

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ЗАТВЕРДЖЕНО
Голова Приймальної комісії,
Голова комісії з реорганізації НАУ,
в.о. ректора

_____ Ксенія СЕМЕНОВА



«15» 04 _____ 2024 року.

ПРОГРАМА
ДОДАТКОВОГО ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ
ДО АСПРАНТУРИ
зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення
на здобуття наукового ступеня доктора філософії
(третій (освітньо-науковий) рівень вищої освіти)
Галузь знань 12 Інформаційні технології
Освітньо-наукова програма «Інженерія програмного забезпечення»

ПЕРЕДМОВА

Програма вступного випробування зі спеціальності 121 "Інженерія програмного забезпечення" використовується для встановлення професійного рівня вступника за вказаною спеціальністю та відображає сучасний стан та актуальні напрями розвитку ІТ-галузі, які необхідні для тих, хто має бажання продовжити навчання в аспірантурі. Програма розрахована на визначення фахового рівня підготовки вступника, здатність його мислити системно, творчо, знаходити рішення в задачах, які складно формалізуються.

Вступне випробування проводиться усно-письмово.

На випробування вступник представляє свою дослідницьку пропозицію, яку доповідає усно.

Дослідницька пропозиція – це науковий текст обсягом до 10 сторінок, підготовлений вступником, в якому обґрунтовується тематика майбутнього дисертаційного дослідження, його актуальність, новизна, стан розробки у вітчизняній та зарубіжній науці; методи та методологія осмислення проблеми, можливі шляхи розв'язання поставлених задач.

Екзаменований має показати високий рівень теоретичної та професійної підготовленості, знання сучасних концепцій в галузі інженерії програмного забезпечення, глибоке розуміння основних розділів, а також вміння використовувати свої знання для розв'язання дослідних та прикладних завдань.

В основу програми покладені питання навчальних дисциплін, які передбачені планом підготовки фахівців за рівням вищої освіти "бакалавр" та "магістр".

Розподіл балів, які отримують вступники:

- 0-100 відповідає оцінці "не зараховано";
- 101-200 відповідає оцінці "зараховано".

ОСНОВИ ДИСКРЕТНОЇ МАТЕМАТИКИ

Основні поняття теорії множин.

Предмет теорії множин. Інтуїтивне означення множини та аксіоми рівнооб'ємності та згортки. Операції над множинами, алгебра множин. Основні властивості алгебри множин. Поняття відношення. Бінарні відношення та їх властивості загального характеру. Спеціальні відношення еквівалентність і порядок. Властивості цих відношень. Приклади. Трансфінітна індукція та аксіома вибору. Метод побудови за індукцією та метод доведення теорем за допомогою математичної індукції. Поняття потужності множини. Найпростіші властивості кардинальних чисел множин. Зліченні і незліченні множини. Теорема про діагоналізацію.

Елементи загальної алгебри.

Поняття універсальної алгебри. Алгебра регулярних мов і її основні властивості. Представлення мов в скінченних автоматах. Основна теорема про скінченні автомати. Теореми аналізу і алгоритми аналізу скінченних автоматів. Алгоритми аналізу. Теорема синтезу скінченних автоматів і алгоритми синтезу скінченних автоматів, приклади. Застосування теорії скінченних автоматів в інформаційних технологіях, а саме, системи редакції текстів, ідентифікація підслів в словах. Магазинні автомати. Алгоритми синтезу і аналізу автоматів. Формальні мови і граматики. Класифікація мов і граматик. Контекстно вільні і лінійні граматики. Зв'язок лінійних і контекстно вільних мов з автоматами.

Елементи математичної логіки.

Поняття про формальні логічні мови. Числення висловлювань. Синтаксис семантика числення висловлювань. Тавтологія і суперечність. Аксиоматика числення висловлювань. Теорема дедукції. Основні теореми числення висловлювань. Неуперечність та повнота числення висловлювань.

Методи доведення тавтологій в численні висловлювань: метод Куайна, метод редукції, метод семантичного табло, метод резолюцій. Числення предикатів першого порядку (ЧППП). Основні визначення та аксиоматика ЧППП. Несуперечність і повнота ЧППП. Стандартні нормальні форми формул ЧППП: попередня стандартна форма і нормальна форма Скулема. Метод резолюцій як метод доведення теорем в ЧППП. Приклади доведення теорем методом резолюцій в ЧППП.

ОРГАНІЗАЦІЯ БАЗ ДАНИХ І ЗНАНЬ

База даних. Основні поняття.

Організація файлової системи та її недоліки. Визначення бази даних, системи управління базами даних, системи баз даних.

Архітектура баз даних.

Архітектура баз даних. Основні властивості концептуальної моделі предметної області (ПО). Мови концептуального моделювання ПО. Зовнішній рівень представлення даних. Основні поняття: зовнішня модель, зовнішня схема, базова мова, підмова даних. Функції зовнішньої моделі даних. Внутрішній рівень представлення даних. Основні поняття: внутрішня модель, внутрішня схема, мова опису збереження даних. Функції внутрішньої моделі. Відображення між рівнями. Відображення концептуально-зовнішнє, концептуально-внутрішнє. Функції відображень. Роль відображень у підтримці незалежності даних. Система управління базами даних (СУБД), функції СУБД. Визначення моделі даних. Компоненти моделі даних: структура даних, операції над даними, обмеження цілісності. Основні типи моделей даних: ієрархічна, мережева та реляційна. Інші типи моделей даних: об'єктно-орієнтована, дедуктивна, розподілена, повнотекстова.

Реляційна модель даних.

Різниця між відношенням в математиці та реляційним відношенням. Реляційна структура даних. Основні поняття: домен, атрибут, кортеж, реляційне відношення, ключ, обмеження цілісності. Види ключів: можливий, простий, складний, основний, зовнішній. Види обмежень цілісності моделі: обмеження

унікального ключа, обмеження основного ключа, диференціальна цілісність та обмеження зовнішнього ключа. Реляційна алгебра. Комутативність, асоціативність та дистрибутивність бінарних операцій. Можливість вкладення та замкненість операцій алгебри. Операції реляційної алгебри: об'єднання, перетин, різниця, проєкція, обмеження (селекція), з'єднання, ділення. Приклади використання операцій реляційної алгебри. Тезис повноти мов реляційної моделі. Основні властивості операцій реляційної алгебри. Еквівалентні перетворення виразів реляційної алгебри. Оптимізація виконання реляційних алгебраїчних виразів. Реляційні числення. Функції числення. Числення на кортежах: визначення мови реляційного числення на кортежах. Приклади використання реляційного числення на кортежах. Числення на доменах - основні визначення.

Проектування баз даних.

Методологія проектування баз даних. Життєві цикли розробки систем баз даних. Етапи проектування баз даних: розробки стратегії, аналіз предметної області, концептуальне моделювання, проектування систем баз даних, розробка та супроводження. Теорія нормалізації реляційних баз даних. Недоліки ненормалізованих реляційних відношень. Функціональні залежності даних: визначення та основні властивості. Перша, друга та третя нормальні форми. Багатозначні залежності: визначення та основні властивості. Четверта нормальна форма. Залежності по з'єднанню та п'ята нормальна форма. Задача проектування схеми бази даних реляційної моделі. Основні задачі всіх етапів проектування.

Адміністрування баз даних.

Функції адміністратора бази даних на етапах системного аналізу, проектування, експлуатації та управління базами даних. Склад і функції групи адміністрування. Підтримка цілісності даних. Основні визначення. Види та типи цілісності, структурні динамічні та семантичні обмеження цілісності. Структурні обмеження цілісності, цілісність домену, цілісність атрибута, цілісність відношення, цілісність зв'язку між відношеннями. Динамічні обмеження цілісності: ситуативні та оперативні. Семантичні обмеження цілісності. Підтримка цілісності при збоях технічних засобів та програмного забезпечення: резервне копіювання та відновлення, ведення, журналу. Механізм транзакцій.

ТЕОРІЯ АЛГОРИТМІВ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ

Основи теорії алгоритмів та структури даних.

Поняття структури даних. Класифікація структур даних. Способи представлення даних та їх реалізація. Поняття алгоритму та його властивості, верифікація алгоритму. Поняття рекурсії та рекурсивного алгоритму. Поняття динамічного програмування. Види та приклади динамічного програмування. Поняття сортування. Класифікація алгоритмів сортування. Опис та реалізації елементарних алгоритмів сортування, алгоритмів швидкого сортування та сортування злиттям, пірамідальне сортування та алгоритми порозрядного сортування. Поняття пошуку. Класифікація алгоритмів пошуку. Опис та приклади алгоритмів послідовного, бінарного, інтерполяційного пошуку. Пошук на основі BST-дерева та підходи до реалізації BST -дерева. Методи балансування BST-дерева. Алгоритми порозрядного пошуку: двійкове дерево, дерево

цифрового пошуку (DST-дерево) та дерево тернарного пошуку (TST-дерево). Поняття аналізу алгоритмів. Опис методу аналізу алгоритмів: емпіричний та математичний. Проведення емпіричного аналізу, приклад. Проведення математичного аналізу. Приклад. Поняття O-нотації та її різновиди.

Обчислювальні алгоритми.

Поняття математичного алгоритму. Класифікація математичних алгоритмів. Генератори випадкових значень: поняття, типи, приклади застосування. Алгоритми, що застосовуються в алгоритмічних генераторах випадкових значень. Алгоритми вирішення системи лінійних алгебраїчних рівнянь (НВП-розклад). Чисельні методи та алгоритми їх реалізації: вирішення інтегральних, лінійних алгебраїчних та диференціальних рівнянь. Поняття ідентифікації. Приклади використання. Класифікація алгоритмів ідентифікації. Поняття регулярного виразу. Реалізація та приклади застосування. Поняття автомата, скінченного автомата. Класифікація скінчених автоматів. Способи представлення та реалізації детермінованих і недетермінованих скінчених автоматів. Поняття комбінаторики. Принципи комбінаторики. Типи вибірок та їх обчислення. Алгоритми формування всіх комбінацій вибірок в залежності від їхнього типу: рекурсивні, за лексикографічний порядком. Опис та приклади реалізації комбінаторних алгоритмів.

ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНИЙ АНАЛІЗ І ПРОЄКТУВАННЯ

Загальні концепції об'єктно-орієнтованого аналізу і проєктування програмних систем. Об'єкти та класи.

Структурний та об'єктно-орієнтований підходи до розробки програмних систем. Принципи об'єктно-орієнтованого підходу: інкапсуляція, абстракція, успадкування та поліморфізм. Природа об'єкту. Стан, ідентичність та поведінка об'єктів. Специфікація обміну даними між об'єктами у об'єктно-орієнтованій системі. Сутність повідомлення, його специфікація. Видимість між об'єктами та способи її забезпечення. Клас в моделях аналізу і проєктування. Специфікація класу, атрибутів та операцій. Область дії та видимість ресурсів класу. Визначення атрибутів і операцій класу в моделях аналізу та проєктування. Специфікація послуг, які надаються класом. Призначення та особливості інтерфейсів та абстрактних класів.

Відношення між класами та взаємодія між об'єктами.

Відношення асоціації між класами. Бінарна, рефлексивна та n-арна асоціації. Специфікація відношення асоціації. Зв'язок між об'єктами як екземпляр асоціації. Спеціальний вид асоціації: агрегація. Способи фізичного вмісту частин в агрегаті: за значенням та посиланням. Ідентифікація відношення агрегації під час об'єктно-орієнтованого аналізу. Кваліфікатор та кваліфікована асоціація. Особливості застосування кваліфікованої асоціації. Клас асоціації. Рекомендації щодо включення класу-асоціації до моделі предметної області. Відношення узагальнення між класами. Особливості програмних механізмів, які реалізують відношення узагальнення. Узагальнення та класифікація. Відношення залежності. Загальна характеристика видів залежностей та елементів, між якими існує відношення залежності. Відношення залежності в моделях аналізу і проєктування.

Застосування об'єктно-орієнтованого підходу для аналізу і проєктування програмних систем.

Порівняння методів об'єктно-орієнтованого аналізу та проєктування: Objectory, ОМТ і метод Буча. Основні етапи процесу об'єктно-орієнтованого аналізу: визначення оточення системи і розробка моделей її використання, аналіз вимог та предметної області, ідентифікація об'єктів і класів предметної області; побудова моделі аналізу. Основні етапи процесу об'єктно-орієнтованого проєктування: проєктування архітектури системи, побудова діаграми класів моделі проєктування, додавання операцій і атрибутів, трасування елементів моделі аналізу в елементи моделі проєктування; застосування шаблонів проєктування.

Мова UML для представлення об'єктних моделей.

Призначення мови UML. Складові мови UML: сутності, відношення та діаграми. Механізми розширення мови UML. Діаграми UML для опису структурних аспектів системи під час об'єктно-орієнтованого аналізу і проєктування: діаграми класів, пакетів, прецедентів. Діаграми UML для опису динамічних аспектів системи під час об'єктно-орієнтованого аналізу і проєктування: діаграми діяльності, стану, послідовності, кооперації.

ІНЖЕНЕРІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Основні поняття інженерії програмного забезпечення.

Програмні продукти і системи. Програма. Програмне забезпечення. Програмний продукт. Програмні системи. Інженерія програмного забезпечення. Підґрунтя для появи інженерії програмного забезпечення. Інженерія програмного забезпечення в обличчях та подіях. Інженерія програмного забезпечення, як одна із інженерних галузей. Культура інженерії програмного забезпечення.

Життєвий цикл програмного забезпечення та його реалізація.

Процеси. Продукти. Ресурси. Послідовність процесів життєвого циклу. Типи інженерії програмного забезпечення. Пряма, зворотна, емпірична інженерії.

Реінженерія. Реструктурування. Редокументування. Підвищення ефективності процесів життєвого циклу. Загальні підходи. Багатократне використання програмних компонентів. Вторинне використання програмного забезпечення у проєктуванні і розробці програмного забезпечення.

Вимірювання у програмному забезпеченні. Загальні положення. Емпіричні методи у програмному забезпеченні. Метрики. Вимірювальні засоби для застосування у програмному забезпеченні.

Моделі життєвого циклу програмного забезпечення. Розподіл моделей на групи. Моделі, що спрямовані на розробку "з нуля". Каскадна модель. Спіральна модель. Інкрементна модель. Модель швидкої розробки. Модель прототипування. Еволюційна модель. Моделі, що спрямовані на повторне використання. Моделі, що спрямовані на автоматичне виконання фаз життєвого циклу. Методи аналізу. Доменний аналіз. Структурний аналіз. Об'єктно-орієнтований аналіз. Специфікування вимог. Поняття вимог. Типи вимог. Формування і аналіз вимог. Засоби опису вимог.

Архітектурне проєктування. Загальні принципи. Типи архітектур. Методи проєктування. Структурне проєктування. Об'єктно-орієнтоване проєктування. Засоби проєктування. UML - як засіб проєктування. Проєктування з використанням компонентів. Проєктування людино- машинних інтерфейсів. Проєктування баз даних. Детальне проєктування. Проєктування даних. Проєктування абстрактних типів даних. Вибір рівня програмування. Процедурне програмування.

Модульне програмування. Об'єктно-орієнтоване програмування. Верифікування програмного забезпечення. Планування верифікування. Статистичний аналіз програм. Динамічний аналіз програм.

Тестування програмного забезпечення. Структурне тестування. Тестування базового шляху. Тестування умов. Тестування циклів. Тестування об'єктно-орієнтованого програмного забезпечення. Тестування ієрархій класів. Тестування успадкування. Тестування абстрактних класів. Тестування розподілених об'єктів.

Супроводження програмного забезпечення. Процеси супроводження. Лінії продуктів. Версії програмного забезпечення. Ліквідування програмного забезпечення. Загальні положення. Утилізація програмного забезпечення. Переробка. Вторинне використання. Встановлення. Знищення програмного забезпечення. Управління розробкою програмного забезпечення. Управління персоналом. Оцінка кошторису. Управління якістю. Економіка розробки програмного забезпечення.

Дослідження методологічних основ розробки програмного забезпечення.

Методи формального аналізу вимог та техніки уточнення вимог. Мета формального аналізу вимог. Методи верифікації вимог. Методи валідації вимог. Підходи до трасування вимог. Огляд засобів збору та систематизації вимог. Продукти лінійки IBM Rational для аналізу вимог. Особливості формування вимог у технологіях гнучкої розробки програмного забезпечення. Методи декомпозиції вимог. Процес визначення вимог до програмного забезпечення, що створене сторонніми розробниками.

Методи та засоби створення ефективних архітектурних рішень. Вибір архітектурного стилю відповідно до специфікації вимог. Декомпозиція задач у відповідності до архітектурних стилів та паттернів проєктування. Вибір найкращого паттерну для неоднозначних ситуацій. Роль шаблонів проєктування у організації міжмовної та міжплатформеної взаємодії. Підходи до повторного використання компонентів.

Композиція сервісів у сервіс орієнтованих застосувань. Декомпозиція завдань замовника відповідно до сервісів. Моделювання процесів за допомогою графічної мови. Аналіз та оптимізація алгоритмів роботи сервісів. Ролі компонентів сервіс-орієнтованих систем. Протоколи передачі даних. Стандарти опису функціональності сервісів. Принцип функціонування шини даних.

Дослідження теоретичних основ управління процесами життєвого циклу програмного забезпечення.

Методи та засоби підвищення ефективності процесу розробки проєктів за допомогою моделей програмного забезпечення. Застосування підходів Model Driven Architecture (MDA) та Model Driven Development (MDD) для підвищення ефективності розробки довготривалих проєктів. Засоби представлення та аналізу

моделей програмного забезпечення.

Модельно-керуєма інженерія. Завдання модельно-керуємої інженерії Model-Driven Engineering (MDE). Засоби перевірки та тестування моделей програмного забезпечення, виконувані моделі та генеративне програмування. Виконуваний UML.

Методи та засоби підвищення ефективності процесів життєвого циклу розробки програмного забезпечення. Застосування метамodelей у різних завданнях інженерії програмного забезпечення. Рівні у організації міжплатформенного програмного забезпечення. Взаємодія між рівнями міжплатформеного програмного забезпечення. Трансформація моделей програмного забезпечення. Мови та засоби трансформації моделей. Мови обмежень. Аналіз структурних характеристик моделей програмного забезпечення. Підхід "Лінії програмного продукту" (Software product lines). Інтеграційні паттерни.

МАТЕМАТИЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБЧИСЛЮВАНИХ СИСТЕМ

Математичні методи.

Методи системного аналізу. Методи теорії операцій. Методи теорії прийняття рішень. Багатокритеріальний аналіз, багатокритеріальність, як методична і методологічна основа вироблення рішень. Статистичний аналіз даних та виявлення знань у даних. Кластерний аналіз. Методи теорії нечітких множин для опису суб'єктивної невизначеності. Нейропідходи в когнітивній інформатиці, математичні основи побудови систем за технологіями штучного інтелекту. Ситуаційна поведінка. Ситуаційність в структурній реконфігурації складних систем. Самоорганізація, як основа поведінки складних соціальних систем. Самоорганізація в задачах ідентифікації. Метод диференціальних перетворень як основа аналітичного розв'язку нелінійних задач. Інтелектуальний аналіз даних. Технології OLAP, Data Mining.

Програмне забезпечення обчислювальних систем.

Прикладне та системне програмне забезпечення. Системи програмування: класифікація, основи побудови та реалізації. Операційні системи: класифікація, структура, ядро, концепція процесів та їх реалізація. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень, експертні системи та системи підтримки прийняття рішень: структура, призначення компонент, способі організації баз знань та представлення знань.

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ

Основні поняття теорії моделювання.

Предмет теорії моделювання. Принципи системного підходу в моделюванні. Формальний опис системи. Види моделей та основні етапи моделювання. Типові математичні моделі. Задачі формалізації та алгоритмізації систем (процесів). Аналітичні та імітаційні моделі. Комбіновані аналітично-імітаційні моделі. Методи машинної реалізації моделі.

Основи імітаційного моделювання.

Методологія імітаційного моделювання. Формальне зображення імітаційних моделей. Статистичне моделювання складних систем. Системи і засоби імітаційного моделювання на ЕОМ.

Обробка і аналіз результатів моделювання.

Первинна обробка інформації. Точкові оцінки невідомих параметрів. Перевірка статистичних гіпотез. Дисперсійний аналіз результатів випробувань. Математичний опис експериментальних залежностей. Аналіз результатів моделювання та прийняття рішень.

Планування імітаційних експериментів.

Загальні принципи та задачі планування експериментів. Планування експериментів з дослідженням систем методами дисперсійного аналізу. Планування експериментів з оптимізації систем. Планування статистичних експериментів. Визначення тривалості вибірок при заданій точності та вірності оцінок. Перспективи розвитку теорії моделювання. Застосування методів моделювання в інженерії програмного забезпечення.

ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Основні поняття.

Поняття наука, науковий результат. Метод, модель, методика, методологія в наукових дослідженнях. Етапи наукових досліджень, їх зміст та сутність. Форми представлення наукових результатів - тези, стаття, монографія. Форми організації наукових досліджень: наукова-дослідна та дослідно-конструкторська робота: стандарти, супроводжувані документи, порядок організації та реалізації.

Теоретичні основи наукових досліджень.

Основні закони філософії в наукових дослідженнях. Основні закони природи. Уніфікованість. Реальність. Раціональність. Регулярність. Повторюваність. Відкриваємість. Епістемологія і фундаменталізм. Холізм та редукціонізм. Позитивізм та раціоналізм. Емпіризм та об'єктивність. Детермінізм та індетермінізм.

Природа програмного забезпечення. Властивості програмного забезпечення. Когнітивні властивості програмного забезпечення. Когнітивні характеристики інженерії програмного забезпечення. Природа інженерії програмного забезпечення. Програмування, віртуалізація та реалізація. Проблемні домени. Реалізація, специфічність та загальність. Закони Мерфі. Наука і вчені. Зв'язок між наукою і інженерією.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основи дискретної математики / Капітонова Ю.В., Кривий С.Л., Летічевський О.А., Луцький Г.М., Печурін М.К. К: Наукова думка. - 2002. - 578 с.
2. Боцман Дж., Эмерсон С., Дарновели М. Практическое руководство по SGL. - К.: Диалектика. 1997.
3. Грей П. Логика, алгебра и базы данных. - М.: Машиностроение. 1989.
4. Дейт К. Введение в системы баз данных. - К.: Диалектика, 1998.
5. Мейер Д. Теория реляционных баз данных. - М.: Мир. 1987.

6. Ульман Дж. Основы баз данных. - М.: Фин. и стат. 1983.
7. Резниченко В.А. Організація баз даних та знань.- К.- ВНУ. 2006.
8. Роберт Седжвик, Кевин Уэйн. Алгоритмы на Java, 4 изд-е - М.: ООО "И.Д. Вильямс", 2013. - 848 с.
9. Т. Корман, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн. Алгоритмы: построение и анализ, 2-е изд. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2007. - 1296 с.
10. Дж. Фридл. Регулярные выражения. 2- изд. СПб.: Питер, 2003. - 464 с.
11. Окулов С.М. Программирование в алгоритмах. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2004. - 314с.
12. Лафоре Р. Структуры данных и алгоритмы в Java. 2-е изд. - СПб.: Питер, 2013. - 704с.
13. Г. Шилдт. Java. Полное руководство, 8 изд. - М.: ООО "И.Д. Вильямс", 2012. - 1104 с.
14. Гагарина Л.Г. Алгоритмы и структуры данных: учеб. пособие - М.: Финансы и статистика, ИНФРА-М, 2009. - 304 с.
15. Красиков И.В. Алгоритмы. Просто как дважды два. - М.: Эксмо, 2007.- 256 с.
16. Графічні системи: навчальний посібник / С.В. Зибін, В.Д. Козюра, О.В. Криворучко, В.В. Кузавков, С.В. Лазаренко, В.О. Хорошко, Ю.Є. Хохлачова. – К.: ФОП Ямчинський О.В., 2021. – 196 с.
17. Лаврищева К.М. Програмна інженерія. - К.: 2008. - 319 с.
18. Лаврищева Е.М. Основы инженерии качества программных систем / Ф.И. Андон, Г.И. Коваль, Т.М. Коротун, Е.М. Лаврищева, В.Ю. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. - К.: Академкнига, 2007. - 672 с.
19. Лаврищева Е.М. Методы программирования. Теория, инженерия, практика / Лаврищева Е.М. - Издательство: Наукова думка. - К.: 2008.-319 с.
20. Боем Б.У. Инженерное проектирование программного обеспечения.- М.- Р и С.- 1985. - 200 с.
21. Соммервилл Я. Инженерия программного обеспечения. - М.- Вильямс,- 2002. - 800 с.
22. Якобсон А., Г.Буч, Дж.Рамбо. Унифицированный процесс разработки программного обеспечения. - С.- Петербург.- Питер. - 2002. - 420 с.
23. Кантор М. Управление программными проектами. - М.- Вильямс. - 2002. - 120 с.
24. Макгрегор Д., Д. Сайкс. Тестирование объектно-ориентированного программного обеспечения. - К.: ООО "ТИД"ДС". - 2002. - 432 с.