

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Декан факультету комп'ютерних
 інформаційних технологій
 Ігор ЯКИМЕНКО
 "30" 2024 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Проректор з науково-педагогічної роботи
 Віктор ОСТРОВЕРХОВ
 "30" 2024 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Директор національно-наукового
 інституту новітніх освітніх технологій
 Дмитро ІНТЕЛЬ
 "30" 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА

з дисципліни "Основи дискретної математики"

Ступінь вищої освіти - бакалавр

Галузь знань 01 "Освіта/Педагогіка"

Спеціальність 015 "Професійна освіта (Цифрові технології)"

Спеціалізація 015.39 "Цифрові технології"

Освітньо-професійна програма "Професійна освіта (Цифрові технології)"

Кафедра економічної кібернетики та інформатики

Форма навчання	Курс	Семестр	Лекції (год.)	Практичні (год.)	Індив. робота (год.)	Тренінг (год.)	Самост. робота (год.)	Всього (год.)	Залік (сем.)
ДФН	1	1	30	30	4	8	48	120	1
ЗФН	1	1	8	4			108	120	2

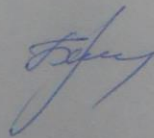
30.08.2024
[Signature]

Робочу програму складено на основі освітньо-професійних програм підготовки бакалавра галузі знань 01 "Освіта Педагогіка" спеціальності 015.39 "Професійна освіта. Цифрові технології" затверджених Вченою радою ЗУНУ протокол №11 від 26.06.2024 р.

Робочу програму розробив к.т.н., доцент Андрій МУШАК.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри економічної кібернетики та інформатики, протокол № 1 від "28" серпня 2024 р.

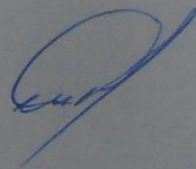
Завідувач кафедри
д.е.н., професор



Леся БУЯК

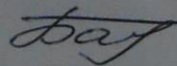
Розглянуто та схвалено групою забезпечення спеціальності 015.39 "Професійна освіта. Цифрові технології",
протокол № 1 від "30" серпня 2024 р.

Голова групи
забезпечення спеціальності
к.пед.н., доцент



Володимир ШАФРАНСЬКИЙ

Гарант ОП



Оксана БАШУЦЬКА

СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1. Опис дисципліни „Основи дискретної математики”

Дисципліна – Основи дискретної математики	Галузь знань, спеціальність, СВО	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів – 4.0	Галузь знань 01 “Освіта/Педагогіка”	Статус дисципліни – обов’язкова Мова навчання - українська
Кількість залікових модулів – 4	Спеціальність 015 "Професійна освіта (Цифрові технології)"	Рік підготовки 1 Семестр 1.
Кількість змістових модулів –3	Спеціалізація 015.39 "Цифрові технології"	Лекції: денна 30 год., заочна 8 год. Практичні заняття: денна 30 год., заочна 4 год.
Загальна кількість годин – 120 год.		Самостійна робота: денна - 56 год., заочна – 108 год. Тренінг 8 год. Індивідуальна робота: 4 год.
Тижневих годин: 10 год., з них аудиторних – 4 год.	Ступінь вищої освіти – бакалавр	Вид підсумкового контролю – залік

2. Мета й завдання вивчення дисципліни „Основи дискретної математики”

2.1. Мета та завдання дисципліни

Мета викладання дисципліни “Основи дискретної математики” – це засвоїти теоретичні знання і набути практичні навички з основ дискретної математики, потрібних студентам, які спеціалізуються в галузях прикладної математики та інформатики, математичної кібернетики і в подальшому вивчатимуть такі розділи сучасної інформатики, як теорія алгоритмів і математична логіка, системне програмування, системи автоматизованого керування, системи аналізу і проектування обчислювальної техніки та інших пристроїв дискретної дії, системи обробки і передачі інформації, аналіз даних, оптимізація обчислень, системи штучного інтелекту, комп’ютерної графіки, розпізнавання образів тощо.

2.2. Завдання вивчення дисципліни полягає у:

- ознайомленні студентів із головними питаннями курсу;
- викладенні студентам у відповідності з програмою та робочим планом основних питань курсу «Основи дискретної математики»;
- формуванні у студентів цілісної системи теоретичних знань з курсу «Основи дискретної математики».

2.2. Найменування та опис компетентностей, формування котрих забезпечує вивчення дисципліни

- вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми за професійним спрямуванням;
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації
- вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми за професійним спрямуванням;
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації;
- організувати власну професійну діяльність, обирати оптимальні методи та способи розв’язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем у професійній діяльності, оцінювати їхню ефективність;
- використовувати результати самостійного пошуку, аналізу та синтезу інформації з різних джерел для ефективного рішення спеціалізованих задач професійної діяльності;
- критично осмислювати основні теорії, принципи, методи і поняття у навчанні та професійній діяльності.

2.4. Передумови для вивчення дисципліни.

Вивчення курсу „Основи дискретної математики” передбачає наявність систематичних та ґрунтовних знань із суміжних та шкільних курсів («Математика», «Лінійна алгебра та аналітична геометрія»), а також цілеспрямованої роботи на лекційних та практичних заняттях, самостійної роботи студентів.

2.5. Результати навчання

Застосовувати ґрунтовні знання основних розділів дискретної математики (теорія множин,

відношень, графів, чисел, математична логіка, булева алгебра, комбінаторика) в обсязі, необхідному для користування математичним апаратом та методами у галузі автоматизації та приладобудування.

3. Програма навчальної дисципліни „Основи дискретної математики”

Змістовий модуль 1. Теорія множин

Тема 1. Основні поняття теорії множин і відношень

Множина. Елементи множини. Рівність множин. Задання і запис множин. Підмножини, буліан. Універсальна та порожня множини. Операції над множинами: об'єднання, переріз, доповнення, різниця, симетрична різниця. Принцип двоїстості. Потужність множин. Континуальні множини.
Література: 1-3, 7

Тема 2. Відношення множин

Впорядковані пари. Декартовий добуток множин. Поняття бінарного відношення. Переріз відношення. Фактор-множина. Способи задання відношень.
Література: 1-4, 12-16

Тема 3. Властивості відношень

Теоретико-множинні операції над відношеннями. Композиція відношень. Обернені відношення. Рефлексивні, симетричні і транзитивні відношення. Відношення еквівалентності. Відношення порядку. Функціональні бінарні відношення. Відображення. Функції і перетворення. Класифікація відображень (функцій). Композиція відображень.
Література: 1-3,6

Змістовий модуль 2. Теорія графів

Тема 4. Елементи теорії графів

Поняття графа. Орієнтація графа. Суміжність. Інцидентія. Степінь вершини. Підграф. Суграф. Частковий граф. Маршрут. Ланцюг. Шлях. Цикл. Контур. Повнота. Зв'язність. Сильна зв'язність. Ізоморфізм графів. Кількісні характеристики елементів графа.
Література: 2-5,7,9

Тема 5. Способи задання графів

Геометричні графи. Абстрактні графи. Матричне зображення графів: матриці інцидентій, суміжності вершин і ребер, циклів, розрізів. Дводольний граф.
Література: 2-10, 12

Тема 6. Операції над графами

Об'єднання графів. Переріз графів. Різниця графів. Симетрична різниця графів. Добуток графів. Операції над матрицями графів. Цикли в графах. Цикломатичне число графа. Компоненти зв'язності. Ранг та цикломатичне число графа. База незалежних циклів. Цикломатична матриця.
Література: 12-16

Тема 7. Гамільтонові та ейлерові графи

Ейлерові цикли. Ейлерові контури. Гамільтонові цикли і контури. Задача комівояжера. Постановка задачі. Методи вирішення задачі комівояжера для випадку 5-ти пунктів. Узагальнення розв'язку задачі комівояжера.
Література: 1-13

Тема 8. Пошук мінімальних шляхів на графах

Шлях з найменшою кількістю дуг. Шлях найменшої довжини. Алгоритм Дейкстри.
Література: 12,15-16

Тема 9. Транспортна мережа і потоки в ній

Транспортна мережа. Поняття пропускної здатності дуги і потоку. Теорема про найбільший потік і найменший розріз. Задача про найбільший потік. Алгоритм Форда і Фалкерсона.
Література: 4-8, 13

Змістовий модуль 3. Основи математичної логіки та комбінаторики.

Тема 10. Основи математичної логіки

Висловлення. Операції над висловленнями. Таблиці істинності. Тавтології. Суперечності. Рівносильність формул. Властивості логічних операцій.
Література: 1-6, 8-10

Тема 11. Нормальні форми

Нормальні форми. Алгоритми знаходження ДНФ та зведення ДНФ до досконалої ДНФ.
Література: 1-6, 8-10

Тема 12. Булеві функції

Поняття булевої функції. Способи задання булевих функцій. Елементарні булеві функції. Функції

алгебри логіки. Булеві функції однієї змінної. Булеві функції двох змінних. Алгебра булевих функцій. Принцип двоїстості. Питання функціональної повноти. Теорема Поста. Мінімізація булевих функцій. Індекс простоти. Метод Кванта для побудови скороченої ДНФ (КНФ).

Література: 1-6, 8-10

Тема 13. Модулярна арифметика та теорія чисел

Основні властивості модулярної арифметики, модулярне множення та експоненціювання, найбільший спільний дільник (алгоритм Евкліда), обернений елемент за модулем, діофантові рівняння (розширений алгоритм Евкліда).

Література: 12, 14-16

Тема 14. Основні теореми теорії чисел.

Функція Ейлера та її властивості, теорема Ферма, теорема Ейлера, Китайська теорема про залишки.

Література: 12, 14-16

Тема 15. Елементи комбінаторики. Основні формули та методи

Основні правила комбінаторики. Перестановки. Комбінації. Розміщення. Перестановки, комбінації, розміщення з повтореннями. Підстановки. Біноміальні коефіцієнти. Біном Ньютона. Трикутник Паскаля. Розбиття.

Література: 1, 6, 11

4. Структура залікового кредиту дисципліни „Основи дискретної математики”

ДНФ

	Кількість годин					Контрольні заходи
	Лекції	Практ. заняття	Самостійна робота	Індивідуальна робота	Тренінг	
<i>Змістовий модуль 1. Теорія множин і відношень</i>						
Тема 1. Основні поняття теорії множин	2	2	4	1	2	Поточне опитування
Тема 2. Відношення множин	2	2	4			Поточне опитування
Тема 3. Властивості відношень	2	2	4			Поточне опитування
<i>Змістовий модуль 2. Теорія графів</i>						
Тема 4. Елементи теорії графів	2	2	4	1,5	3	Поточне опитування
Тема 5. Способи задання графів	2	2	4			Поточне опитування
Тема 6. Операції над графами	2	2	4			Поточне опитування
Тема 7. Гамільтонові та ейлерові графи	2	2	2			Поточне опитування
Тема 8. Пошук мінімальних шляхів на графах	2	2	4			Поточне опитування
Тема 9. Транспортна мережа і потоки в ній			4			Поточне опитування
<i>Змістовий модуль 3. Основи математичної логіки та комбінаторики</i>						
Тема 10. Основи математичної логіки	2	2	4	1,5	3	Поточне опитування
Тема 11. Нормальні форми	2	2	2			Поточне опитування
Тема 12. Булеві функції	2	2	4			Поточне опитування
Тема 13. Модулярна арифметика та теорія чисел	2	2	4			Поточне опитування
Тема 14. Основні теореми теорії чисел.	2	2	4			Поточне опитування
Тема 15. Елементи комбінаторики. Основні формули та методи	2	2	4			Поточне опитування
Разом	30	30	56	4	8	

5. Тематика практичних занять.

Практичне заняття 1.

Тема: Основні поняття та операції теорії множин

Мета заняття: Ознайомитися з основними поняттями теорії множин та вміти розв'язувати задачі, які стосуються основних операцій на двох множинах.

Питання для обговорення:

1. Поняття множини. Способи означення множин.
2. Поняття порожньої й універсальної множин.
3. Відношення належності та включення. Підмножини.
4. Операції над множинами. Декартів (прямий) добуток множин.

Література: 1-3, 7

Практичне заняття 2.

Тема: Відповідність у теорії множин

Мета заняття. Ознайомитися з теорією, задачами, основними властивостями відповідностей у теорії множин.

Питання для обговорення:

1. Відповідність. Обернена відповідність, композиція відповідностей.
2. Властивості відповідностей: всюди визначеність, функціональність, сюр'єктивність, ін'єктивність.
3. Взаємно однозначна (бієктивна) відповідність.

Література: 1-4, 12-16

Практичне заняття 3.

Тема: Потужність і відношення множин

Мета заняття. Ознайомитися з поняттями потужності та відношення множин, вміти розв'язувати задачі пов'язані з даними поняттями.

Питання для обговорення:

1. Потужність множин. Злічені та незлічені множини. Континуальні множини.
2. Відношення, властивості бінарних відношень. Відношення еквівалентності.
3. Розбиття множини. Фактор множини. Відношення часткового порядку. Лінійний порядок. Лексикографічний порядок.

Література: 1-3,6

Практичне заняття 4.

Тема: Основні елементи алгебри Буля

Мета заняття. Ознайомитися з основними поняттями елементами алгебри Буля.

Питання для обговорення:

1. Булева функція. Задання булевої функції. Таблиця істинності. Елементарні булеві функції.
2. Функції і формули математичної логіки.
3. Рівносильність (еквівалентність) формул. Основні тотожності алгебри логіки.

Література: 1-6, 8-10

Практичне заняття 5.

Тема: Зведення логічних функцій до канонічної форми

Мета заняття. Навчитися зводити логічні функції до канонічної форми.

Питання для обговорення:

1. Теорема про розклад булевої функції за змінними.
2. Канонічні форми логічних функцій: диз'юнктивна нормальна форма (ДНФ) булевої функції та її кон'юнктивна нормальна форма.

Література: 1-6, 8-10

Практичне заняття 6.

Тема: Алгебра Жегалкіна та її застосування

Мета заняття. Навчитися застосовувати алгебру Жегалкіна для заданої булевої функції.

Питання для обговорення:

1. Алгебра Жегалкіна. Методи побудови полінома Жегалкіна для заданої булевої функції.
2. Проблема повноти систем булевих функцій.
3. Метод зведення і приклади функціонально повних систем булевих функцій.

Література: 1-6, 8-10

Практичне заняття 7.

Тема: Оптимізація формул алгебри логіки

Мета заняття. Навчитися проводити оптимізацію формул алгебри логіки.

Питання для обговорення:

1. Проблема мінімізації формул алгебри логіки. Критерії оптимізації.
2. Методи побудови мінімальних ДНФ.
3. Імпліканта булевої функції, властивості імплікант. Поняття простої імпліканти. Метод Квайна, карти Карно.

Література: 1-6, 8-10

Практичне заняття 8.

Тема: Графи, їх характеристика і основні операції на ними

Мета заняття. Ознайомитися з основними поняттями теорії графів, проводити операції на графах.

Питання для обговорення:

1. Поняття графа. Способи задання графів. Степені вершин графа. Ізоморфізм графів. Підграфи.
2. Операції над графами. Графи і бінарні відношення.
3. Шлях у графі. Ланцюги і цикли. Зв'язність графів. Метричні характеристики графа: відстань, ексцентриситет, радіус, діаметр.

Література: 2-5,7,9

Практичне заняття 9.

Тема: Властивості графів

Мета заняття. Застосування основних властивостей графа

Питання для обговорення:

1. Дерево, ліс. Властивості дерев. Скелетні дерева і скелетні ліси графів. Двочасткові графи.
2. Обходи графів. Ейлерові цикли та ейлерові графи. Теорема Ейлера.

Література: 2-5,7,9

Практичне заняття 10.

Тема: Застосування теорії графів

Мета заняття. Застосування теорії графів на основі розфарбування графів.

Питання для обговорення:

1. Гамільтонові цикли. Планарність графів, критерії планарності. Розфарбування графів.
2. Орієнтовані графи. Застосування теорії графів. Граф як модель.

Література: 2-5,7,9

Практичне заняття 11.

Тема: Модулярна арифметика та теорія чисел

Мета заняття. Ознайомитися з основними поняттями модулярної арифметики та теорії чисел.

Питання для обговорення:

1. Основні властивості модулярної арифметики.
2. Модулярне множення та експоненціювання.
3. Найбільший спільний дільник (алгоритм Евкліда), обернений елемент за модулем, діофантові рівняння (розширений алгоритм Евкліда).

Література: 12, 14-16

Практичне заняття 12.

Тема: Основні теореми теорії чисел

Мета заняття. Ознайомитися з фундаментальними теоремами теорії чисел, та вміти застосовувати до прикладних задач.

Питання для обговорення:

1. Функція Ейлера та її властивості.
2. Теорема Ферма, теорема Ейлера.
3. Китайська теорема про залишки.

Література: 12, 14-16

Практичне заняття 13.

Тема: Основні поняття теорії автоматів

Мета заняття. Ознайомитися з основними поняттями теорії автоматів.

Питання для обговорення:

1. Поняття скінченного автомата. Методи завдання автоматів: табличний, графічний і матричний.

Література: 1-6, 8-10

Практичне заняття 14.

Тема: Комбінаторні обчислення для основних теоретико-множинних операцій

Мета заняття. Навчитися проводити обчислення для основних комбінаторних теоретико-множинних операцій.

Питання для обговорення:

1. Обчислення для основних комбінаторних теоретико-множинних операцій.
2. Формула включення і виключення.
3. Основне правило комбінаторики (правило множення).

Література: 1, 6, 11

Практичне заняття 15.

Тема: Застосування сполук, перестановок і розміщень

Мета заняття. Навчитися застосовувати сполуки, перестановок і розміщень.

Питання для обговорення:

1. Сполуки, перестановки і розміщення. Перестановки і сполуки з повтореннями.
2. Біном Ньютона і поліноміальна теорема. Біномні тотожності.

Література: 1, 6, 11

6. Самостійна робота та дуальна освіта

№ п/п	Тематика
1	Алгоритм розв'язання лінійного однорідного рекурентного співвідношення зі сталими Коефіцієнтами
2	Доведення теоретико-множинних співвідношень за допомогою логічних таблиць.
3	Комбінаторне правило суми і правило добутку. Описати ситуації, коли слід застосовувати кожне з них
4	Правила побудови досконалої кон'юнктивної нормальної форми булевої функції, яка задана Таблицею
5	Правила побудови і принципи застосування критеріальної таблиці для розв'язання проблеми повноти певної системи булевих функцій.
6	Формули для визначення числа перестановок, сполук і розміщень.
7	Формули для виконання комбінаторних обчислень для основних теоретико-множинних Операцій
8	Теорема про розклад булевої функції за змінними. Записати окремі випадки розкладу

7. Організація та проведення тренінгу з дисципліни

Порядок проведення тренінгу:

Вступна частина проводиться з метою ознайомлення студентів з темою тренінгу.

Організаційна частина полягає у створенні робочого настрою у колективі студентів.

Практична частина реалізується шляхом виконання завдань з певних проблемних питань теми тренінгу.

Підведення підсумків. Обговорення результатів виконаних завдань. Обмін думками з питань, що виносились на тренінг.

Рекомендується наступне проведення тренінгу:

№п/п	Вид роботи	Порядок проведення тренінгу
1	Лекція	Елементи теорії чисел. Модулярна арифметика.
2	Розв'язування задач	Теорія чисел. Алгоритм Евкліда. Сисетма числення залишкових чисел.

8. Методи навчання.

У навчальному процесі застосовуються: лекції, в тому числі з використання мультимедійного проектора та інших ТЗН; практичні роботи, індивідуальні заняття; робота в Інтернет.

9. Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання.

У процесі вивчення дисципліни „Основи дискретної математики” використовуються наступні засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

- поточне опитування;
- залікове модульне тестування та опитування;
- оцінювання результатів тренінгу;
- завдання на лабораторному обладнанні, тощо;
- письмова контрольна робота;
- інші види індивідуальних та групових завдань.

10. Критерії, форми поточного та підсумкового контролю

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни „Основи дискретної математики” визначається як середньозважена величина, залежно від питомої ваги кожної складової залікового кредиту:

Модуль 1		Модуль 2		Модуль 3	Модуль 4
20%	20%	20%	20%	5%	15%
Поточне оцінювання	Модульний контроль 1	Поточне оцінювання	Модульний контроль 2	Тренінг	Самостійна робота
Оцінка визначається як середнє арифметичне з отриманих оцінок за перший змістовий модуль (теми 1-7)	Виконання модульного завдання, складається із однієї практичної задачі (теми 1-7)	Оцінка визначається як середнє арифметичне з отриманих оцінок за другий змістовий модуль (теми 8-15)	Виконання модульного завдання, складається із однієї практичної задачі (теми 8-15)	Оцінка за виконання завдання (звіт)	Оцінка за виконання самостійного завдання (презентація або звіт)

Шкала оцінювання

За шкалою університету	За національною шкалою	За шкалою ECTS
90–100	відмінно	A (відмінно)
85–89	добре	B (дуже добре)
75–84		C (добре)
65–74	задовільно	D (задовільно)
60–64		E (достатньо)
35–59	незадовільно	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)
1–34		F (незадовільно з обов'язковим повторним курсом)

11. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна.

№	Найменування	Номер теми
1.	Електронний варіант лекцій	1-15
2.	Інструкції до виконання практичних робіт (електронний варіант)	1-15
3	Обладнання: Intel Pentium G4400 – 10 шт	1-15
4	Microsoft Windows, Microsoft Office, Mozilla Firefox, Nod32, FoxitReader, AdobeReader, WinRAR, WinZip, MathCAD, MatLab, Total Commander, C#, C++, MASM32, Java Server Pages, Servlets, IBM Rational, GPSS World, Visual Web Developer 2008 Express, SWI Prolog, Spider Project, Primavera Project Planner, SQL Server 2008 Enterprise, Visio Professional 2007, Visual Studio Team System 2008, Microsoft Robotics Developer	1-15

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Журавчак Л. М. Дискретна математика для програмістів : навч. посіб. – Львів : Львівська політехніка, 2019. – 420 с.
2. Спекторський І. Я., Стусь О. В., Статкевич В. М. Дискретна математика (Електронний ресурс) : розрахункові роботи для студентів спеціальностей 124 «Системний аналіз», 122 «Комп’ютерні науки» / КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 578 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 84 с.
3. Андерсон Джеймс. Дискретная математика и комбинаторика / Джеймс Андерсон. – М.: Вильямс, 2019. – 960 с.
4. Кривий С.Л. Дискретна математика / С.Л. Кривий. – К.: Букрек, 2017. – 568 с.
5. Kevin Ferland. Discrete Mathematics and Applications. – Chapman and Hall/CRC, 2017. – 944 p.
6. Kenneth H. Rosen. Handbook of Discrete and Combinatorial Mathematics. – Chapman and Hall/CRC, 2017. – 1612 p.
7. Douglas B. West. Combinatorial Mathematics. – Cambridge University Press, 2020. – 950 p.
8. Оглобліна О. І., Сушко Т. С., Шрамко С. В. Елементи теорії чисел : навчальний посібник. — Міністерство освіти і науки України, Сумський державний університет, 2015. — 185 с.
9. Коцовський В.М. Дискретна математика та теорія алгоритмів. Ч. 1. — Ужгород: УНУ, 2016. — 96 с.
10. Кублій Л.І., Ногін М.В. Вибрані розділи дискретної математики. Алгебричні структури. Алгебра логіки. Математична логіка: Навч. посібник. — К.: НТУУ “КПІ”, 2012. — 172 с.
11. Мещеряков В.І., Черепанова К.В. Невизначене програмування: Консп. лекцій. — Одеса: ОДЕУ, 2017. — 88с.
12. Нікольський Ю.В., Пасічник В.В., Щербина Ю.М. Дискретна математика: Підручник. Вид. 4-е. — Львів: Магнолія, 2016. — 432 с.
13. Дискретна математика для інформатиків : навч. посіб. / С. В. Бразинська, Т. М. Дубовик ; за ред. д-ра фіз.-мат. наук, проф. А. І. Косолапа ; ДВНЗ "Укр. держ. хім.-технол. ун-т". – Дніпро : ДВНЗ УДХТУ, 2018. – 150 с.
14. Дискретна математика : методичні рекомендації до лабораторних робіт для студентів галузі знань 12 "Інформаційні технології" першого (бакалаврського) рівня / уклад. Т. В. Денисова, В. Ф. Сенчуков. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2018. – 114 с