

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ ТА ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра кібернетики і прикладної математики**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Декан факультету математики
та цифрових технологій
Микола МАЛЯР
«30» 06 2023 року



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МАТЕМАТИЧНА ЛОГІКА ТА ТЕОРІЯ АЛГОРИТМІВ

Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	11 Математика та статистика
Спеціальність	113 Прикладна математика
Освітня програма	Системи штучного інтелекту
Статус дисципліни	обов'язкова
Мова навчання	Українська

Робоча програма навчальної дисципліни «Математична логіка та теорія алгоритмів» для здобувачів вищої освіти галузі знань **11 Математика та статистика** спеціальності **113 Прикладна математика** освітньої програми **Системи штучного інтелекту**.

Розробник: Мич І. А., доцент, к. ф.-м. н, доцент кафедри кібернетики і прикладної математики

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри **кібернетики і прикладної математики**.

Протокол № 12 від «05» 06 2023 року.

Завідувач кафедри  Павло МУЛЕСА

Схвалено науково-методичною комісією **факультету математики та цифрових технологій**.

Протокол № 10 від «20» червня 2023 року.

Голова науково-методичної комісії  Наталія ЮРЧЕНКО

© Мич І. А., 2023 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2023 р.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування Показників	Розподіл годин за навчальним планом
	Денна форма Навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 5	Рік підготовки:
Загальна кількість годин – 150	3-й
Кількість модулів – 2	Семестр:
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних –4 самостійної роботи студента – 4	5-й
	Лекції:
	36
	Практичні (семінарські):
	38
Вид підсумкового контролю: екзамен	Лабораторні:
	-
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:
	76

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою курсу є ознайомлення з основами математичної логіки, яка є однією із сучасних розділів сучасної математики, а також з будовою (структурою) математичних тверджень і навчання методам доведення математичних теорій, розвиток алгоритмічного стилю мислення.

Завданням дисципліни «Математична логіка та теорія алгоритмів» є вивчення алгебри висловлювань та предикатів, логічних операцій k -значної логіки, навчання студентів на практиці застосовувати одержані знання з математичної логіки та теорії алгоритмів.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

ЗК01. Здатність учитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК03. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК06. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК07. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК08. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК17. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ФК01. Здатність використовувати й адаптувати математичні теорії, методи та прийоми для доведення математичних тверджень і теорем.

ФК02. Здатність виконувати завдання, сформульовані у математичній формі.

ФК03. Здатність обирати та застосовувати математичні методи для розв'язання прикладних задач, моделювання, аналізу, проектування, керування, прогнозування, прийняття рішень.

ФК04. Здатність розробляти алгоритми та структури даних, програмні засоби та програмну документацію.

ФК13. Здатність зрозуміти постановку завдання, сформульовану мовою певної предметної галузі, здійснювати пошук та збір необхідних вихідних даних.

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «Математична логіка та теорія алгоритмів» є опанування таких навчальних дисциплін освітньої програми:

ОК 9 Дискретна математика.

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «Системи штучного інтелекту», вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Демонструвати знання й розуміння основних концепцій, принципів, теорій прикладної математики і використовувати їх на практиці.	РН01.
Виконувати математичний опис, аналіз та синтез дискретних об'єктів та систем, використовуючи поняття й методи дискретної математики та теорії алгоритмів.	РН04
Будувати ефективні щодо точності обчислень, стійкості, швидкодії та витрат системних ресурсів алгоритми для чисельного дослідження математичних моделей та розв'язання практичних задач.	РН09

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Математична логіка та теорія алгоритмів»:

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Знання основних понять теорій алгебри висловлювань, алгебри предикатів, теорії комбінаторного аналізу та багатозначної логіки. Розуміння основних алгоритмічних схем теорії алгоритмів.	РН01
Виконання аксіоматичного методу побудови змістових і формальних систем, методів побудови дедуктивного логічного виводу в аксіоматичних теоріях. Формалізувати знання про прикладну проблемну область мовою логіки предикатів. Доведення логічних наслідків в даній проблемній області за допомогою достовірного (дедуктивного) виводу. Застосування методів багатозначних логік для опису структурованих проблемних областей;	РН04
Вміння будувати таблиці істинності, перевіряти загальнозначущість формул логіки висловлювань і формул логіки предикатів. Виконання операцій в багатозначних логіках. Побудови основних алгоритмів для розв'язання практичних задач.	РН09

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Методи навчання

Метод проблемного викладення матеріалу, пояснювально-ілюстративний метод, пошуковий метод.

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- виконання практичних завдань;
- модульні контрольні роботи;
- іспит.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю: фронтальне опитування, виступ на практичних заняттях, виконання типових практичних завдань.

Форма модульного контролю: письмова контрольна робота.

Форма підсумкового семестрового контролю: іспит (5-ий семестр).

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне тестування та самостійна робота					Модульна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	80	100
4	4	4	4	4		

T1, T2 ... – теми

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне тестування та самостійна робота								Модульна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	80	100
2	2	2	2	3	3	3	3		

T1, T2 ... – теми

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Практичні заняття	5	20	8	20
Модульна контрольна робота	1	80	1	80
Разом		100		100

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Матеріал кожного модуля, який здобувачі вищої освіти повинні засвоїти протягом семестру, вноситься на одну з двох модульних контрольних робіт.

Модульна контрольна робота складається з теоретичних та практичних завдань, які виконуються письмово на листках формату А3. Варіант модульної контрольної роботи складається з 2 частин. Перша частина містить два теоретичні питання (кожне оцінюється по 10 балів). Студент повинен володіти основними поняттями, термінами, означеннями з курсу «Математична логіка та теорія алгоритмів». Уміти формулювати та доводити теореми. Друга частина модульного контролю присвячена використанню набутих знань для розв'язування практичних завдань. Включає чотири завдання, кожне з яких оцінюється в 15 балів.

Неявка на модульну контрольну роботу оцінюється в 0 балів незалежно від причини невиконання (неявки).

Здобувач вищої освіти, який не з'явився на модульну контрольну роботу, або ж його модульна оцінка складає від 0 до 34 балів, зобов'язаний скласти (перескласти) модуль до початку підсумкового контролю у строки, визначені викладачем дисципліни та погоджені деканатом факультету.

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Екзаменаційна методика оцінювання. За результатами модульних контролів визначається підсумкова модульна оцінка. Екзаменаційна оцінка визначається в залежності від рейтингового балу, або балів за екзамен.

До складання екзамену допускаються здобувачі вищої освіти, у яких підсумкова модульна оцінка за семестр становить не менше 35.

Здобувач вищої освіти, підсумкова модульна оцінка якого складає від 0 до 34 балів, зобов'язаний покращити її до початку підсумкового семестрового контролю під час чергування викладача на кафедрі у строки, визначені викладачем дисципліни та погоджені деканатом факультету. В протилежному випадку, здобувач не допускається до екзамену і у нього виникає академічна заборгованість.

Екзамен з навчальної дисципліни здобувач вищої освіти може не складати, якщо він успішно пройшов усі модульні контролі та його влаштовує підсумкова модульна оцінка. Здобувачі вищої освіти, підсумкова модульна оцінка яких становить від 35 до 59, екзамен складають обов'язково. Здобувач освіти може підвищити на екзамені рейтинговий бал, при цьому, за результатами складання екзамену оцінка не може бути менша за підсумкову модульну оцінку, яку він отримав за результатами модульних контролів.

Екзамен проводиться в усній формі. Екзаменаційний білет складається з двох теоретичних питань та трьох практичних завдань. Оцінювання результатів навчання на екзамену здійснюється за 100-бальною шкалою. Оцінка за екзамен вноситься у відомість обліку успішності.

Таблиця відповідності оцінок за різними шкалами оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену	для заліку
90-100	A	Відмінно	зараховано
82-89	B	Добре	
74-81	C		
64-73	D	Задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	незараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	незараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Критерій оцінювання підсумкового контролю з дисципліни

— **«відмінно» (90-100 балів, A)** заслуговує студент, який виявив всебічне і глибоке знання програмового матеріалу, вміння вільно виконувати завдання, передбачені програмою, засвоїв основну і ознайомився з додатковою літературою, розуміє взаємозв'язок головних понять дисципліни та їх значення для майбутньої професії;

— **«добре» (82-89 балів, B)** заслуговує студент, який виявив повне знання програмного матеріалу, успішно виконує передбачені програмою завдання, засвоїв основну літературу рекомендовану програмою, виявив систематичний характер знань з дисциплін і здатний до самостійного доповнення, але під час відповіді допустив деякі неточності;

— **«добре» (74-81 бал, C)** заслуговує студент, що виявив не цілком повне знання програмного матеріалу, не завжди успішно виконує передбачені програмою завдання, частково засвоїв основну літературу, рекомендовану програмою, виявив не систематичний характер знань з дисциплін і не завжди здатний до їх самостійного доповнення і під час відповіді допускає деякі неточності;

— **«задовільно» (64-73 бали, D)** заслуговує студент, що виявив знання основного програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий з основною рекомендованою літературою. Як правило, дана оцінка виставляється студентам, що допустили помилки у відповіді на заліку чи екзамені та при виконанні залікових або екзаменаційних завдань, але які володіють необхідними знаннями для їх усунення за допомогою викладача;

— **«задовільно» (60-63 балів, E)** заслуговує студент, що виявив часткове знання основного програмового матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, не завжди вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий лише частково з основною рекомендованою літературою. Як правило, дана оцінка виставляється студентам, що допустили грубі помилки у відповіді на заліку чи екзамені та при виконанні залікових або екзаменаційних завдань, але які частково володіють необхідними знаннями для їх усунення за допомогою викладача.

— **«незадовільно» (35-59 балів, FX)** виставляється студенту, який виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань.

— **«незадовільно» (0-34 балів, F)** виставляється студенту коли протягом семестру він допустив грубі помилки у виконанні передбачених програмою завдань.

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1 Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Тема 1. Поняття висловлювання. Операції алгебри висловлювань. Формули алгебри висловлювань. Інтерпретація формул алгебри висловлювань. Таблиця істинності формул. Логічні рівняння.

Тема 2. Рівносильні формули алгебри висловлювань. Рівносильні перетворення формул. Види формул алгебри висловлювань. Властивості загальнозначимих формул.

Тема 3. Елементарні кон'юнкції, елементарні диз'юнкції. Нормальні форми формул алгебри висловлювань.

Тема 4. Метод резолюцій алгебри висловлювань. Відношення логічного слідування формул алгебри висловлювань та його властивості. Застосування понять алгебри висловлювань для визначення структури висловлювання та аналізу міркування.

Тема 5. Пропозиційні форми та їх властивості. Поняття предиката. Способи задання предикатів.

Тема 6. Логічні операції над предикатами. Висловлювання і 0-місні предикати. Операції квантифікації предикатів.

Тема 7. Алфавіт і формули алгебри предикатів. Вільні та пов'язані входження змінних у формули. Відкрита та замкнута формули.

Тема 8. Інтерпретації формул алгебри предикатів. Рівносильні формули алгебри предикатів. Рівносильні перетворення формул. Нормальні форми формул алгебри предикатів.

Тема 9. Метод резолюцій для формул алгебри предикатів. Логічне слідування формул алгебри предикатів. Застосування апарату алгебри предикатів для аналізу міркувань.

Модуль 2.

Тема 1. Поняття вектора та функції k -значної логіки. Операції k -значної логіки.

Тема 2. Теорема про розклад функції k -значної логіки. Нормальні форми функції k -значної логіки.

Тема 3. Алгоритми в математиці. Основні вимоги до алгоритмів.

Тема 4. Алгоритми побудови швидких перетворень. Алгоритми знаходження спектрів дискретних сигналів у різних базисах. Геометричне представлення функцій та алгоритмів двозначної логіки

Тема 5. Частково визначені обчислювальні функції. Частково рекурсивні та примітивно рекурсивні функції.

Тема 6. Алгоритмічно нерозв'язні проблеми.

Тема 7. Складність алгоритмів. Поліноміальні та експоненціальні алгоритми.

Тема 8. Класи задач P і NP. NP-складні і NP-повні задачі. Приклади NP-повних задач.

6.2 Структура навчальної дисципліни

Назви тем	Кількість годин 150					
	Форма навчання: денна					
	Усього	у тому числі				
		Лекції	практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота
5-ий семестр						
Модуль 1						
Тема 1. Поняття висловлювання. Операції алгебри висловлювань. Формули алгебри висловлювань. Інтерпретація формул алгебри висловлювань. Таблиця істинності формул. Логічні рівняння.	8	2	2			4
Тема 2. Рівносильні формули алгебри висловлювань. Рівносильні перетворення формул. Види формул алгебри висловлювань. Властивості загальнозначимих формул.	8	2	2			4
Тема 3. Елементарні кон'юнкції, елементарні диз'юнкції. Нормальні форми формул алгебри висловлювань.	8	2	2			4
Тема 4. Метод резолюцій алгебри висловлювань. Відношення логічного слідування формул алгебри висловлювань та його властивості. Застосування понять алгебри висловлювань для визначення структури висловлювання та аналізу міркування.	10	2	2			6
Тема 5. Пропозиційні форми та їх властивості. Поняття предиката. Способи задання предикатів.	8	2	2			4
Тема 6. Логічні операції над предикатами. Висловлювання і 0-місні предикати. Операції квантифікації предикатів.	8	2	2			4
Тема 7. Алфавіт і формули алгебри предикатів. Вільні та пов'язані входження змінних у формули. Відкрита та замкнута формули.	8	2	2			4
Тема 8. Інтерпретації формул алгебри предикатів. Рівносильні формули алгебри предикатів. Рівносильні перетворення формул. Нормальні форми формул алгебри предикатів.	10	2	2			6
Тема 9. Метод резолюцій для формул алгебри предикатів. Логічне слідування формул алгебри предикатів. Застосування апарату алгебри предикатів для аналізу міркувань.	10	4	2			4
Модульна контрольна робота	2		2			
Разом за модуль	80	20	20			40

Модуль 2						
Тема 1. Поняття вектора та функції k -значної логіки. Операції k -значної логіки.	8	2	2			4
Тема 2. Теорема про розклад функції k -значної логіки. Нормальні форми функції k -значної логіки.	10	2	2			6
Тема 3. Алгоритми в математиці. Основні вимоги до алгоритмів.	8	2	2			4
Тема 4. Алгоритми побудови швидких перетворень. Алгоритми знаходження спектрів дискретних сигналів у різних базисах. Геометричне представлення функцій та алгоритмів двозначної логіки	10	2	2			6
Тема 5. Частково визначені обчислювальні функції. Частково рекурсивні та примітивно рекурсивні функції.	8	2	2			4
Тема 6. Алгоритмічно нерозв'язні проблеми.	8	2	2			4
Тема 7. Складність алгоритмів. Поліноміальні та експоненціальні алгоритми.	10	2	2			6
Тема 8. Класи задач P і NP. NP-складні і NP-повні задачі. Приклади NP-повних задач.	8	2	2			4
Модульна контрольна робота			2			
Разом за модуль	70	16	18			36
Разом за семестр	150	36	38			76

6.3 Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Поняття висловлювання. Операції алгебри висловлювань. Формули алгебри висловлювань. Інтерпретація формул алгебри висловлювань. Таблиця істинності формул. Логічні рівняння.	2
2	Рівносильні формули алгебри висловлювань. Рівносильні перетворення формул.	2
3	Елементарні кон'юнкції, елементарні диз'юнкції. Нормальні форми формул алгебри висловлювань.	2
4	Метод резолюцій алгебри висловлювань. Відношення логічного слідування формул алгебри висловлювань та його властивості.	2
5	Пропозиційні форми та їх властивості. Поняття предиката. Способи задання предикатів.	2
6	Логічні операції над предикатами. Висловлювання і 0-місні предикати. Операції квантифікації предикатів.	2
7	Алфавіт і формули алгебри предикатів. Вільні та пов'язані входження змінних у формули. Відкрита та замкнута формули.	2
8	Інтерпретації формул алгебри предикатів. Рівносильні формули алгебри предикатів. Рівносильні перетворення формул. Нормальні форми формул алгебри предикатів.	2
9	Метод резолюцій для формул алгебри предикатів. Логічне слідування формул алгебри предикатів. Застосування апарату алгебри предикатів для аналізу міркувань.	2
10	Модульна контрольна робота	2

11	Поняття вектора та функції k -значної логіки. Операції k -значної логіки.	2
12	Теорема про розклад функції k -значної логіки. Нормальні форми функції k -значної логіки.	2
13	Алгоритми в математиці. Основні вимоги до алгоритмів.	2
14	Алгоритми побудови швидких перетворень. Алгоритми знаходження спектрів дискретних сигналів у різних базисах. Геометричне представлення функцій та алгоритмів двозначної логіки	2
15	Частково визначені обчислювальні функції. Частково рекурсивні та примітивно рекурсивні функції	2
16	Алгоритмічно нерозв'язні проблеми.	2
17	Складність алгоритмів. Поліноміальні та експоненціальні алгоритми.	2
18	Класи задач P і NP . NP-складні і NP-повні задачі. Приклади NP-повних задач.	2
19	Модульна контрольна робота	2
	Разом	38

6.4 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Поняття висловлювання. Операції алгебри висловлювань. Формули алгебри висловлювань. Інтерпретація формул алгебри висловлювань. Таблиця істинності формул. Логічні рівняння.	4
2	Рівносильні формули алгебри висловлювань. Рівносильні перетворення формул.	4
3	Елементарні кон'юнкції, елементарні диз'юнкції. Нормальні форми формул алгебри висловлювань.	4
4	Метод резолюцій алгебри висловлювань. Відношення логічного слідування формул алгебри висловлювань та його властивості.	6
5	Пропозиційні форми та їх властивості. Поняття предиката. Способи задання предикатів.	4
6	Логічні операції над предикатами. Висловлювання і 0-місні предикати. Операції квантифікації предикатів.	4
7	Алфавіт і формули алгебри предикатів. Вільні та пов'язані входження змінних у формули. Відкрита та замкнута формули.	4
8	Інтерпретації формул алгебри предикатів. Рівносильні формули алгебри предикатів. Рівносильні перетворення формул. Нормальні форми формул алгебри предикатів.	6
9	Метод резолюцій для формул алгебри предикатів. Логічне слідування формул алгебри предикатів. Застосування апарату алгебри предикатів для аналізу міркувань.	4
10	Поняття вектора та функції k -значної логіки. Операції k -значної логіки.	4
11	Теорема про розклад функції k -значної логіки. Нормальні форми функції k -значної логіки.	6
12	Алгоритми в математиці. Основні вимоги до алгоритмів.	4
13	Алгоритми побудови швидких перетворень. Алгоритми знаходження спектрів дискретних сигналів у різних базисах. Геометричне представлення функцій та алгоритмів двозначної	6

	логіки	
14	Частково визначені обчислювальні функції. Частково рекурсивні та примітивно рекурсивні функції	4
15	Алгоритмічно нерозв'язні проблеми.	4
16	Складність алгоритмів. Поліноміальні та експоненціальні алгоритми.	6
17	Класи задач P і NP . NP-складні і NP-повні задачі. Приклади NP-повних задач.	4
	Разом	38

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

Технічні засоби – персональні комп'ютери, мультимедійний проєктор.

Програмне забезпечення – операційна система, сервіс Google Meet, система електронного навчання Moodle.

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Кривий С.Л. Курс дискретної математики: навчальний посібник. Київ: Книжкове видавництво НАУ, 2007. 432 с.
2. Матвієнко М.П., Шаповалов С.П. Математична логіка та теорія алгоритмів. К.: Ліра-К, 2021. 212 с.
3. Шкільняк С. С. Математична логіка. Основи теорії алгоритмів: навч. посібник. Київ: ДП «Вид. дім Персонал», 2009. 280 с.
4. Мич І.А. Алгебра предикатів: методичні вказівки. Ужгород: Ужгород. нац. ун-т, 2018. 35 с.

Допоміжна література

1. Бондаренко М.Ф., Білоус Н.В., Руткас А.Г. Комп'ютерна дискретна математика. Харків: «Компанія СМІТ», 2004. 480 с.
2. Aгаian, S. Binary polynomial transforms and nonlinear digital filters. New York, 1995. –302 p.
3. Матвієнко М. П. Дискретна математика. Київ: Ліра-К, 2019. 324 с.
4. Борисенко О. А. Дискретна математика. – Суми: Університетська книга, 2023. 255 с.
5. Лісовик Л.П., Шкільняк С.С. Теорія алгоритмів. Навчальний посібник. К., ВПЦ Київського університету, 2003. 163 с
6. Нікітченко М.С., Шкільняк С.С. Математична логіка. Навчальний посібник. К., ВПЦ Київського університету, 2003. 120 с.