

ПРОГРАМА
вступного іспиту зі спеціальності
123 «Комп'ютерна інженерія»
для здобувачів вищої освіти третього
(освітньо-наукового) рівня

Вступне слово

Програма складена з урахуванням програми рівня вищої освіти магістра зі спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія». Вона містить 14 розділів, у перших п'яти з яких відображено загальнотехнічні питання, а у решти – питання дисциплін фахового спрямування.

Розроблені питання базуються на навчальних дисциплінах освітньо-професійних програм, що вивчаються у вищих технічних закладах України, спрямовані на виявлення знань та умінь здобувачів вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня зі спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія».

Розділ 1. Дискретна математика.

- 1.1. Множини. Потужність множини. Алгебра множин. Декартовий добуток множин. Відношення та їх властивості. Висловлювання. Логічні функції. Алгебра висловлювань.
- 1.2. Числення висловлювань. Нормальні форми логічних виразів. Поняття про задачу мінімізації логічних виразів. Тотожно істинні та хибні висловлювання. Повні набори логічних функцій.
- 1.3. Предикати. Квантори існування і загальності. Поняття про числення предикатів. Метод резолюцій.
- 1.4. Графи. Основні визначення. Мінімальне зв'язувальне дерево. Графи і бінарні відношення. Число графів. Суміжність, інцидентність, ступені. Зважені графи. Ізоморфізм. Інваріанти. Операції над графами. Локальні операції. Підграфи. Алгебраїчні операції.

Розділ 2. Алгоритми, структури даних та методи обчислень.

- 2.1. Поняття алгоритму. Властивості алгоритму. Оцінка ефективності алгоритмів. Функції складності за часом та за пам'яттю. Асимптотична складність. Типові алгоритмічні структури: лінійний, розгалужений, циклічний.
- 2.2. Алфавітні оператори та алгоритми. Асоціативні числення.
- 2.3. Приклади універсальних алгоритмічних систем: нормальні алгоритми Маркова; машини Тьюрінга. Тезис Черча.
- 2.4. Алгоритм, методи подання алгоритму. Синтез та аналіз алгоритмів.
- 2.5. Поняття про проблеми, що не мають алгоритмічного розв'язку.

Розділ 3. Архітектура комп'ютерів та принципи побудови комп'ютерних систем.

- 3.1. Етапи розвитку засобів обчислювальної техніки та їх компонентів. Цифрові та аналогові ЕОМ: основні принципи побудови та організації обчислювального процесу. Класифікація комп'ютерів за різними ознаками. Таблиця параметрів обчислювальних систем TOP-500.
- 3.2. Розвиток інтегральних технологій, закон Мура та фізичні обмеження розвитку кремнієвих технологій. Нові технології створення компонентів та структур

комп'ютерів (квантових, оптичних, біотехмолекулярних та ін.). Закони Гроша. Амдала та ін.

- 3.3. Функції, структура та характеристики комп'ютера. Основні функціональні вузли комп'ютера і їхні функції. Тенденції зміни основних характеристик апаратних засобів комп'ютера. Оцінка продуктивності комп'ютера. Організація зв'язків між функціональними вузлами комп'ютера.
- 3.4. Поняття архітектури комп'ютера. Архітектурні принципи Джона фон Неймана. Нейманівські архітектури комп'ютерів .
- 3.5. Кодування та виконання команд в комп'ютері. Типи операцій та команд. Принципи формування системи команд комп'ютера. Конвеєрне виконання команд.
- 3.6. Формати команд комп'ютера. Класифікація архітектури комп'ютера за типом адресованої пам'яті. Способи адресації операндів. Архітектура системи команд комп'ютера.
- 3.7. Процесор комп'ютера із складною системою команд. Процесор комп'ютера з спрощеною системою команд. Вимоги до процесора комп'ютера з спрощеною системою команд. Базові принципи побудови процесора комп'ютера з спрощеною системою команд. Виконання команд в процесорі комп'ютера з спрощеною системою команд. Конвеєрна структура процесора комп'ютера з спрощеною системою команд.
- 3.8. Суперконвеєрні процесори. Суперскалярні процесори. Процесор векторного комп'ютера. Принципи функціонування комп'ютера з довгим форматом команди. Класифікація архітектури комп'ютера за рівнем суміщення опрацювання команд та даних. Запобігання конфліктам в конвеєрі команд.
- 3.9. Арифметичні операції над двійковими числами у форматі з фіксованою та рухомою комою. Табличний метод обчислення елементарних функцій. Таблично-алгоритмічний метод обчислення елементарних функцій.
- 3.10. Операції перетворення даних. Функції арифметико-логічного пристрою. Способи обробки даних в арифметико-логічному пристрої. Елементарні операції арифметико-логічного пристрою. Складні операції арифметико-логічного пристрою. Структура арифметико-логічного пристрою. Типи операційних пристроїв. Табличний операційний пристрій. Однотактовий операційний пристрій. Конвеєрний операційний пристрій.
- 3.11. Типи та характеристики пам'яті комп'ютера. Багаторівнева структура пам'яті комп'ютера. Ієрархічна організація пам'яті комп'ютера. Принцип ієрархічної організації пам'яті. Порядок взаємодії процесора і основної пам'яті через кеш пам'ять. Організація обміну інформацією між основною та зовнішньою пам'яттю. Статичний та динамічний розподіл пам'яті. Сегментна, сторінкова та сегментно-сторінкова організація віртуальної пам'яті.
- 3.12. Під'єднання зовнішніх пристроїв до комп'ютера. Розпізнавання пристроїв введення-виведення. Методи керування введенням-виведенням. Програмно-кероване введення-виведення. Система переривання програм та організація введення-виведення за перериваннями. Прямий доступ до пам'яті. Введення-виведення під керуванням периферійних процесорів.
- 3.13. Різновиди комп'ютерних систем та комплексів. Класифікації Фліна, Ерлангера, Шора та ін.
- 3.14. Багатомашинні та багатопроцесорні системи. Особливості побудови та використання.

- 3.15. Проблемно-орієнтовані системи: знання-орієнтовні, матричні, асоціативні та інші системи.
- 3.16. Географічно розподілені системи, призначення та принципи організації. Метакомп'ютери та GRID - системи, архітектурно-структурна організація та особливості застосування.
- 3.17. Системи з реконфігурованою структурою. Принципи організації, особливості проектування та застосування.

Розділ 4. Компоненти комп'ютерів, комп'ютерних систем та мереж.

- 4.1. Основи теорії моделювання. Поняття моделі, основні властивості моделей, класифікація моделей. Мови моделювання. Методи обробки результатів моделювання.
- 4.2. Елементи теорії лінійних електричних кіл. Основні закони і теореми. Методи аналізу лінійних електричних кіл: контурних струмів, вузлових потенціалів, матричний аналіз. Аналіз нелінійних електричних кіл.
- 4.3. Передавальні, перехідні та амплітудно-частотні характеристики. Аналіз швидкодії компонентів у часовій та у частотній областях. Методи аналізу стійкості.
- 4.4. Основні поняття експериментальних досліджень, спостереження, лічба, вимірювання, контроль, діагностика.
- 4.5. Фізичні величини та сигнали. Їх математичний опис. Систематизація фізичних величин. Класифікація вимірювань: прямі, непрямі, опосередковані, сукупні і сумісні.
- 4.6. Типи вузлів та блоків сучасних комп'ютерів, їх характеристики. Процесори, засоби пам'яті та керування обчислювальними процесами, пристроїв вводу - виводу інформації.
- 4.7. Логічні інтегральні мікросхеми, що програмуються, особливості їх організації та використання.
- 4.8. Мікропроцесори: структура, внутрішні мови, типові операції та процедури. Приклади та характеристики сучасних мікропроцесорів.
- 4.9. Процесори цифрової обробки сигналів. Типи та характеристики.
- 4.10. Інтегральні схеми пам'яті. Види інтегральних запам'ятовуючих пристроїв (ЗП). ІС з довільною та послідовною вибіркою на біполярних та МДП транзисторах.
- 4.11. Програмовані та перепрограмовані постійних ЗП. Порівняльна оцінка сучасних статичних та динамічних ЗП. ЗП на приладах із зарядовим зв'язком, на циліндричних доменах, голографічні, кріоелектронні ЗП.
- 4.12. Програмовані логічні інтегральні схеми.
- 4.13. Системи на кристалі.
- 4.14. Програмовані аналогові інтегральні схеми.
- 4.15. Основні визначення вимірювальної техніки: вимірювання, фізична величина, результат вимірювання, похибка вимірювання та її складові, класифікація методів вимірювання. Аналогові та аналого-цифрові, цифро-аналогові компоненти.
- 4.16. Операційні підсилювачі (ОП). Аналіз схем ОП, їх основні параметри та характеристики. Температурний і часовий дрейфи. Методи компенсації дрейфу. Стійкість схем ОП, їх корекція.
- 4.17. Засоби вимірювальної техніки: міра, вимірювальний перетворювач, масштабний перетворювач, компаратор. Основні параметри і характеристики.

- Інструментальні підсилювачі, активні фільтри, перемножувачі і модулятори. Аналогові комутатори та схеми пам'яті. Синтезатори аналогових сигналів.
- 4.18. Давачі та перетворювачі. Тензочутливі елементи, термоелектричні перетворювачі, термопари. Оптиелектронні перетворювачі. Давачі Холла, магніторезистори, напівпровідникові квантові інтерферометри (СКВІД).
- 4.19. Цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП). Основні вузли, характеристики та параметри. Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП). АЦП прямого та компенсаційного перетворювань. Сигма-дельта АЦП. Основні параметри та характеристики.

Розділ 5. Основи програмування та об'єктно-орієнтоване програмування.

- 5.1. Парадигми програмування та тенденції розвитку мов програмування.
- 5.2. Функції та архітектура програмного забезпечення. Операційні системи та оболонки.
- 5.3. Складові інженерної діяльності: процес, життєвий цикл, модель, вартість програмного забезпечення. Промислові методології розробки ПЗ.
- 5.4. Об'єкти і класи. Теорія типів і типізація в .NET. Концепції наслідування, інкапсуляції і поліморфізму та їх реалізація в мові C#.
- 5.5. Поняття класу та об'єкту (екземпляру класу). Властивості та методи класу.
- 5.6. Конструктори, деструктори класів. Статичні та константні члени класів.
- 5.7. Базові принципи ООП: інкапсуляція, ієрархія, модульність, абстрагування. Взаємовідносини між класами.
- 5.8. Поняття інкапсуляції. Директиви видимості (модифікатори доступу). Організація доступу до захищених членів класу.
- 5.9. Принцип спадковості. Поняття одиничної та множинної спадковості. Реалізація одиничної та множинної спадковості в об'єктно-орієнтованих мовах програмування.
- 5.10. Поняття поліморфізму: статичний та динамічний поліморфізм. Поняття раннього та пізнього зв'язування. Реалізація принципу поліморфізму в об'єктно-орієнтованих мовах програмування. Віртуальні та абстрактні методи.
- 5.11. Поняття шаблону класу та функції. Інстанціювання.

Розділ 6. Паралельні та розподілені обчислення.

- 6.1. Паралелізм, як фундаментальний засіб обчислень. Паралельна і розподілена обробка в системах реального часу. Види паралелізму. Основні поняття паралелізму та векторизації. Ступінь паралелізму алгоритму. Паралельні алгоритми. Формальна модель прискорення паралельного алгоритму. Ступінь векторизації алгоритму. Прискорення та погодженість векторного алгоритму.
- 6.2. Структури зв'язку між вузлами паралельної системи. Теоретичні основи. Шинні мережі. Сітки з комутаторами. Структури, що забезпечують зв'язок типу «пункт-пункт». Методи комутацій.
- 6.3. Основні класи сучасних паралельних комп'ютерів (Масивно-паралельні системи. Симетричні мультипроцесорні системи. Системи з неоднорідним доступом до пам'яті. Паралельні векторні процесори. Кластерні системи). Організація обчислень на цих структурах.
- 6.4. Мови паралельного програмування. Класифікація мов і систем паралельного програмування. Особливості організації паралельної програми. Технології паралельного програмування Message Passing Interface (MPI). Операції обміну повідомленнями.

- 6.5. Балансування навантаження в розподілених системах. Причини появи незбалансованого навантаження. Статичне і динамічне балансування. Методологія практичного вирішення задачі балансування. Алгоритми балансування: випадковий алгоритм, алгоритм, що базується на комунікаціях, алгоритм, що базується на обчисленні навантаження.

Розділ 7. Організація баз даних.

- 7.1. Системи керування базами даних. Функції СКБД.
- 7.2. Модель даних. Ієрархічна, мережна моделі. Схема та підсхема бази даних. Незалежність та цілісність даних.
- 7.3. Реляційна модель даних. Реляційна алгебра. Реляційне числення. 1, 2 та 3 нормальні форми відношень (3NF). Проектування схем баз даних.
- 7.4. Мова SQL. Засоби пошуку даних. Запити на вибірку даних. Засоби маніпулювання даними.
- 7.5. Структури даних і способи їхнього подання. Методи організації логічних і фізичних структур подання БД.

Розділ 8. Комп'ютерні мережі.

- 8.1. Принципи передачі інформації по мережі. Призначення і типи інформаційних пакетів. Структура пакетів. Можливості мережевих адаптерів і проміжних мережевих пристроїв.
- 8.2. Структуризації локальних і глобальних мереж. Фізична і логічна структуризація. Функціональне призначення основних типів комунікаційного устаткування: повторювачі, мости, комутатори, маршрутизатори, роль мережевих служб.
- 8.3. Багаторівневий підхід. Протокол. Інтерфейс. Стек протоколів. Модель OSI, її призначення і функції кожного рівня. Мережевозалежні і мережевонезалежні рівні. Модульність і стандартизація. Поняття "Відкрита система". Джерела стандартів. Характеристика стандартних стеків комунікаційних протоколів OSI, TCP/IP, IPX/SPX, NetBIOS/SMB. Еталонна модель взаємодії відкритих систем (EMBBC). Семирівнева архітектура. Функції рівнів та їх взаємодія. Послуги, протоколи, інтерфейси.
- 8.4. Структуризації локальних і глобальних мереж. Фізична і логічна структуризація. Функціональне призначення основних типів комунікаційного устаткування: повторювачі, мости, комутатори, маршрутизатори, роль мережевих служб.
- 8.5. Технології комутації каналів, повідомлень та пакетів. Логічна та фізична структури мереж.

Розділ 9. Проектування комп'ютерних систем та мереж.

- 9.1. Системний підхід до проектування комп'ютерів. Рівні та етапи проектування.
- 9.2. Завдання та методи проектування. Системне, функціональне, логічне, технічне та технологічне проектування. Основні задачі проектування апаратури на надвеликих інтегральних мікросхемах
- 9.3. Моделювання для обґрунтування запропонованих технічних рішень. Мови опису апаратури (VHDL, Verilog та ін.).
- 9.4. Проектування функціональних блоків та елементної бази комп'ютерів за допомогою САПР. Основні програмні комплекси САПР (Design Lab., OrCAD, PSpice та ін.)

- 9.5. Особливості проектування реконфігурованих комп'ютерних систем з використанням ПЛІС.

Розділ 10. Програмне забезпечення комп'ютерних систем та мереж.

- 10.1 Асемблери та їх типи. Машинно-залежні та незалежні характеристики асемблерів. Транслятори з мов асемблера.
- 10.2. Операційні системи (ОС). Основні компоненти та загальні характеристики операційних систем та їх інтерфейсів. Основні функції операційних систем. Класифікація операційних систем.
- 10.3. Операційна система Linux. Принципи побудови ОС Linux. Організація роботи ОС Linux. Ядро ОС Linux. Системні служби ОС Linux.
- 10.4. Управління обчислювальними процесами в ОС Linux. Блок управління процесом (Process Control Block). Планування паралельного виконання обчислювальних процесів. Алгоритми планування. Оптимізація планування паралельного виконання обчислювальних процесів.
- 10.5. Взаємодія обчислювальних процесів в ОС Linux. Програмні потоки. Синхронізація обчислювальних процесів та потоків.
- 10.6. Управління пам'яттю в ОС Linux. Організація та способи управління пам'яттю. Віртуальна пам'ять (virtual memory). Принцип локальності звертань до пам'яті.
- 10.7. Управління кількістю сторінок пам'яті виділених процесу. Управління заміщенням сторінок пам'яті процесу.
- 10.8. Механізм автоматичного управління пам'яттю. Алгоритм позначок доступності об'єктів (mark and sweep). Алгоритм підрахунку посилань (reference counting). Алгоритм поколінь об'єктів (generational collection).
- 10.9. Управління вводом/виводом в ОС Linux. Організація програмного забезпечення вводу/виводу. Обробка переривань. Драйвер пристрою.
- 10.10. Управління файловою системою в ОС Linux. Способи іменування файлів. Логічна організація файлу. Фізична організація файлу. Класифікація файлових систем. Проблема фрагментації дискового простору. Методи дефрагментації дискового простору.
- 10.11. Мережна підсистема ОС Linux. Призначення та структура мережної підсистеми. Організація роботи мережної підсистеми ОС Linux. Диспетчеризація пакетів даних в мережній підсистемі ОС Linux. Мережні інтерфейси в ОС Linux.
- 10.12. Системи та мови програмування. Машинно-орієнтовані, проблемно-орієнтовані та універсальні мови програмування. Абетка, синтаксис та семантика. Способи опису мов програмування.
- 10.13. Компіляція та її фази. Компілятори з оптимізацією.

Розділ 11. Якість та надійність програмного забезпечення та комп'ютерних систем та мереж.

- 11.1. Верифікація і тестування - складові життєвого циклу ПЗ. Задачі і види тестування ПЗ. Статичне та динамічне тестування. Вимоги до ідеального критерію тестування. Класи критеріїв тестування.
- 11.2. Надійність програмного забезпечення. Типи відмов та аварійних ситуацій у функціонуванні програм.
- 11.3. Критерії надійності програмних комплексів. Підвищення надійності програм за рахунок часового та інформаційного надлишку.
- 11.4. Показники надійності комп'ютерів, систем та мереж. Вплив параметрів елементної бази на показники надійності.

- 11.5. Методи та способи забезпечення високої достовірності обробки інформації.
- 11.6. Апаратний автоматичний контроль комп'ютерів та мереж для забезпечення достовірності обробки інформації.
- 11.7. Методи кодування інформації та їх застосування для підвищення надійності обробки інформації.

Розділ 12. Комп'ютерні засоби обробки сигналів та зображень.

- 12.1. Сигнали в технічних системах. Аналогові та цифрові сигнали. Оцифрування аналогових сигналів. Типові сигнали в ЦОС, їх характеристики та особливості використання в різних системах
- 12.2. Ключові операції цифрової обробки сигналів та методи їх реалізації. Функціональні перетворення сигналів. Основні алгоритми обробки сигналів Використання вікон для опрацювання сигналів. Спектральний аналіз. Алгоритми швидкого перетворення Фур'є та їх реалізація.
- 12.3. Загальні принципи побудови та основні компоненти КЗОСЗ. Універсальні та спеціалізовані процесори ЦОС. Комп'ютерні архітектури для реалізації засобів ЦОСЗ.
- 12.4. Проектування цифрових фільтрів. Основні операції фільтрації. Групи фільтрів. Класи цифрових фільтрів: СІХ та НІХ фільтри. Типи фільтрів частотної селекції: НЧ, ВЧ, смугові, режекторні. Проектування цифрових фільтрів. АЧХ та ФЧХ фільтрів.
- 12.5. Кореляція сигналів. Властивості кореляційних функцій. Проектування вузлів кореляції
- 12.6. Модуляція/демодуляція сигналів. Класифікація видів модуляції. Основні характеристики видів модуляції. Обчислення параметрів модульованих сигналів

Розділ 13. Захист інформації в комп'ютерних системах та мережах.

- 13.1. Поняття інформаційної безпеки (ІБ) та її складові. Найбільш поширені загрози.
- 13.2. Криптографія з відкритим ключем. Шифрування, створення і перевірка цифрового підпису, обмін ключами. Алгоритми RSA і Діффі-Гелмана. Хеш-функції і автентифікація повідомлень. Прості хеш-функції і сильна хеш-функція MD5. Сильні хеш-функції SHA-1, SHA-2 і ГОСТ 3411. Алгоритм HMAC.
- 13.3. Цифрові підписи. Прямий і арбітражний цифровий підпис, стандарти цифрового підпису ГОСТ 3410 і DSS. Криптографія з використанням еліптичних кривих.
- 13.4. Алгоритми обміну ключами і протоколи автентифікації. Інфраструктура відкритого ключа: сертифікат відкритого ключа X.509, сертифікаційний центр, кінцевий учасник, реєстраційний центр, CRL, політика сертифікату. Архітектура PKI.
- 13.5. Алгоритми та програми криптографічного шифрування даних. Спецпроцесори для криптографії. Засоби ідентифікації користувачів.
- 13.6. Комп'ютерні віруси, їх класифікація та розповсюдження, методи виявлення вірусів та засоби захисту від них. Найбільш розповсюджені пакети захисту від вірусів.

Розділ 14. Технології штучного інтелекту в комп'ютерних системах.

- 14.1. Поняття штучного інтелекту. Основні напрямки досліджень в області штучного інтелекту. Основні концепції штучного інтелекту.

- 14.2. Методи та алгоритми штучного інтелекту. Розв'язок задач пошуку та планування.
- 14.3. Представлення знань в системах штучного інтелекту. Системи логічного виводу. Експертні системи. Імовірнісна логіка.
- 14.4. Інтелектуальна система. Узагальнена функціональна схема інтелектуальної системи. Області застосування інтелектуальних систем.
- 14.5. Машинне навчання. Класифікація задач машинного навчання. Навчання з учителем (supervised learning). Навчання з підкріпленням (reinforcement learning). Навчання без учителя (unsupervised learning).
- 14.6. Методи машинного навчання. Навчання дерев рішень. Машинне навчання на основі нейронних мереж. Глибинне навчання (deep learning).
- 14.7. Класифікація задач навчання з підкріпленням (reinforcement learning). Марківський процес прийняття рішень (Markov Decision Process).
- 14.8. Методи навчання з підкріпленням (reinforcement learning). Навчання з підкріпленням на основі часових різниць (Temporal difference learning). Метод навчання з підкріпленням Q-learning.
- 14.9. Архітектура інтелектуального агента. Логічно-символьні, поведінкові та комбіновані архітектури інтелектуальних агентів. Напрямки розвитку архітектур інтелектуальних агентів.
- 14.10. Багатоагентні системи (Multi-agent systems). Алгоритмічне забезпечення багатоагентних систем. Механізми координації колективної поведінки інтелектуальних агентів. Навчання з підкріпленням в багатоагентних системах.
- 14.11. Розробка автономних інтелектуальних систем на основі принципів самоорганізації. Способи оцінки процесу самоорганізації. Самоорганізація в автономних розподілених системах.

Форми контролю та критерії оцінювання

Організування та проведення вступних випробувань до аспірантури здійснюється відповідно до Правил прийому до аспірантури Національного університету «Львівська політехніка» у відповідному році.

Вступний іспит зі спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» проводиться у письмовій формі згідно з окремим графіком, який затверджується Ректором Університету та оприлюднюється на інформаційному стенді відділу докторантури та аспірантури й офіційному веб-сайті Університету не пізніше, ніж за 3 дні до початку прийому документів.

Екзаменаційні білети вступного іспиту зі спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» формуються в обсязі програми рівня вищої освіти магістра зі спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» та затверджуються рішенням Приймальної комісії Національного університету «Львівська політехніка».

Результати вступного іспиту зі спеціальності оцінюються за 100-бальною шкалою.

Екзаменаційний білет вступного іспиту до аспірантури зі спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» містить:

- письмову компоненту з п'яти питань (два питання з розділів 1-5, по одному питанню з цих розділів, і три питання з розділів 6-14, по одному питанню з цих розділів, кожне із п'яти питань екзаменаційного білета оцінюється максимально в 20 балів, максимальна сумарна кількість балів – 100 балів).

Критерії оцінювання кожного питання вступного іспиту зі спеціальності 123

«Комп'ютерна інженерія» є такими:

Оцінка «відмінно» (18-20 балів): вступник в аспірантуру бездоганно засвоїв теоретичний матеріал щодо змісту питання; самостійно, грамотно та послідовно з вичерпною повнотою відповів на питання; демонструє глибокі та всебічні знання, логічно будує відповідь; висловлює своє ставлення до тих чи інших проблем; вміє встановлювати причинно-наслідкові зв'язки, логічно та обґрунтовано будувати висновки.

Оцінка «добре» (14-17 балів): вступник в аспірантуру добре засвоїв теоретичний матеріал щодо змісту питання, аргументовано викладає його; розкриває основний зміст питання, дає неповні визначення понять, допускає незначні порушення в послідовності викладення матеріалу та неточності при використанні наукових термінів; нечітко формулює висновки, висловлює свої міркування щодо тих чи інших проблем, але припускається певних похибок у логіці викладу теоретичного змісту.

Оцінка «задовільно» (10-13 балів): вступник в аспірантуру в основному засвоїв теоретичний матеріал щодо змісту питання; фрагментарно розкриває зміст питання і має лише загальне його розуміння; при відтворенні основного змісту питання допускає суттєві помилки, наводить прості приклади, непереконливо відповідає, плутає поняття.

Оцінка «незадовільно» (0-9 балів): вступник не засвоїв зміст питання, не знає основних його понять; дає неправильну відповідь на запитання.

Виконання завдань вступного іспиту зі спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» передбачає необхідність неухильного дотримання норм та правил академічної доброчесності відповідно до Положення про академічну доброчесність у Національному університеті «Львівська політехніка». За порушення зазначених норм та правил вступники в аспірантуру притягаються до відповідальності згідно вимог чинного законодавства.

Рекомендована література

1. Андерсон Дж. Дискретна математика і комбінаторика. — М., С.-П., К, «Вільямс», 2014. — 923 с.
2. Базилевич Л.Є. Дискретна математика у прикладах і задачах : теорія множин, математична логіка, комбінаторика, теорія графів. — Математичний практикум. — Львів, 2013. — 486 с.
3. Капітонова Ю.В., Кривий С.Л., Летичевський О.А. та ін. Основи дискретної математики. - К., 2002.
4. Кривий С.Л. Дискретна математика. — Чернівці – Київ, «Букрек», 2017. 567 с.
5. Бойко В.І., Гуржій А.М., Жуйков В.Я. і інші. Схемотехніка електронних систем: У 3 кн. 2-е вид. Підручник. К.: Вища шк., 2004.
6. Бабенко Л.П., Лавріщева К.М.. Основи програмної інженерії - К.: Знання, 2001, - 269 с.
7. Білас О. Якість програмного забезпечення та тестування: навч. посіб. - Львів: вид-во НУ «Львівська політехніка», 2011.- 216 с.
8. Волошин О.Ф., Мащенко С.О. Моделі та методи прийняття рішень: навч. посіб. для студ. вищ. Навч. закл. – 2-е вид. доп. та перероблене.- К.:Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет",-2010,-226с.
9. Дунець Р.Б., Кудрявцев О.Т. Арифметичні основи комп'ютерної техніки. - Львів: Ліга-Прес. - 2006. – 142 с.

10. Матвієнко М. П., Розен В. П., Закладний О. М. Архітектура комп'ютера. Навчальний посібник. — К: Видавництво Ліра-К, 2016. — 264 с.
11. Мельник А.О. Архітектура комп'ютера. - Луцьк. Волинська обласна друкарня, 2008. — 470 с.
12. D.Patterson, J.Hennessy. Computer Architecture. A Quantitative Approach. 6-th Edition. - MKP, Inc. 2017. - 1141 p.
13. Linda Null and Julia Lobur. The Essentials of Computer Organization and Architecture. - Jones and Bartlett Publishers. 2003. 673 p.
14. Mostafa Abd-El-Barr, Hesham El-Rewini. Fundamental of computer organization and architecture. - A John Wiley & Sons, Inc Publication. 2005. 273 p.
15. Andrew S. Tanenbaum. Structured Computer Organization (6th Edition) 6th Edition, 2013.
16. V. Hamacher, Z. Vranesic, S. Zaky. Computer Organization. - McGraw Publ. Company, 1990.
17. Parallel Computer Architecture: A Hardware/Software Approach. David Culler and J.P. Singh with Anoop Gupta . - MKP Inc., 1998. 1100 p.
18. Hardware and Computer Organization. The Software Perspective By Arnold S. Berger. - Elsevier Inc. 2005. 513p.
19. Бочкар'юв О.Ю., Голембо В.А., Парамуд Я.С., Яцук В.О. Кіберфізичні системи: технології збору даних. За редакції професора Мельника А.О. Львів. Магнолія-2006. 2019. — 190 с.
20. Peter Marwedel. Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems, and the Internet of Things. Third Edition. 2018
21. Коркішко Т., Мельник А., Мельник В. Алгоритми та процесори симетричного блокового шифрування. — Львів: БаК, 2003. — 168с.
22. Ємець В., Мельник А., Попович Р. Сучасна криптографія. Основні поняття. — Львів: БаК, 2003. — 144с.
23. Мельник А.О., Мельник В.А. Персональні суперкомп'ютери: архітектура, проектування, застосування. Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2012, 590 с.
24. Мельник А.О. Пам'ять із впорядкованим доступом. Львівська політехніка, 2014. — 330с.
25. Abraham Silberschatz, Peter B. Galvin, Greg Gagne, Operating System Concepts, 10th Edition, Wiley, 2018. — 942 p.
26. Abraham Silberschatz, Peter B. Galvin, Greg Gagne, Operating System Concepts Essentials, 2nd Edition, Wiley, 2013. — 784 p.
27. William Stallings, Operating Systems: Internals and Design Principles, 9th Edition, Pearson, 2017. - 800 p.
28. Thomas Anderson, Michael Dahlin, Operating Systems: Principles and Practice, 2nd Edition, 2014. - 690 p.
29. Andrew S. Tanenbaum, Herbert Bos, Modern Operating Systems, 4th Edition, Pearson, 2015. - 1136 p.
30. Andrew S Tanenbaum, Albert S. Woodhull, Operating Systems Design and Implementation, 3rd Edition, Pearson, 2006. - 1080 p.
31. Remzi Arpaci-Dusseau, Andrea Arpaci-Dusseau, Operating Systems: Three Easy Pieces, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2018. - 714 p.

32. Бекон Дж., Харрис Т. Операційні системи, 2-ге видання. – К.: ВНУ, 2012. – 800с.
33. Шеховцев В.А. Операційні системи. – К.: Видавнича група ВНУ, 2005. – 576 с.
34. Бондаренко М.Ф., Качко О.Г. Операційні системи : навч. посібник. – Х. : Компанія СМІТ, 2008. — 432 с.
35. Лунтовський А.О., Климаш М.М., Семенко А.І. Розподілені сервіси телекомунікаційних мереж та повсюдний комп'ютинг і Cloud-технології. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 368 с.
36. Stuart Russell, Peter Norvig, Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4th edition, Pearson, 2020. - 1136 p.
37. David L. Poole, Alan K. Mackworth, Artificial Intelligence: Foundations of Computational Agents, Cambridge University Press, 2010. - 682 p.
38. Kevin Warwick, Artificial Intelligence: The Basics, Routledge, 2011. - 192 p.
39. Richard S. Sutton, Andrew G. Barto, Reinforcement Learning: An Introduction, 2nd edition, The MIT Press, 2018. - 552 p.
40. Maxim Lapan, Deep Reinforcement Learning Hands-On, 2nd edition, Packt Publishing, 2020. - 798 p.
41. Peter Norvig, Paradigms of Artificial Intelligence Programming: Case Studies in Common Lisp, Morgan Kaufmann, 1991. - 946 p.
42. Michael Bowles, Machine Learning in Python: Essential Techniques for Predictive Analysis, Wiley, 2015. - 360 p.
43. Dario Floreano, Claudio Mattiussi, Bio-Inspired Artificial Intelligence: Theories, Methods, and Technologies, The MIT Press, 2008. - 659 p.
44. Multiagent Systems, by Gerhard Weiss (Editor), 2nd edition, The MIT Press, 2013. - 920 p.
45. Michael Wooldridge, An Introduction to MultiAgent Systems, 2nd edition, Wiley, 2009. - 484 p.
46. Yoav Shoham, Kevin Leyton-Brown, Multiagent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations, Cambridge University Press, 2008. - 504 p.
47. Eric Bonabeau, Guy Theraulaz, Marco Dorigo, Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems, Oxford University Press, 1999. - 322 p.
48. Toby Segaran, Programming Collective Intelligence: Building Smart Web 2.0 Applications, O'Reilly Media, 2007. - 362 p.
49. Ian Millington, John Funge, Artificial Intelligence for Games, 2nd edition, CRC Press, 2009. - 896 p.
50. Narendra, K. and Thathachar, M. A. L., Learning Automata: An Introduction, 2nd ed., Dover Publications, 2013. - 496 p.
51. Brooks, R. A.: A Robust Layered Control System For a Mobile Robot. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge (1985)
52. Jiming Liu, Jianbing Wu, Multiagent Robotic Systems, CRC Press, 2001. – 304p.
53. Toru Ishida, Real-Time Search for Learning Autonomous Agents, Kluwer Academic Publishers, 1997. – 125p.

54. David H. Wolpert, Kagan Tumer, An introduction to collective intelligence, NASA Ames Research Center, CA, 2000.
55. Maja J. Mataric, Learning to Behave Socially, MIT Artificial Intelligence Laboratory, Cambridge, MA, 1994.