

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ**

**Система забезпечення якості освітньої діяльності та якості вищої освіти**  
*сертифікована на відповідність ДСТУ ISO 9001:2015 / ISO 9001:2015*

**Кафедра вищої та прикладної математики**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**  
вченою радою  
(пост. № 8 від « 25 » вересня 2021 р.)  
Ректор



А. А. Мазаракі

**ДИСКРЕТНА МАТЕМАТИКА /  
DISCRETE MATHEMATICS**

**ПРОГРАМА /  
COURSE SUMMARY**

**Київ 2021**

**Розповсюдження і тиражування без офіційного дозволу КНТЕУ  
Заборонено**

Автори: В.І.ДЕНИСЕНКО, кандидат фіз.-мат. наук,  
доцент кафедри вищої та прикладної математики  
В.Ю.КОТЛЯР, кандидат фіз.-мат. наук,  
доцент кафедри вищої та прикладної математики

Програму розглянуто та схвалено на засіданні кафедри вищої та прикладної математики 21 квітня 2021 р., протокол № 8.

Рецензенти: С.В. БІЛОУСОВА, кандидат фіз.- математичних наук,  
доцент кафедри вищої та прикладної математики  
А.А. РОСКЛАДКА, доктор економічних наук,  
кандидат фіз.–математичних наук, професор кафедри  
цифрової економіки та системного аналізу, завідувач  
кафедри цифрової економіки та системного аналізу  
А.Т. САМОЙЛЕНКО, кандидат фіз.- математичних наук,  
доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних  
технологій

**ДИСКРЕТНА МАТЕМАТИКА/  
DISCRETE MATHEMATICS**

**ПРОГРАМА /  
COURSE SUMMARY**

## ВСТУП

Запропонована програма дисципліни «Дискретна математика» призначена для студентів освітнього ступеня «бакалавр» галузей знань 12 «Інформаційні технології», 05 «Соціальні та поведінкові науки» за навчальним планом є обов'язковою та відноситься до циклу загальної підготовки бакалаврів зі спеціальностей 122 «Комп'ютерні науки», 124 «Системний аналіз», 126 «Інформаційні системи та технології», 051 «Економіка» спеціалізацій «Комп'ютерні науки», «Інформаційні технології та бізнес-аналітика (Data Science)», «Інформаційні системи та технології», «Цифрова економіка».

Програму підготовлено відповідно до Стандартів вищої освіти України зі спеціальностей 051 «Економіка», 124 «Системний аналіз», Стандарту вищої освіти КНТЕУ зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» та відповідних освітньо-професійних програм підготовки бакалаврів і магістрів КНТЕУ.

Програма складається з таких розділів:

1. Мета, завдання та предмет дисципліни.
2. Передумови вивчення дисципліни як вибіркової компоненти освітньої програми.
3. Результати вивчення дисципліни.
4. Зміст дисципліни.
5. Список рекомендованих джерел.

### ***1.МЕТА, ЗАВДАННЯ ТА ПРЕДМЕТ ДИСЦИПЛІНИ***

**Метою** вивчення дисципліни «Дискретна математика» є: формування у майбутніх фахівців необхідного рівня професійних знань з методів та засобів дослідження та організації дискретних (економічних та інформаційно-технологічних) систем; набуття практичних навичок використання отриманих теоретичних знань для розв'язування задач дискретного аналізу, теорії графів, складних систем дискретного характеру на основі застосування математичних методів та системного підходу; набуття студентами навичок природничого використання формальних методів дискретної математики пов'язаних з розробкою та експлуатацією засобів обчислювальної техніки та програмного забезпечення; підготовка теоретичного фундаменту для вивчення наступних курсів професійної спрямованості.

**Предметом** вивчення дисципліни є основні методи аналізу дискретних систем, а також засоби їх представлення та обробки

мовою запитів SQL реляційних баз даних і модельному середовищі автоматизованої системи математичного проектування Mathcad.

**Завданням** вивчення дисципліни є опанування студентами апарату дискретної математики для формалізації та математичного опису задач, що виникають у процесі розробки та експлуатації засобів обчислювальної техніки та програмного забезпечення, якій в свою чергу є теоретичним фундаментом для вивчення наступних дисциплін професійної спрямованості.

## **2. ПЕРЕДУМОВИ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ ЯК ВИБІРКОВОЇ КОМПОНЕНТИ ОСВІТНЬОЇ ПРОГРАМИ**

У структурно-логічній схемі підготовки бакалаврів за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» навчальна дисципліна «Дискретна математика» спирається на знання шкільного курсу математики, а також дисципліни «Математичний аналіз».

## **3. РЕЗУЛЬТАТИ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ.**

Дисципліна «Дискретна математика», як обов'язкова компонента, забезпечує оволодіння студентами загальними та фаховими компетентностями і досягнення ними програмних результатів навчання за відповідними освітньо-професійними програмами:

### **«Комп'ютерні науки» (ОС бакалавр)**

Номер в освітній програмі	Зміст компетентності	Номер теми, що розкриває зміст компетентності
<i>Загальні компетентності за освітньою програмою</i>		
ЗК 02 .	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10
<i>Фахові компетентності за освітньою програмою</i>		
СК 01.	Здатність до математичного формулювання та досліджування неперервних та дискретних математичних моделей, обґрунтування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних задач у галузі комп'ютерних наук, аналізу та інтерпретування.	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10

СК 05.	Здатність здійснювати формалізований опис задач дослідження операцій в організаційно-технічних і соціально-економічних системах різного призначення, визначати їх оптимальні розв'язки, будувати моделі оптимального управління з урахуванням змін економічної ситуації, оптимізувати процеси управління в системах різного призначення та рівня ієрархії.	3, 5, 6
<i>Програмні результати навчання за освітньою програмою</i>		
ПР 02.	Використовувати сучасний математичний апарат неперервного та дискретного аналізу, лінійної алгебри, аналітичної геометрії, в професійній діяльності для розв'язання задач теоретичного та прикладного характеру в 34 процесі проектування та реалізації об'єктів інформатизації.	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10
ПР 06.	Використовувати методи чисельного диференціювання та інтегрування функцій, розв'язання звичайних диференціальних та інтегральних рівнянь, особливостей чисельних методів та можливостей їх адаптації до інженерних задач, мати навички програмної реалізації чисельних методів.	3, 5, 6, 10
ПР 07.	Розуміти принципи моделювання організаційно-технічних систем і операцій; використовувати методи дослідження операцій, розв'язання одно- та багатокритеріальних оптимізаційних задач лінійного, цілочисельного, нелінійного, стохастичного програмування.	3, 4, 5, 6, 9

***«Інформаційні технології та бізнес-аналітика (Data Science)»  
(ОС бакалавр)***

Номер в освітній програмі	Зміст компетентності	Номер теми, що розкриває зміст компетентності
---------------------------	----------------------	---

<i>Загальні компетентності за освітньою програмою</i>		
К 01	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10
К 07 .	Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10
<i>Фахові компетентності за освітньою програмою</i>		
К 18	Здатність формалізувати проблеми, описані природною мовою, у тому числі за допомогою математичних методів, застосовувати загальні підходи до математичного моделювання конкретних процесів.	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10
К 19	Здатність будувати математично коректні моделі статичних та динамічних процесів і систем із зосередженими та розподіленими параметрами із врахуванням невизначеності зовнішніх та внутрішніх факторів.	3, 5, 6
К 25	Здатність представляти математичні аргументи і висновки з них з ясністю і точністю і в таких формах, які підходять для аудиторії як усно так і в письмовій формі.	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10
<i>Програмні результати навчання за освітньою програмою</i>		
ПР 01.	Знати і вміти застосовувати на практиці диференціальне та інтегральне числення, ряди та інтеграл Фур'є, аналітичну геометрію, лінійну алгебру та векторний аналіз, функціональний аналіз та дискретну математику в обсязі, необхідному для вирішення типових завдань системного аналізу.	2, 3, 5, 6, 7, 8
ПР 02.	Вміти використовувати стандартні схеми для розв'язання комбінаторних та логічних задач, що сформульовані природною мовою, застосовувати класичні алгоритми для перевірки властивостей та класифікації об'єктів, множин, відношень, графів, груп, кілець, решіток, булевих функцій тощо.	3, 4, 5, 6
ПР 18.	Володіти достатніми знаннями математичних моделей і методів аналітики даних, мов моделювання та програмних	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10

	засобів для виконання практичних завдань бізнес-аналізу.	
--	--	--

**«Інформаційні системи та технології» (ОС бакалавр.)**

Номер в освітній програмі	Зміст компетентності	Номер теми, що розкриває зміст компетентності
<i>Загальні компетентності за освітньою програмою</i>		
КЗ 01 .	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10
КЗ 02 .	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10
КЗ 05 .	Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10
<i>Фахові компетентності за освітньою програмою</i>		
КС 01.	Здатність аналізувати об'єкт проектування або функціонування та його предметну область.	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10
КС 11.	Здатність до аналізу, синтезу і оптимізації інформаційних систем та технологій з використанням математичних моделей і методів.	2, 3, 5, 6, 7, 9
<i>Програмні результати навчання за освітньою програмою</i>		
ПР 01.	Знати лінійну та векторну алгебру, диференціальне та інтегральне числення, теорію функцій багатьох змінних, теорію рядів, диференціальні рівняння для функції однієї та багатьох змінних, операційне числення, теорію ймовірностей та математичну статистику в обсязі, необхідному для розробки та використання інформаційних систем, технологій та інфокомунікацій, сервісів та інфраструктури організації.	1, 2, 3, 5, 6, 10
ПР 02.	Застосовувати знання фундаментальних і природничих наук, системного аналізу та технологій моделювання, стандартних алгоритмів та дискретного аналізу при розв'язанні задач проектування і використання інформаційних систем та	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10

	технологій.	
--	-------------	--

**«Цифрова економіка» (ОС бакалавр)**

Номер в освітній програмі	Зміст компетентності	Номер теми, що розкриває зміст компетентності
<i>Загальні компетентності за освітньою програмою</i>		
ЗК 03 .	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10
ЗК 04 .	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10
ЗК 07.	Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій	2, 3, 5, 6, 7, 10
ЗК 08.	Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.	6, 7, 8, 9, 10
<i>Програмні результати навчання за освітньою програмою</i>		
12.	Застосовувати набуті теоретичні знання для розв'язання практичних завдань та змістовно інтерпретувати отримані результати.	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10
21.	Вміти абстрактне мислити, застосовувати аналіз та синтез для виявлення ключових характеристик економічних систем різного рівня, а також особливостей поведінки їх суб'єктів.	1, 2, 3, 5, 6, 9



## **4. ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ**

### **Тема 1. Предмет, методи і завдання комп'ютерної дискретної математики**

Роль математичної обробки, аналізу та перетворення дискретної інформації у галузях наукової, господарської та соціальних сферах. Місце дисципліни в системі природничих наук. Задачі комп'ютерної дискретної математики. Приклади математичних моделей, що припускають використання комп'ютера.

*Список рекомендованих джерел:*

*Основний: 1, 2*

*Додатковий: 2, 5, 6*

### **Тема 2. Елементи теорії множин**

Поняття множини. Способи подання множин. Комп'ютерне подання множин. Скінченні та нескінченні множини. Потужність множин. Рівність множин. Універсальна множина. Булеан. Графічне зображення множин. Операції над множинами: об'єднання, перетин, різниця, симетрична різниця, доповнення. Діаграми Венна. Кола Ейлера. Алгебра множин. Закони алгебри множин: комутативний, асоціативний, дистрибутивний. Закони ідемпотентності, елімінації, інволюції, протиріччя, виключення третього, де Моргана. Властивості порожньої та універсальної множини. Рівнопотужні множини. Злічені, незлічені, континуальні множини. Кортежі. Декартів добуток множин. Декартів степінь множин. Погляд на теорію множин, як на фундаментальну основу для побудови систем управління базами даних під час побудови та організації комп'ютерних мереж.

*Список рекомендованих джерел:*

*Основний: 2, 3, 4*

*Додатковий: 5, 6*

### **Тема 3. Відношення та функції**

Поняття  $n$ -арного відношення. Бінарні відношення. Способи подання бінарних відношень на скінчених множинах (список, бінарна матриця, граф). Властивості бінарних відношень (рефлексивність, антирефлексивність, транзитивність, антитранзитивність, симетричність, антисиметричність, асиметричність). Операції над бінарними відношеннями (доповнення відношення, обернене

відношення, композиція відношень, степінь відношення, переріз відношення, фактор – множина). Аналітичне доведення тотожностей. Відношення еквівалентності. Клас еквівалентності, система класів еквівалентності. Властивості класів еквівалентності. Відношення часткового порядку. Частково впорядкована множина. Порівнянні елементи. Тотальне впорядкована множина. Діаграма Хассе. Відношення строгого порядку. Відношення толерантності. Застосування властивостей бінарних відношень. Замикання відношень. Алгоритм Уоршалла. Функціональні відношення. Область визначення та область значень відношення. Відображення. Образ. Прообраз. Ін'єкція. Сюр'єкція. Бієкція. Зворотна функція. Композиція функцій. Зростання функцій. Оцінки складності алгоритмів. Реляційна модель даних. Реляційна алгебра. Термінологія: кортежі, домени, атрибути. Операції реляційної алгебри (об'єднання, перетин, різниця, прямий добуток, обмеження, проекція, натуральне з'єднання, ділення). Застосування відношень при побудові комп'ютерних баз даних які організовані у вигляді таблиць.

*Список рекомендованих джерел:*

*Основний: 1, 2, 3, 4*

*Додатковий: 2, 3, 5*

#### **Тема 4. Основи комбінаторного аналізу**

Основні об'єкти комбінаторики. Типи комбінаторних задач. Основні правила комбінаторики. Перестановки. Розміщення. Сполучення. Біноміальні коефіцієнти. Властивості біноміальних коефіцієнтів. Трикутник Паскаля. Біном Ньютона. Принцип включення - виключення.

*Список рекомендованих джерел:*

*Основний: 1, 4*

*Додатковий: 2, 5, 6*

#### **Тема 5. Елементи загальної алгебри**

$N$ -арні операції. Арність операції, унарні операції, бінарні операції, записи infix, prefix, postfix, таблиця Келі, властивості операцій, обернений елемент, операції додавання та множення за модулем. Поняття алгебраїчної структури, підструктури. Гомоморфізм, ізоморфізм. Півгрупа, моноїд, група, абелева група. Кільця і поля. Верхня та нижня грані у частково упорядкованій множині. Гратка, повна гратка, одиниця і нуль гратки.

*Список рекомендованих джерел:*

*Основний: 1, 2, 3*

*Додатковий: 5, 6*

### **Тема 6. Булева алгебра.**

Ідея математизації логіки. Логіка висловлювань. Поняття атома, молекули, формули. Логічні зв'язки. Область дії логічних зв'язок. Загальнозначущі і заперечувальні формули. Значення істинності висловлювань. Закони логіки висловлювань. Побудова формул. Інтерпретація формул у логіці висловлювань. Логічні наслідки. Правила дедуктивних висновків логіки висловлювань. Кон'юнктивна нормальна форма (КНФ), диз'юнктивна нормальна форма (ДНФ), перетворення довільної формули в одну з нормальних форм.

*Список рекомендованих джерел:*

*Основний: 2, 3, 4*

*Додатковий: 2, 4, 5*

### **Тема 7. Логіка предикатів**

Логіка першого ступеня (предикатів). Поняття предиката. Квантори. Область дії квантора. Закони логіки першого ступеня. Правильно побудовані формули. Інтерпретація формул. Логічні наслідки в логіці першого ступеня. Переклад речень на мову предикатів і кванторів. Випереджені нормальні форми. Префікс, матриця формули. Алгоритм зведення довільної формули до випередженої нормальної форми. Метод резолюцій автоматичного доведення логічних теорем. Булеві змінні. Означення булевої функції. Способи задання булевих функцій (таблиця, формула). Булеві функції від однієї та двох змінних. Ізоморфізм алгебри множин та булевої алгебри. Алгебра логіки. Елементарні функції алгебри логіки. Властивості операцій. Пріоритет операцій. Закони і тотожності алгебри логіки. Поняття формули. Еквівалентні формули. Доведення еквівалентності формул і побудова нових. Математична індукція. Двоїсті булеві функції. Самодвоїсті булеві функції. Принцип двоїстості. Правило побудови двоїстих формул. Форми подання булевих функцій. Нормальні форми. ДНФ, ДДНФ, зведення ДНФ до ДДНФ. КНФ, ДКНФ, перетворення КНФ на ДКНФ за допомогою розщеплення диз'юнкцій. Перехід від таблиці булевої функції до формули алгебри логіки і навпаки. Алгебра Жегалкіна. Закони алгебри Жегалкіна. Формули переходу від алгебри логіки до алгебри Жегалкіна і навпаки. Поліном Жегалкіна. Лінійні булеві функції. Функціонально повні системи. Основні поняття. Замкнені класи булевих функцій. Теорема Поста про функціональну повноту системи булевих функцій. Мінімізація булевих функцій. Карти Карно. Метод Квайна-Мак-Класкі. Реалізація булевих функцій схемами з

функціональних елементів. Застосування булевої алгебри при розв'язанні задач обробки інформації, при роботі з базами даних, в логічному програмуванні при проектуванні інтелектуальних систем, для конструювання та аналізу роботи комп'ютерів та інших електронних пристроїв. Використання математичної логіки для розробки спеціальних мов для баз даних, для моделювання класів інтелектуальних процедур (основи штучного інтелекту), для формалізації деяких областей людського мислення з метою написання програм для обчислювальної техніки з можливостями міркування.

*Список рекомендованих джерел:*

*Основний: 2, 3, 4*

*Додатковий: 2, 4, 5*

### **Тема 8. Теорія графів**

Основні означення та термінологія: простий граф, вершина, ребро, петля, підграф, псевдограф, орієнтовані графи, неорієнтовані графи, повний граф, порожній граф, дводольний граф, степінь вершини, однорідний граф. Зв'язок між степенями вершин та кількістю його ребер. Лема про рукоятискання. Способи подання графів (список пар, геометричний, матриця суміжності, матриця інцидентності). Маршрут, ланцюг, шлях, цикл, контур. Властивості шляхів та циклів. Зв'язність графів. Компонента зв'язності. Типи зв'язності. Ізоморфні графи. Ейлерові графи. Необхідна і достатня умова існування ейлерового циклу. Алгоритм виділення ейлерового циклу. Гамільтонови графи. Умова існування гамільтонового ланцюгу і циклу. Планарні графи. Внутрішня грань. Зовнішня грань. Ейлерова характеристика поверхні. Гомеоморфні графи. Необхідна і достатня умова планарності. Алгоритм побудови плоского зображення графа. Відстані на графах. Графи з числовими характеристиками ребер (дуг). Відстань між двома вершинами на графі. Алгоритм визначення відстані між вершинами на графі з одиничними довжинами ребер. Алгоритм Дейкстри визначення відстані між вершинами на графі з довільними довжинами ребер.

*Список рекомендованих джерел:*

*Основний: 1, 2*

*Додатковий: 2, ,5*

### **Тема 9. Теорія дерев**

Дерево. Підрахунок числа дерев у графі. Ліс. Кістякове дерево. Цикломатичне число. Неорієнтовані та орієнтовані дерева. Основні

поняття (корінь, кореневе дерево, листя, вузли, гілки, ребра, дуги). Властивості дерев. Термінологія для опису відношень між вузлами дерева: корінь, батько, син, брати. Піддерево.  $N$ -арне дерево. Повне  $N$ -арне дерево. Порядок дерева. Бінарне дерево. Рівень вершини. Висота дерева. Глибина дерева. Задача Келлі. Зважений граф. Вага підграфа. Задача знаходження мінімального кістякового дерева (МКД) графа. Алгоритм Борулки. Код дерева. Алгоритм кодування дерев. Алгоритм декодування дерев. Бінарні дерева. Обхід дерев. Правила обходу бінарних дерев (прямий, внутрішній, зворотній). Форми запису виразів (префіксна, інфіксна, постфіксна). Мережі. Основні поняття (вхід, вихід, пропускна здатність, потік, насичена дуга, вільна дуга, зайнята дуга, повний потік, розріз мережі). Задача про найбільший потік. Теорема про найбільший потік і розріз із найменшою пропускною спроможністю. Алгоритм Форда-Фалкерсона. Застосування теорії графів до моделювання довільних схем в яких виділяються більш прості частини і зв'язки між ними в області економіки (задача комівояжера, проблеми чотирьох фарб) в області програмування (планарна реалізація електронних схем та ін.).

*Список рекомендованих джерел:*

*Основний: 1, 2*

*Додатковий: 2, ,5*

### **Тема 10. Мова та граматики.**

Задача формалізації мов та перекладу. Необхідність формального задання мов та розв'язку задачі перекладу в програмуванні. Перетворення рядків символів. Задання мов за допомогою граматик. Мова що розпізнає і породжує граматики термінальні і нетермінальні символи, продукція початковий символ, вивід рядків. Форма Бекуса- Наура запису продукцій граматики. Типи граматик. Ієрархія Хомського: граматики загального вигляду, контекстно-залежні, контекстно-вільні, регулярні. Проблеми належності, порожності, еквівалентності для мов. Регулярні вирази і мови. Дерева виводів. Стратегії виводу: зверху вниз, зліва направо, знизу вгору. Побудова граматики мови програмування: алфавіт мови, службові слова, ідентифікатори, оператори.

*Список рекомендованих джерел:*

*Основний: 2, 4.*

*Додатковий: 2, 6.*

## 5. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ\*

### Основний

1. Асеев Г.Г. Дискретна математика. /Г.Г. Асеев, О.М. Абрамова, Д.Э. Ситников. – К.: Кондор, - 2008. – 162 с.
2. Бардачов Ю.М. Дискретна математика./ Ю.М. Бардачов, Н.А. Соколова, В.Є. Ходаков. – К.: Вища школа, 2002. – 288 с.
3. Бондаренко М.Ф. Комп'ютерна дискретна математика /М.Ф.Бондаренко, Н.В. Білоус, А.Г. Руткас. – Харків:Компанія СМІТ – 2004.- 480с.
4. Борисенко О.А. Лекції з дискретної математики (множини і логіка)./ О.А. Борисенко – Суми: ВТД "Університетська книга", 2002. – 178 с.
5. Глушков В.М.Энциклопедия кибернетики /Отв. ред. В.М. Глушков – К.: Главная редакция УСЭ, 1974. – 1 т. – 608 с., 2 т. – 624 с.
6. Капітонова Ю.В. Основи дискретної математики: Підручник у 2-х томах./ Ю.В. Капітонова, С.Л. Кривий, О.А. Летичевський, Г.М. Луцький, М.К. Печурін – К.: ЛіфтСофт, 2000. – 1 том – 380 с., 2 том – 370 с.
7. Нікольський Ю.В. Дискретна математика. /Ю.В. Нікольський, В.В. Пасічник, Ю.М. Щербина. –Л.: «Магнолія-2006». Львів – 2013. –432 с.
8. Пономаренко Л.А. Основи економічної кібернетики: Підручник./ Л.А. Пономаренко – К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2002. – 432 с.

### Додатковий

9. Амосов Н.М. Автоматы и разумное поведение. Монография / Н.М. Амосов, А.М. Касаткин, Л.М. Касаткина, С.А. Талаев – К: Наукова думка, 1973. – 376 с.
10. Бажин И.И. Экономическая кибернетика. / И.И. Бажин – Компакт-учебник. – Х. : Консум, 2004. – 290с.
11. Бардачов Ю.М. Дискретна математика. навч. посібник / Ю.М. Бардачов, Н.А. Соколова, В.Є. Ходаков. – К.: Вища школа, 2002. – 288 с.
12. Згуровский М.З. Методы принятия решений в социальных системах на основе спиновых моделей Изинга // Проблемы управления и информатики./ М.З. Згуровский, Т.Н. Померанцева - 1995. - №1. - С.89-97.
13. Панкратова Н.Д. Становление и развитие системного анализа как прикладной научной дисциплины // Системні дослідження

та інформаційні технології./ Н.Д. Панкратова – 2002. – № 1. – С.65 – 94.

*\* Курсивом позначені джерела, наявні в бібліотеці КНТЕУ*