Міністерство освіти і науки України

Львівський національний університет імені Івана Франка

Затверджено
на засіданні приймальної комісії
Львівського національного університету
імені Івана Франка
31.03.2022 р. (протокол № 4)
Ректор
_____ Володимир МЕЛЬНИК

ПРОГРАМА

фахового вступного випробовування

для здобуття освітнього ступеня магістра

Спеціальність – 113 «Прикладна математика»

Освітня програма – «Прикладна математика (освітньо-наукова)»,

«Прикладна математика»

Львів-2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА

Затверджено
на засіданні приймальної комісії
Львівського національного університету
імені Івана Франка
«____» _____2022р. Протокол № ___
Ректор
_____В.П. Мельник

ПРОГРАМА

Фахового вступного випробовування

для здобуття освітнього рівня “Магістр”

Спеціальність: 113 Прикладна математика

Затверджено Вченою радою факультету
прикладної математики та інформатики
(протокол № 10 від 16 лютого 2022 року)

Голова Вченої ради факультету
прикладної математики та інформатики

_____ проф. І. І. Дияк

Львів-2022

Програма вступних фахових випробувань для вступників на навчання для здобуття ОР магістра

на факультет прикладної математики та інформатики

Спеціальність: 113 Прикладна математика

АЛГЕБРА ТА ГЕОМЕТРІЯ

1. Властивості матриць. Знаходження добутку матриць. Обчислення значення матричного многочлена.
2. Матричні рівняння. Розв'язок лінійного матричного рівняння.
3. Системи лінійних рівнянь. Метод Гауса.
4. Лінійні оператори. Матриця лінійного оператора. Обчислення власних значень лінійного оператора.

МАТЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ

1. Теорія множин. Точна верхня та нижня межі множини. Числові послідовності та підпослідовності. Границя числової послідовності. Часткові границі послідовності. Верхня та нижня границі послідовності.
2. Функція однієї дійсної змінної. Границя функції в точці. Неперервність. Похідна функції (заданої явно, неявно, параметрично, оберненої функції). Похідні вищих порядків.
3. Екстремум функції однієї дійсної змінної.
4. Невизначений та визначений інтеграли. Геометричні застосування визначеного інтеграла (площа криволінійної трапеції та криволінійного сектора, довжина дуги кривої). Невластивий інтеграл. Збіжність невластивого інтеграла.
5. Числовий ряд. Збіжність числового ряду (з невід'ємними членами, знакозмінного). Степеневі ряди. Радіус, інтервал та множина збіжності степеневого ряду.
6. Функції багатьох змінних. Подвійна границя функції двох дійсних змінних. Екстремум функції багатьох змінних. Умовний екстремум функції багатьох змінних.

ТЕОРІЯ ІМОВІРНОСТІ ТА МАТЕМАТИЧНА СТАТИСТИКА

1. Ймовірності випадкових подій
2. Послідовності незалежних випробувань
3. 3.Випадкові величини
4. Числові характеристики випадкових змінних
5. Закон великих чисел
6. Характеристичні функції випадкових змінних
7. Ланцюг Маркова
8. Стохастичні процеси
9. Основні поняття математичної статистики
10. Ймовірностна основа статистичних висновків
11. 11.Оціювання невідомих параметрів розподілів генеральних сукупностей
12. Критерії, основані на порівнянні ймовірностей і відносних частот
13. Критерій погодженості
14. Варіансний аналіз
15. Кореляційний і регресійний аналізи

ДИСКРЕТНА МАТЕМАТИКА

1. **Основи (логіка і методи доведення теорем, множини).** Логіка висловлювань. Виконувана, загальнозначуща (тавтологія) та заперечувана формули. Закони логіки висловлювань. Нормальні форми логіки висловлювань (диз'юнктивні та кон'юнктивні). Доведення теорем. Логіка першого ступеня. Закони логіки першого ступеня. Логічне виведення в логіці висловлювань. Застосування правил виведення в логіці висловлювань. Метод резолюцій. Множина. Діаграми Венна. Кортеж. Декартів добуток. Операції над множинами. Закони, яким задовольняють теоретико-множинні операції. Доведення

рівностей із множинами. Операції над бітовими рядками. Комп'ютерне подання множин.

2. **Комбінаторний аналіз.** Основні правила комбінаторики. Розміщення та сполучення (без повторень і з повтореннями). Перестановки. Біноміальна і поліноміальна теореми. Розбиття n-елементної множини. Числа Стірлінга другого роду і числа Белла. Рекурентні рівняння та їх розв'язування. Принцип коробок Діріхле. Принцип включення-виключення.
3. **Теорія графів.** Означення різних типів графів та головні теореми про властивості графів. Спеціальні класи простих графів. Ізоморфізм графів. Матриця інцидентності. Матриця суміжності. Подання графа списком ребер і списками суміжності. Шляхи та цикли. Зв'язність. Числові характеристики зв'язності. Критерій дводольності графа (теорема Кеніга). Ейлерів цикл у графі, критерій ейлерового циклу. Гамільтонів цикл, достатня умова гамільтонового циклу (теорема Дірака). Зважені графи. Задача пошуку найкоротших шляхів, алгоритм Дейкстри. Планарні графи. Розфарбування графів. Незалежні множини вершин. Кліки. Паросполучення в дводольних графах, теорема Голла.
4. **Дерева та їх застосування.** Основні означення та властивості дерев. Кореневе дерево, m-арне дерево. Рекурсія. Обхід дерев. Польський та зворотний польський записи виразів. Бінарне дерево пошуку. Дерево рішень. Бектрекінг (пошук із поверненнями). Каркаси. Задача про мінімальний каркас, алгоритм Краскала.
5. **Відношення.** Відношення та їх властивості. Відношення еквівалентності. Відношення часткового порядку. Топологічне сортування. Операції над відношеннями. Замикання відношень. Алгоритм Уоршалла.
6. **Основи теорії кодів.** Алфавітне й рівномірне кодування. Достатні умови однозначності декодування (властивість префікса). Властивості роздільних кодів (нерівність Мак-Міллана). Оптимальне кодування. Алгоритм Фано. Алгоритм Гаффмана. Коди, стійкі до перешкод. Коди Геммінґа.
7. **Булеві функції.** Означення булевої функції. Способи подання булевих функцій. Алгебри булевих функцій. Кон'юнктивні й диз'юнктивні нормальні форми. Поліном Жегалкіна. Повнота системи булевих функцій. Основні замкнені класи. Критерій повноти. Мінімізація булевих функцій.
8. **Моделювання обчислень (формальні мови, породжувальні граматики, автомати).** Поняття формальної мови. Породжувальні граматики, їх класифікація за Хомські. Дерева виведення. Скінченні автомати з виходом. Скінченні автомати без виходу. Подання мов.
9. **Основи теорії алгоритмів.** Основні вимоги до алгоритмів. Машини Тьюрінга. Функції, обчислювані за Тьюрінгом. Теза Тюрінга.

ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ

1. Інтерполювання функції алгебраїчними многочленами.
2. Інтерполяційні сплайни.
3. Елемент найкращого наближення в нормованому просторі. Середньо-квадратичне наближення. Розв'язування перевизначених систем лінійних рівнянь.
4. Чисельне диференціювання.
5. Квадратурні формули Ньютона-Котеса.
6. Квадратурні формули Гаусса.
7. Розвинення Ейлера-Маклорена. Чисельні інтегрування періодичних функцій.
8. Методи Ньютона і простої ітерації для наближеного розв'язування нелінійних рівнянь.
9. Однокрокові методи розв'язування задачі Коші.
10. Багатокрокові методи розв'язування задачі Коші.
11. Метод стрільби для наближеного розв'язування крайових задач для звичайних диференціальних рівнянь.

ЧИСЛОВІ МЕТОДИ МАТЕМАТИЧНОЇ ФІЗИКИ

1. Абстрактна варіаційна задача, теорема Лакса-Мільграма-Вишика.

2. Крайова задач для рівняння Пуассона та її варіаційне формулювання.
3. Метод Гальоркіна.
4. Простори апроксимацій методу скінченних елементів (МСЕ).
5. Схема МСЕ та їх збіжність.
6. Проекційно-сіткові схеми для початково-крайових задач з параболічним рівнянням
7. Проекційно-сіткові схеми для початково-крайових задач з гіперболічним рівнянням.

Апроксимація на скінченних елементах

ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ ЛІНІЙНОЇ АЛГЕБРИ

1. Метод Гауса для розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь.
2. Метод Холецького (LU розклад) для розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь.
3. Метод простої ітерації та метод Зейделя для розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь та теореми про збіжність.
4. Перетворення Хаусхолдера.
5. Зведення узагальненої повної проблеми на власні значення до класичної повної проблеми з симетричною матрицею.
6. Застосування перетворення Хаусхолдера для приведення симетричної матриці до тридіагонального вигляду.
7. Теореми, на яких грунтується метод поділу відрізка навпіл для визначення власних значень тридіагональної матриці. Алгоритм методу.
8. Метод Якобі для розв"язання повної класичної матричної проблеми на власні значення.
9. Узагальнена часткова проблема на власні значення. Метод Релея. Метод ітерації підпростору.

МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ

1. Предмет і історія розвитку досліджень по оптимізації. Приклади математичних моделей. Багатокритеріальність.
2. **Мінімізація функцій однієї змінної.** Постановка задачі. Класичні методи розв'язку. Метод поділу відрізка навпіл. Метод золотого поділу. Оптимальні методи. Метод Фібоначчі. Методи ламаних, дотичних, парабол. Числові методи мінімізації багатоекстремальних функцій. Знаходження початкового локалізуючого відрізку.
3. **Мінімізація функцій багатьох змінних.** Постановка задачі. Класичні методи розв'язування. Опуклі множини, опуклі функції. Віддільність множин і опорні гіперплощини. Умови оптимальності, умови Джона, умови Куна-Таккера. Функція Лагранжа. Сідлові точки. Достатні умови оптимальності. Двоїстість.
4. **Числові методи безумовної оптимізації.** Загальні питання. Градієнтний метод, вибір кроку. Метод Ньютона, модифікації методу Ньютона. Різницеві варіанти методу, квазінютонівські методи, методи спряжених напрямів. Методи нульового порядку.
5. **Задачі лінійного програмування.** Постановка задачі. Геометрична інтерпретація. Канонічна форма запису. Кутові точки. Симплекс-метод, знаходження початкової точки, оптимальний розв'язок, проблема зациклення. Розв'язування М-задачі лінійного програмування..
6. **Динамічне програмування.** Приклади розв'язування задач динамічного програмування. Задачі динамічного програмування в загальному вигляді. Принцип оптимальності.
7. **Задачі нелінійного програмування з обмеженнями.** Методи проекції градієнта, умовного градієнта. Методи лінеаризації, модифікованих функцій Лагранжа, штрафних функцій.
8. **Варіаційне числення.** Основна задача варіаційного числення. Метод варіацій. Необхідні умови слабого мінімуму. Основна лема варіаційного числення. Рівняння Ейлера. Лема Дюбуа-Реймона. Функція Вейєрштраса. Голкові варіації.Задача Больца. Умови трансверсальності. Ізоперіметричні задачі. Варіаційні задачі на умовний екстремум. Варіаційні задачі з похідними вищих порядків.
9. **Задачі оптимального керування**. Задача Лагранжа і основна задача оптимального керування. Принцип максимуму. Задача про оптимальну швидкодію. Задача синтезу.

Лінійні задачі оптимального керування. Властивість області досяжності. Єдиність розв'язку. Принцип максимуму, достатня умова. Основні теореми про лінійну швидкодію. Теорема про число переключень. Теорема Фельдбаума.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ

1. Задачі ухвалення рішень (ЗУР). Моделювання ЗУР: головні елементи. Характеристика зв'язків між альтернативами і наслідками.
2. Моделі керування запасами (МКЗ). Поняття запасу. Види запасів. Доданки функції сумарних витрат; їхня характеристика.
3. Транспортна задача (ТЗ). Постановка транспортної задачі (ТЗ). Відкрита й закрита ТЗ. Тривіальні властивості закритої ТЗ.
4. Багатокритеріальні задачі ухвалення рішень. Ефективні та малоефективні вектори у задачах багатокритеріальної оптимізації. Множини Парето / Слейтера.
5. ЗУР в умовах невизначеності. Цілковита невизначеність. Оцінювана невизначеність. Ухвалення рішень в умовах конфлікту (теорія ігор).
6. Теорія ігор. Визначення нижньої / верхньої ціни, сідлової точки у матричній грі. Визначення ситуації рівноваги Неша у чистих стратегіях у біматричній грі.

ПРОГРАМУВАННЯ

1. Вказівники і посилання в C++. Масиви.
2. Функція – основна програмна одиниця мови C++.
3. Класи – основний засіб визначення типів. Конструювання об'єктів.
4. Перевизначення операторів в C++.
5. Наслідування як механізм повторного використання коду.
6. Поліморфізм.
7. Механізм контролю назв
8. Множинне наслідування.
9. Винятки як системний підхід до обробки помилок.
10. Параметризовані функції та класи.
11. Узагальнене програмування на основі STL. Контейнери і алгоритми.
12. Об'єкти-функції та їх використання з алгоритмами для обробки контейнерів.
13. Програмування з використанням послідовних контейнерів
14. Програмування з використанням асоціативних контейнерів.
15. Ієрархія потокових шаблонів.
16. Призначення та особливості реалізації мовою C++ патернів створення об'єктів Singleton і Factory Method.
17. Призначення та особливості реалізації мовою C++ структурних патернів Adapter і Bridge.
18. Призначення та особливості реалізації мовою C++ патернів поведінки Command, Iterator і Strategy.
19. Загальна структура Windows-програми та її виконання.
20. Повідомлення як дані для керування виконанням Windows-програмою.
21. Вікно – основний елемент візуального інтерфейсу програми.
22. Особливості визначення типів в C#.
23. Розробка графічного інтерфейсу користувача засобами класів System.Windows.Forms.
24. Графічні об'єкти System.Drawing.
25. Зв'язування даних. Табличне представлення даних за допомогою DataGridView.
26. Серіалізація за допомогою XmlSerializer.
27. Робота з базою даних засобами Data.Command.
28. Робота з базою даних засобами DataSet і DataAdapter.
29. LINQ як модель доступу до даних. Оператори стандартних запитів.
30. Об'єктна модель LINQ to SQL. DataContext як джерело даних.
31. LINQ to DataSet. Розширення методами інтерфейсу IEnumerable<T>.
32. Архітектура 16-ти і 32-розрядних процесорів. Асемблерні команди, адресування операндів.

33. Використання бібліотек DLL: виклик функцій, явне зв’язування з бібліотекою.
34. Використання макровизначень.
35. Алгоритми функціонування та створення редактора тексту, табличного процесора, компілятора з мови асемблера

БАЗИ ДАНИХ ТА ІС

1. Історія розвитку БД. Основи побудови банків даних. Бази знань. Трьохрівневе зображення даних.
2. Моделі даних. Ієрархічна сіткова та реляційна модель даних. Об’єктно-орієнтована модель.
3. Структури даних реляційної моделі. Ключі відношень. Основи реляційної алгебри. Основні та додаткові операції.
4. Використання ER підходу до проектування БД. Правила виводу відношень із ER - діаграм.
5. Додавання записів у файл БД. Перегляд записів БД. Функції.
6. Пошук даних в базі.
7. Редагування даних. Команди редагування.
8. Робочі області. Зв’язки один до одного та один до багатьох. Об’єднання баз даних.
9. Командні файли.
10. Введення-виведення даних.
11. Команди галуження та організації циклів.
12. Організація меню. Створення інформаційної системи.
13. Мова запитів SQL.

АРХІТЕКТУРА КОМП’ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТАМ МЕРЕЖ

1. Історія розвитку обчислювальних систем. Архітектура фон Неймана - основа цифрових обчислювальних машин. Поняття алгоритму і його вплив на організацію ЕОМ. Базові принципи архітектури фон Неймана: принцип програмного управління, концепція зберігання програми в пам'яті. Основні функціональні пристрої ЕОМ архітектури фон Неймана: арифметико-логічний пристрій, пристрій пам'яті, пристрої для уведення і виведення інформації, пристрій управління.
2. Багаторівнева організація ЕОМ. Фізичний рівень. Рівень аналогової схемотехніки. Рівень цифрової схемотехніки. Рівень системотехніки. Мікроархітектурний рівень. Рівень машинних команд. Рівень операційної системи. Рівень мови асемблера. Мови високого рівня.
3. Інформаційна та елементна база ЕОМ. Поняття про інформацію. Системи числення. Форми представлення чисел в ЕОМ. Основи алгебри логіки. Логічний елемент. Класифікація логічних елементів за способом кодування двійкових змінних. Базова схема як схемотехнічна основа логічного елемента. Базові схеми найпростіших логічних елементів (І, АБО, НЕ). 2.2. Поняття про елементну базу ЕОМ (тригер, суматор, регістр, зсувач, шифратор, дешифратор, лічильник, арифметико-логічний пристрій). Реалізація типових комбінаційних схем. Запам'ятовувальні елементи: конденсатор з ключовим транзистором, асинхронна RS-защіпка, синхронна RS-защіпка, синхронна D-защіпка, RS-тригер, D-тригер. Типові послідовні вузли: регістри, лічильники, суматори.
4. Вступ до проблематики синтезу логічних схем . Таблиці істинності , логічні блоки на основі елементів певного логічного базису та їх схемна реалізація.
5. Характеристики продуктивності обчислювальних систем. Характеристики продуктивності на рівні апаратного забезпечення. Оцінка продуктивності на рівні програмного забезпечення.
6. Класифікація архітектур обчислювальних систем за інтегральними ознаками: взаємодія ЦП, ОЗУ, ПП (однопроцесорні, потужний процесор + периферійні процесори, багатопроцесорні, з магістральною шиною, мережна, функціонально-переналагоджувальна, масс-процесорна);
7. Ввзаємодія потоку команд і потоку даних). Архітектури ОКОД (SISD), БКОД (MISD), БКБД (MIMD), Архітектури SIMD: масивно-паралельні процесори, векторні процесори. Приклад архітектури SIMD. Архітектури MIMD.
8. Класифікація за функціональним призначенням. Аналогові, цифрові та гібридні ЕОМ.

Класифікація за способом організації команд: CISC, RISC, MISC. Симетричні мультипроцесори, моделі спільного використання пам'яті: сувора погодженість, узгодженість за послідовністю, процесорна узгодженість, слабка узгодженість, вільна узгодженість. Мультипроцесори UMA з шинної організацією, з координатним комутатором, з багатоступінчатими мережами. Мультипроцесори NUMA: NC-NUMA, CC-NUMA. Мультипроцесори COMA.

9. Канонічна схема мікропроцесора. Системи, види і формати команд універсальних мікропроцесорів. CISC-і RISC-архітектури. Вибірка, дешифрування та виконання команд. Подання роботи обчислювального тракту процесора на мікроархітектурному рівні.
10. Режими адресації пам'яті та пристроїв вводу-виводу. Система переривань. Механізми звернення до підпрограм. Мікропроцесор Intel 8086(88). Машинна мова. Архітектура процесора. Регістри загального призначення. Індексні регістри та регістри-вказівники. Регістри сегменту. Шини мікропроцесора. Зв'язок з магістраллю. Переривання (внутрішні та зовнішні, масковані та немасковані).
11. Напрямки розвитку архітектури сучасних універсальних мікропроцесорів. Конвейеризація виконання команд. Суперскалярна архітектура. Конвеєри процесорів Pentium, Pentium Pro, Pentium II, Pentium IY. Технологія перейменування регістрів. Технологія просування даних. Трирівнева кеш-пам'ять команд та кеш-пам'ять даних. Динамічне передбачення розгалужень. Розширення і конвейеризації циклів шини даних. Засоби забезпечення надійності даних. Підтримка мультипроцесора.

ОСНОВНА ЛІТЕРАТУРА

1. Алексеев В.М., Тихомиров В.М., Фомин С.В., Оптимальное управление. М. Наука 1979.
2. Б.В.Гнеденко Курс теории вероятностей. М., 1969.
3. Базара М., Шетти К. Нелинейное программирование. Теория и алгоритмы. М. Мир.1982.
4. Бартіш М.Я. Методи оптимізації. Теорія і алгоритми Львів 2006, 225с.
5. Болтянский В. Г. Математические методы оптимального управления. М. Наука, 1966.
6. Вагін П.П., Остудін Б.А., Шинкаренко Г.А. Основи функціонального аналізу: Курс лекцій. - Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2005. - 140с.
7. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальних задач. М. Наука. 1988.
8. Г.Крамер Математические методы статистики. М., 1975
9. Габасов Р., Кириллова Ф.М. Методы оптимизации, Минск. Из-во БГУ. 1981.
10. Григорьев В.Л. Микропроцессор i486. Архитектура и программирование (в 4-х книгах). - М., 1993.
11. Гук М. Процессоры Intel: от 8086 до PentiumII. - СПб., 1997.
12. Дао Л. Программирование микропроцессора 8088. Пер. с англ. - М., 1988.
13. Злобін Г.Г., Рикалюк Р.Є. Архітектура та апаратне забезпечення ПЕОМ: Навчальний посібник - К., 2006
14. Каган Б.М. Электронные вычислительные машины и системы: Учеб. пособие для вузов. - М., 1991.
15. Локазюк В.М. Мікропроцесори та мікроЕОМ у виробничих системах: Посібник.- К., 2002.
16. Морс С.П., Алберт Д. Архитектура микропроцессора 80286. М., 1990.
17. МюллерС., Скотт Модернизация и ремонт ПК, 11-е издание. Пер. с англ.: Учеб. пособие. -М., 2000.
18. П.С.Сеньо Теорія ймовірностей та математична статистика. Київ, Знання, 2007.
19. Поляк Б.Т. Введение в оптимизацию, М. Наука. 1983.
20. Понтрягин Л.С. и др. Математическая теория оптимальных процессов. М. Наука. 1983.
21. Пшеничный Б.Н., Данилин Ю.М. Численные методы в экстремальных задачах. М. Наука. 1975.
22. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К. Оптимизация в технике 1,2 т. М. Мир.1986
23. Рикалюк Р.Є. Архітектура комп'ютерів: Текст лекцій. Львів, 2002.
24. Рикалюк Р.Є. Лабораторний (симуляційний) практикум з курсу "Архітектура комп'ютерів". Електронний варіант. Львів, 2007

25. Рикалюк Р.Є., Стягар О.М., Данчак П.В. Вступ до комп'ютерних мереж: Текст лекцій. - Львів, 1996.
26. Смирнов А.Д., Архитектура вычислительных систем. Учеб. пособие для вузов. - М., 1990.
27. Таненбаум Э. Архитектура компьютеров. 2003.
28. Шахно С.М. Чисельні методи лінійної алгебри. - Львів, 2007. - 248 с.
29. Шахно С.М., Дудикевич А.Т., Левицька С.М. Практична реалізація чисельних методів лінійної алгебри. - Львів, 2009. - 148 с.
30. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. М. Наука.
31. Ю.В. Капітонова, С.Л. Кривий, О.А. Летичевський, М.К. Печурін. Основи дискретної математики. К., Наукова думка, 2002.
32. Ю.В.Нікольський, В.В.Пасічник, Ю.М. Щербина. Дискретна математика (у серії "Інформатика"). Київ, Видавнича група BHV, 2006, 2007.
33. Ю.В.Нікольський, В.В.Пасічник, Ю.М. Щербина. Дискретна математика (у серії "Комп'ютинг"). Львів, Магнолія-2006, 2009 (1-е видання), 2010 (2-е видання).
34. Ю.В.Нікольський, В.В.Пасічник, Ю.М. Щербина. Дискретна математика. Львів, Магнолія Плюс, 2005, 2006 (1-е видання), 2007 (2-е видання, виправлене й доповнене), 2008 (3-є видання, виправлене й доповнене).
35. Петров М.Н. Компьютерная графика. Учебник для вузов. – С.-П.: Питер, 2011. – 544 с.
36. Веселовська Г. В. Комп'ютерна графіка : Навчальний посібник для вузів. — Херсон: ОЛДІ-плюс, 2004. — 582 с.
37. Коссак О.С. Комп'ютерна графіка : Навчальний посібник для вузів. — Львів: ЛНУ ім.Івана Франка, 2010. — 205 с.

Додаткова література

1. Аладьев В.З., Хунт Ю.Я., Шишаков М.Л. Основы информатики: Учеб. пособие. – М., 1999.
2. Биркгоф Г., Барти Т. Современная прикладная алгебра / Пер.с англ. –М., 1976.
3. Гаврилюк І.П., Макаров В.Л. Методи обчислень. - К.: Вища школа, 1995. - 367 с.
4. Горбунов В.Л., Панфилов Д.И., Преснухин Д.Л. Справочное пособие по микропроцессорам и микроЭВМ. –М., 1988.
5. Гук М. Аппаратные средства IBM PC. Энциклопедия – СПБ, 1999.
6. Енциклопедія кібернетики (у 2 томах) – К., 1977.
7. Колодницький М.М. Технічне та програмне забезпечення комп'ютерних інформаційних технологій.– Житомир, 1995.
8. Ланцов А.Л., Зворыкин Л.Н., Осипов И.Ф. Цифровые устройства на комплементарных МПД интегральных микросхемах. –М., 1983.
9. Хэмминг Р.В. Теория кодирования и теория информации / Пер. с англ. – М., 1983.
10. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике / Пер. с англ.– М., 1963.