

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА КІБЕРНЕТИКИ
Кафедра інтелектуальних програмних систем**



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
навчальної роботи

Кашпур О.Ф.

« 30 » *серпня* 2019 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ДИСКРЕТНА МАТЕМАТИКА
для студентів**

галузь знань **12 «Інформаційні технології»**

спеціальність **122 «Комп'ютерні науки»**

освітній рівень **бакалавр**

освітня програма **«Інформатика»**

вид дисципліни **обов'язкова**

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2019/2020
Семестр	1, 2
Кількість кредитів ECTS	8
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит, іспит

Викладачі: **к.ф.-м.н., доц. Шевченко В.П. (лекції)**

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__»__ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__»__ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2019

1. Мета дисципліни – оволодіння студентами математичною мовою і фундаментальними поняттями (і їх основними властивостями й практичними навичками використання) деяких найбільш традиційних розділів дискретної математики, сприяння розвитку логічного і аналітичного мислення студентів.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни: відсутні.

3. Анотація навчальної дисципліни. Дисципліна „Дискретна математика” є обов’язковою дисципліною освітньої програми „Інформатика”, що викладається у 1 та 2 семестрах для бакалаврів в обсязі 240 год (8-х кредитів), зокрема: 58 години лекційних, 56 години практичних робіт, 122 години самостійної роботи, 4 години консультації. Викладання дисципліни закінчується **іспитом (1 та 2 семестр)**.

Предмет навчальної дисципліни „ Дискретна математика ” включає в себе основні поняття теорії множин, комбінаторики, теорії булевих функцій, теорії графів, теорії автоматів, теорії кодування.

В результаті вивчення навчальної дисципліни студенти повинні:

набуття знань, умінь та навичок (компетентностей) на рівні математичних основ дискретної математики, відповідно до кваліфікації фахівець з інформаційних технологій. Зокрема, розвивати:

- здатність до математичного та логічного мислення, формулювання та досліджування математичних моделей, зокрема дискретних математичних моделей, обґрунтування вибору методів і підходів для розв’язування теоретичних і прикладних задач у галузі комп’ютерних наук, аналізу та інтерпретування;
- здатність до побудови логічних висновків, використання формальних мов і моделей алгоритмічних обчислень, проектування, розроблення й аналізу алгоритмів, оцінювання їх ефективності та складності, розв’язності та нерозв’язності алгоритмічних проблем для адекватного моделювання предметних областей і створення програмних та інформаційних систем.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
PH1.1	<i>Знати основні поняття і твердження теорії множин та комбінаторики.</i>	<i>Лекції, практичні заняття, самостійна робота</i>	<i>Контрольна робота 1, 2, поточне оцінювання, іспит 1</i>	25%
PH1.2	<i>Знати основні поняття і твердження теорії булевих функцій, теорії графів та теорії кодування, основні моделі скінчених автоматів.</i>	<i>Лекції, практичні заняття, самостійна робота</i>	<i>Контрольна робота 3, 4, поточне оцінювання, Іспит 2</i>	10%
PH1.3	<i>Знати основні поняття і моделі кодування, природу їх складності, сферу застосування різних методів кодування при створенні інформаційних систем.</i>	<i>Лекції, практичні заняття, самостійна робота</i>	<i>Контрольна робота 4, поточне оцінювання, Іспит 2</i>	10%
PH2.1	<i>Вміти записувати поняття та твердження за допомогою формальної математичної символіки, проводити математичні доведення та формальні обґрунтування тверджень різної складності</i>	<i>Лекції, практичні заняття, самостійна робота</i>	<i>Контрольна робота 1, іспит 1</i>	10%

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

Перший семестр

1. Контрольна робота 1: РН 1.1, РН2.1 — 25 балів/15 балів.

2. Контрольна робота 2: РН 1.1, РН2.2 — 25 балів/15 балів.

3. Поточне оцінювання: РН1.1 – 10 балів/6 балів.

- підсумкове оцінювання (у формі іспиту):

- максимальна кількість балів які можуть бути отримані студентом: 40 балів;

- результати навчання які будуть оцінюватись: РН1.1, РН2.1, РН2.2;

- форма проведення і види завдань: письмова робота.

Види завдань: 4 письмових завдання.

Другий семестр

1. Контрольна робота 3: РН 1.2, РН2.3 — 25 балів/15 балів.

2. Контрольна робота 4: РН 1.2, РН1.3, РН2.4, РН2.5 — 25 балів/15 балів.

3. Поточне оцінювання: РН1.2 – 10 балів/6 балів.

- підсумкове оцінювання (у формі іспиту):

- максимальна кількість балів які можуть бути отримані студентом: 40 балів;

- результати навчання які будуть оцінюватись: РН1.2, РН1.3, РН2.3; РН2.4; РН2.5;

- форма проведення і види завдань: письмова робота.

Види завдань: 4 письмових завдання.

Критерії оцінювання на іспиті

Завдання	Тема завдання	Максимальний відсоток від 40 балів	Всього відсотків
Завдання 1-4	Задачі на реалізацію перетворень і порівнювань об'єктів	По 25%	100%
			100%

Студент не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше ніж 36 балів. Студент допускається до іспиту за умови виконання 70% передбачених планом лабораторних робіт.

Контрольні запитання до частини 1

Визначення множини, елемента множини, включення множин. Основні операції над множинами (об'єднання, перетин, різниця, доповнення, симетрична різниця, декартовий добуток).

Визначення декартового добутку, операцій над множинами, основні співвідношення між операціями.

Визначення бінарного відношення, операцій над бінарними відношеннями.

Визначення функціонального відношення. Области відправлення та прибуття. Класифікація відображень. Обернене відображення. Образ та прообраз множини.

Визначення відношення еквівалентності та його властивостей, розбиття, класи еквівалентності. Теорема про зв'язок еквівалентності та розбиття.

Визначення відношення часткового та лінійного порядку, мінімального, максимального, найменшого, найбільшого елементів. Леми про зв'язок між мінімальними (максимальними) та найменшими (найбільшими) елементами.

Типові практичні завдання до частини 1

1. Визначити операції \cap та $-$ через операції \cup та \div .
2. Визначити операції \cup та \cap через операції $-$ та \div .
3. Довести, що не можна виразити $-$ через \cap та \cup .
4. Довести, що не можна виразити \cup через \cap та $-$.
5. Довести, що якщо $A \neq \square$ та $C \neq \square$,
то $A \subset B, C \subset D \Leftrightarrow A \times C \subset B \times D$. [6- 2.3.a]
6. Довести, що $(A-B) \times C = (A \times C) - (B \times C)$. [6- 2.6.g]

Контрольні запитання до частини 2

Вибірki впорядковані та неупорядковані. Правила суми та добутку. Комбінації, розміщення та перестановки без повторень.

Комбінації, розміщення та перестановки з повтореннями, означення та формули обчислення. Принцип Діріхле.

Біном Ньютона. Поліноміальна теорема. Формула включень-виключень.

Визначення рекурентного однорідного і неоднорідного лінійного співвідношення, розв'язок рекурентного співвідношення, властивості розв'язків, характеристичне рівняння.

Твірна функція послідовності. Лінійна комбінація та згортка. Твірні функції для рекурентних співвідношень.

Типові практичні завдання до частини 2

1. Скільки розв'язків у натуральних (цілих невід'ємних) числах має рівняння $\sum_{i=1}^n x_i = k$.
1. Скількома способами (наборами) можуть випасти k гральних кісток.
2. Скільки існує способів роздати k троянд n дівчатам.
3. Скільки існує різних способів роздати k_1 троянд, k_2 гвоздик, k_3 волошок n дівчатам.
4. В шухляді шкарпетки червоного, чорного та білого кольорів. Яку найменшу кількість шкарпеток треба узяти, щоб серед них були 2 шкарпетки одного кольору?
5. В скрині кулі 3-х кольорів. Яку найменшу кількість куль треба взяти, щоб серед них було 10 куль одного кольору?
6. В скрині 10 чорних, 12 білих, 14 червоних, 16 зелених куль. Яку найменшу кількість куль треба взяти, щоб серед них було 13 куль одного кольору?

Контрольні запитання до частини 3

1. Означення булевої функції. Таблиця функції, правила її побудови. Тотожні співвідношення для булевих функцій. Методи перетворення булевих виразів. Суттєві і несуттєві змінні булевих функцій.
2. Означення елементарних кон'юнкцій та диз'юнкцій, повних елементарних кон'юнкцій (диз'юнкцій). Досконалі днф та кнф. Способи їх побудови. Поліном Жегалкіна, способи його побудови: з дднф та методом невизначених коефіцієнтів.
3. Визначення лінійної, самодвоїстої, зберігаючої константу, монотонної булевої функції. Замкнені класи. Означення повної системи функцій. Теорема Поста.
4. Імпліканта, проста імпліканта, скорочена днф, тупикова днф, мінімальна днф. Зв'язок між цими поняттями.

Типові практичні завдання до контрольної роботи 3

1. Побудувати таблицю та дднф для функції: $(x \cdot y \vee z) \oplus x$.

2. Застосовуючи тотожні перетворення привести функцію $(x \cdot y \vee \bar{z}) \oplus x$ до виду днф, а потім дднф.
3. Побудувати таблицю, дднф та поліном Жегалкіна для функції $(x \rightarrow y) \downarrow (y \equiv \bar{z})$.

Контрольні запитання до частини 4

Маршрут, ланцюг, цикл, зв'язність вершин та графу в цілому, степінь вершини.

Ізоморфізм, замкнений маршрут, цикл, степінь вершини, 1-ша теорема Ейлера.

Дерево, ациклічність, зв'язок зв'язності та ациклічності, еквівалентні означення дерева.

Планарний граф, грань планарного графу, гомеоморфні графи.

Типові практичні завдання до частини 4

1. Довести, якщо степінь кожної вершини графа не менша 2, граф має цикл.
2. Довести, що граф в якому кількість ребер не менша, ніж кількість вершин має цикл.
3. Довести, що в дереві будь-який ланцюг є простим.
4. Побудувати всі не ізоморфні між собою дерева з 4 вершинами.
5. Довести, що будь-яке дерево з n вершинами ($n \geq 2$), у якому є хоча б одна вершина степені s , має не менше s вершин степені 1.

Контрольні запитання до частини 5

Алфавіт, слова в алфавіті. Чорна скринька. Автомат Мілі, автомат Мура, згенеровані автоматом алфавітні відображення. Відповідність між автоматами Мілі та Мура.

Еквівалентні стани, канонічна мінімізація, зв'язний автомат.

Типові практичні завдання до частини 5

1. Побудувати автомат, що генерує алфавітне відображення $f_1 : \{a, b\}^* \rightarrow \{0, 1\}^*$ таке що, $f_1(l)$ закінчується на 1, якщо останні 4 літери слова l є літери a .
2. Побудувати автомат, що генерує алфавітне відображення $f_2 : \{0, 1, 2, 3, 5\}^* \rightarrow \{+, -\}^*$ таке що, $f_2(l)$ закінчується $+$, якщо сума цифр після останнього $+$ більше або дорівнює 5.
3. Побудувати автомат, що генерує алфавітне відображення $f_3 : \{a, b\}^* \rightarrow \{-1, 0, 1\}^*$ таке що, остання літера $f_3(l)$ дорівнює $sign(n_a(l) - n_b(l))$, де $n_x(l)$ кількість літер x в слові l . Чи можна це відображення реалізувати скінченним автоматом?

Контрольні запитання до частини 6

Префіксні та роздільні схеми. Умови існування. Оптимальне кодування. Алгоритми Фано й Хаффмена.

Кодування з виправленням помилок. Класифікація помилок. Кодова відстань. Код Геммінга. Стиснення текстів. Алгоритм Лемпеля-Зіва. Криптографія. Шифрування за допомогою випадкових чисел.

Типові практичні завдання до частини 6

1. Чи є наведена схема алфавітного кодування $\sigma = \{a \rightarrow 0, b \rightarrow 10, c \rightarrow 011, d \rightarrow 1011, e \rightarrow 1111\}$ префіксною, роздільною? (3-6.1)

2. Для наведеної схеми алфавітного кодування, що є роздільною, побудувати префіксний код з тим самим набором довжин елементарних кодів $\sigma = \{a \rightarrow 01, b \rightarrow 10, c \rightarrow 100, d \rightarrow 111, e \rightarrow 011\}$. (7-5.3.6.1).

3. Для алфавітного кодування

$$A = \{a_1, a_2\}, B = \{b_1, b_2\}, \sigma = \{a_1 \rightarrow b_1, a_2 \rightarrow b_1 b_2\}$$

з'ясувати, чи буде воно взаємно однозначним? (8-6.8.1)

4. Побудувати оптимальне префіксне алфавітне кодування для алфавіту $\{a, b, c, d\}$ з наступним розподілом ймовірностей появи букв: $p_a = 1/2, p_b = 1/4, p_c = 1/8, p_d = 1/8$. (3-6.2)

5. Показати, що максимальна довжина елементарних кодів в оптимальному кодуванні для алфавіту з n букв не перевищує $n-1$. (7-5.3.18.1)

7.2. Організація оцінювання:

Терміни проведення форм оцінювання:

Семестр 1

1. Контрольна робота 1: до 9 тижня семестру включно.
2. Контрольна робота 2: до 14 тижня семестру включно.
3. Поточне оцінювання: протягом семестру.

Семестр 2

1. Контрольна робота 3: до 9 тижня семестру включно.
2. Контрольна робота 4: до 18 тижня семестру включно.
3. Поточне оцінювання: протягом семестру.

Студент має право один раз перескласти контрольну роботу з можливістю отримати не більше 80% балів, призначених за роботу. Термін перескладання визначає викладач. Після завершення теоретичного навчання в семестрі і до перескладання жодні контрольні заходи не проводяться та жодні завдання не приймаються.

7.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. Тематичний план лекцій і практичних занять

Перший семестр

№ Лекції	Назва лекції	Лекції	Практ. заняття	Самост. робота
Частина 1 Теорія множин				
1	Тема 1. Множини, операції над множинами <i>Самостійна робота:</i> Визначення множини, елемента множини, включення множин. Основні операції над множинами (об'єднання, перетин, різниця, доповнення, симетрична різниця, декартовий добуток).	2	2	4
2	Тема 2. Властивості операцій над множинами <i>Самостійна робота:</i> Визначення декартового добутку, операцій над множинами, основні співвідношення між операціями.	2	2	4
3	Тема 3. Бінарні відношення та операції над ними <i>Самостійна робота:</i> Визначення бінарного відношення, операцій над бінарними відношеннями.	2	2	4
4	Тема 4. Функціональні відношення, їх властивості <i>Самостійна робота:</i> Визначення функціонального відношення. Області відправлення та прибуття. Класифікація відображень. Обернене відображення. Образ та прообраз множини.	2	2	4
5	Тема 5. Спеціальні класи бінарних відношень: відношення еквівалентності <i>Самостійна робота:</i> Визначення відношення еквівалентності та його властивостей, розбиття, класи еквівалентності. Теорема про зв'язок еквівалентності та розбиття.	2	2	4
6	Тема 6. Спеціальні класи бінарних відношень: відношення часткового та лінійного порядку <i>Самостійна робота:</i> Визначення відношення часткового та лінійного порядку, мінімального, максимального, найменшого, найбільшого елементів. Леми про зв'язок між мінімальними (максимальними) та найменшими (найбільшими) елементами.	2	2	4
7	Тема 7. Потужність множин. Скінченні та зліченні множини <i>Самостійна робота:</i> Еквівалентність множин. Скінченна, нескінченна та зліченна множина, кількість елементів. Операції над зліченими множинами. Зв'язок нескінченності і зліченності.	2	2	6
8	Тема 8. Континуальні множини, порівняння потужностей	2	2	6

	<i>Самостійна робота:</i> Потужність множини дійсних чисел, операції, що зберігають континуальність.			
9	Тема 9. Теорія множин, підсумки <i>Самостійна робота:</i> Теореми Кантора та Кантора-Бернштейна.	2		6
Контрольна робота 1			2	
Частина 2. Комбінаторика				
10	Тема 10. Комбінації, розміщення, перестановки без повторень <i>Самостійна робота:</i> Вибірки впорядковані та неупорядковані. Правила суми та добутку. Комбінації, розміщення та перестановки без повторень.	2	2	4
11	Тема 11. Комбінації, розміщення, перестановки з повтореннями <i>Самостійна робота:</i> Комбінації, розміщення та перестановки з повтореннями, означення та формули обчислення. Принцип Діріхле.	2	2	4
12	Тема 12. Комбінаторні тотожності <i>Самостійна робота:</i> Біном Ньютона. Поліноміальна теорема. Формула включень-виключень.	2	2	4
13	Тема 13. Рекурентні співвідношення <i>Самостійна робота:</i> Визначення рекурентного однорідного і неоднорідного лінійного співвідношення, розв'язок рекурентного співвідношення, властивості розв'язків, характеристичне рівняння.	2	2	4
14	Тема 14. Твірні функції та рекурентні співвідношення <i>Самостійна робота:</i> Твірна функція послідовності. Лінійна комбінація та згортка. Твірні функції для рекурентних співвідношень.	2		4
Контрольна робота 2			2	
ВСЬОГО		28	28	62

Загальний обсяг **120 годин**, в тому числі:

Лекцій – **28 год.**,

Практичних занять – **28 год.**,

Самостійної роботи – **62 год.**,

Консультації – **2 год.**

Другий семестр

Частина 3. Теорія булевих функцій				
1	<p>Тема 1. Булеві функції. Таблиці значень булевих функцій</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Означення булевої функції. Таблиця функції, правила її побудови. Тотожні співвідношення для булевих функцій. Методи перетворення булевих виразів. Суттєві і несуттєві змінні булевих функцій.</p>	2	2	4
2	<p>Тема 2. Нормальні форми булевих функцій</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Означення елементарних кон'юнкцій та диз'юнкцій, повних елементарних кон'юнкцій (диз'юнкцій). Досконалі днф та кнф.</p>	2	2	4
3	<p>Тема 3. Поліноми Жегалкіна. Алгебра Жегалкіна</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Способи їх побудови. Поліном Жегалкіна, способи його побудови: з дднф та методом невизначених коефіцієнтів.</p>	2	2	4
4	<p>Тема 4. Замкнені класи булевих функцій</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Визначення лінійної, самодовоїстої, зберігаючої константу, монотонної булевої функції. Замкнені класи.</p>	2	2	4
5	<p>Тема 5. Теорема Поста</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Означення повної системи функцій. Теорема Поста.</p>	2	2	4
6	<p>Тема 6. Мінімізація булевих функцій</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Імпліканта, проста імпліканта, скорочена днф, тупикова днф, мінімальна днф.</p>	2	2	4
7	<p>Тема 7. Алгоритми мінімізації булевих функцій</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Зв'язок між цими поняттями.</p>	2	1	4
Контрольна робота 3			1	
Частина 4. Теорія графів				
9	<p>Тема 9. Поняття графу. Види графів</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Маршрут, ланцюг, цикл, зв'язність вершин та графу в цілому, степінь вершини.</p>	2	2	4
10	<p>Тема 10. Основні властивості графів. Ізоморфізм графів. Фарбування графів</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Ізоморфізм, замкнений маршрут, цикл, степінь вершини, 1-ша теорема Ейлера.</p>	2	2	4
12	<p>Тема 11. Дерева, властивості дерев</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Дерево, ациклічність, зв'язок зв'язності та ациклічності, еквівалентні означення дерева.</p>	2	1	4
13	<p>Тема 13. Планарні графи</p>	2	1	4

	<i>Самостійна робота:</i> Дерево, ациклічність, зв'язок зв'язності та ациклічності, еквівалентні означення дерева.			
Частина 5. Теорія скінченних автоматів				
16	Тема 16. Скінченні автомати, автоматні відображення <i>Самостійна робота:</i> Алфавіт, слова в алфавіті. Чорна скринька.	2	2	4
17	Тема 17. Мінімізація скінченних автоматів <i>Самостійна робота:</i> Автомат Мілі, автомат Мура, згенеровані автоматом алфавітні відображення. Відповідність між автоматами Мілі та Мура.	2	2	4
Частина 6. Теорія кодування				
19	Тема 19. Алфавітне кодування та ефективні коди <i>Самостійна робота:</i> Префіксні та роздільні схеми. Умови існування. Оптимальне кодування. Алгоритми Фано й Хаффмена.	2	2	4
20	Тема 20. Завадостійке кодування. Стиснення даних. Шифрування. <i>Самостійна робота:</i> Кодування з виправленням помилок. Класифікація помилок. Кодова відстань. Код Геммінга. Стиснення текстів. Алгоритм Лемпеля–Зіва. Криптографія. Шифрування за допомогою випадкових чисел.	2	1	4
	Контрольна робота 4		1	
ВСЬОГО		30	28	60

Загальний обсяг **120 годин**, в тому числі:

Лекцій – **30 год.**,

Практичних занять – **28 год.**,

Самостійної роботи – **60 год.**,

Консультації – **2 год.**

9. Рекомендовані джерела:

Основні:

1. *Трохимчук Р.М., Нікітченко М.С.* Дискретна математика у прикладах та задачах / Р. М. Трохимчук. – Навчальний посібник. – К.: ВПЦ "Київ. ун-т", 2017. – 248 с.
2. *Трохимчук Р.М.* Дискретна математика / Р. М. Трохимчук. – К.: Вид. дім "Персонал", 2010.
3. *Трохимчук Р.М.* Збірник задач і вправ з теорії множин і відношень: навч. посіб. / Р. М. Трохимчук. – К.: ВПЦ "Київ. ун-т", 2012.
4. *Трохимчук Р.М.* Булеві функції: навч. посіб. / Р. М. Трохимчук. – К.: ВПЦ "Київ. ун-т", 2001.
5. *Трохимчук Р.М.* Збірник задач з теорії булевих функцій: навч. посіб. / Р. М. Трохимчук. – К.: ВПЦ "Київ. ун-т", 2002.
6. *Карнаух Т.О., Ставровський А.Б.* Вступ до дискретної математики / Карнаух Т.О. — К.: ВПЦ "Київський університет", 2006.
7. *Карнаух Т.О.* Комбінаторика / Карнаух Т.О. – К.: ВПЦ "Київський університет", 2011.
8. *Карнаух Т.О., Ставровський А.Б.* Теорія графів у задачах: Навчальний посібник / Карнаух Т.О. – К.: ВПЦ "Київський університет", 2004.
9. *Калужнин Л. А.* Введение в общую алгебру / Л. А. Калужин. – М.: Наука, 1973.
10. *Кривий С. Л.* Дискретна математика: вибрані питання / С. Л. Кривий. – К.: Вид. дім "Києво-Могилянська акад.", 2007.
11. *Калужнин Л. А., Королюк В. С.* Алгоритми і математичні машини / Л. А. Калужнин. – К. : Вища шк., 1964.

Додаткові:

1. *Хромой Я.В.* Математична логіка / Я. В. Хромой. – К. : Вища шк., 1983.
2. *Хромой Я. В.* Збірник задач і вправ з математичної логіки / Я. В. Хромой. – К.: Вища шк., 1978.
3. *Ядренко М.Й.* Дискретна математика: навчальний посібник. – К.: ВПЦ "Експрес", 2003.
4. *Глушков В. М.* Введение в кибернетику / В. М. Глушков. – К.: Изд-во АН УССР, 1964.
5. *Глушков В. М., Цейтлин Г. Е., Ющенко Е. Л.* Алгебра, языки, программирование / В. М. Глушков. – 3-е изд., перераб. и доп. – К. : Наук. думка, 1989.
6. *Єжов І. І., Скороход А. В., Ядренко М. Й.* Елементи комбінаторики / І. І. Єжов. – К.: Вища шк., 1972.
7. *Кук Д., Бейз Д.* Компьютерная математика / Д. Кук. – М. : Наука, 1990.
8. *Кузнецов О. П., Адельсон-Вельский Г. М.* Дискретная математика для инженера / О. П. Кузнецов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1988.
9. Лекции по теории графов / В. А. Емеличев, О. И. Мельников, В. И. Сарванов, Р. И. Тышкевич – М.: Наука, 1990.– 384 с.
10. *Харари Ф.* Теория графов.– М.: Мир,1973.– 300 с.