| <b>1 бал</b>   | Оцінюється робота студента, який не в змозі викласти зміст більшості питань теми та курсу, володіє навчальним матеріалом на рівні  |

|                |  |
|----------------|--|
|                | розпізнавання явищ, допускає істотні помилки, відповідає на запитання, що потребують однослівної відповіді.  |
| <b>0 балів</b> | Оцінюється робота студента, який не володіє навчальним матеріалом та не в змозі його висвітлити, не розуміє змісту теоретичних питань та практичних завдань. |

### 8.3. Критерії оцінювання індивідуальних завдань.

| <b>Оцінка</b>  | <b>Критерії оцінювання навчальних досягнень</b>  |
|----------------|--|
| <b>5 балів</b> | Оцінюється робота студента, який у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно, самостійно та аргументовано його викладає, глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних запитань та практичних завдань, використовуючи при цьому обов'язкову та додаткову літературу, вільно послуговується науковою термінологією, розв'язує задачі стандартним або оригінальним способом, наводить аргументи на підтвердження власних думок, здійснює аналіз та робить висновки. |
| <b>4 бали</b>  | Оцінюється робота студента, який достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає, в основному розкриває зміст теоретичних запитань та практичних завдань, використовуючи при цьому обов'язкову літературу, розв'язує задачі стандартним способом, послуговується науковою термінологією. Але при висвітленні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються при цьому окремі неістотні неточності та незначні помилки.   |
| <b>3 бали</b>  | Оцінюється робота студента, який відтворює значну частину навчального матеріалу, висвітлює його основний зміст, виявляє елементарні знання окремих положень, записує основні формули, рівняння, закони. Не здатний до глибокого, всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, не користується необхідною літературою, допускає істотні неточності та помилки.  |
| <b>2 бали</b>  | Оцінюється робота студента, який не володіє навчальним матеріалом у достатньому обсязі, проте фрагментарно, поверхово (без аргументації та обґрунтування) викладає окремі питання навчальної дисципліни, не розкриває зміст теоретичних питань і практичних завдань.   |
| <b>1 бал</b>   | Оцінюється робота студента, який не в змозі викласти зміст більшості питань теми та курсу, володіє навчальним матеріалом на рівні розпізнавання явищ, допускає істотні помилки, відповідає на запитання, що потребують однослівної відповіді.  |
| <b>0 балів</b> | Оцінюється робота студента, який не володіє навчальним матеріалом та не в змозі його висвітлити, не розуміє змісту теоретичних питань та практичних завдань.   |

### 8.4. Критерії оцінювання модульної контрольної роботи.

| <b>Рівні навчальних досягнень</b> | <b>10-бальна шкала</b> | <b>Критерії оцінювання навчальних досягнень</b>  |
|-----------------------------------|------------------------|--|
| <b>Відмінний</b>                  | <b>30-27</b>           | може аргументовано обрати раціональний спосіб виконання завдання й оцінити результати власної практичної діяльності; виконує завдання, не передбачені навчальною програмою; вільно використовує знання для розв'язання поставлених перед ним завдань |
| <b>Достатній</b>                  | <b>26-21</b>           | за зразком самостійно виконує практичні  |

|                      |              |   |
|----------------------|--------------|---|
|                      |              | завдання, перед-бачені програмою; має стійкі навички виконання завдання |
| <b>Задовільний</b>   | <b>20-16</b> | має елементарні, нестійкі навички виконання завдань                     |
| <b>Незадовільний</b> | <b>15-0</b>  | планує та виконує частину завдання за допомогою викладача               |

### 8.5. Критерії оцінювання під час підсумкового контролю.

Переведення підсумкового балу за 100-бальною шкалою оцінювання в підсумкову оцінку за традиційною шкалою

| Сума балів | Оцінка за національною шкалою |
|------------|-------------------------------|
| 90-100     | <i>відмінно</i>               |
| 70-89      | <i>добре</i>                  |
| 51-69      | <i>задовільно</i>             |
| 1-50       | <i>незадовільно</i>           |

#### Схема розподілу балів

|                                     |  |   |   |
|-------------------------------------|--|---|---|
| <b>Максимальна кількість балів</b>  | <b>40 балів</b> (поточний контроль) – середньозважений бал оцінок за відповіді на семінарських заняттях та виконання індивідуальних завдань, який переводиться у 100-бальну шкалу з ваговим коефіцієнтом.0,4 | <b>10 балів</b> (проміжний контроль) – за результатами виконання модульної контрольної роботи | <b>50 балів</b> (підсумковий контроль) – за результатами відповідей на екзамені □ |
| <b>Мінімальний пороговий рівень</b> | <b>20 балів</b> (поточний контроль)  | <b>6 балів</b> (проміжний контроль) □   | <b>25 балів</b> (підсумковий контроль)  |

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

На практичних потрібен комп'ютерний клас з програмами

1. Maple, Mathcad, MatLAB
2. Алгоритмічна мова C++
3. MS EXCEL

## 10. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

### 10.1. Основні джерела

1. Комп'ютерна дискретна математика: Підручник / Бондаренко М.Ф., Білоус Н.В., Руткас А.Г. – Харків: «Компанія СМІТ», 2014. – 480 с.
2. Нікольський Ю.В., Пасічник В.В., Щербина Ю.М. Дискретна математика: Підручник. Львів: Магнолія плюс, 2007. 608 с.
3. Борисенко О.А. Лекції з дискретної математики (множини і логіка): Навч. посібник. Суми: Університетська книга, 2002. 180 с.
4. Бардачов Ю. М., Соколова Н. А., Ходаков В. Є. Дискретна математика: Підручник /За ред. В.Є. Ходакова. 2-ге вид., переробл. і доп. Київ: Вища школа, 2007. 382 с.
5. Новиков Ф. А. Дискретная математика для программистов: Учеб. пособ. 3-е изд. М.: Питер, 2008. 384 с.
6. Оре О. Теория графов. 1-е изд. – М.: Наука, 1980. – 408 с.
7. Андерсон Джеймс А. Дискретная математика и комбинаторика: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.-960 с : ил. – Парал. тит. англ.
8. Кузнецов О.П., Адельсон-Вельский Г.М. Дискретная математика для инженера. – М.: Энергия, 1980. – 342 с.

9. Костюк В. О. Прикладна статистика: навч. посібник / В. О. Костюк; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 191 с.
10. Очков В.Ф. Mathcad 8 Pro для студентов и инженеров. – М. : КомпьютерПресс, 1999.
11. Дьяконов В.П. Справочник по MathCAD PLUS 7.0 PRO. – М. : СК Пресс, 1998. – 352 с.
12. Дьяконов В. П. MathCAD 7 в математике, в физике и в Internet. – М. : Нолидж. - 1998. – 352 с.

### **Інформаційні ресурси**

1. Національна бібліотека України імені академіка В. І. Вернадського: [сайт]. Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/>
2. Курс «Дискретна математика» [Сайт Олексія Молчановського]. Режим доступу: <http://oim.asu.kpi.ua/courses/discrete-math/#lectures>
3. Дискретна математика: Конспект лекцій (Частина 1) [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 113 «Прикладна математика», освітньої програми «Наука про дані та математичне моделювання» / О.Л.Темнікова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,97 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 154 с.  
<https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/42839/1/LectureDM1Temnikova.pdf>