

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
Приймальна комісія

ПРОГРАМА
додакового вступного
випробування для вступників на навчання
за спеціальністю 113 «Прикладна математика»
(на основі здобутого освітнього ступеня “бакалавр”)

1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Загальні відомості. Програма складена відповідно до освітньо-професійної програми (ОПП) підготовки напрямку 6.040301 «прикладна математика».

Прийом абітурієнтів для здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 113 «прикладна математика» на основі здобутого освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 6.040301 «прикладна математика», або на основі ступеня «бакалавра», здобутого за неспорідненим напрямом, проводиться за результатами фахового вступного випробування. Воно відбувається у формі тестування.

Мета вступного випробування полягає у з'ясуванні рівня теоретичних знань і практичних умінь та навичок, необхідних для опанування нормативних дисциплін та дисциплін професійної підготовки за програмою підготовки фахівця за освітнім ступенем «магістр» за спеціальністю 113 «прикладна математика».

Для абітурієнтів, які здобули освітній ступінь «бакалавр» за неспорідненим напрямом спеціальності для здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 113 «прикладна математика» проводиться додаткове вступне випробування у формі співбесіди, за результатами якого абітурієнт допускається до фахового вступного випробування.

Вимоги до здібностей і підготовленості абітурієнтів. Для успішного засвоєння дисциплін передбачених навчальним планом для підготовки за освітнім ступенем «магістр» абітурієнти повинні мати базову вищу освіту за напрямом 6.040301 «прикладна математика» або за неспорідненим напрямом, та здібності до оволодіння знаннями, уміннями і навичками в галузі **11 Математика та статистика**. Обов'язковою умовою також є вільне володіння державною мовою.

2. ПЕРЕЛІК ФАХОВИХ НАВЧАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН, З ЯКИХ ПРОВОДИТЬСЯ ВСТУПНЕ ВИПРОБУВАННЯ

- 1) алгебра і геометрія;
- 2) математичний аналіз;
- 3) функціональний аналіз;
- 4) комплексний аналіз (теорія функцій комплексної змінної);
- 5) теорія ймовірностей і математична статистика;
- 6) програмування;
- 7) методи оптимізації та дослідження операцій;
- 8) методи обчислень;
- 9) чисельні методи математичної фізики;

- 10) диференціальні рівняння;
- 11) рівняння математичної фізики;
- 12) системний аналіз та математичне моделювання;
- 13) дискретна математика;
- 14) системи і методи прийняття рішень

3. ТЕМИ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ

1) Алгебра і геометрія.

- 1) Вектори, дії над векторами. Скалярний та векторний добутки.
- 2) Пряма і площина. Різні види рівняння прямої на площині та площини у просторі.
- 3) Взаємне розташування прямих на площині та площин у просторі.
- 4) Лінії другого порядку: еліпс, гіпербола, парабола (канонічна теорія).
- 5) Інваріанти ліній другого порядку.
- 6) Поверхні другого порядку: еліпсоїд, однопорожнинний та двопорожнинний гіперболоїди, еліптичний та гіперболічний параболоїди (канонічна теорія).
- 7) Множини, відображення множин.
- 8) Системи лінійних рівнянь.
- 9) Детермінант (визначник) матриці, його властивості, застосування.
- 10) Матриці, дії над матрицями, обернена матриця.
- 11) Ранг матриці, теорема про ранг матриці.
- 12) Поняття групи, кільця, поля.
- 13) Гомоморфізми груп, основна теорема про гомоморфізми груп.
- 14) Кільце многочленів над заданим полем.
- 15) Скінченновимірний лінійний простір над полем.
- 16) Базис скінченновимірного лінійного простору, координати вектора, зв'язок між координатами вектора у різних базисах лінійного простору.
- 17) Лінійні оператори лінійного простору. Формули для координат образу вектора.
- 18) Власне значення і власний вектор лінійного оператора.
- 19) Подібність матриць, нормальна форма Жордана матриці.
- 20) Евклідов простір. Ортогональні і симетричні оператори евклідового простору.
- 21) Квадратичні форми. Класифікація дійсних і комплексних квадратичних форм.
- 22) Додатно визначена квадратична форма, критерій Сільвестра додатної визначеності квадратичної форми.
- 23) Алгебраїчні розширення полів.

2) Математичний аналіз.

- 1) Поняття числової послідовності. Означення границі числової послідовності. Властивості границі числових послідовностей. Методи обчислення границь числових послідовностей. Число e .
- 2) Поняття функції, оберненої функції, суперпозиції функцій.
- 3) Означення границі функції. Властивості, методи обчислень границі функції. Еквівалентні функції. Перша і друга чудові границі, їх наслідки, застосування до розв'язування прикладів.
- 4) Поняття неперервності та рівномірної неперервності функції.
- 5) Поняття похідної, диференційовності, диференціала функції в точці. Геометричний зміст похідної та диференціала функції в точці. Механічний зміст похідної та диференціала функції в точці. Дотична і нормаль до графіка функції в точці.
- 6) Табличні похідні, правила диференціювання функцій.
- 7) Теореми про середнє (ферма, Ролля, Лагранжа, Коші). Формула Тейлора.
- 8) Розкриття невизначеностей за правилом Лопітала.
- 9) Локальний максимум і мінімум функції, зростання і спадання функції, опуклість і угнутість, точки перегину. Знаходження найбільшого і найменшого значення функції, заданого на числовому проміжку.

- 10) Частинні похідні, диференційованість і диференційовність і диференціали функцій багатьох змінних. Частинні похідні вищих порядків. Диференціювання неявно заданих функцій.
- 11) Первісна, невизначений інтеграл. Табличні інтеграли. Методи інтегрування.
- 12) Поняття визначеного інтеграла. Правило Ньютона-Лейбніца. Застосування визначеного інтеграла.
- 13) Числові, функціональні, степеневі ряди. Збіжність, умовна збіжність, абсолютна збіжність. Збіжність та рівномірна збіжність функціональних і степеневих рядів. Знаходження області збіжності функціональних і степеневих рядів.
- 14) Невласні інтеграли, дослідження їх збіжності.
- 15) Поняття подвійного, потрійного, криволінійного (першого і другого роду) і поверхневого (першого і другого роду) інтегралів. Їх властивості, обчислення, застосування.

3) Функціональний аналіз.

- 1) Алгебра та σ -алгебра множин. Властивості. Принцип двоїстості.
- 2) Злічені та незлічені множини. Множини потужності континуума.
- 3) Міра множин. Властивості.
- 4) Вимірні функції. Властивості.
- 5) Метричні простори. Відкриті та замкнені множини в метричних просторах.
- 6) Компактні множини в метричних просторах.
- 7) Принцип стискаючих відображень (теорема Банаха).
- 8) Банахові простори.
- 9) Лінійні оператори. Норма оператора.
- 10) Обернені оператори. Спектр. Резольвента.
- 11) Гільбертів простір.

4) Комплексний аналіз (теорія функцій комплексної змінної).

- 1) Функції комплексної змінної. Границя та неперервність функції.
- 2) Диференційовність за комплексною змінною. Умови Коші-Рімана.
- 3) Геометричний зміст аргументу та модуля похідної. Поняття про конформні відображення.
- 4) Інтеграл за комплексними змінними. Первісна, формула Ньютона-Лейбніца.
- 5) Інтегральна теорема Коші для простого і складеного контурів.
- 6) Степеневий ряд, теорема Абеля. Радіус збіжності. Формула Коші-Адамара.
- 7) Ряд Лорана, область його збіжності.
- 8) Класифікація ізольованих особливих точок однозначного характеру.
- 9) Визначення лишка. Теорема про лишки. Формули для обчислення лишків.

5) Теорія ймовірностей і математична статистика.

- 1) Випадкові події, операції над подіями. Простір елементарних подій.
- 2) Означення ймовірності: статистичне, класичне, геометричне, аксіоматичне. Теорема додавання.
- 3) Умовна ймовірність, теорема множення. Залежні і незалежні події. Формули повної ймовірності і Байеса.
- 4) Схема Бернуллі. Формула Бернуллі. Найімовірніше число настання події, граничні теореми в схемі Бернуллі.
- 5) Випадкові величини, функція розподілу випадкової величини. Дискретні та неперервні випадкові величини, щільність розподілу. Біноміальний розподіл Пуассона, геометричний розподіл, показників, рівномірний і нормальний розподіли.
- 6) Випадкові вектори, їх функції розподілу та щільності розподілу випадкового вектора. Дискретні багатовимірні випадкові величини. Незалежність випадкових величин. Розподіли суми випадкових величин.
- 7) Математичне сподівання випадкової величини., дисперсія, моменти. Коефіцієнт кореляції.

- 8) Характеристичні функції, їх властивості. Випадкові процеси, скінченновимірні розподіли випадкового процесу.
- 9) Основні поняття математичної статистики. Вибірка, варіаційний ряд, емпірична функція розподілу. Основні вибіркові характеристики. Статистики та їх властивості. Оцінки невідомих параметрів.

6) Програмування.

- 1) Поняття інформації. Вимірювання інформації.
- 2) Поняття інформаційної та обчислювальної систем.
- 3) Системне і прикладне програмне забезпечення. Операційна система.
- 4) Поняття алгоритму. Способи запису алгоритмів. Типи алгоритмів.
- 5) Структурний підхід до побудови алгоритмів за методикою "зверху-вниз".
- 6) Структура консольної програми. Оператори мови C#. Структуровані типи даних. Типи даних користувача. Структури.
- 7) Функції у мові C#. Рекурсія. Технологія структурного програмування
- 8) Простори імен.
- 9) Динамічні структури даних. Зв'язані списки. Стеки. Черги. Бінарні дерева пошуку.
- 10) Використання файлів у мові C#. Текстові файли. Бінарні файли.
- 11) Технологія об'єктно-орієнтованого програмування
- 12) Описів класів. Області видимості.
- 13) Принципи інкапсуляції, успадкування, поліморфізму. Поняття властивості. Нащадок, предок.
- 14) Використання компонентів C# при розробці Windows додатків (Label, TextBox, Button, CheckBox, NumericUpDown, RichTextBox, DataGridView, Chart, MainMenu, Timer).

7) Методи оптимізації та дослідження операцій.

- 1) Основні поняття, пов'язані з екстремальними задачами.. Означення точок локального та глобального екстремуму функції $f(x)$, $x \in X \subseteq R^n$.
- 2) Скінченновимірні задачі безумовної оптимізації. Необхідні і достатні умови екстремуму. Класичний метод розв'язування задач.
- 3) Класична задача на умовний екстремум. Метод виключення змінних. Необхідні і достатні умови екстремуму. Метод множників Лагранжа
- 4) Елементи опуклого аналізу. Задача опуклого програмування. Функція Лагранжа. Сідлова точка функції Лагранжа. Умова регулярності Слейтера. Теорема Куна-Таккера. Умови Куна-Таккера для гладкої основної задачі.
- 5) Основні поняття і означення математичного програмування. Канонічна задача. Базисний допустимий розв'язок. Еквівалентні перетворення задач.
- 6) Симплексний метод. Метод штучного базису. Двоетапний симплексний метод.
- 7) Елементи теорії двоїстості. Теореми існування і двоїстості. Основні співвідношення двоїстості.
- 8) Класична транспортна задача. Метод потенціалів.
- 9) Загальна задача нелінійного програмування. Умови екстремуму. Принцип оптимальності Лагранжа.
- 10) Чисельні методи мінімізації функцій багатьох змінних. Основні поняття і означення. Загальна схема методів. Градієнтні методи.
- 11) Постановка задачі. Поняття сильного і слабого екстремумів функціоналу. Варіація функції. Рівняння Ейлера і його інтеграли.
- 12) Задача Больца та її узагальнення. Необхідні умови екстремуму. Умови трансферсальності.
- 13) Ізопериметрична задача. Необхідні умови екстремуму. Правило множників Лагранжа.
- 14) Задача про максимальний потік. Математична модель задачі про максимальний потік та основні поняття.

- 15) Теорема Форда – Фалкерсона. Алгоритм Форда знаходження максимального потоку.
- 16) Задача про оптимальне календарне планування.
- 17) Критичний шлях, особливості критичних операцій. Алгоритм знаходження критичного шляху.
- 18) Існування розв'язку задачі про оптимальне календарне планування.
- 19) Оптимальний розподіл ресурсів на сіткових графах.
- 20) Елементи теорії масового обслуговування (ТМО). Класифікація систем масового обслуговування (СМО) і їх основні характеристики.
- 21) Система рівнянь Колмогорова. Граничні ймовірності станів.

8) **Методи обчислень.**

- 1) Теорія похибок.
- 2) Точні методи розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Метод Гауса, прогонки.
- 3) Ітераційні методи розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Методи Якобі, Зейделя, простої ітерації. Збіжність методів.
- 4) Розв'язування нелінійних рівнянь. Відокремлення коренів нелінійних рівнянь. Ітераційні методи розв'язування нелінійних рівнянь.
- 5) Ітераційні методи розв'язування систем нелінійних рівнянь.
- 6) Наближення функцій. Інтерполяція функцій алгебраїчними многочленами. Інтерполяційний многочлен Лагранжа.
- 7) Розділені різниці. Інтерполяційний многочлен Ньютона для нерівновіддалених вузлів.
- 8) Середньоквадратичне наближення функцій. Точкове середньоквадратичне наближення. Середньоквадратичне наближення функцій заданих аналітично.
- 9) Чисельне інтегрування. Квадратурні формули прямокутників і трапецій, Сімпсона. Оцінка точності.
- 10) Квадратурні формули інтерполяційного типу.
- 11) Чисельні методи розв'язування задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь. Методи Ейлера, Ейлера-Коші, удосконалений метод Ейлера. Методи Рунге-Кутта. Збіжність методів.

9) **Чисельні методи математичної фізики.**

- 1) Основні поняття теорії різницевої схем: апроксимація, стійкість, збіжність. Коректність різницевої схеми. Зв'язок між стійкістю і збіжністю. Різницеві схеми для рівняння теплопровідності
- 2) Запис довільної задачі мат. фізики у вигляді операторного рівняння. Оператор проектування. Приклади операторів проектування. Вимоги до оператора проектування.
- 3) Принцип максимуму для різницевої схем.
- 4) Прямі та ітераційні методи розв'язування сіткових рівнянь. Розв'язання різницевого рівняння Пуассона з використанням методу Фур'є.
- 5) Модельна задача. Методи розв'язання систем різницевої схем.
- 6) Методи, що базуються на мінімізації нев'язки (загальна характеристика). Метод колокацій. Метод найменших квадратів. Метод Гальоркіна.
- 7) Варіаційні методи розв'язання задач математичної фізики. Загальна характеристика.

10) **Диференціальні рівняння.**

- 1) Рівняння з відокремлюваними змінними.
- 2) Однорідні диференціальні рівняння першого порядку та звідні до них.
- 3) Лінійні неоднорідні диференціальні рівняння першого порядку. Метод варіації сталих.
- 4) Рівняння Бернуллі.
- 5) Диференціальні рівняння у повних диференціалах.
- 6) Інтегровальний множник та способи його відшукування.
- 7) Рівняння вищих порядків. Методи пониження порядку рівнянь.

- 8) Лінійні однорідні рівняння з сталими коефіцієнтами. Метод Ейлера.
- 9) Лінійні неоднорідні рівняння n -го порядку з сталими коефіцієнтами. Метод невизначених коефіцієнтів.
- 10) Лінійні неоднорідні рівняння n -го порядку з сталими коефіцієнтами. Метод варіації сталих.
- 11) Лінійні однорідні системи з сталими коефіцієнтами. Метод Ейлера.
- 12) Лінійні неоднорідні системи з сталими коефіцієнтами. Метод варіації сталих.

11) Рівняння математичної фізики.

- 1) Класифікація ДРЧП 2-го порядку від двох незалежних змінних
- 2) Рівняння коливання струни, мембрани, рівняння поширення звукових хвиль. Постановка задач та їх дослідження.
- 3) Формула Д'аламбера та її фізичний зміст.
- 4) Рівняння теплопровідності. Теорема про найменше та найбільше значення розв'язків однорідного рівняння теплопровідності. Постановка задач та їх дослідження.
- 5) Рівняння Лапласа, Пуассона. Задачі Діріхле та Неймана. Гармонічні функції. Постановка крайових задач та їх дослідження.

12) Системний аналіз та математичне моделювання.

- 1) Поняття моделі і моделювання. Модель "чорного ящика"
- 2) Поняття системи. Моделювання систем. Модель складу системи. Модель структури системи. Динамічна модель системи.
- 3) Класифікація систем. Штучні і природні системи. Походження систем, типи операторів систем.
- 4) Класифікація систем по способу керування. Великі та складні системи.
- 5) Модель та експеримент. Зв'язок моделі і експерименту.
- 6) Вимірювання. Роль вимірювань в створенні моделей систем. Шкала вимірювання. Види шкал.
- 7) Якісні методи системного аналізу. Метод типу мозкової атаки. Метод Делфі. Метод типу сценаріїв. Метод типу дерева мети. Метод комісій.
- 8) Статистичні методи аналізу систем. Кореляційно-регресійний аналіз. Економетричні моделі.

13) Дискретна математика.

- 1) Відношення включення множин і його властивості. Булеві множини.
- 2) Декартів добуток множин.
- 3) Поняття бінарного відношення, способи задання, проекції та зрізи бінарних відношень.
- 4) Операції над бінарними відношеннями.
- 5) Відношення еквівалентності.
- 6) Поняття висловлювання. Операції алгебри висловлювань.
- 7) Рівносильні формули алгебри висловлювань. Рівносильні перетворення формул.
- 8) Види формул алгебри висловлювань. Властивості загально значимих формул.
- 9) Елементарні кон'юнкції, елементарні диз'юнкції.
- 10) Нормальні форми формул алгебри висловлювань.
- 11) Логічні операції над предикатами. Операції квантифікації предикатів.

14) Системи і методи прийняття рішень.

- 1) Основні поняття теорії прийняття рішень. Загальна схема прийняття рішень.
- 2) Класифікація задач ПР, цілі, критерії, альтернативи.
- 3) Особи, які приймають участь у прийнятті рішень.
- 4) Методи голосування типу Кондорсе, Борда, парадокси.
- 5) Аксиоми голосування. Парадокс Ерроу.
- 6) Загальна схема експертизи. Види задач експертного оцінювання.

- 7) Статистичні методи обробки експертної інформації.
- 8) Алгебраїчні методи обробки експертної інформації.
- 9) Загальна постановка задачі багатокритеріальної оптимізації (БО).
Проблематика задач БО.
- 10) Методи ідеальної точки, адитивної згортки критеріїв.
- 11) Методи послідовних поступок, бажаної точки.
- 12) Методи врахування числа домінуючих критеріїв, послідовного вводу обмежень.
- 13) Прийняття рішень в умовах ризику та невизначеності.
- 14) Мінімаксий критерій, критерії Гурвиця та Севіджа.
- 15) Критерії Байєса-Лапласа, модальний, Гермейєра, мінімізації дисперсії, Ходжа-Лемана.

4. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ДОДАТКОВОГО ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ

За результатами співбесіди абітурієнт отримує ЗАРАХОВАНО або НЕ ЗАРАХОВАНО.

Якщо абітурієнт виявив достатній рівень знань з дисциплін, які передбачені програмою співбесіди, володіє відповідною фаховою термінологією, вміє користуватися основними фаховими поняттями та розуміє їх взаємозв'язок, то за результатами співбесіди він отримує «зараховано». Якщо абітурієнт не орієнтується у питаннях, які йому поставлені, то за результатами співбесіди йому виставляється «не зараховано».

5. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Алгебра і геометрія

1. Білоусова В. П., Ільїн І. Г., Сегунова І. П., Котлова В. М. Аналітична геометрія. – К.: Радянська школа, 1962. – 383 с.
2. Кириченко В. В., Петкевич Н. Ю., Петравчук А. П. Аналітична геометрія. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2003. – 192 с.
3. Завало С. Т. Курс алгебри. – К.: Вища школа, 1985. – 503 с.
4. Курош А. Г. Курс высшей алгебры: Учебник. – М.: Наука, 1971. – 432 с.

Математичний аналіз

5. Дороговцев А. Я. Математичний аналіз: Підручник: У 2-х частинах. – К.: Либідь, 1993. – Ч. 1. – 320 с; Ч.2. – 304 с.
6. Кудрявцев Л. Д. Курс математического анализа: Учебник для университетов и вузов: В 3-х томах. – М.: Высшая школа, 1988. – Т.1. – 2-е изд. перераб. и доп. – 712 с.

Функціональний аналіз

7. Березанський Ю. М., Ус Г. Ф., Шефтель З. Г. Функціональний аналіз: Курс лекцій. – К.: Вища школа, 1990. – 600 с.
8. Колмогоров А. И., Фомин С. В. Элементы теории функций и функционального анализа: Ученик для вузов. – 6-е изд. М.: Наука, 1989. – 624 с.

Комплексний аналіз (теорія функцій комплексної змінної)

9. Александров И. А., Соболев В. В. Аналитический функции комплексного переменного. – М.: Высшая школа, 1984. – 186 с.
10. Грищенко А. Е., Нагнибида Н. И., Настасиев П. П. Теорія функцій комплексної змінної. – К.: Вища школа, 1994. – 375 с.

Теорія ймовірностей і математична статистика

11. Гихман И. И., Скороход А. В., Ядренко М. И. Теория вероятностей и математическая статистика. – К.: Вища школа, 1979. – 439 с.

12. *Слюсарчук П. В.* Теорія ймовірностей та математична статистика. – Ужгород: Карпати, 2005. – 184 с.

Програмування

13. *Павловская Т.А. С#.* Программирование на языке высокого уровня. Учебник для вузов / Т.А. Павловская – СПб.: Питер, 2007. – 432 с.
14. *Голуб Б.М. С#.* Концепція та синтаксис. Навч. посібник / Б.М. Голуб, – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2006. – 136 с.
15. *Троелсен Э.* Язык программирования С# 2010 и платформа .NET 4.0, 5-е изд. / Э Троелсен. – М.: ООО “И.Д. Вильямс”, 2011. – 1392 с.
16. *Шилдт Г.* С# 4.0: полное руководство / Г. Шилдт. – М.: ООО “И.Д. Вильямс”, 2011. – 1056 с.

Методи оптимізації та дослідження операцій

17. *Моклячук М. П.* Варіаційне числення. Екстремальні задачі: Підручник. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2010. – 399 с.
18. *Васильев Ф. П.* Численные методы решения экстремальных задач. – М.: Наука, 1988. – 552 с.
19. *Вагнер Г.* Основы исследования операций. – М.: Наука, 1972.
20. *Вентцель Е.С.* Исследование операций. – М.: Советское радио, 1972.

Методи обчислень

21. *Цегелик Г. Г.* Чисельні методи: Підручник. – Львів: Видавничий центр Львівського національного університету імені Івана Франка, 2004. – 408 с.
22. *Самарский А. А., Гулин А. В.* Численные методы: Учебное пособие для вузов. – М.: Наука, 1989. – 432 с.

Чисельні методи математичної фізики.

23. *Гаврилюк І.П., Макаров В.Л.* Методи обчислень. –К.:Вища школа, 1995, ч.1, ч.2 .
24. *Данилович В., Кутнів М.* Чисельні методи. - Львів: Кальварія, 1998.

Диференціальні рівняння

25. *Самойленко А. М., Перестюк М. О., Парасюк І. О.* Диференціальні та інтегральні рівняння. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2010. – 528 с.

Рівняння математичної фізики

26. *Перестюк М. О., Маринець В. В.* Теорія рівнянь математичної фізики. – К.: Либідь, 2006. – 424 с.

Системний аналіз та математичне моделювання

27. *Перебудов Ф.И., Тарасенко Ф.П.* Введение в системный анализ.-М.: Высшая школа, 1989.
28. *Черняк Ю.И.* Системный анализ и управление экономикой. – М.: Экономика, 1975.

Дискретна математика

29. *Капітонова Ю. В., Кривий С. Л., Летичевський О. А., Луцький Г. М., Печурін М. К.* Основи дискретної математики. – К.: Наукова думка, 2002. – 580 с.
30. *Бардачов Ю. М., Соколова Н. А., Ходаков В. Є.* Дискретна математика. – К.: Вища школа, 2002. – 287 с.

Системи і методи прийняття рішень.

31. *Волошин О.Ф., Мащенко С.О.* Моделі та методи прийняття рішень: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. – 2-ге вид. перероб. та допов. – Київ: ВПЦ „Київський університет”, 2010. – 336с.

