

## **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 два розділи, у першому з яких відображено загальнотехнічні питання, а у другому – питання дисциплін фахового спрямування.

Програма кандидатського екзамену за спеціальністю «Комп'ютерні системи та компоненти» відображає сучасний стан цієї галузі та включає її найважливіші розділи, знання яких необхідне висококваліфікованому спеціалістові.

Екзаменований повинен показати високий рівень теоретичної та професійної підготовленості, знання загальних концепцій і історії розвитку, глибоке розуміння основних розділів, а також вміння використовувати свої знання для розв'язання дослідних та прикладних завдань у галузі комп'ютерних систем та компонентів.

В основу екзаменаційних питань другого розділу покладено програми наступних навчальних дисциплін, що вивчаються у вищій технічній школі України:

«Комп'ютерна логіка», «Програмування», «Системне програмування», «Комп'ютерна електроніка», «Архітектура комп'ютерів», «Інженерія програмного забезпечення», «Інтерфейси та драйвери периферійних пристроїв», «Організація баз даних», «Периферійні пристрої, інтерфейси та драйвери», «Периферійні пристрої, інтерфейси та драйвери периферійних систем», «Автоматизоване проектування комп'ютерних систем», «Автоматизоване проектування комп'ютерних та кіберфізичних систем», «Адміністрування комп'ютерних систем та мереж», «Архітектура кіберфізичних систем», «Глобальні інформаційні мережі», «Захист інформації в комп'ютерних системах», «Мережні інформаційні системи», «Методи та засоби опрацювання сигналів та зображень», «Програмне забезпечення інтернету речей», «Програмні технології інтернету речей», «Програмні технології кіберфізичних систем», «Програмні технології мобільних обчислень», «Системне адміністрування комп'ютерних мереж», «Системне програмне забезпечення кіберфізичних систем», «Криптографія та мережна безпека», «Програмування систем на кристалі», «Технології сховищ даних», «Дослідження та проектування комп'ютерних систем та мереж», «Мережні інформаційні технології», «Проектування засобів захисту інформації в комп'ютерних системах та мережах», «Теорія інтелектуальних систем», «Технології штучного інтелекту в комп'ютерних та кіберфізичних системах», «Інструментальні засоби веб-технологій», «Дослідження та проектування вбудованих комп'ютерних систем», «Напрямки досліджень і розвитку комп'ютерних систем та мереж», «Алгоритми і методи обчислень», «Засоби системного програмування», «Комп'ютерна схемотехніка», «Моделювання комп'ютерних систем», «Комп'ютерні мережі», «Комп'ютерні системи», «Кросплатформенні засоби програмування», «Паралельні та розподілені обчислення», «Системне програмне забезпечення», «Тестування та діагностика кіберфізичних систем», «Тестування та діагностика програмно-апаратних засобів», «Технології тестування програмного забезпечення», «Безпека мережних та хмарних технологій», «Веб-програмування», «Мікропроцесорні системи», «Програмні засоби мікропроцесорних систем», «Технології опрацювання сигналів і зображень», «Цифрова обробка сигналів», «Засоби програмної візуалізації», «Системи управління базами даних», «Дослідження і проектування програмних систем», «Організація обчислювальних процесів у паралельних системах», «Проектування віртуальних машин», «Проектування реконфігурованих комп'ютерних систем», «Проектування операційних систем, утиліт і драйверів», «Технології паралельного програмування», «Проектування засобів мобільних та хмарних обчислень у кіберфізичних системах», «Проектування комп'ютерних засобів обробки сигналів та зображень», «Технології машинного навчання у кіберфізичних системах».

## **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 граfi. Ізоморфізм. Інваріанти. Операції над графами. Локальні операції. Підграфи. Алгебраїчні операції.
- 1.5. Маршрути, шляхи, цикли. Зв'язність і компоненти. Метричні характеристики графів. Ейлерові шляхи і цикли. Деревя. Центр дерева. Кореневі дерева. Каркаси. Двобольні граfi. Планарні граfi.
- 1.6. Поняття про задачі: знаходження циклу та найкоротшого шляху на граfi; комівояжера та найбільшого потоку в мережі. Деревя і задача пошуку. NP- складні задачі.
- 1.7. Алгоритми. Загальні емпіричні властивості алгоритмів. Алфавітні оператори та алгоритми. Асоціативні числення. Приклади універсальних алгоритмічних систем: нормальні алгоритми Маркова; машини Тьюрінга. Тезис Черча. Поняття про проблеми, що не мають алгоритмічного розв'язку.
- 1.8. Формальні граматики. Автомати. Відповідність класів формальних мов за Хомським і дискретних перетворювачів. Бекусо-Наурівські форми.

## **2. АЛГОРИТМИ, СТРУКТУРИ ДАНИХ ТА МЕТОДИ ОБЧИСЛЕНЬ**

- 2.1. Структуровані типи даних: масиви, рядки, структури.
- 2.2. Абстрактні типи даних. Лінійні динамічні структури даних: списки, черга, стек. Ієрархічні динамічні структури даних: дерева. Базові операції над динамічними структурами даних.
- 2.3. Поняття алгоритму. Властивості алгоритму. Оцінка ефективності алгоритмів. Функції складності за часом та за пам'яттю. Асимптотична складність. Типові алгоритмічні структури: лінійний, розгалужений, циклічний.
- 2.4. Алгоритми сортування. Оцінка ефективності та вибір алгоритму сортування.
- 2.5. Алгоритми пошуку. Поняття хешування даних, види хешування. Методи розв'язання колізій.
- 2.6. Алгоритмічна універсальність комп'ютерів. Машини Тьюрінга, Черча, Маркова.
- 2.7. Алгоритм, методи подання алгоритму. Синтез та аналіз алгоритмів.

## **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, кріоелектронних, біотехнологій 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. Ненейманівські 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.

#### **4. ПАРАЛЕЛЬНІ ТА РОЗПОДІЛЕНІ ОБЧИСЛЕННЯ**

4.1. 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.

4.2. Методи оцінки продуктивності паралельних алгоритмів і систем. Загальні зауваження стосовно оцінки продуктивності паралельних систем. Фактори, що необхідно враховувати при оцінці продуктивності. Методи оцінки продуктивності паралельних систем. Характеристики продуктивності паралельних алгоритмів.

4.3. Розробка паралельного алгоритму. Паралелізм даних. Паралелізм задач. Етапи розробки паралельного алгоритму (декомпозиція, планування комунікацій, укрупнення, планування обчислень).

4.4. Структури зв'язку між вузлами паралельної системи. Теоретичні основи. Шинні мережі. Сітки з комутаторами. Структури, що забезпечують зв'язок типу «пункт-пункт». Методи комутацій.

4.5. 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.

4.6. Мови паралельного програмування. Класифікація мов і систем паралельного програмування. Особливості організації паралельної програми. Технології паралельного програмування Message Passing Interface (MPI). Операції обміну повідомленнями.

4.7. Концепції і проблеми паралельної обробки (процеси, дистанційний виклик, неявна паралельність). Проблеми асинхронної паралельності (несумісність даних, блокування, балансування завантаження). Проблеми синхронної паралельності.

4.8. Модель розподілених обчислень. Різниця між локальними та розподіленими обчисленнями. Модель розподілених обчислень. Технологічні тенденції та масштаби мережних розподілених обчислень.

4.9. Теорія мережних розподілених обчислень. Теоретичні основи на яких базується теорія мережних розподілених обчислень. Візантійські відмови і проблема вибору лідера. Проблеми взаємного виключення, відмовостійкості, синхронності, причинних зв'язків і часу в МРО.

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

## **5. КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ**

5.1. Визначення локальних мереж(ЛМ) і їх топологія. Типи, особливості, принципи функціонування ЛМ. Принципи підключення електричних ліній зв'язку в локальних мережах, методи їх узгодження, екранування та гальванічної розв'язки. Коди передачі інформації.

5.2. Принципи передачі інформації по мережі. Призначення і типи інформаційних пакетів. Структура пакетів. Можливості мережевих адаптерів і проміжних мережевих пристроїв.

5.3. Методика й етапи проектування мережі. Методика проектування кабельної системи. Методи та засоби оптимізації і пошуку несправностей в працюючій мережі. Формули Шеннона і типи ліній передачі, в яких використовуються модеми. Структура модему, методи модуляції, стандарти і програмні засоби для модемів.

5.4. Комутація. Інформаційні потоки, комутатор, завдання маршрутизації. Процедури мультиплексування і демультіплексування. Комутація пакетів, каналів і повідомлень. Динамічна та постійна комутація. Пропускна спроможність мереж з комутацією пакетів. Дейтаграмна передача та віртуальні канали.

5.5. Структуризації локальних і глобальних мереж. Фізична і логічна структуризація. Функціональне призначення основних типів комунікаційного устаткування: повторювачі, мости, комутатори, маршрутизатори, роль мережевих служб.

5.6. Багатошарова модель мережі: клієнти, сервери, однорангові вузли. Мережі з виділеним сервером, однорангові та гібридні мережі. Мережеві служби й операційна система.

5.7. 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 (EMBVC). Семирівнева архітектура. Функції рівнів та їх взаємодія. Послуги, протоколи, інтерфейси.

5.8. Фізичні середовища передавання даних та їх порівняльні характеристики. Теорема Шеннона про взаємозв'язок смуги пропускання та пропускну спроможності каналу.

5.9. Технології комутації каналів, повідомлень та пакетів. Логічна та фізична структури мереж.

5.10. Мережі даних, що передаються (МПД). Архітектура МПД типів X.25. ISDN. Frame Relay, ATM та ін. Міжнародні стандарти на МПД.

5.11. Методи доступу в мережах типу Ethernet, Token Ring, FDDI, ATM. Формати пакетів. Порівняння характеристик локальних мереж.

5.12. Корпоративні мережі. Функції, алгоритми та особливості концентраторів, мостів, комутаторів та маршрутизаторів. Типи маршрутизаторів та протоколи маршрутизації. Засоби захисту мережевого периметру.

5.13. Internet: архітектура та структурна організація. Стек протоколів TCP/IP. Формати пакетів, адресація та маршрутизація в IP - мережах. Технологія WWW. Web-сервери.

5.14. Web- сторінки, мови гіпертекстів типів HTML, XML, SGML та ін.

## **6. КОМПОНЕНТИ КОМП'ЮТЕРІВ, КОМП'ЮТЕРНИХ ТА КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ**

6.1. Основи теорії моделювання. Поняття моделі, основні властивості моделей, класифікація моделей. Мови моделювання. Методи обробки результатів моделювання.

6.2. Елементи теорії лінійних електричних кіл. Основні закони і теореми. Методи аналізу лінійних електричних кіл: контурних струмів, вузлових потенціалів, матричний аналіз. Аналіз нелінійних електричних кіл.

6.3. Передавальні, перехідні та амплітудно-частотні характеристики. Аналіз швидкодії компонентів у часовій та у частотній областях. Методи аналізу стійкості.

6.4. Основні поняття експериментальних досліджень, спостереження, лічба, вимірювання, контроль, діагностика.

6.5. Фізичні величини та сигнали. їх математичний опис. Систематизація фізичних величин. Класифікація вимірювань: прямі, непрямі, опосередковані, сукупні і сумісні.

6.6. Цифрові компоненти

- 6.7. Типи вузлів та блоків сучасних комп'ютерів, їх характеристики. Процесори, засоби пам'яті та керування обчислювальними процесами, пристроїв вводу - виводу інформації.
- 6.8. Великі інтегральні мікросхеми (ВІМС). Типи та комплекти ВІМС, їх характеристики та технології виготовлення.
- 6.9. Логічні інтегральні мікросхеми, що програмуються, особливості їх організації та використання.
- 6.10. Мікропроцесори: структура, внутрішні мови, типові операції та процедури. Приклади та характеристики сучасних мікропроцесорів.
- 6.11. Процесори цифрової обробки сигналів. Типи та характеристики.
- 6.12. Інтегральні схеми пам'яті. Види інтегральних запам'ятовуючих пристроїв (ЗП). ІС з довільною та послідовною вибіркою на біполярних та МДП транзисторах.
- 6.13. 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.
- 6.14. Програмовані логічні інтегральні схеми.
- 6.15. Системи на кристалі.
- 6.16. Програмовані аналогові інтегральні схеми.
- 6.17. Основні визначення вимірювальної техніки: вимірювання, фізична величина, результат вимірювання, похибка вимірювання та її складові, класифікація методів вимірювання.
- 6.18. Засоби вимірювання та їх характеристики. Первинні вимірювальні перетворювачі (ПВП) та вторинні вимірювальні перетворювачі (ВВП), їх похибки. Мостові схеми ВП.
- 6.19. Цифрові вимірювальні пристрої (ЦВП). Вимірювачі частоти. Інтегруючі ЦВП. ЦВП розгортуючого перетворення та слідкуючі ЦВП.
- 6.20. Мікропроцесорні засоби та системи автоматичних вимірювань.
- 6.21. Основні метрологічні характеристики ЦВП.
- 6.22. Аналогові та аналого-цифрові, цифро-аналогові компоненти.
- 6.23. Операційні підсилювачі (ОП). Аналіз схем ОП, їх основні параметри та характеристики. Температурний і часовий дрейфи. Методи компенсації дрейфу. Стійкість схем ОП, їх корекція.
- 6.24. Засоби вимірювальної техніки: міра, вимірювальний перетворювач, масштабний перетворювач, компаратор. Основні параметри і характеристики.
- 6.25. Інструментальні підсилювачі, активні фільтри, перемножувачі і модулятори.
- 6.26. Аналогові комутатори та схеми пам'яті. Синтезатори аналогових сигналів.
- 6.27. Давачі та перетворювачі. Тензочутливі елементи, термоелектричні перетворювачі, терморпари. Оптиелектронні перетворювачі. Давачі Холла, магніторезистори, напівпровідникові квантові інтерферометри (СКВІД).
- 6.28. Цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП). Основні вузли, характеристики та параметри. Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП). АЦП прямого та компенсаційного перетворень. Сигма-дельта АЦП. Основні параметри та характеристики.
- 6.29. Похибки перетворювачів. Причини їх виникнення та їх оцінка. Методи математичного опису чутливості та точності засобів перетворення. Детермінований та імовірнісний методи оцінки похибок. Статичні і динамічні похибки перетворювачів.

## **7. ОСНОВИ ПРОГРАМУВАННЯ.**

- 7.1. Парадигми програмування та тенденції розвитку мов програмування.
- 7.2. Функції та архітектура програмного забезпечення. Операційні системи та оболонки.
- 7.3. Складові інженерної діяльності: процес, життєвий цикл, модель, вартість програмного забезпечення. Промислові методології розробки ПЗ.
- 7.4. Списки. Розділення множин. Пріоритетні черги. Пріоритетні черги, що об'єднуються. Ледачі лівобічні кучі, що самоорганізуються. Біноміальні, фібоначеві, тонкі та товсті кучі.
- 7.5. Пошукові дерева. Машина Тюрінга. Абак, алгоритми Маркова. Рівнодоступна адресна машина. Формальні мови. Логічне програмування.
- 7.6. Визначення графа. Графи та бінарні відношення. Число графів. Суміжність, інцидентність, ступені. Зважені граfi. Ізоморфізм. Інваріанти. Операції над графами. Локальні операції. Підграфи. Алгебраїчні операції.
- 7.7. Маршрути, шляхи, цикли. Зв'язність і компоненти. Метричні характеристики графів. Ейлерові шляхи і цикли. Дерева. Центр дерева. Кореневі дерева. Каркаси. Дводольні граfi. Планарні граfi.

- 7.8. Пошук у ширину. Процедура пошуку в ширину. BFS-дерево й обчислення відстаней. Процедура пошуку в глибину. DFS-дерево. Глибинна нумерація. Побудова каркаса. Шарніри.
- 7.9. Блоки. Двозв'язність. Блоки та ВС-дерево. Виявлення блоків. Простір підграфів. Квазіцикли. Фундаментальні цикли. Побудова бази циклів. Раціоналізація. Побудова ейлерова циклу. Гамільтонови шляхи та цикли.
- 7.10. Незалежні множини, кліки, вершинні покриття. Розфарбовування вершин.
- 7.11. Алгоритм перебору для розфарбовування. Розфарбовування ребер. Раціоналізація пошуку найбільшої незалежної множини. Хордальні граfi.
- 7.12. Жадібні алгоритми і матроїди. Теорема Радо-Едмондса. Зв'язні граfi з від'ємними вагами ребер. Найкоротші шляхи, геодезичне дерево й алгоритм Дейкстри. Завдання про максимальний потік і метод збільшуючих шляхів.
- 7.13. Синтаксичне і семантичне представлення формальних теорій і мов програмування. Функції для синтаксичного розбору простих мовних конструкцій. Рекурсивні функції та множини у формальних теоріях і мовах програмування. Принцип роботи механізму рекурсії. Об'єктно-орієнтований підхід до програмування. Платформа .NET і її застосування для об'єктно-орієнтованого підходу до програмування. Основні поняття мови програмування C#. Семантика основних конструкцій мови програмування C#.
- 7.14. Об'єкти і класи. Теорія типів і типізація в .NET. Концепції наслідування, інкапсуляції і поліморфізму та їх реалізація в мові C#.
- 7.15. 12. Поліморфні методи. Розширені можливості поліморфізму в мові C#. Розширені можливості мови програмування C# (інтерфейси та делегати). Подієво-керване програмування в .NET. Подієво-орієнтоване програмування в мові C#.
- 7.16. Компонентне програмування в .NET. Проектування і реалізація гетерогенних застосунків.

## **8. ОБ'ЄКТНО-ОРИЄНТОВАНЕ ПРОГРАМУВАННЯ**

- 8.1. Поняття класу та об'єкту (екземпляру класу). Властивості та методи класу.
- 8.2. Конструктори, деструктори класів. Статичні та константні члени класів.
- 8.3. Базові принципи ООП: інкапсуляція, ієрархія, модульність, абстрагування. Взаємовідносини між класами.
- 8.4. Поняття інкапсуляції. Директиви видимості (модифікатори доступу). Організація доступу до захищених членів класу.
- 8.5. Принцип спадковості. Поняття одиничної та множинної спадковості. Реалізація одиничної та множинної спадковості в об'єктно-орієнтованих мовах програмування.
- 8.6. 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.
- 8.7. Поняття шаблону класу та функції. Інстанціювання.

## **9. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ**

- 9.1. Асемблери та їх типи. Машинно-залежні та незалежні характеристики асемблерів. Транслятори з мов асемблера.
- 9.2. Операційні системи (ОС). Основні компоненти та загальні характеристики операційних систем та їх інтерфейсів. Основні функції операційних систем. Класифікація операційних систем.
- 9.3. Мережні ОС: архітектура та функціональні особливості, адміністрування. Безпека інформаційних ресурсів. Технологія архівного резервування. Простори розробки розосереджених прикладних програм Delphi, Informix, Oracle, Power Builder та ін.
- 9.4. Операційна система Linux. Принципи побудови ОС Linux. Організація роботи ОС Linux. Ядро ОС Linux. Системні служби ОС Linux.
- 9.5. 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.
- 9.6. Взаємодія обчислювальних процесів в ОС Linux. Програмні потоки. Синхронізація обчислювальних процесів та потоків.
- 9.7. Управління пам'яттю в ОС Linux. Організація та способи управління пам'яттю. Віртуальна пам'ять (virtual memory). Принцип локальності звертань до пам'яті.
- 9.8. Управління кількістю сторінок пам'яті виділених процесу. Управління заміщенням сторінок пам'яті процесу.

9.9. Механізм автоматичного управління пам'яттю. Алгоритм позначок доступності об'єктів (mark and sweep). Алгоритм підрахунку посилань (reference counting). Алгоритм покоління об'єктів (generational collection).

9.10. Управління вводом/виводом в ОС Linux. Організація програмного забезпечення вводу/виводу. Обробка переривань. Драйвер пристрою.

9.11. 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.

9.12. 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.

9.13. Системи та мови програмування. Машинно-орієнтовані, проблемно-орієнтовані та універсальні мови програмування. Абетка, синтаксис та семантика. Способи опису мов програмування.

9.14. Компіляція та її фази. Компілятори з оптимізацією.

## **10. ОРГАНІЗАЦІЯ БАЗ ДАНИХ**

10.1. Системи керування базами даних. Функції СКБД.

10.2. Модель даних. Ієрархічна, мережна моделі. Схема та підсхема бази даних. Незалежність та цілісність даних.

10.3. Реляційна модель даних. Реляційна алгебра. Реляційне числення. 1, 2 та 3 нормальні форми відношень (3NF). Проектування схем баз даних.

10.4. Мова SQL. Засоби пошуку даних. Запити на вибірку даних. Засоби маніпулювання даними.

10.5. Технологія добування даних, методи виявлення знань. Корпоративні інформаційні сховища.

10.6. Модель сутність-зв'язок. Однозначні й багатозначні асоціації даних. Функціональні залежності. Ієрархічна концепція, її переваги й недоліки. Мережна концепція. Реляційна концепція.

10.7. Структури даних і способи їхнього подання. Методи організації логічних і фізичних структур подання БД.

10.8. Реляційний підхід. Первинні та віртуальні відносини. Опис віртуальних відносин.

10.9. Мови баз даних і запитів. Порівняльний аналіз реляційних СУБД. Архітектура. Команди й функції.

10.10. Базисні засоби маніпулювання реляційними даними. Реляційна алгебра Кодда. Алгебра Дейта і Дарвена. Реляційне числення.

10.11. Елементи теорії реляційних баз даних: функціональні залежності і декомпозиція без втрат. Проектування реляційних баз даних на основі принципів нормалізації. Нормальна форма Бойса-кодда. Багатозначна залежність і залежність проєкції/з'єднання.

10.12. Семантичні моделі даних. Діаграма семантичної моделі «Суть-Зв'язок». ER-діаграми. Мова об'єктних обмежень OCL. Типи даних, допустимі в мові SQL і SQL-орієнтованих базах даних. Засоби визначення базових таблиць і обмежень цілісності.

10.13. Механізм авторизації доступу до об'єктів SQL. Поняття ідентифікатора користувача, імені ролі та привілею доступу. Транзакції й основні мовні засоби, що впливають на поведінку транзакцій. Засоби управління підключенням до сервера баз даних.

10.14. Механізми управління курсором. Реалізація блокувань рядків, виконання операцій над набором рядків. Блокова вибірка даних. Іменовані курсори.

## **11. 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. Метрики і методика інтегральної оцінки. Методи проектування тестових шляхів.

11.3. Структура інструментальної системи автоматизації тестування. Види регресійного тестування.

11.4. Класифікація вибірових методів регресійного тестування, випадкові методи, безпечні методи.

11.5. Надійність програмного забезпечення. Типи відмов та аварійних ситуацій у функціонуванні програм.

11.6. Критерії надійності програмних комплексів. Підвищення надійності програм за рахунок часового та інформаційного надлишку.

11.7. Показники надійності комп'ютерів, систем та мереж. Вплив параметрів елементної бази на показники надійності.

11.8. Методи та способи забезпечення високої достовірності обробки інформації.

11.9. Достовірність результатів обробки інформації в комп'ютерах ЕОМ та мереж, в залежності від відмов та збоїв апаратури.

11.10. Апаратний автоматичний контроль комп'ютерів та мереж для забезпечення достовірності обробки інформації.

11.11. Методи кодування інформації та їх застосування для підвищення надійності обробки інформації.

## **12. ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ**

12.1. Системний підхід до проектування комп'ютерів. Рівні та етапи проектування.

12.2. Завдання та методи проектування. Системне, функціональне, логічне, технічне та технологічне проектування. Основні задачі проектування апаратури на надвеликих інтегральних мікросхемах

12.3. Системна інтеграції комп'ютерних засобів як розвиток системного підходу до проектування. Загальне поняття та визначення.

12.4. Основні технології проектування: багатоагентна технологія. Web - технологія та ін. Стратегія вибору сумісних апаратних та програмних засобів. Інтеграція різних апаратних та програмних платформ для побудови обчислювальних систем.

12.5. Моделювання для обґрунтування запропонованих технічних рішень. Мови опису апаратури (VHDL, Verilog та ін.).

12.6. Онтологія як інструмент проектування комп'ютерних систем.

12.7. Проектування функціональних блоків та елементної бази комп'ютерів за допомогою САПР. Основні програмні комплекси САПР (Design Lab., OrCAD, PSpice та ін.)

12.8. Особливості проектування реконфігурованих комп'ютерних систем з використанням ПЛІС.

## **13. КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ ТА ЗОБРАЖЕНЬ**

13.1. Сигнали в технічних системах. Аналогові та цифрові сигнали. Оцифрування аналогових сигналів. Типові сигнали в ЦОС, їх характеристики та особливості використання в різних системах

13.2. 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.

13.3. Загальні принципи побудови та основні компоненти КЗОСЗ. Універсальні та спеціалізовані процесори ЦОС. Комп'ютерні архітектури для реалізації засобів ЦОСЗ.

13.4. 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.

13.5. Кореляція сигналів. Властивості кореляційних функцій. Проектування вузлів кореляції

13.6. Опрацювання мовних сигналів. Мовні технології. Алгоритм динамічного часового вирівнювання для розпізнавання слів з невеликого словника. Розпізнавання злитної мови з великим словником.

13.7. Опрацювання музичних сигналів. Основні етапи процесу розпізнавання. Визначення властивостей музичних сигналів, що підлягають розпізнаванню. Вимоги до системи розпізнавання музичних сигналів. Структурна схема системи. Розробка процесора реставрації музичних сигналів. Розробка алгоритмів розпізнавання багатоголосних музичних сигналів та визначення основних тонів звукових об'єктів, що перекриваються у часі. Розробка функціональної схеми системи опрацювання музичних сигналів.

13.8. Опрацювання зображень. Дискретне косинусне перетворення, його властивості, алгоритми швидкого обчислення та особливості застосування при проектуванні систем стиску зображень. Фільтрація зображень. Методи цифрової фільтрації зображень. Фільтрація зображень в часовій (просторовій) області. Алгоритми лінійної фільтрації Проектування вузлів фільтрації зображень.

13.9. Опрацювання сигналів при декількох швидкостях. Області застосування методів обробки при декількох швидкостях. Зменшення частоти дискретизації: децимація із цілим кроком. Збільшення частоти дискретизації : інтерполяція із цілим кроком. Перетворення частоти дискретизації з нецілим кроком. Багатокаскадне перетворення частоти дискретизації.

13.10. Модуляція/демодуляція сигналів. Класифікація видів модуляції. Основні характеристики видів модуляції. Обчислення параметрів модульованих сигналів



13.11. Проектування засобів обробки сигналів та зображень на DSP- процесорах. Вимоги до процесорів. Типові структури процесорів. Інтерфейси. Проектування процесорів ШПФ. Проектування засобів обробки сигналів та зображень на ПЛІС. Однокристална реалізація на ПЛІС алгоритму ШПФ. Оцінка продуктивності вузла реалізації алгоритму ШПФ на ПЛІС. Приклад розробки процесора ШПФ на ПЛІС.

#### **14. КІБЕРФІЗИЧНІ СИСТЕМИ**

14.1. Багаторівнева платформа кіберфізичних систем. Поняття архітектури кіберфізичних систем. Основні положення архітектури кіберфізичних систем

14.2. Інтеграція компонентів кіберфізичних систем. Методи забезпечення їх масштабованості, гнучкості, нарощуваності та реконфігурованості.

14.3. Вбудовані комп'ютерні засоби кіберфізичних систем. Виконання програм в вбудованих комп'ютерних системах. Забезпечення заданих характеристик вбудованих комп'ютерних систем.

14.4. Засоби прийняття рішень кіберфізичних систем. Алгоритми прийняття рішень. Структурна організація засобів прийняття рішень. Архітектура пристроїв забезпечення прийняття рішень.

14.5. Організація керування в кіберфізичних системах. Функції та методи побудови засобів керування. Методи проектування засобів. Організація роботи пристроїв керування.

#### **15. ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ ТА МЕРЕЖАХ**

15.1. Поняття інформаційної безпеки (ІБ) та її складові. Найбільш поширені загрози.

15.2. Програмно-технічні заходи ІБ. Ідентифікація і автентифікація, управління доступом. Протоколювання, аудит і криптографічні методи захисту. Екранування й аналіз захищеності.

15.3. Атаки, вразливості, політика безпеки, механізми і сервіси безпеки.

15.4. Класифікація атак. Алгоритми симетричного шифрування, ключ шифрування, відкритий тукст, криптотекст. Стійкість алгоритму. Алгоритми симетричного шифрування. Мережа Фейстеля. Криптоаналіз. Лінійний і диференціальний криптоаналіз.

15.5. 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 НМАС.

15.6. Цифрові підписи. Прямий і арбітражний цифровий підпис, стандарти цифрового підпису ГОСТ 3410 і DSS. Криптографія з використанням еліптичних кривих.

15.7. Завдання дискретного логарифмування на еліптичній кривій. Опис аналога алгоритму Діффі-Гелмана на еліптичних кривих, алгоритму цифрового підпису на еліптичних кривих і алгоритму шифрування з відкритим ключем отримувача на еліптичних кривих.

15.8. 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.

15.9. Каталог LDAP. Поняття дерева каталогу, DN, схеми, запису, атрибуту запису, класу об'єкту. Операції протоколу LDAP.

15.10. Безпека мережевої взаємодії. Сервіс автентифікації Kerberos. Протокол Kerberos. Протокол TLS/SSL. Протокол Запису і протокол Рукостискання. Поняття "Стан з'єднання".

15.11. Протокол віддаленого безпечного входу SSH. Поняття ключа хоста.

15.12. Алгоритм транспортного рівня, спосіб автентифікації сервера і обчислення секрету, що розділяється.

15.13. Архітектура сімейства протоколів IPsec. Безпечні Асоціації. Управління ключем – ручне і автоматичне (Internet Key Exchange – IKE). Алгоритми, що використовуються для автентифікації і шифрування.

15.14. Організаційні, програмні та апаратні засоби захисту інформації. Засоби обмеження доступу до інформації для захисту комп'ютерних систем та мереж від спроб несанкціонованого доступу.

15.15. Алгоритми та програми криптографічного шифрування даних. Спецпроцесори для криптографії. Засоби ідентифікації користувачів.

15.16. Комп'ютерні віруси, їх класифікація та розповсюдження, методи виявлення вірусів та засоби захисту від них. Найбільш розповсюджені пакети захисту від вірусів.

15.17. Авторське право (зокрема на програмне забезпечення) та засоби його захисту.

## 16. ТЕХНОЛОГІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ

- 16.1. Поняття штучного інтелекту. Основні напрямки досліджень в області штучного інтелекту. Основні концепції штучного інтелекту.
  - 16.2. Методи та алгоритми штучного інтелекту. Розв'язок задач пошуку та планування.
  - 16.3. Представлення знань в системах штучного інтелекту. Системи логічного виводу. Експертні системи. Імовірнісна логіка.
  - 16.4. Інтелектуальна система. Узагальнена функціональна схема інтелектуальної системи. Області застосування інтелектуальних систем.
  - 16.5. Машинне навчання. Класифікація задач машинного навчання. Навчання з учителем (supervised learning). Навчання з підкріпленням (reinforcement learning). Навчання без учителя (unsupervised learning).
  - 16.6. Методи машинного навчання. Навчання дерев рішень. Машинне навчання на основі нейронних мереж. Глибинне навчання (deep learning).
  - 16.7. Класифікація задач навчання з підкріпленням (reinforcement learning). Марківський процес прийняття рішень (Markov Decision Process).
  - 16.8. Методи навчання з підкріпленням (reinforcement learning). Навчання з підкріпленням на основі часових різниць (Temporal difference learning). Метод навчання з підкріпленням Q-learning.
  - 16.9. Архітектура інтелектуального агента. Логічно-символьні, поведінкові та комбіновані архітектури інтелектуальних агентів. Напрямки розвитку архітектур інтелектуальних агентів.
  - 16.10. Багатоагентні системи (Multi-agent systems). Алгоритмічне забезпечення багатоагентних систем. Механізми координації колективної поведінки інтелектуальних агентів. Навчання з підкріпленням в багатоагентних системах.
- Розробка автономних інтелектуальних систем на основі принципів самоорганізації. Способи оцінки процесу самоорганізації. Самоорганізація в автономних розподілених системах.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

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. Кривий С.Л. Дискретна математика. — Чернівці – Київ, «Букрек», 2017. 567 с.
4. 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.
5. 5. Бабенко Л.П., Лавріщева К.М.. Основи програмної інженерії - К.: Знання, 2001, - 269 с.
6. Білас О. Якість програмного забезпечення та тестування: навч. посіб. - Львів: вид-во НУ «Львівська політехніка», 2011.- 216 с.
7. Волошин О.Ф., Машенко 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.
8. Мельник А.О. Архітектура комп'ютера. - Луцьк. Волинська обласна друкарня, 2008. – 470 с.
9. D.Patterson, J.Hennessy. Computer Architecture. A Quantitative Approach. 6-th Edition. - MKP, Inc. 2017. - 1141 p.
10. Linda Null and Julia Lobur. The Essentials of Computer Organization and Architecture. - Jones and Bartlett Publishers. 2003. 673 p.
11. Mostafa Abd-El-Barr, Hesham El-Rewini. Fundamental of computer organization and architecture. - A John Wiley & Sons, Inc Publication. 2005. 273 p.
12. Andrew S. Tanenbaum. Structured Computer Organization (6th Edition) 6th Edition, 2013.
13. V.Hamacher, Z.. Vranesic, S.Zaky. Computer Organizator.- McGraw Publ. Company, 1990.
14. Parallel Computer Architecture: A Hardware/Software Approach. David Culler and J.P. Singh with Anoop Gupta . - MKP Inc., 1998. 1100 p.
15. Hardware and Computer Organization. The Software Perspective By Arnold S. Berger. - Elsevier Inc. 2005. 513p.

16. Глухов В.С., Мельник А. О., Мельник В.А., Сало А.М. Кіберфізичні системи: багаторівнева організація та проектування. За редакції професора Мельника А.О. Львів. Магнолія-2006. 2019. – 230 с.
17. Бочкарьов 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.
18. Peter Marwedel. Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems, and the Internet of Things. Third Edition. 2018
19. Мельник А.О. Кіберфізичні системи: проблеми створення та напрями розвитку. Вісник Національного університету “Львівська політехніка” Комп’ютерні системи та мережі, № 806, 2014. - с.154÷161.
20. Anatoliy Melnyk. Cyber-Physical Systems Multilayer Platform and Research Framework. Advances in Cyber-Physical Systems. Lviv Polytechnic Publishing House. V/1, N1, 2016. – pp. 1-6. 9
21. Мельник А.О. Інтеграція рівнів кіберфізичної системи / Вісник НУ «Львівська політехніка», Серія «Комп’ютерні системи та мережі», 2015, №830. – с. 61-67.
22. Коркішко Т., Мельник А., Мельник В. Алгоритми та процесори симетричного блокового шифрування. – Львів: БаК, 2003. – 168с.
23. Ємець В., Мельник А., Попович Р. Сучасна криптографія. Основні поняття. – Львів: БаК, 2003. – 144с.
24. Мельник А.О., Мельник В.А. Персональні суперкомп’ютери: архітектура, проектування, застосування. Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2012, 590 с.
25. Мельник А.О. Пам’ять із впорядкованим доступом. Львівська політехніка, 2014. – 330с.
26. Anatoliy Melnyk. Design Basics of the OAM-Based Fast Orthogonal Transforms Processor IP Cores Generator, in: Recent Developments in Mathematics and Informatics, Contemporary Mathematics and Computer Science. Vol. 2, Ed. A. Zapała, Wydawnictwo KUL, Lublin 2016, Part II, Chapter 8, pp. 103-118. ISBN: 978-83- 8061-345- 4.
27. Abraham Silberschatz, Peter B. Galvin, Greg Gagne, Operating System Concepts, 10th Edition, Wiley, 2018. – 942 p.
28. Abraham Silberschatz, Peter B. Galvin, Greg Gagne, Operating System Concepts Essentials, 2nd Edition, Wiley, 2013. – 784 p.
29. William Stallings, Operating Systems: Internals and Design Principles, 9th Edition, Pearson, 2017. - 800 p.
30. Thomas Anderson, Michael Dahlin, Operating Systems: Principles and Practice, 2nd Edition, 2014. - 690 p.
31. Andrew S. Tanenbaum, Herbert Bos, Modern Operating Systems, 4th Edition, Pearson, 2015. - 1136 p.
32. Andrew S Tanenbaum, Albert S. Woodhull, Operating Systems Design and Implementation, 3rd Edition, Pearson, 2006. - 1080 p.
33. Andrew S. Tanenbaum, Jorrit N. Herder, Herbert Bos, Can We Make Operating Systems Reliable and Secure?, Computer, v.39., 2006. – pp. 44-51.
34. Remzi Arpaci-Dusseau, Andrea Arpaci-Dusseau, Operating Systems: Three Easy Pieces, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2018. - 714 p.
35. Бекон Дж., Харрис Т. Операційні системи, 2-ге видання. – К.: ВНУ, 2012. – 800с.
36. Шеховцев В.А. Операційні системи. – К.: Видавнича група ВНУ, 2005. – 576 с.
37. Бондаренко М.Ф., Качко О.Г. Операційні системи : навч. посібник. – Х. : Компанія СМІТ, 2008. — 432 с.
38. 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.
39. Stuart Russell, Peter Norvig, Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4th edition, Pearson, 2020. - 1136 p.

40. David L. Poole, Alan K. Mackworth, *Artificial Intelligence: Foundations of Computational Agents*, Cambridge University Press, 2010. - 682 p.
41. Kevin Warwick, *Artificial Intelligence: The Basics*, Routledge, 2011. - 192 p.
42. Richard S. Sutton, Andrew G. Barto, *Reinforcement Learning: An Introduction*, 2nd edition, The MIT Press, 2018. - 552 p.
43. Maxim Lapan, *Deep Reinforcement Learning Hands-On*, 2nd edition, Packt Publishing, 2020. - 798 p.
44. Peter Norvig, *Paradigms of Artificial Intelligence Programming: Case Studies in Common Lisp*, Morgan Kaufmann, 1991. - 946 p.
45. Michael Bowles, *Machine Learning in Python: Essential Techniques for Predictive Analysis*, Wiley, 2015. - 360 p.
46. Dario Floreano, Claudio Mattiussi, *Bio-Inspired Artificial Intelligence: Theories, Methods, and Technologies*, The MIT Press, 2008. - 659 p.
47. *Multiagent Systems*, by Gerhard Weiss (Editor), 2nd edition, The MIT Press, 2013. - 920 p.
48. Michael Wooldridge, *An Introduction to MultiAgent Systems*, 2nd edition, Wiley, 2009. - 484 p.
49. Yoav Shoham, Kevin Leyton-Brown, *Multiagent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations*, Cambridge University Press, 2008. - 504 p.
50. Eric Bonabeau, Guy Theraulaz, Marco Dorigo, *Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems*, Oxford University Press, 1999. - 322 p.
51. Toby Segaran, *Programming Collective Intelligence: Building Smart Web 2.0 Applications*, O'Reilly Media, 2007. - 362 p.
52. Ian Millington, John Funge, *Artificial Intelligence for Games*, 2nd edition, CRC Press, 2009. - 896 p.
53. Alan Turing, «Computing Machinery and Intelligence», *Mind*, vol. LIX, no. 236, October 1950, pp. 433—460.
54. Narendra, K. S. and Thathachar, M. A. L. (1974). Learning automata: A survey. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 4:323-334.
55. Narendra, K. and Thathachar, M. A. L., *Learning Automata: An Introduction*, 2nd ed., Dover Publications, 2013. - 496 p.
56. Barto, A. G. and Anandan, P. (1985). Pattern recognizing stochastic learning automata. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 15:360--375.
57. L.P. Kaelbling, Michael L. Littman, and Andrew W. Moore. Reinforcement learning: A survey. *Journal of AI Research*, N4, 1996. - pp.237-285
58. Brooks, R. A.: *A Robust Layered Control System For a Mobile Robot*. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge (1985)
59. Brooks, R.A., Intelligence without representation, *Artificial Intelligence* 47 (1991), 139–159.
60. Brooks, R.A., Elephants Don't Play Chess, in *Designing Autonomous Agents*, P. Maes, ed., Cambridge, Mass., 1990, pp. 3-15.
61. Innes A. Ferguson. 1992. Touring Machines: Autonomous Agents with Attitudes. *Computer* 25, 5 (May 1992), 51-55.
62. Jörg P. Müller, Markus Pischel (1993). The Agent Architecture InteRRaP: Concept and Application. In DFKI RR-93-26.
63. Pat Langley and Dongkyu Choi. 2006. A unified cognitive architecture for physical agents. In *proceedings of the 21st National conference on Artificial intelligence - Volume 2 (AAAI'06)*, Anthony Cohn (Ed.), Vol. 2. AAAI Press 1469-1474.
64. Jiming Liu, Jianbing Wu, *Multiagent Robotic Systems*, CRC Press, 2001. – 304p.

65. Toru Ishida, *Real-Time Search for Learning Autonomous Agents*, Kluwer Academic Publishers, 1997. – 125p.
66. David H. Wolpert, Kagan Tumer, *An introduction to collective intelligence*, NASA Ames Research Center, CA, 2000.
67. Бочкарьов О.Ю., Голембо В. А. Самоорганізація автономних розподілених систем в задачах прийняття рішень в умовах невизначеності // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» «Комп'ютерні системи та мережі», № 688, 2010. - С.23-30
68. Maja J. Mataric, *Learning to Behave Socially*, MIT Artificial Intelligence Laboratory, Cambridge, MA, 1994.
69. M.V. Nagendra Prasad, V.R. Lesser, and S.E. Lander. Learning organizational roles in a heterogeneous multi-agent system. In *Proceedings of the Second International Conference on Multiagent Systems*, pages 291-298, 1996.
70. M. Tan. Multi-agent reinforcement learning: independent vs. cooperative agents. In *Proceedings of the Tenth International Conference on Machine Learning*, pages 330-337, 1993.
71. John Wilbur Sheppard, *Multi-Agent Reinforcement Learning in Markov Games*, D.Ph. Thesis, Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland, 1997.
72. Hamid R. Berenji, David Vengerov, *Advantages of Cooperation Between Reinforcement Learning Agents in Difficult Stochastic Problems*, Intelligent Inference Systems Corp., NASA Ames Research Center Mountain View, CA 94035, 1999.