

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА
АКАДЕМІЯ

АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ І СИСТЕМ

Методичні вказівки до виконання практичних робіт

ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 151

Краматорськ 2020

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

Правила та послідовність опису об'єктів на етапі аналізу

Мета роботи: навчитися виконувати різні види описів об'єктів на етапі аналізу.

Теоретичні відомості

Існує кілька видів описів за рівнями і аспектам осмислення підходу до описів:

1. Параметричний опис. Це найпростіша форма опису, що включає опис властивостей, ознак, відносин об'єктів, засноване на емпіричних спостереженнях. Вихідним документом в цьому випадку є специфікація понять предметної області і параметрів, які характеризують об'єкт.

2. Морфологічний опис. Це перехід до визначення складу елементів, що входять в систему, визначення взаємозв'язків параметрів, виявлених при параметричному описі.

Елемент - мінімальна неподільна частина системи, що отримується її поділом в умовах даного завдання. Функції і роль елемента визначаються його місцем і порядком включення в систему. Вихідним документом є специфікація елементів і їх функцій (специфікація функцій).

3. Функціональний опис. Функція - взаємозв'язок, що визначає призначення і порядок включення частини в ціле. Це перехід до визначення функціональних залежностей параметрами (функціонально-параметричний опис), елементами (функціонально-морфологічний опис), параметрами і будовою об'єкта.

4. Опис життя об'єкта. Найбільш повний вид опису, виявлення загальної цілісності життя об'єкта, умов, що визначають стану системи, зміну режимів роботи системи. Вихідним документом є специфікація станів об'єкта і умов переходів зі стану в стан.

Основний принцип системного аналізу - концепція цілісності, що передбачає наявність системного ефекту, тобто поява у системи властивостей, які не притаманні її частинам. Причиною системного ефекту є наявність зв'язків між елементами.

Аспекти опису проєктованих об'єктів

Можуть бути різні варіанти декомпозиції об'єкта за характером відображуваних властивостей, тобто декомпозиція проводиться з точки зору різних аспектів описів:

1. Функціональний аспект.

Пов'язаний з відображенням основних принципів функціонування системи. Розглядається характер фізичних, інформаційних та ін. Процесів в об'єкті. В якості графічного відображення використовують принципові, функціональні, структурні, кінематичні схеми і супроводжуючі документи (специфікації).

2. Конструктивний аспект.

Цей аспект пов'язаний з реалізацією результатів функціонального проектування, а саме - з визначенням геометричних форм елементів і їх взаєморасположением в просторі. В якості графічного зображення використовують дерева «І-АБО», графи.

3. Технологічний аспект.

Відноситься до реалізації результатів конструкторського проектування, пов'язаний з визначенням методів і засобів для підготовки виробництва і виготовлення об'єктів. В якості графічного супроводу використовують дерева, графи, технологічні карти.

Можуть використовуватися й інші аспекти. Завжди бажано виділяти принцип поділу системи, а потім перераховувати можливі варіанти.

Порядок виконання роботи

1. Вивчити теоретичні відомості.

2. Виконати послідовно види описів для заданого об'єкта проектування відповідно до індивідуального завданням (таблиця 1): параметричне, морфологічний, функціональний, опис життя об'єкта (див. Приклад виконання завдання).

3. Оформити звіт.

Таблиця 1 - Індивідуальні завдання

№ в-та	Об'єкт	№ в-та	Об'єкт
1	Літак	19	Сканер
2	Телевізор	20	Маніпулятор "миша"
3	Ліхтарик	21	Електродвигун
4	Жорсткий диск	22	Дверний замок
5	Годинник	23	Електробритва
6	Пилосос	24	Принтер
7	Праска	25	Клавіатура
8	Велосипед	26	Фен
9	Редуктор	27	Барометр
10	Пральна машина	28	Міксер
11	Модем	29	Двигун внутр. згорання
12	Електрочайник	30	Кавомолка
13	Кондиціонер	31	CD-плеєр
14	Запальничка	32	Електроводонагрівач
15	Автомобіль	33	Електродуховка
16	Телефон	34	Пневматичний пістолет
17	Комп'ютер	35	Мікрохвильова піч
18	Магнітофон	36	

Контрольні питання для підготовки і самостійної роботи

- 1 Які існує аспекти описів об'єктів? Їх характеристики.
- 2 Які існує види описів об'єктів? Їх характеристики.

Приклад виконання завдання

- 1 Постановка завдання
Виконати послідовне опис кулькової ручки.
- 2 Виконання завдання

Параметричний опис. Об'єкт ребристий, пластмасовий, синього кольору, без смаку і запаху, невеликих розмірів.
Специфікація параметрів об'єкта наведена в таблиці 2.

Таблиця 2 - Параметри об'єкта

Найменування параметру	Позначення	Одиниці виміру	Величина (діапазон)
Розмір (довжина)	Р	мм	150
Маса	М	Кг	0,020
Матеріал	Мт	Вид	пластмаса
Колір	Ц	Вид	синій
...	...	...	...

Морфологічний опис. Об'єкт складається з корпусу і стержня. Корпус - з двох ковпачків і основної частини. Стержень також має корпус, заповнений чорнилом, а також кулька, встановлений у власному корпусі. Дерево, що відображає конструктивний аспект опису об'єкта, наведено на рисунку 1.

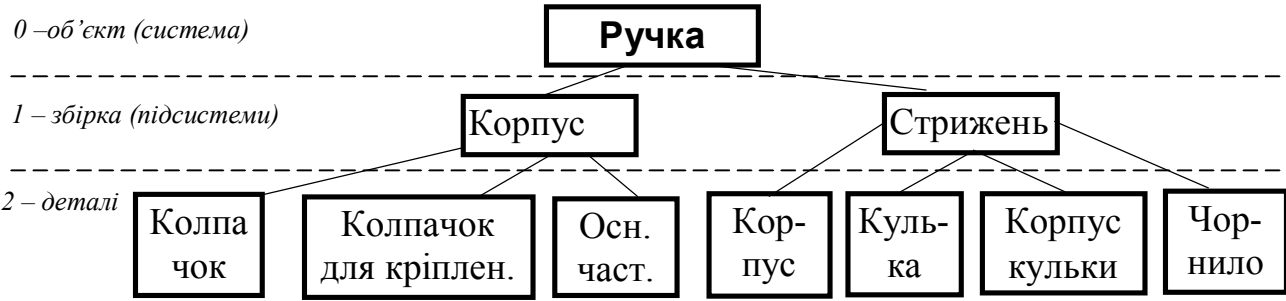


Рисунок 1 - Дерево конструктивного виконання об'єкта проектування

Функціональне опис. Ручка - інструмент для письма, головний елемент якого утворює на папері безперервний слід, видимий, довільної форми. Функціональне опис елементів об'єкта представлено в таблиці 3.

Таблиця 3 - Функціональний опис елементів об'єкта

Функції	Рєбриста частина	Різьбова частина	Циліндричний отвір	...
Тримати стрижень			+	
Тримати ковпачок		+		
Тримати ручку	+			
Забезпечити міцність	+			
Забезпечити жорсткість	+	(+)		
...	...	...	...	...

Примітка.

+ - елемент виконує функцію;

(+) - елемент може виконувати функцію.

Опис життя об'єкта. У початковому стані кулькова ручка знаходиться в стані спокою. Коли до неї прикладають зовнішній вплив, орієнтуючи її відносно поверхні, на якій ходять зробити напис, так, щоб кулька прийшов з поверхнею в зіткнення і прикладають силу для притиску і переміщення об'єкта зі збереженням постійного контакту кульки з поверхнею ручка залишає на поверхні чорнильний слід, відповідний траєкторії переміщення. При цьому відбувається витрата чорнила, після їх завершення необхідна заміна стрижня.

Зміст звіту

- 1 Титульний аркуш - Прізвище, ім'я, по батькові та групу студента, номер і назва роботи.
- 2 Назва роботи мета роботи.
- 3 Звіт згідно наведеним прикладом.

Вимоги до звітів

Звіти по виконаним роботам оформляються відповідно до методичних вказівок "Структура і правила оформлення текстових документів" на основі ДСТУ 3008.95 "Документація, звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення ". Звіти оформляються на окремих аркушах формату А4.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

Аналіз об'єкта проектування як системи, побудову І дерева. Розробка графа зв'язків елементів. Складання матриць суміжності та інцидентності

Мета роботи: навчитися представляти об'єкт у вигляді сукупності взаємопов'язаних елементів, що утворюють різні рівні ієрархії.

Теоретичні відомості

Розбиття об'єкта на елементи проводиться в залежності від завдань, що стоять перед розробником. Виділення елементів може бути виконано:

- за функціональним призначенням;
- за конструктивними ознаками;
- за технологічними ознаками;
- по послідовності складальних операцій;
- відповідно до іншими принципами (аспектами) розгляду.

Найбільш часто при створенні нових систем і об'єктів використовується виділення функціонального призначення елементів, а потім вибір їх конструктивного виконання.

При аналізі існуючих технічних об'єктів (ТО) для побудови ієрархії елементів використовують їх конструктивне виконання відповідно до їх функціонального призначення.

Вузлом ТО називається безліч конструктивно пов'язаних деталей, в сукупності виконують хоча б одну функцію щодо забезпечення роботи інших функціональних елементів ТО. Великі, складні вузли можна розділити на більш прості підвузли для виконання підлеглих функцій і так далі з утворенням ієрархії елементів і функцій.

Деталлю ТО називається окреме тіло (елемент) з однорідного матеріалу, виконане без використання складальних операцій, що має безліч певних форм і виконує хоча б одну функцію в системі.

Залежно від розв'язуваної задачі деталь також може бути представлена у вигляді сукупності елементів ("розрізана" на "неподільні елементи").

Неподільним елементом називається частина деталі (або сама деталь), що має мінімальне число функцій по забезпеченню роботи інших елементів, при будь-якому розподілі якої з'являються елементи, що не мають самостійної функції або з однаковими функціями (кулька в підшипнику). Слід зазначити, що ступінь поділу і виділення елементів об'єкта пов'язані з розв'язуваною задачею. Вид завдання визначає рівень абстракції, на якому розглядається об'єкт і ступінь деталізації його елементів при розбитті і вивченні.

Найбільш часто використовувані в ТО функціональні об'єкти, інваріантні більшості галузей техніки:

Несучі елементи. Функції: забезпечення певної форми ТО і (або) взаєморасположення і (або) руху в просторі (балки, каркаси, корпусу, кронштейни і т.д.).

Елементи зв'язку. Функція: забезпечення певного ступеня свободи руху

одних елементів ТО щодо інших (від 0 до 6) .До них відносяться з'єднання роз'ємні і нероз'ємні, елементи, що реалізують кінематичні пари, муфти, стрижні, нитки.

Елементи передачі. Функції: передача на відстань механічної енергії, руху або статичних сил і моментів з одночасним перетворенням швидкостей (кутових швидкостей), моментів, сил і їх напрямків. До них відносяться гнучкі вали, карданні вали, зубчасті та інші передачі, редуктори і коробки передач, гідравлічні та інші передачі. Елементи передач утворюють силові ланцюги різної конфігурації.

Двигуни. Функція: отримання необхідної потужності в результаті перетворення заданого виду енергії в механічну. до них відносяться різні двигуни - парові, гідравлічні, електричні, турбіни, двигуни внутрішнього згоряння і т.п.

Елементи управління. Функції: збір, зберігання, обробка інформації для вироблення інформації про керуючого дії і передача її виконавчим органам, наприклад двигунів, які через елементи передач впливають на робочі органи ТО. Використовуються в об'єктах зі змінними в часі процесами. До них відносяться органи чуття і мозок людини, датчики реєстрації і вимірювання різних сигналів, підсилювачі і т.д. Комплекс таких елементів - система управління.

Елементи гасіння швидкостей і прискорень. Функції: зменшення швидкостей руху і (або) амплітуди коливань твердих і інших тіл і речовин. До них відносяться амортизатори, гальма.

Елементи формування обсягів і потоків. Функції: зберігання і (або) транспортування необхідних за розміром і формою речовин і їх сумішей. До них відносяться баки, трубопроводи, ємності, цистерни і т.д.

Рушії. Функції: перетворення роботи двигуна або іншого джерела енергії в роботу на подолання опору руху ТО. До них відносяться колісні, гусеничні та ін. Рушії транспортних засобів, насоси, шнеки, стрічки транспортерів і ін.

У ряді випадків елементи ТО можуть одночасно виконувати кілька функцій.

Рівні, аспекти проектування.

Блочно-ієрархічний підхід до проектування

Проектування ТО - процес, що полягає в перетворенні вихідного опису об'єкта в остаточне опис на основі виконання комплексу робіт дослідницького, розрахункового і конструкторського характеру. Проектування ТО починається з розробки завдання на проектування, яке відображає потреби суспільства в отриманні деякого технічного виробу. Завдання представляється у вигляді тих чи інших документів і є вихідним (первинним) описом об'єкта. ТЗ, як правило, містить загальні вимоги до розробляється об'єкту, мета і завдання розробки, техніко-економічне обґрунтування проекту, календарний план і основні етапи розробки, очікуваний результат роботи.

Результатом проектування, як правило, служить повний комплект документації, що містить достатні відомості для виготовлення об'єкта в заданих умовах. Документація являє собою остаточне опис об'єкта.

Перетворення вихідного опису в остаточне породжує проміжні описи, які є предметом розгляду з метою визначення етапів і напрямків подальшої роботи. Процес розробки ТО, як і всі рішення в житті, навчанні, проводиться поетапно. Такі описи називаються проектними рішеннями.

Автоматизоване проектування - це проектування при якому всі або частину проектних рішень отримують в процесі взаємодії людини і ЕОМ. При проектуванні складних об'єктів і систем використовують принципи системного аналізу, основними з яких є декомпозиція і ієрархічність опису, багатаетапність і ітераційних проектування, типізація і уніфікація проектних рішень і засобів проектування.

Ієрархічні рівні описів проектованих об'єктів

Описи ТО повинні бути узгоджені за складністю з можливостями сприйняття людиною і оперування описами в процесі їх перетворення за допомогою наявних засобів проектування.

Виконати загальний опис і перетворити інформацію, щоб отримати більш якісне рішення без виявлення структури об'єкта, дуже важко. Елемент системи вдосконалити завжди простіше, ніж систему в цілому.

Структурування описів і розчленування уявлень про проектованих об'єктах призводить до блочно-ієрархічної моделі представлення даних, а також виділенню аспектів описів.

Таке структурування дозволяє розподілити (распараллелить) роботи з проектування між підрозділами проектних організацій (програмістами при створенні програмних продуктів), сприяє підвищенню продуктивності праці за рахунок спеціалізації і дає можливість частково знизити вимоги до професійної підготовки розробників.

В основі блочно-ієрархічного підходу до проектування лежить виділення ієрархічних рівнів (рівнів абстрагування) в уявленнях про об'єкт. На кожному рівні використовуються свої поняття системи і елементів. На верхньому рівні розташований складний об'єкт проектування S , який розглядається як система n взаємопов'язаних і взаємодіючих елементів S_i ($i = 1 \dots n$). Кожен елемент S_i в свою чергу розглядається як що складається з m взаємопов'язаних і взаємодіючих елементів S_{ij} на наступному рівні ($j = 1 \dots m$).

Таке розбиття триває до тих пір, поки воно не ставати достатньою в рамках даної задачі. Елементи, які не підлягають поділу, називають базовими.

Принцип ієрархічності - структурування уявлень про об'єкти проектування за ступенем деталізації опису.

Принцип декомпозиції (блочності) - розбиття уявлень кожного рівня на ряд складових частин (блоків) для роздільного проектування.

Блочно-ієрархічна структура уявлень про об'єкти в машинобудуванні:

- базові елементи (деталі - вал, шестерня ...);
- складальні одиниці (вузли - вал з підшипниками і шестернею ...);
- агрегати (верстати, преси ...);
- комплекси (потоків лінії, літальний апарат ...).

Крім розглянутої вище декомпозиції використовують також декомпозицію описів за характером відображуваних властивостей об'єкта. Така

декомпозиція призводить до появи ряду аспектів (функціональний, конструкторський, технологічний - см. Теоретичні відомості до третьої лабораторній роботі), яким відповідають аналогічні види проектування.

Можуть використовуватися й інші аспекти описів: наприклад функціональний аспект розділити на електричний, механічний, гідравлічний, хімічний та ін. В даному випадку розподіл виконано з фізичних основ явищ в об'єкті. Завжди бажано виділяти принцип поділу, а потім перераховувати можливі варіанти.

В якості графічного уявлення опису об'єкта можуть використовуватися графи (дерева). Опис у вигляді І-дерева зручно застосовувати для конкретного об'єкта. І-дерево являє собою безліч вершин і зв'язують їх ребер. Вершини розділені на яруси, кожен з яких відноситься до одного з ієрархічних рівнів. Таким чином, розбиття об'єкта знаходиться в рамках блочно - ієрархічного підходу до структурної опису об'єктів.

Вершини відображають складові частини проектного об'єкта. Ребра відображають різноманітні зв'язки між вершинами (не тільки механічні, як, наприклад, в редукторі). При створенні програмних продуктів вказують потоки даних між блоками, модулями, наприклад, для об'єкта «автомобіль» (рисунок 3).

ярус 0 (рівень абстракції)

Підсистеми (ярус 1)
двигун, ходова частина,
електрообладнання
Деталі (ярус 2)
поршень, шатун,
колінчастий вал

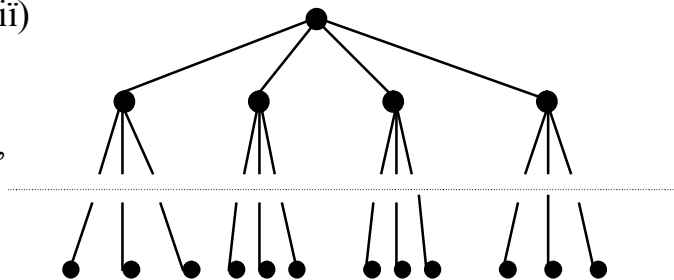


Рисунок 3 – Узагальнене І дерево для об'єкта «автомобіль»

Вершини (елементи) нижнього ярусу (ієрархічного рівня) в рамках прийнятого уявлення складної системи - автомобіль, називаються базовими елементами або листям.

Для автоматизації обробки інформації, представленій у вигляді графів, останні можуть задаватися у вигляді матриць (матриці суміжності і матриці інцидентів).

Матриця суміжності для графа $G(n)$ має вигляд $M = [m_{ij}]$, $(i, j = 1 \dots n)$, де n - число вузлів графа. При наявності зв'язку між i -м і j -м вузлами значення $m_{ij} = 1$, інакше $m_{ij} = 0$.

Матриця інцидентів має вигляд $B = [b_{ij}]$ $(i = 1 \dots n-1, j = 1 \dots k)$, де n - число вузлів графа, k - кількість ребер графа. Кожен рядок відповідає одному вузлу, крім одного, який називається базовим (в якості базового може бути обраний довільний вузол). Кожен стовпець відповідає одному ребру. Якщо ребро j направлено із вузла i , то $b_{ij} = (+1)$. Якщо ребро j направлено до вузлу i , то $b_{ij} = (-1)$.

Порядок виконання роботи

- 1 Вивчити теоретичні відомості.
- 2 Виконати словесний опис технічного об'єкта відповідно до індивідуального завдання на першу лабораторну роботу (таблиця 1).
- 3 Виділити елементи об'єкта: головний елемент і елементи, що належать різним рівням ієрархії (абстракції).
- 4 Вказати, до якого типу функціональних елементів відносяться виділені елементи.
- 5 Позначити і охарактеризувати зв'язки між елементами.
- 6 Уявити граф, що містить елементи об'єкта на різних рівнях ієрархії (І дерево).
- 7 Побудувати матрицю суміжності і інцидентів для отриманого графа.
- 8 Оформити звіт.
- 9 Підготуватися до захисту лабораторної роботи.

Контрольні питання для підготовки і самостійної роботи

- 1 У чому полягає сутність процесу проектування ТО?
- 2 В чому полягає сутність ієрархічного підходу при описі об'єкта проектування?
- 3 Перерахуйте і охарактеризуйте основні підходи до виділення елементів при декомпозиції.
- 4 Розкрийте такі поняття: «вузол ТО», «деталь ТО», «неподільний елемент».
- 5 Перелічіть і охарактеризуйте основні види елементів при функціональному підході до декомпозиції.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3

Формалізація інформації про структуру сукупності об'єктів близького призначення з використанням І-АБО дерев

Мета роботи: навчитися описувати ієрархічну структуру об'єктів у вигляді І-АБО дерев.

Теоретичні відомості

В САПР для вирішення задач структурного синтезу необхідно спочатку вирішити наступні питання:

- вибір способу формального опису структур проєктованих об'єктів;
- встановлення правил перетворення описів;
- вибір стратегії застосування правил описів, яка призведе від вихідного опису у вигляді технічного завдання (ТЗ) до опису структурованих об'єктів і систем у вигляді комплексу конструкторсько-технологічної документації.

Розглянемо способи формального опису структур у вигляді І-АБО дерев.

Дерева І-АБО використовуються для формалізації інформації та структурного відображення її для деякого класу систем, тобто об'єднують цілий ряд варіантів конструктивних рішень для безлічі систем, що виконують однакові або близькі функції.

На І-АБО дереві кожен ярус складається з вершин одного типу: містить тільки вершини І чи тільки вершини АБО. На ярусі знаходяться однотипні вершини, а на сусідніх ярусах знаходяться різнотипні вершини.

В І-АБО дереві корисно виділяти кущі. Кущі - частина дерева, що складається з однієї вершини І (АБО) і всіх суміжних з нею вершин АБО (І-відповідно) з сусіднього нижнього ярусу.

У кущі І коренева вершина І відображає певний варіант (тип) побудови об'єкта - конкретна система, що містить набір АБО елементів з сусіднього нижнього ярусу, пов'язаних з нею, які входять в цю конкретну систему І.

Кущ АБО об'єднує одну вершину АБО і всі суміжні з нею вершини І з сусіднього нижнього ярусу. В такому кущі вершинами І представлені конкретні варіанти реалізації вузла АБО (всілякі взаємовиключні варіанти побудови об'єкт, що міститься вершиною АБО).

Кожна система складається із сукупності І елементів, з яких складається конкретні схеми, конструкції. Причому кожен конкретний елемент, що знаходиться у вузлі І виконує свою функцію. Вузли І, пов'язані з одним вузлом АБО на більш високому ярусі, утворюють список елементів, кожен з яких виконує однакові функції, тому для конкретної конструкції вибирається тільки один елемент І зі списку. Варіанти елементів І в списку для кожного вузла АБО називають альтернативними (альтернативами), а сукупність вершин І в кущі АБО - альтернативної лінійкою.

Якщо на дереві І-АБО з множин (списків) вузлів І (альтернативних лінійок), пов'язаних з вузлами АБО, вибрати по одному вузлу (елементу), то вони в сукупності утворюють конкретне рішення (дерево І) для системи.

Порядок виконання роботи

- 1 Вибрати кілька аналогічних заданому (відповідно до індивідуального завданням на третю лабораторну роботу) об'єктів і побудувати для них І дерева.
- 2 Вибрати загальні за функціональним призначенням вузли на дерева і перерахувати конструктивні варіанти рішень для цих вузлів на різних І деревах.
- 3 Розробити і зобразити І-АБО дерево для сукупності об'єктів близького призначення.
- 4 За допомогою розробленого І-АБО дерева знайти нові рішення, показати їх переваги.
- 5 Зробити висновки про доцільність використання І-АБО дерев, їх евристичних можливостях.
- 6 Оформити звіт.
- 7 Підготуватися до захисту лабораторної роботи.

Контрольні питання для підготовки і самостійної роботи

- 1 Розкрийте такі поняття: «І дерево», «вершина», «ребро», «ярус».
- 2 Розкрийте поняття: «І-АБО дерево», «кущ», «альтернативна лінійка».
- 3 Чим відрізняється функціональний елемент від конкретного технічного рішення? У вузлах якого типу розташовуються функціональні елементи на І-АБО дереві?
- 4 Які елементи розташовуються в альтернативних лінійках?
- 5 У який тип куща входить альтернативна лінійка рішень?
- 6 Як розташовуються яруси вузлів різного типу на І-АБО дереві?
- 7 Перелічіть і охарактеризуйте основні принципи побудови І-АБО дерев.
- 8 У чому полягають основні відмінності дерев І і І-АБО?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №4

Розробка графа цілей при проектуванні машинобудівних об'єктів. Ранжування цілей

Мета: Розробити сценарій розвитку предметної області, на основі якого описати багаторівневий граф (дерево) цілей, призначити ваги цілям кожного рівня.

Теоретичні відомості Поняття мети проектування. Ієрархія цілей

Цілі як будь-які об'єкти можуть бути розділені за важливістю або за іншими ознаками, тобто мети можна класифікувати. Цілі можуть суперечити один одному, наприклад: продуктивність і універсальність, якість і вартість. Спроби досягти одних цілей в ряді випадків призводить до погіршення інших показників. Мета може бути представлена у вигляді ієрархії цілей (графів), цілі пов'язані між собою, наприклад: рівень 0 - інтереси всього людства; 1 - державні інтереси; 2 - інтереси галузі; 3 - інтереси підприємства; 4 - інтереси проектувальника; 5 - підрозділи, організації; 6 - особисті інтереси. Для виділення важливіших цілей визначають вагу мети, як правило, в частках одиниці і на підставі експертних оцінок. Послідовність оцінки:

- а - ранжування мети на кожному підрівні (відносна вага);
- б - загальне ранжування мети з урахуванням зв'язків (абсолютна вага);
- в - виділення частини графа, що містить найбільш важливі цілі з точки зору проектування.

Оцінка цілей проектування. Матриця суміжності для оргграфа цілей

Для виділення важливіших цілей визначають вагу мети, як правило, в частках одиниці і на підставі експертних оцінок (рисунок 4).

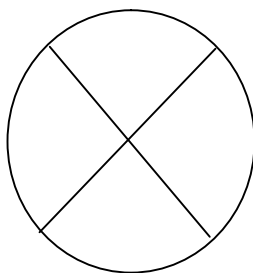


Рисунок 4 – Позначення вузла на дереві цілей

При цьому:

i - номер рівня;

j - номер цілі на i-ому рівні (номер після ранжирування), причому місця можуть бути однакові;

$$i \in \{0, I, II, \dots\}; \quad j \in \{0, 1, 2, \dots\};$$

r_{i-j} – оцінка ваги мети на i -му без урахування зв'язків (відносна вага), причому сума ваг на рівні дорівнює 1;

R_{i-j} – абсолютна оцінка ваги з урахуванням зв'язків.

Структуру зв'язків представляють у вигляді матриці суміжності або інцидентності (див. таблицю 4). Матриця суміжності є матрицею, кожен стовпець і кожен рядок якої відповідає одній меті. Цілі розташовані в порядку убутання рівня. У матриці суміжності рядки - вузли попередники; столбци-вузли послідовники. Значення елемента матриці вище головної діагоналі дорівнює 1, якщо одна вершина пов'язана з іншою (цілі пов'язані) і 0, якщо вони безпосередньо не пов'язані.

Таблиця4 - Матриця суміжності

$i-j \setminus k-m$	1-1	2-1	2-2	...
1-1	0	1	...	...
2-1	...	0	...	...
2-2	...	...	0	...
...	...	...	...	...

Поняття відносного ваги вершини і коефіцієнта зв'язку при побудові графа цілей

Коефіцієнт зв'язку позначається $C_{ij, km}$, при побудові графу ставиться над стрілкою, що позначає зв'язок

$$C_{ij, km} = r_{ij} * r_{km},$$

де r_{km} .- відносна вага вершини вищого рівня ієрархії, пов'язаної з даною.

Визначення абсолютної ваги вершини при визначенні цілей проектування

Абсолютна вага дорівнює відносному плюс сума коефіцієнтів зв'язку з призахідним дуг:

$$R_{ij} = r_{ij} + \sum C_{ij, km}.$$

Для автоматизації розрахунків матрицю суміжності перетворюють в матрицю ваг, що містить коефіцієнти зв'язку. Алгоритм для розрахунку абсолютних ваг: для кожної вершини: підсумовуються коефіцієнти по стовпцях і складаються з відповідними відносними вагами:

$$R_{ij} = r_{ij} * [1 + \sum r_{km}],$$

де $\sum r_{km}$ - сума відносних ваг всіх цілей вищих рівнів ($k < i$) безпосередньо пов'язаних с даної (ij).

Ранжирование целей представляет собой сортировку по убыванию абсолютного веса. В результате этой процедуры каждой цели на уровне должен

быть присвоен оригинальный номер, начиная от единицы для цели с наибольшим весом и т. д. в порядке убывания абсолютного веса.

Таким образом, общая процедура выбора целей и их оценки содержит следующие операции:

1 - составление сценария развития сфер окружения на каждом уровне абстракции: - история развития; - направление развития; - прогноз; - создание прототипа.

2 - выделение целей, построение графа.

3 - экспертная оценка относительных весов.

4 - расчет абсолютных весов.

5 – выбор части графа для последующего использования.

Граф целей используется для решения различных задач, он может быть расширен в связи с совершенствованием рассматриваемых объектов. Граф целей имеет собственную ценность и является основой для принятия решений.

Порядок виконання роботи:

1 Вивчити теоретичні відомості.

2 Виберіть предметну область (за завданням викладача).

3 Виберіть і опишіть рівні цілей (не менше 4-х).

4 Визначте та опишіть кілька цілей на кожному рівні абстракції. На нульовому рівні повинна бути одна мета.

5 Визначте й обґрунтуйте зв'язку між цілями різних рівнів абстракції.

6 Намалюйте граф (дерево) цілей.

7 Призначте відносні ваги цілям на кожному рівні абстракції. Наведіть суму ваг на кожному рівні до одиниці.

8 Сформууйте матрицю суміжності на основі введених зв'язків. Заповніть матрицю суміжності.

9 Розрахуйте абсолютні ваги кожної мети на основі відносних і проранжируйте мети всередині кожного рівня. При обчисленні скористайтесь матрицею суміжності.

10 Оформити звіт.

11 Підготуватися до захисту лабораторної роботи.

Вихідні дані: Список цілей за рівнями в порядку убутання абсолютного ваги із зазначенням абсолютного номера, назви, відносного і абсолютного ваг мети, а також номери пов'язаних цілей нижчих рівнів.

Зміст звіту

- 1 Титульний аркуш - Прізвище І. Б., група, тема.
- 2 Тема, мета.
- 3 Обґрунтування обраної предметної області. Сценарій розвитку обраної системи.
- 4 Малюнок графа (дерева) цілей з нумерацією.
- 5 Опис і обґрунтування рівнів, цілей на кожному рівні, зв'язків між ними.
- 6 Матриця суміжності.
- 7 Розрахунок абсолютних ваг. Результати ранжирування.
- 8 Висновки по роботі.

Питання для контролю та самостійної роботи

- 1 Дайте визначення поняттю проектування.
- 2 Перелічіть етапи проектування об'єктів.
- 3 Як і для чого виділяються різні рівні абстракції?
- 4 Дайте визначення поняттю граф (дерево) цілей.
- 5 Що показують зв'язки між цілями різних рівнів абстракції?
- 6 Як призначаються відносні ваги цілей на кожному рівні абстракції?
- 7 Якими способами можна реалізувати програмно граф цілей?
- 8 Для чого використовується матриця суміжності?
- 9 Як здійснюється і для чого використовується приведення відносних ваг до одиниці.
- 10 Поясніть поняття абсолютного ваги мети.
- 11 Наведіть і розшифруйте формулу для обчислення абсолютного ваги мети.
- 12 Опишіть алгоритм обчислення абсолютного ваги. Яку роль відіграє матриця суміжності?
- 13 Дайте визначення поняттю "ранжування цілей".
- 14 Для чого потрібно ранжування цілей?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

Розробка технічного завдання на створення ПМК для проектування виробів

Мета: Розробити технічне завдання на створення програмно-методичного комплексу для проектування виробів машинобудування.

Теоретичні відомості

Вимоги до змісту та оформлення технічного завдання (На підставі ГОСТ 19.201-78)

Документ призначений для закріплення узгоджених вимог до розроблюваної програми, які Виконавець береться задовольнити.

На підставі даного документа Виконавець планує свою подальшу роботу зі створення програми з урахуванням наявних трудових і технічних ресурсів.

Для внесення змін або доповнень до технічного завдання на наступних стадіях розробки програми або програмного виробу випускають доповнення до нього. Погодження та затвердження доповнення до технічним завданням проводять в тому ж порядку, який встановлений для технічного завдання.

Залежно від особливостей програми або програмного виробу допускається уточнювати зміст розділів, вводити нові розділи або об'єднувати окремі з них.

1. ВВЕДЕННЯ

У розділі вказується назва, коротку характеристику області застосування програми або програмного виробу та об'єкта, в якому використовують програму або програмне виріб.

2 ПІДСТАВИ ДЛЯ РОЗРОБКИ

У розділі повинні бути вказані:

- документ (документи), на підставі яких ведеться розробка;
- організація, що затвердила цей документ, і дата його затвердження;
- найменування і / або умовне позначення теми розробки.

3 ПРИЗНАЧЕННЯ РОЗРОБКИ

У розділі має бути зазначено функціональне і експлуатаційне призначення програми або програмного виробу.

4 ВИМОГИ ДО ПРОГРАМИ АБО ПРОГРАМНОГО ВИРОБУ

Розділ повинен містити такі підрозділи:

4.1 Вимоги до функціональних характеристик

У підрозділі повинні бути вказані вимоги до складу виконуваних функцій, організації вхідних та вихідних даних, тимчасовим характеристикам і т.п.

4.2 Вимоги до надійності

У підрозділі повинні бути вказані вимоги до забезпечення надійного функціонування (забезпечення стійкості, контроль вхідний і вихідний інформації, час відновлення після відмови і т.п.).

4.3 Умови експлуатації

У підрозділі повинні бути вказані умови експлуатації (температура навколишнього повітря, відносна вологість і т.п. для обраних типів носіїв даних), при яких повинні забезпечуватися задані характеристики, а також вид обслуговування, необхідну кількість і кваліфікація персоналу.

4.4 Вимоги до складу і параметрів технічних засобів

У підрозділі вказують необхідний склад технічних засобів із зазначенням їх основних технічних характеристик.

4.5 Вимоги до інформаційної та програмної сумісності

У підрозділі повинні бути вказані вимоги до інформаційних структур на вході і виході і методам вирішення, вихідного коду, мов програмування і програмних засобів, які використовуються програмою.

При необхідності повинна забезпечуватися захист інформації і програм.

5 ВИМОГИ До програмної документації

У розділі має бути вказаний попередній склад програмної документації і, при необхідності, спеціальні вимоги до неї.

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

У розділі повинні бути вказані: орієнтовна економічна ефективність, передбачувана річна потреба, економічні переваги розробки в порівнянні з кращими вітчизняними і зарубіжними зразками або аналогами.

7 СТАДІЇ І ЕТАПИ РОЗРОБКИ

У розділі встановлюють необхідні стадії розробки, етапи та зміст робіт (перелік програмних документів, які повинні бути розроблені, узгоджені та затверджені), а також терміни розробки і визначають виконавців.

8 ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ І ПРИЙМАННЯ

У розділі повинні бути вказані види випробувань і загальні вимоги до приймання роботи.

У додатках до технічного завдання, при необхідності, наводять:

- Перелік науково-дослідних та інших робіт, які обґрунтовують розробку;
- схеми алгоритмів, таблиці, описи, обґрунтування, розрахунки та інші документи, які можуть бути використані при розробці;
- інші джерела розробки.

Порядок виконання роботи

1 Вивчити теоретичні відомості.

2 Запропонувати і обґрунтувати обраний варіант реалізації ПМК.

3 За індивідуальним завданням розробити технічне завдання на створення програмно-методичного комплексу для проектування виробів, виданих Вам в якості індивідуального завдання на курсовий проект. У тексті повинен бути зроблений упор на індивідуальні відмінності Вашого варіанту.

4 Отримати результати роботи.

5 Оформити звіт.

6 Підготуватися до захисту лабораторної роботи.

Розділ "техніко-економічні показники" технічного завдання може бути пропущений і виключений з нумерації.

Оцінюється повнота і якість обґрунтування технічного завдання, оригінальність проекту.

Зміст звіту

1. Титульний лист - Прізвище, ім'я, по батькові та групу студента, номер і назва роботи.

2. Назва роботи мета роботи.

3. Індивідуальне завдання на розробку ПМК.

4. Розроблений технічне завдання на створення ПМК для проектування виробу.

5. Висновки по роботі.

Питання для контролю та самостійної роботи

1. Що таке технічне завдання з технічної і юридичної точки зору?

2. Хто підписує технічне завдання при укладанні контракту на розробку ПО і до чого це зобов'язує підписали?

3. Перелічіть і охарактеризуйте основні пункти технічного завдання.

4. Поясніть доцільність їх включення в ТЗ.

5. Обґрунтуйте кожен пункт вашого ТЗ.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №6

Побудова і програмна реалізація І-АБО дерева рішень

Мета: Навчитися розробляти сценарій розвитку об'єкта, виділяти варіанти його конструктивного виконання, на основі яких будувати і програмно реалізувати І-АБО дерево технічних рішень.

Теоретичні відомості

І-АБО дерево являє собою односпрямований граф з однією кореневою вершиною. Кожна вершина, крім кореневої, підпорядкована будь-якої однієї і тільки однієї вершині, розташованій на більш високому рівні. Вершини бувають трьох типів: І, АБО і висячі. Вершини типу І, АБО мають дві або більше підлеглих вершин. Висячі вершини підлеглих не мають.

Рівні, на яких розташовані вершини І і АБО повинні чергуватися. Кожна вершина є технічним рішенням для одного з елементів об'єкта. Підлеглі вершини є складовими частинами вищестоящої, якщо це вершина типу І, або її можливими варіантами, якщо це вершина типу АБО.

Потужність безлічі рішень являє собою кількість варіантів конструкції вузла, що надаються деревом. Потужність висячої вершини дорівнює 1, потужність вершини типу І дорівнює добутку потужностей підлеглих вершин, а вершини типу АБО сумі. Відповідно, потужність дерева дорівнює потужності кореневої вершини.

Порядок виконання роботи

- 1 Вивчити теоретичні відомості.
- 2 Вибрати предметну область - який механізм або вузол Ви будете проектувати (за завданням викладача).
- 3 Вибрати кілька конструкцій заданого механізму або вузла (об'єкта).
- 4 Вибрати й описати рівні абстракції для декомпозиції об'єкта (не менше 3-х).
- 5 Виконати декомпозицію об'єкта, визначте кілька варіантів конструктивного виконання для елементів виробу на кожному рівні абстракції (для вузлів АБО).
- 6 Визначити зв'язку між елементами виробу на різних рівнях абстракції і намалювати І-АБО дерево рішень. Дерево має описувати проектоване вами виріб або його вузол.
- 7 Написати програму, що реалізовує модель І-АБО дерева.
- 8 Оцінити потужність безлічі варіантів дерева рішень.
- 9 Вивести дерево І-АБО на друк. Оформити звіт.
- 10 Підготуватися до захисту лабораторної роботи.

Вхідні дані: Інформація по кожній вершині дерева: назва, тип (І / АБО / висяча); для всіх вершин типів І, АБО список підлеглих вершин.

Вихідні дані: Роздруківка дерева в зручному для читання вигляді, потужність безлічі рішень.

Рекомендації: Використовуйте об'єктно - орієнтоване програмування. Різні типи вершин наслідуйте від одного класу, використовуйте віртуальні методи. Об'єкти розміщуйте в динамічній пам'яті. Підлеглі вершини організуйте в зв'язний список. Будь-яку необхідну операцію з І-АБО деревом можна здійснити зверненням до методу кореневої вершини, якщо такий метод звертається до відповідних методів наступною у списку вершини і першої вершини в підпорядкованому списку (якщо він є). Описана процедура годиться і для конструкторів, а інформацію про вершинах можна вводити інтерактивно по ходу конструювання дерева. Передбачте можливість введення інформації з файлу, тому що під час захисту програма повинна працювати в повному обсязі, а введення з клавіатури може зайняти багато часу.

Зміст звіту

- 1 Прізвище І. Б., група, тема, мета.
- 2 Аналіз варіантів конструкції заданого об'єкта. Малюнок дерева рішень.
- 3 Опис і обґрунтування дерева рішень.
- 4 Роздруківка тексту програми.
- 5 Роздруківка входу і виходу програми.
- 6 Висновки по роботі.

Питання для контролю та самостійної роботи

- 1 Що таке варіант технічного рішення? Як його отримати з І-АБО дерева технічних рішень?
- 2 Що таке потужність варіантів дерева рішень? Як її визначити? Опишіть алгоритм.
- 3 Якими способами можна реалізувати дерево рішень програмно? Опишіть обраний вами спосіб. Як здійснюється обхід дерева в вашій реалізації?
- 4 Опишіть роботу вашої програми: вхідні, вихідні дані, ключові фрагменти алгоритму.
- 5 Що таке І-АБО дерево технічних рішень?
- 6 Для чого використовується дерево технічних рішень?
- 7 Які бувають типи вершин І-АБО дерева? Поясніть сенс кожного типу вершин.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №7

Вибір варіанту технічного рішення і його оцінка, пошук оптимального варіанту по дереву рішень.

Мета: Навчитися вибирати критерії оцінки конструкції технічного об'єкта і реалізовувати (програмувати) алгоритм пошуку оптимального варіанта на дереві рішень.

Теоретичні відомості

Створення нових конструкцій відноситься до завдань структурного синтезу. При розгляді таких завдань в САПР необхідно вирішувати питання представлення інформації про структуру системи, а також питання, пов'язані з пошуком засобів поліпшення технічних рішень для елементів системи. Найбільш наочним і ефективним способом є графі і дерева, наприклад, І-АБО-дерева. Зазвичай І-дерева застосовуються для опису структури конкретних систем. Ці дерева являють собою сукупність вершин, згрупованих на різних ієрархічних рівнях. Кожен ієрархічний рівень являє собою проєктовану систему з різним ступенем деталізації. Нульовий ієрархічний рівень (система) є найбільш абстрактним, а останній - найбільш деталізованим. Відображення структури цілого класу подібних систем здійснюється з використанням І-АБО-дерев, які висловлюють накопичений досвід в розробці систем певного типу. Побудова загального І-АБО-дерева технічних рішень зазвичай виробляють шляхом об'єднання І-дерев декількох конкретних систем.

Технічне рішення включає в себе інформацію про функціональні елементи системи: вони являють собою безліч деталей, вузлів, призначених для виконання певної функції, а також про особливості їх конструктивного виконання, геометричної форми, основні ознаки і параметри. Прийнято розділяти функціональні елементи і їх конструктивні рішення на різних ієрархічних рівнях. Тому в вузлах І розміщують функціональні елементи розглянутого класу систем, а з вузлами АБО пов'язують альтернативні варіанти конструктивних рішень виділених функціональних елементів. Доцільно обмежити вихідна безліч систем тільки найбільш перспективними рішеннями, що володіють високими техніко-економічними показниками. Надалі розширення безлічі варіантів здійснюється не тільки за технічними рішеннями, але і по окремим її функціональних елементів. Розширення безлічі технічних рішень дозволяє відшукувати на ньому не тільки перспективні існуючі системи, а й нові аналогічно методу морфологічного аналізу. Застосування такого підходу формує словник предметної області, в якій існує розглянута система, і дозволяє при створенні САПР приступити до розробки класів для виділених понять (абстракцій). Ухвалення проєктних рішень вимагає врахування такого великого числа взаємодіючих факторів, що проблема може стати нездійсненним. При цьому економічні, технічні та інші чинники переплітаються настільки сильно, впливають один на одного, що їх облік доцільно проводити тільки в комплексі, системно. Розумний компроміс полягає

в декомпозиції системи і самого процесу проектування, використання технічних і економічних критеріїв для оцінки ефективності досліджуваних варіантів системи.

Після проведення декомпозиції по всіх функціональних елементах можна перетворювати отримане І-АБО-дерево в різні І-дерева, що відповідають різним конструктивним рішенням системи з подальшою оцінкою їх з точки зору поставлених вимог. Для вибору варіанту необхідна модель, яка забезпечує оцінку якості конструкторського рішення. Обчислювальна підтримка прийняття проектних рішень пов'язана з необхідністю визначення статичних, динамічних, вартісних характеристик проєктованих об'єктів і систем, вирішення завдань оптимізації. Особливе місце при цьому займають імітаційні моделі, що дозволяють досліджувати основні особливості реальної поведінки різних варіантів проєктованої системи в характерній для неї середовищі. При цьому для різних варіантів конструкції можна проаналізувати експлуатаційні характеристики як окремих елементів, так і всієї системи в цілому. У ряді випадків це призводить до того, що фізичне моделювання системи стає непотрібним. Функції системи нерозривно пов'язані з цілями проєктування, які також можуть бути представлені у вигляді ієрархічної структури, легко представимо у вигляді графа. Використовуючи граф цілей можна на основі експертних оцінок виділяти пріоритетні цілі, а, значить, і більш важливі функції. При такому підході цілі розглядаються в основному як технічні функції. Типові процедури вибору найбільш важливих цілей виконуються в наступній послідовності: складання сценарію розвитку системи; виділення цілей, побудова графа з розрахунком відносних і абсолютних ваг, які визначаються (див. практичну роботу № 3)

$$R_{ij} = r_{ij} + \sum_{k=1}^n C_{ij,mk} ,$$

де R_{ij} – абсолютна вага мети; i - номер рівня абстракції; j - номер цілі на i -му рівні; r_{ij} експертна оцінка ваги j -й цілі на i -му рівні без урахування зв'язків, виражена в частках одиниці; $C_{ij,mk}$ - коефіцієнт зв'язку з призахідним зв'язків (i, m - номери пов'язаних рівнів вершин; j, k - номери пов'язаних вершин відповідно на рівнях i і m).

Експертні оцінки можливих варіантів технічних рішень застосовують, наприклад, у вигляді матриць, в яких вказуються переваги і недоліки виділених технічних рішень. В якості критеріїв можна використовувати також показники якості, рекомендовані ГОСТ 14.202-73. Кожному критерію призначається вага α_j , який оцінює важливість цього критерію при проєктуванні вашого вузла (див. практичну роботу № 3). Оцінкою рішення в кожному вузлі є сума добутків ваги кожного критерію на оцінку рішення за цим критерієм. Оцінка варіанту об'єкта в цілому є сума оцінок прийнятих рішень в кожному вузлі, що входять в даний варіант.

Таким чином, модель технічної оцінки варіанта конструктивного рішення розглядається у вигляді суми оцінок по кожній цілі для кожного елемента системи

$$Q = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \alpha_j k_{ij} \rightarrow \max ,$$

де Q – оцінка реалізації цілей заданим варіантом об'єкта (системи);

α_j - коефіцієнт значущості j -й мети (прийємо оцінку значущості у вигляді R_{ij} без урахування рівня декомпозиції i);

k_{ij} - оцінка i -го варіанта елемента системи з точки зору задоволення j -й мети (j -му критерію).

У практичній роботі № 3 ви визначили кілька критеріїв K_j (кількісні оцінки цілей), за якими слід оцінювати проєктований вами об'єкт (вузол). Для оцінки якості технічних рішень для об'єкта будують матрицю оцінок k_{ij} . У матриці оцінок рядки (i) відповідають I вершин Вашого дерева, а стовпці (j) критеріям оцінок. Елементами матриці є оцінки даної вершини (i) за даним критерієм (j). Оцінки переваг і недоліків кожної вершини не повинні включати в себе оцінку підлеглих вершин. Якщо вершина не має самостійного значення, то в матриці проставляються нулі.

Найкращим варіантом конструкції об'єкта є I - дерево, отримане з I -АБО дерева технічних рішень шляхом відсікання в кожній АБО - вершині всіх варіантів крім одного, який володіє максимальною оцінкою.

Порядок виконання роботи

1 Вивчити теоретичні відомості.

2 За індивідуальним завданням лабораторної роботи №3. Оцініть кожен альтернативний варіант вирішення (вузол I), пов'язаний з однією вершиною АБО сконструйованого Вами дерева по кожному з критеріїв якості.

3 Заповнити матрицю оцінок.

4 Розробити програму оцінки варіантів рішень на дереві I -АБО.

5 Здійснити оцінку варіанту об'єкта, обраного в інтерактивному режимі.

6 Знайти і вивести на друк оптимальний варіант.

7 Оформити звіт.

8 Підготуватися до захисту лабораторної роботи.

Рекомендації: Модифікуйте програму, написану під час виконання попередньої лабораторної роботи: Програма повинна вводити кількість критеріїв, оцінки кожної вершини I за кожним критерієм. Повинна бути передбачена можливість інтерактивного вибору варіанта, розрахунок і виведення його оцінки. Програма повинна шукати варіант з найбільшою оцінкою (оптимальний варіант), виводити результати розрахунків у вигляді дерева і вказувати його оцінку.

Зміст звіту:

1 Прізвище І. Б., група, тема, мета.

2 Таблиця оцінок.

3 Роздруківка тексту програми.

4 Роздруківка входу і виходу програми.

5 Висновки по роботі.

Питання для контролю та самостійної роботи

1 Яким чином вибираються критерії оцінки варіантів технічного рішення в кожному вузлі і об'єкта в цілому?

2 Що таке вага критерію і що таке оцінка вершини по якомусь критерію? Поясніть різницю. З яких міркувань призначається те й інше?

3 Як здійснюється оцінка варіанти вирішення виходячи з оцінок вершин І, включених в варіант? Опишіть алгоритм розрахунків. Як впливають на оцінку варіанту обрані ваги критеріїв?

4 Опишіть алгоритм вибору оптимального варіанта технічного рішення.