

ПОЛТАВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ

Навчально-науковий інститут денної освіти

Форма навчання денна

Кафедра комп'ютерних наук та інформаційних технологій

Допускається до захисту

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_Олена ОЛЬХОВСЬКА

(підпис)

«\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_2023р.

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему

**«Програмна реалізація навчального інструменту з теми «Метод аналізу ієрархій без використання несуттєвих факторів» дистанційного навчального курсу «Системний аналіз та теорія прийняття рішень»**

**зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки  
освітня програма «Комп'ютерні науки»  
ступеня магістра**

**Виконавець роботи Токар Володимир Володимирович**

\_\_\_\_\_«\_\_»\_\_\_\_\_2023р.

(підпис)

**Науковий керівник к. ф.-м. н., доцент, Черненко Оксана Олексіївна**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_«\_\_»\_\_\_\_\_2023р.

(підпис)

**ПОЛТАВА 2023**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Олена ОЛЬХОВСЬКА

«\_\_\_» січня 2023р.

## **ЗАВДАННЯ ТА КАЛЕНДАРНИЙ ГРАФІК ВИКОНАННЯ**

### **КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

**на тему** «Програмна реалізація навчального інструменту з теми «Метод аналізу ієрархій без використання несуттєвих факторів» дистанційного навчального курсу «Системний аналіз та теорія прийняття рішень»

зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки

освітня програма «Комп'ютерні науки»

ступеня магістра

Прізвище, ім'я, по батькові Токар Володимир Володимирович

Затверджена наказом ректора №8-Н від «16 січня» 2023 р.

Термін подання студентом роботи «\_\_» 2023 р.

Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: публікації з теми, навчальні тренажери в дистанційних курсах з комп'ютерних наук.

Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

**ВСТУП**

**РОЗДІЛ 1. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОГЛЯД**

1.1. Аналіз програм тренажерів

**РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА**

2.1. Огляд теоретичного матеріалу з теми

2.2 Галузь застосування методу аналізу ієрархій

2.3 Ієрархія в методі аналізу ієрархії

2.4 Математична модель ієрархії (теорія)

**РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА**

3.1. Постановка задачі та її рішення

3.2 Декомпозиція проблеми та побудова ієрархічної моделі

3.3 Експертне оцінювання переваг

3.4 Побудова локальних пріоритетів елементів 3-го рівня

3.5 Алгоритм роботи тренажера

3.6 Опис програми і алгоритм

Висновки

Список Інформаційних Джерел

ДОДАТОК А. Програма

### Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	ПІБ, посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Постановка завдання	Черненко О. О.		
Інформаційний огляд	Черненко О. О.		
Теоретична частина	Черненко О. О.		
Практична частина	Черненко О. О.		

### Календарний графік виконання кваліфікаційної роботи

Зміст роботи	Термін виконання	Фактичне виконання
1. Вступ		
2. Вивчення методичних рекомендацій і стандартів та звіт керівнику		
3. Постанова завдання		
4. Інформаційний огляд джерел бібліотек та Інтернету		
5. Теоретична частина		
6. Практична частина		
7. Закінчення оформлення		
8. Доповідь студента на кафедрі		
9. Доопрацювання (за необхідності), рецензування		

Дата видачі завдання «\_\_»\_\_\_\_\_2023р. Здобувач вищої освіти Токар Володимир

Науковий керівник \_\_\_\_\_ к. ф.-м. н., \_\_\_\_\_

### Результати захисту кваліфікаційної роботи

Кваліфікаційна робота оцінена на \_\_\_\_\_

(балів, оцінка за національною шкалою, оцінка за ЄКТС)

Протокол засідання ЕК №\_від «\_\_»\_\_\_\_\_2024 р.

Секретар ЕК \_\_\_\_\_

(підпис)

(ініціал та прізвище)

**Затверджую**

Зав. кафедри

к. ф.-м. н. Олена ОЛЬХОВСЬКА

«\_\_»\_\_\_\_\_2023 р.

**Погоджено**

Науковий керівник

к. ф.-м. н. Оксана ЧЕРНЕНКО

«\_\_»\_\_\_\_\_2023 р.

### **План**

кваліфікаційної роботи ступеня магістра зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки освітня програма 122 «Комп'ютерні науки» Токар Володимир Володимирович на тему «Програмна реалізація навчального інструменту з теми «Метод аналізу ієрархій без використання несуттєвих факторів» дистанційного навчального курсу «Системний аналіз та теорія прийняття рішень»

**ВСТУП**

**РОЗДІЛ 1. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОГЛЯД**

1.1. Аналіз програм тренажерів

**РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА**

2.1. Огляд теоретичного матеріалу з теми

2.2 Галузь застосування методу аналізу ієрархій

2.3 Ієрархія в методі аналізу ієрархії

2.4 Математична модель ієрархії (теорія)

**РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА**

3.1. Постановка задачі та її рішення

3.2 Декомпозиція проблеми та побудова ієрархічної моделі

3.3 Експетне оцінювання переваг

3.4 Побудова локальних пріоритетів елементів 3-го рівня

3.5 Алгоритм роботи тренажера

3.6 Опис програми і алгоритм

**Висновок**

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ Токар Володимир

«\_\_»\_\_\_\_\_2023р.

## АНОТАЦІЯ

Записка: 50 с., 7 рис., 4 таблиць, 1 додаток, 9 джерел.

Мета роботи – проектування та програмна реалізація тренажера з теми «Метод аналізу ієрархій без використання несуттєвих факторів» дистанційного навчального курсу «Системний аналіз та теорія прийняття рішень»

Об'єкт розробки – об'єктом є дистанційне навчання студентів спеціальності «Комп'ютерні науки». Предметом є розробка програмного продукту, що реалізує тренажер для методу аналізу ієрархій без використання несуттєвих факторів.

Предмет розробки - предметом є розробка програмного продукту, що реалізує тренажер для методу аналізу ієрархій без використання несуттєвих факторів.

Методи дослідження та інформаційне забезпечення – У роботі застосовувалися методи теорії систем числення, середовище візуального проектування NetBeans IDE та об'єктно-орієнтована мова програмування Java. Для реалізації тренажера було використано функціональні можливості табличного процесора Microsoft Excel.

Результати дослідження. Під час проведення аналізу існуючих методів та підходів до методу аналізу ієрархій, докладно розглянуто різноманітні дослідження та розробки, що вже існують в цій області. Це дозволило виявити ключові переваги та недоліки існуючих підходів, які враховані при розробці тренажера, виявлено позитивні та негативні сторони. Розроблено алгоритм тренажера з теми «Метод аналізу ієрархій без використання несуттєвих факторів», побудовано його блоксхему і здійснено програмну реалізацію.

Ключові слова: навчальний тренажер, метод аналізу ієрархій, програмна реалізація.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ.....	1
ВСТУП.....	2
РОЗДІЛ 1. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОГЛЯД.....	4
1.1. Аналіз програм тренажерів.....	4
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	9
2.1. Огляд теоретичного матеріалу з теми.....	9
2.2 Галузь застосування методу аналізу ієрархій.....	9
2.3 Ієрархія в методі аналізу ієрархії.....	14
2.4 Математична модель ієрархії (теорія) .....	15
РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА.....	17
3.1. Постановка задачі та її рішення.....	17
3.2 Декомпозиція проблеми та побудова ієрархічної моделі.....	20
3.3 Експертне оцінювання переваг.....	21
3.4 Побудова локальних пріоритетів елементів 3-го рівня.....	24
3.5 Алгоритм робити тренажера.....	30
3.6 Опис програми і алгоритм.....	35
Висновки.....	37
Список Інформаційних Джерел.....	38
ДОДАТОК А. Програма.....	39

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ**

Умовні позначення, символи, скорочення, терміни	Пояснення умовних позначень, скорочень, символів
Тренажер	комп'ютерна програма, призначена для вивчення і закріплення різноманітних практичних навичок
Excel	табличний процесор, програма для роботи з електронними таблицями
Java	об'єктно-орієнтована мова програмування
NetBeans IDE	вільне інтегроване середовище розробки для програмування на мові Java
СА	Системний аналіз
MAI	Метод аналізу ієрархій

## Вступ

В світовій практиці виявляється, що створення моделей, які повністю відтворюють певні процеси, глибше проникає в сутність навчального матеріалу. Це сприяє не лише кращому засвоєнню інформації студентами, але і часто підвищує ефективність навчання, допомагаючи їм глибше розуміти механіку представленого матеріалу.

Із зростанням популярності дистанційного навчання постає проблема високих вимог до фахівців, які зростають щороку. Це вимагає постійного розроблення нових навчальних кейсів та методик. Однак незалежно від того, як саме вчиться людина, важливо постійно покращувати свої навички та навчатися протягом усього життя. У дистанційному навчанні активно впроваджуються інновації, такі як тренажери та відеоуроки, які покликані підвищити якість та швидкість засвоєння матеріалу.

Мета дослідження - програмна реалізація тренажера на тему «Програмна реалізація навчального інструменту з теми «Метод аналізу ієрархій без використання несуттєвих факторів» дистанційного навчального курсу «Системний аналіз та теорія прийняття рішень», а також закріплення знань з теорії програмування.

Об'єктом розробки є процес дистанційного навчання математичним дисциплінам, а предметом - програмний продукт, що реалізує тренажер на вказану тему, використовуючи мову програмування Java і табличного процесора Excel.

Основне завдання полягає в розробці алгоритму роботи тренажера, що ефективно демонструє аналіз ієрархій без використання незначних факторів, та подальшій реалізації самого тренажера.

Структура роботи включає в себе вступ, теоретичну та практичну частини, висновки та список використаних джерел. Напрацювання засноване на узагальненні світового досвіду та враховує актуальні тенденції у галузі дистанційного навчання та програмування.

У теоретичній частині дослідження здійснюється докладний аналіз основних визначень і понять, пов'язаних із методом аналізу ієрархій без використання незначних факторів, а також розглядається його практичне застосування.



Виділяється сутність методу, і розкриваються його ключові етапи та принципи.

У практичній частині роботи подається детальний опис алгоритму функціонування тренажера, який відтворює процес аналізу ієрархій без використання незначних факторів. Представлена блок-схема алгоритму візуально демонструє послідовність дій у процесі вирішення завдань.

Висновки роботи ґрунтуються на проведеному дослідженні та практичній реалізації тренажера. Проводиться аналіз отриманих результатів під час розробки та тестування тренажера, і формулюються висновки щодо ефективності та корисності його використання в процесі навчання. У цьому контексті висвітлюються можливі перспективи для подальшого вдосконалення методів навчання та впровадження сучасних технологій у сферу дистанційної освіти.

## РОЗДІЛ 1. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОГЛЯД

### 1.1. Аналіз програм тренажерів

Під час аналізу кількох тренажерів, включаючи тренажер на тему "Переставні многогранники" із дистанційного навчального курсу "Елементи комбінаторної оптимізації", було виявлено деякі ключові відомості, представлені на головній сторінці цього тренажеру. Серед цих даних виділяються назва тренажеру, розробник та керівник.

Внаслідок проведеного аналізу були отримані конкретні результати, що стосуються візуального відображення цих відомостей на головній сторінці тренажеру. Важливими аспектами є чіткість та лаконічність представлення інформації, забезпечення зручності користувача та надання відомостей в доступній формі.

Назва тренажеру повинна бути виражена ясно та точно, відображаючи його основну тематику. Інформація про розробника та керівника важлива для визначення авторитетності та професійності тренажеру.

Результати цього аналізу можуть вказати на можливість вдосконалення представлення інформації на головній сторінці тренажеру з метою полегшення орієнтації користувачів та покращення загального враження від використання тренажера.

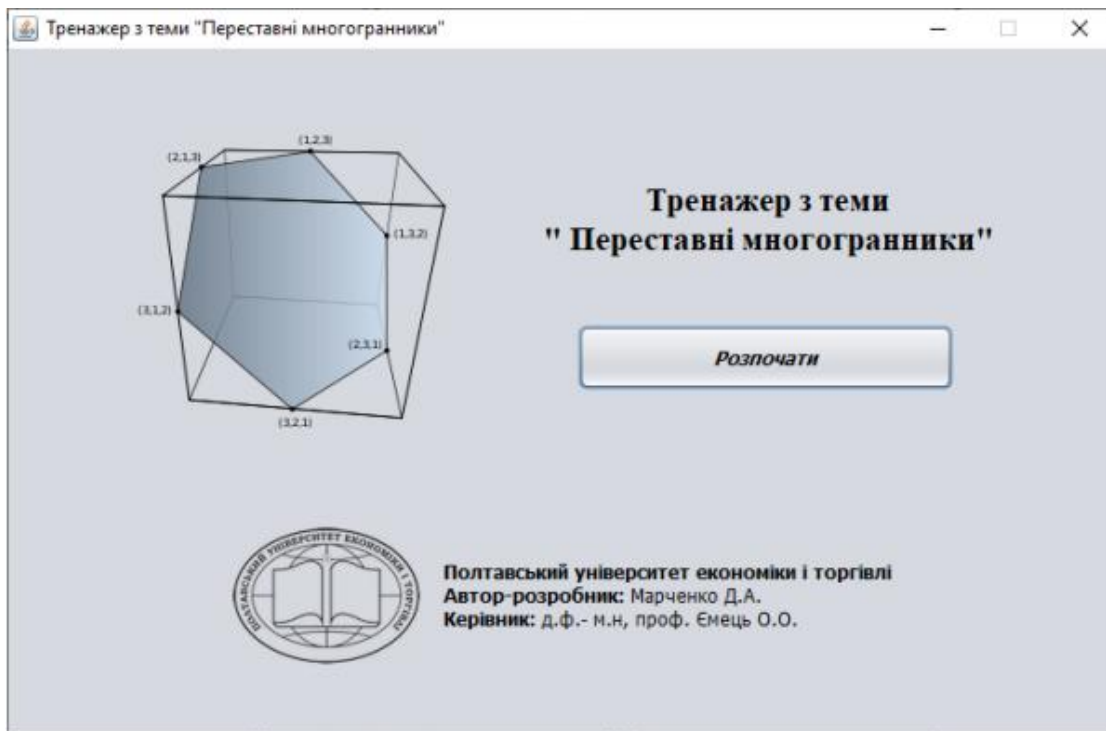


Рисунок 1 – Стартова сторінка тренажеру з теми « переставн многогранники»

Після натискання кнопки «Розпочати», відбувається активація тренажеру, і на екрані з'являється постановка задачі, супроводжувана можливістю вибору параметрів (див. рисунок 2). Цей етап позначає початок роботи тренажеру та визначає вхідні умови для користувача.

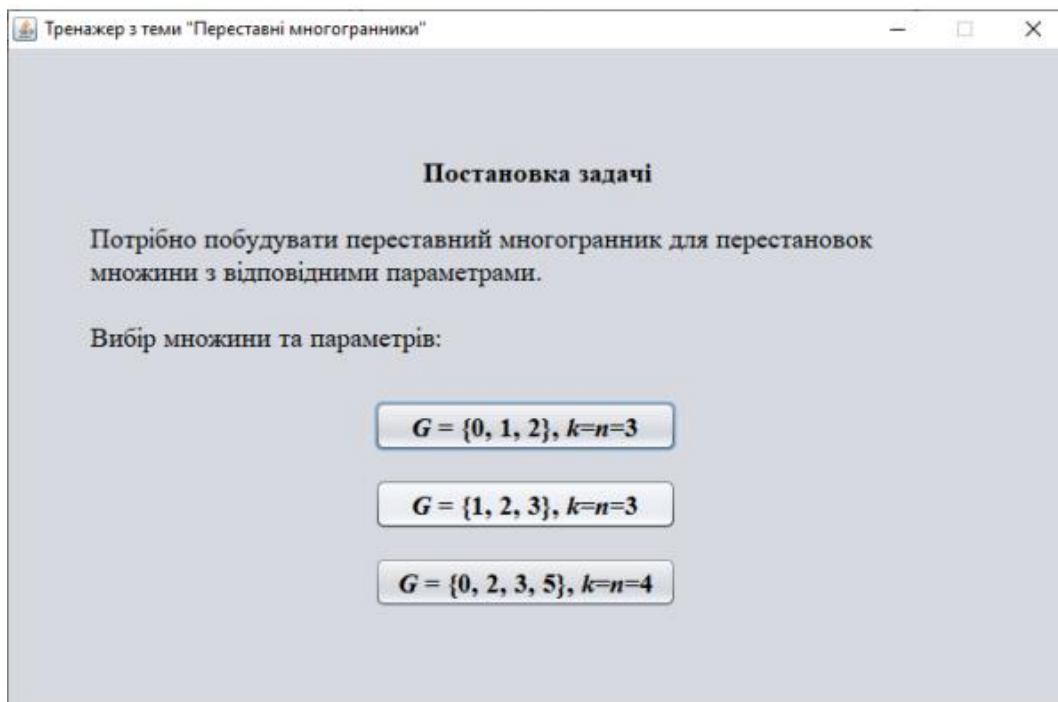


Рисунок 2 – Постановка задачі тренажеру

Після ознайомлення з постановкою задачі користувачеві пропонується вибрати один із наданих варіантів відповіді. На екрані відображаються доступні варіанти, а користувач обирає той, який йому вважає найбільш відповідним. Після вибору відповіді на екрані з'являється кнопка "Продовжити", яку користувач має натискати для переходу до наступного етапу тренажеру (див. рисунок 3).

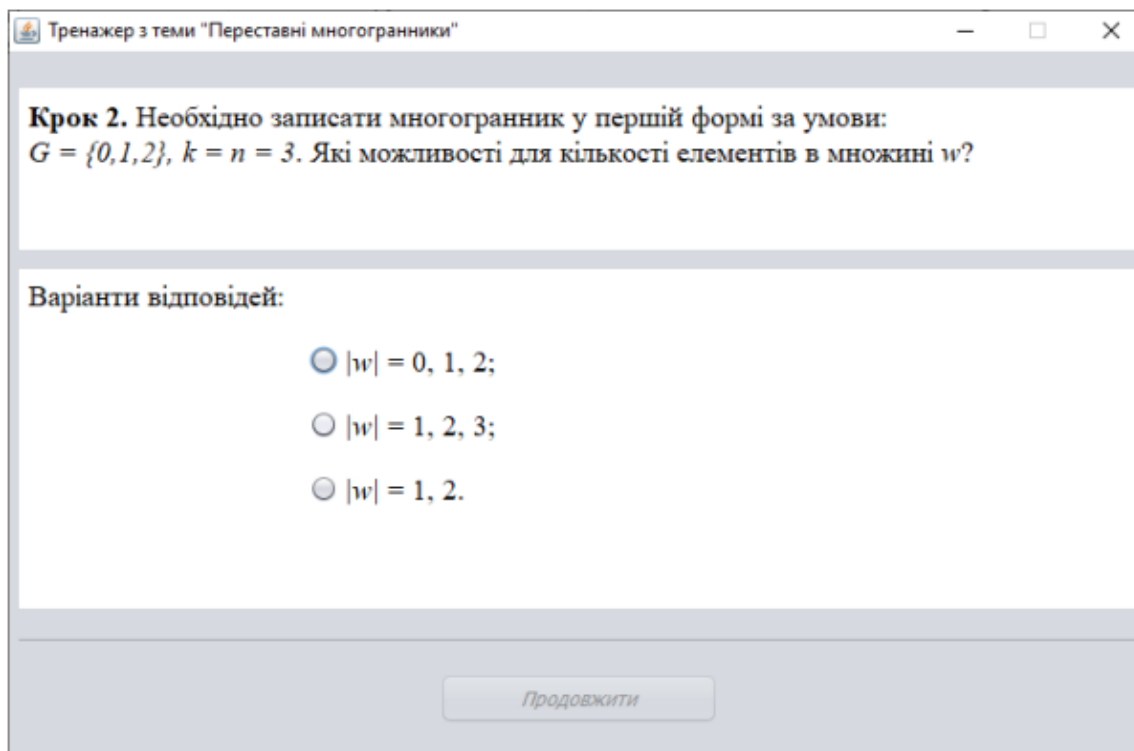


Рисунок 3 – Завдання тренажеру

Після завершення тренажеру на екрані відображається інформація щодо кількості правильних та неправильних відповідей, надана користувачем під час проходження. Разом із цим, виводиться пропозиція повторно пройти тренажер, надаючи можливість закріпити отримані знання та вдосконалити результати (див. рисунок 4)

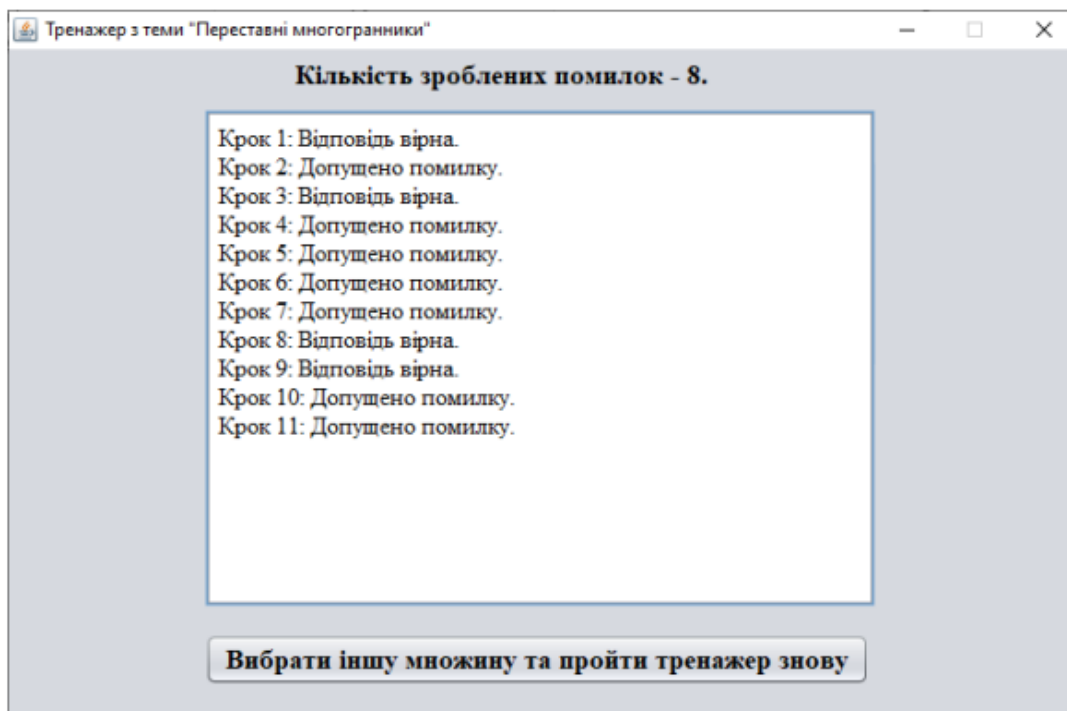


Рисунок 4 – Кінцевий крок тренажеру

Під час огляду тренажерів з математичних дисциплін, таких як "Сортування бульбашкою" з дистанційного навчального курсу "Аналіз алгоритмів", "Системи числення" з дистанційного навчального курсу "Інформаційні мережі" та "Графічні методи розв'язування задач лінійного програмування" з дистанційного навчального курсу "Методи оптимізації та дослідження операцій", було звернуто увагу на кілька важливих аспектів цих тренажерів та їх представлення на головних сторінках.

1. Якість постановки завдань: Оцінювалася чіткість та зрозумілість постановки завдань. Текст повинен бути доступним та лаконічним, спрощуючи розуміння задачі користувачем.

2. Інтерактивність та користувацький досвід: Аналізувалася інтерактивність інтерфейсу та загальний користувацький досвід. Зручність навігації та можливість взаємодії користувача з тренажером мали ключове значення.

3. Графічне оформлення: Була звернута увага на графічне оформлення головних сторінок тренажерів. Якість дизайну та використання візуальних елементів впливають на загальний враження користувача.

4. Можливість персоналізації та налаштувань: Вивчалася можливість користувача налаштовувати параметри тренажеру, такі як рівень складності чи інші

налаштування, що сприяють персоналізації навчання.

5. Підсумкова статистика: Зверталася увага на наявність підсумкової статистики, яка виводиться користувачеві після завершення тренажеру. Ця інформація допомагає користувачеві оцінити свій успіх та визначити області для покращення.

Цей огляд допомагає виявити сильні та слабкі сторони існуючих тренажерів та враховувати ці аспекти при подальшому вдосконаленні або розробці нових тренажерів для математичних дисциплін.

## **РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА**

### **2.1. Огляд теоретичного матеріалу з теми**

Метод аналізу ієрархій (МАІ) представляє собою структурований підхід, призначений для організації та аналізу складних рішень. Цей метод базується на математичних та психологічних принципах і був розроблений Томасом Л. Сааті в 1970-х роках. У 1983 році, спільно з Ернестом Форманом, він був додатково удосконалений, зокрема у контексті вирішення проблеми вибору експертів. З того часу МАІ став широко використовуваним і постійно вдосконалюваним інструментом.

Метод аналізу ієрархій надає точний підхід для кількісної оцінки вагомості критеріїв у прийнятті рішень. Для визначення відносної важливості факторів застосовується метод парних порівнянь, який базується на думках та досвіді експертів. Кожен учасник має порівняти важливість двох пунктів за певною шкалою, такою як, наприклад, п'ятибальна шкала Лікерта або анкета МАІ з діапазоном оцінок від 1 до 9.

Отже, МАІ становить цінний інструмент для систематизації та оцінки складних рішень, забезпечуючи об'єктивний підхід до визначення вагомості критеріїв на основі експертного досвіду.

### **2.2 Галузь застосування методу аналізу ієрархій**

Метод аналізу ієрархій (МАІ) широко застосовується у групових процесах прийняття рішень та використовується у різних сферах діяльності по всьому світі, таких як уряд, бізнес, промисловість, охорона здоров'я, суднобудування та освіта.

Замість спроби знайти єдине "правильне" рішення, МАІ сприяє процесу прийняття рішень, допомагаючи особам знаходити варіант, який оптимально відповідає їхнім цілям та розумінню проблеми. Метод надає структурований та раціональний підхід до розбиття складної проблеми прийняття рішень на менші підзадачі, проведення аналізу та кількісної оцінки їх елементів, встановлення взаємозв'язків та оцінювання альтернативних рішень.

Користувачі методу аналізу ієрархій (МАІ) розпочинають процес зі створення ієрархії, розбиваючи складну проблему прийняття рішень на менші підпроблеми, які можуть бути розглянуті окремо. Елементи ієрархії можуть охоплювати різні аспекти проблеми, будь то матеріальні чи нематеріальні, об'єктивно вимірювані або суб'єктивно оцінювані, але вони всі впливають на вибір рішення.

Після створення ієрархії особи, які приймають рішення, систематично оцінюють різні елементи, порівнюючи їх попарно з урахуванням впливу на вищі рівні ієрархії. Оцінки можуть базуватися на конкретних даних, але також враховують суб'єктивні судження щодо відносного значення та важливості цих елементів. Головна ідея МАІ полягає в тому, що оцінки можуть базуватися на експертних судженнях, а не лише на об'єктивних фактах.

МАІ перетворює ці оцінки на числові значення, які можна обробити та порівняти по всій ієрархії. Кожен елемент отримує числову вагу або пріоритет, що дозволяє порівнювати різні елементи між собою, навіть якщо вони несупоставимі. Це раціональний та послідовний підхід до прийняття рішень, який відрізняє МАІ від інших методів.

На завершальному етапі обчислюються числові пріоритети для кожної альтернативи рішення, відображаючи їхню відносну ефективність у досягненні мети. МАІ надає можливість розглядати різні альтернативи і робити обґрунтовані вибори.

Метод аналізу ієрархій є потужним інструментом для структурування та вирішення складних завдань прийняття рішень у різних сферах життя. Він систематизує підхід до проблем прийняття рішень, враховуючи багатofакторність та різноманітність критеріїв, що сприяє досягненню оптимальних результатів.

Метод аналізу ієрархій (МАІ) відзначається тим, що він не намагається знайти єдине "правильне" рішення. Замість цього, його метою є допомогти особам, що приймають рішення, знайти найкращий варіант, який відповідає їх цілям та розумінню проблеми. Це сприяє врахуванню різноманітних факторів, обміну думками та демократичному процесу прийняття рішень.

Метод аналізу ієрархій є особливо корисним при структуруванні проблем



прийняття рішень, аналізі та порівнянні їх елементів, а також оцінці альтернативних рішень. Він забезпечує раціональну та систематичну основу для прийняття рішень, що сприяє досягненню оптимальних результатів.

Таким чином, МАІ виявляється потужним інструментом, допомагаючи робити обґрунтовані рішення в умовах складних ситуацій. Його широке застосування та постійне вдосконалення протягом років свідчать про його значимість та ефективність у процесі прийняття рішень.

Навіть при роботі з простими рішеннями деякі люди можуть використовувати МАІ. Але справжня цінність цієї технології проявляється, коли групи людей стикаються з вирішенням складних проблем. Особливо це актуально в ситуаціях, де високі ставки, і людський фактор з його сприйняттям та судженням впливає на прийняття рішень з довгостроковими наслідками. МАІ виявляє свої унікальні переваги, коли важко кількісно оцінити або порівняти ключові аспекти рішення, або коли взаємодії між членами команди ускладнюються їхніми різними спеціалізаціями, термінологією та перспективами.

МАІ може бути застосований у різних ситуаціях прийняття рішень, зокрема:

1. Вибір - обрання однієї альтернативи зі заданого набору, зазвичай, коли існує кілька критеріїв прийняття рішень.
2. Ранжування - впорядкування набору альтернатив від найбажанішої до найменш бажаної.
3. Встановлення пріоритетів - визначення відносин між альтернативами, а не просте обрання однієї альтернативи або ранжування їх.
4. Розподіл ресурсів - розподіл ресурсів між набором альтернатив.
5. Бенчмаркінг - порівняння процесів власної організації з процесами інших організацій, що мають найкращі практики.
6. Управління якістю - розгляд багатовимірних аспектів якості та покращення якості.
7. Вирішення конфліктів - розв'язання протиріч між сторонами з різними цілями або позиціями.
8. Використання штучного інтелекту в складних ситуаціях прийняття

рішень має безліч прикладів і демонструє значні досягнення в різних областях.

Використання цього інструменту не обмежується лише плануванням і розподілом ресурсів. Він стає невід'ємною складовою для прогнозування, управління якістю, розробки бізнес-процесів та впровадження функції якості. На відміну від широкого застосування в інших сферах, багато програм штучного інтелекту залишаються під завісою конфіденційності, використовуючись на стратегічних рівнях великих організацій, де високий ступінь безпеки та конфіденційності вкрай важливий.

Існують приклади вдалого використання штучного інтелекту в літературі, які вказують на його потенціал у вирішенні завдань різного характеру. Це не лише інструмент для оптимізації внутрішніх процесів, але й ключовий фактор у вирішенні стратегічних завдань та досягненні конкурентних переваг на ринку. Залишаючись на передових позиціях, використовуючи передові технології, організації можуть не лише ефективно управляти ресурсами, але й перетворювати виклики в можливості. Нещодавно запропоновані приклади застосування штучного інтелекту свідчать про його вражаючий вплив у різних областях:

1. Вибір оптимального типу ядерного реактора (Міланський політехнічний університет): Інтелектуальні алгоритми допомагають не лише у визначенні, але й у виборі оптимального типу ядерного реактора, раціоналізуючи та вдосконалюючи процеси в енергетичній галузі.

2. Розробка стратегій для зменшення впливу глобальних змін клімату (Fondazione Eni Enrico Mattei): Штучний інтелект використовується для аналізу великого обсягу даних та розробки стратегій, спрямованих на зменшення впливу глобальних змін клімату, що є критично важливим завданням у сучасному світі.

3. Кількісна оцінка загальної якості програмних систем (Microsoft Corporation): Інтелектуальні алгоритми допомагають не лише в оцінці якості програмних систем, але й вдосконалюють їхню ефективність та надійність.

4. Прийняття рішення щодо вибору університетського факультету (Bloomsburg University of Pennsylvania): Інтелектуальний аналіз може бути корисним інструментом для абітурієнтів при виборі оптимального університетського

факультету відповідно до їхніх навичок та інтересів.

5. Аналіз місцезнаходження офшорних виробництв (Кембриджський університет): Застосування штучного інтелекту в аналізі місцезнаходження офшорних виробництв сприяє раціональному прийняттю рішень у галузі глобального виробництва.

6. Оцінка ризику при експлуатації міжнародних нафтопроводів (Американське товариство цивільних інженерів): Інтелектуальні системи допомагають інженерам у розумінні та керуванні ризиками при експлуатації міжнародних нафтопроводів.

7. Розробка стратегій керування вододілами в США (Міністерство сільського господарства США): Штучний інтелект використовується для оптимізації стратегій керування вододілами, що важливо для ефективного використання водних ресурсів.

8. Визначення та оцінка найбільш ефективних підходів до впровадження SAP (SAP Experts): Інтелектуальні рішення в галузі впровадження SAP допомагають компаніям визначати найбільш ефективні та індивідуалізовані підходи.

9. Використання методу прискореного будівництва мостів: Штучний інтелект впроваджується для визначення життєздатності методу прискореного будівництва мостів порівняно з традиційними методами та розробки оптимальних стратегій будівництва та укладання договорів для конкретних випадків.

Методику штучного інтелекту іноді вдаються до створення вельми специфічних процедур для унікальних ситуацій, як от ранжування будівель за їхнім історичним значенням. Недавно цей підхід застосували у проекті, де використовують відеокадри для оцінки стану автошляхів у Вірджинії. Починаючи з визначення оптимального обсягу проекту, інженери-шляховики вдало використовували методику штучного інтелекту для обґрунтування бюджету перед законодавцями.

Цей підхід не лише дозволяє точно визначити обсяг проекту, а й сприяє ефективній розподілу ресурсів, що стає ключовим елементом в управлінні автошляхами. Використання штучного інтелекту у таких сценаріях не тільки

раціоналізує процес планування, але й забезпечує об'єктивність у визначенні пріоритетів та ефективності витрат. Це також дозволяє інженерам максимально використовувати ресурси та оптимізувати результати, забезпечуючи ефективний вплив на інфраструктуру автошляхів у Вірджинії.

### **2.3 Ієрархія в методі аналізу ієрархії**

Ієрархія МАІ виступає структурованим інструментом для моделювання рішень у відповідності до поставленої мети. Вона включає загальну мету, групу варіантів чи альтернатив для досягнення цієї мети, а також групу факторів чи критеріїв, що пов'язують альтернативи з метою. Критерії можуть бути розділені на підкритерії, під-підкритерії та інші рівні в залежності від вимог проблеми. Характер критерію може бути різноманітним, проте його можна градувати відповідно до впливу, наприклад, насолодження від трошки солодкого може приносити задоволення, але велика кількість може бути шкідливою. У такому випадку критерій розглядається з подальшим розподілом на підкритерії, які вказують на різну інтенсивність критерію, таку як низька, середня, висока, і ці рівні мають пріоритет порівняно з батьківським критерієм, наприклад, солодкість.

Опис програм штучного інтелекту часто містить схеми та описи їх ієрархій. Структура будь-якої ієрархії МАІ залежить від характеру проблеми, а також від знань, суджень, цінностей, думок та потреб учасників у процесі прийняття рішень. Розробка ієрархії зазвичай потребує значних обговорень, досліджень та відкриттів від учасників. Навіть після початкового створення її можна змінювати, враховуючи нові критерії чи ті, які раніше не вважались важливими. Також можна додавати, видаляти чи змінювати альтернативи.

Щоб краще розуміти ієрархію МАІ, слід розглянути приклад прийняття рішень з установленою метою, трема альтернативними шляхами досягнення цієї мети та чотирма критеріями, за якими альтернативи повинні бути оцінені.

Схема ієрархії МАІ може бути представлена у вигляді візуальної діаграми, яка подібна до тієї, що знаходиться нижче, з метою у верхній частині, трема альтернативами у нижній частині та чотирма критеріями, які з'єднують їх. Для опису

різних елементів такої діаграми існують корисні терміни: кожне поле називається вузлом. Вузол, який має зв'язки з одним або кількома вузлами на нижньому рівні, називається батьківським вузлом. Вузли, з якими він пов'язаний, вважаються його дочірніми.

## 2.4 Математична модель ієрархії (теорія)

Ієрархія може розглядатися як система, що складається з об'єктів або елементів, що групуються в незалежні підмножини або групи. Об'єкти в конкретній групі взаємодіють з об'єктами в наступній групі, впливаючи водночас на елементи попередньої групи. Ці групи розташовуються в певному порядку, можуть перебувати над або під іншими групами і отримали назву рівнями або кластерами. Здебільшого припускається, що елементи на одному рівні є незалежними один від одного.

Існують різні типи ієрархій, два з них представлені на рисунку 5:

Домінантні ієрархії (а, б): Ці ієрархії можуть бути повними, коли кожен елемент нижнього ( $i+1$ ) рівня пов'язаний з кожним елементом  $i$ -го рівня (рисунок 3.1, а), або неповними, коли ця умова не виконується, тобто деякі елементи ( $i+1$ ) рівня пов'язані не з усіма елементами  $i$ -го рівня.

Холархії (в): Цей вид ієрархій відображає більш складні структури, де елементи можуть мати взаємодію не лише з елементами свого попереднього або наступного рівня, але й з елементами інших груп на різних рівнях.

Цей підхід дозволяє враховувати різноманітні конфігурації ієрархій в залежності від природи системи і взаємозв'язків між елементами.

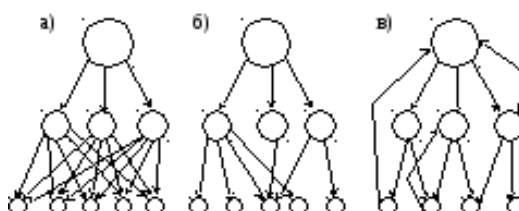


Рисунок. 5 – Види ієрархій:

а) домінантна повна; б) домінантна неповна; в) холархія.

Холархії, відомі також як домінантні ієрархії зі зворотнім зв'язком (рис. 5, в), є

ще одним аспектом організації системи. Вони можуть бути повними, коли кожен елемент нижнього ( $i+1$ ) рівня пов'язаний з кожним елементом  $i$ -го рівня, або неповними, якщо ця умова не виконується. Холархії представляють складні взаємозв'язки, де вплив елементів може бути багатогранним та відбуватися в обидві сторони.

Також існує ще один вид ієрархій, який іноді називають "китайською шкатулкою". Ця структура відображає взаємозв'язки між класами об'єктів, де один клас є підмножиною більш могутньої множини, яка, в свою чергу, є підмножиною наступних, ще більш могутніх множин і так далі. Ця ієрархія може відобразити складність навколишнього світу з усіма його різноманітними та взаємопов'язаними об'єктами.

## **РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА**

### **3.1. Постановка задачі та її рішення**

Під час засідання Ради директорів Міжнародного українського банку було ухвалено важливе рішення щодо відкриття філії в місті Хмельницький. Однак перед банком виникла складна задача – знаходження відповідного приміщення для нової філії. З метою вирішення цього завдання було встановлено критерії, що враховували різні аспекти та якості потенційних приміщень.

**Розташування:** Визначено, що приміщення повинно бути розташоване в зручному та легкодоступному місці, щоб забезпечити зручність для клієнтів та персоналу.

**Інженерія:** Встановлені вимоги до інженерної інфраструктури, зокрема, належний стан проводки, автоматичний лічильник, наявність комунікацій, можливість встановлення інтернет-мережі та комп'ютерної техніки, а також необхідність кондиціонерів та відеоспостереження.

**Паркування:** Ключовим критерієм є присутність достатньої кількості паркомісць для як клієнтів, так і співробітників банку.

**Розмір приміщення:** Розглядається потреба у достатньому просторі для ефективного розміщення всіх необхідних функцій банківської філії.

**Ціна:** Максимально доступна ціна приміщення, щоб відповідати фінансовим обмеженням бюджету банку.

**Реклама:** Розглядається можливість розміщення рекламних матеріалів та вивісок для привертання уваги потенційних клієнтів.

**Безпека:** Приділяється максимальна увага забезпеченню безпеки транспортування та зберігання коштів.

**Інфраструктура:** Вимагається наявність розвинутої інфраструктури в навколишньому середовищі приміщення для забезпечення комфортних умов роботи.

Ці критерії визначають комплексні вимоги до ідеального приміщення для філії, забезпечуючи оптимальні умови для її успішного функціонування.

У процесі засідання Ради директорів головна мета була ясна: обрати ідеальне

приміщення для нової філії банку, яке найкращим чином відповідає всім встановленим критеріям. Три варіанти приміщень (варіант А, варіант Б, варіант В) були уважно розглянуті, і кожен з них оцінювався за встановленими параметрами.

#### Варіант А:

Розташування: Цей варіант відрізняється вдалим розташуванням, в якому значно переважає над іншими варіантами.

Інженерна частина: Має більше ніж сильне переважання над варіантами Б і В.

Паркування: Має практично однакові характеристики з варіантом Б.

Розмір приміщення: Суттєво більший, ніж у варіанта В і слабо переважає варіант Б.

Ціна: Має найнижчу ціну серед усіх варіантів.

Реклама: Має перевагу в рівні можливості розміщення реклами порівняно з варіантом Б та В.

Безпека: Слабко переважається варіантом Б і значно сильніше впливає на варіант В.

Інфраструктура: Слабко переважається варіантом Б і значно сильніше впливає на варіант В.

#### Варіант Б:

Розташування: Має трошки гірше розташування, порівняно з варіантом А, і слабо переважає варіант В.

Інженерна частина: Має негативний стан інженерної частини порівняно з варіантами А і В.

Паркування: Є обмежена кількість місць для паркування.

Розмір приміщення: Майже однаковий з варіантом А.

Ціна: Значна перевага у ціні порівняно з варіантом А.

Реклама: Має перевагу в рівні можливості розміщення реклами порівняно з варіантом А та В.

Безпека: Слабо переважається варіантом В.

Інфраструктура: Більш ніж слабо переважається варіантом В.



### Варіант В:

Розташування: Слабо переважається варіантом Б, але має менш вигідне розташування, порівняно з варіантом А.

Інженерна частина: Має найгірший стан інженерної частини.

Паркування: Практично однакові характеристики з варіантом Б.

Розмір приміщення: Слабо переважається варіантом Б.

Ціна: Менше вигідна ціна, порівняно з варіантами А та Б.

Реклама: Має меншу можливість розміщення реклами, порівняно з варіантами А та Б.

Безпека: Сильно переважається варіантом Б, але слабо переважається варіантом А.

Інфраструктура: Найменше вигідна в інфраструктурному плані.

Після детального аналізу кожного з варіантів, Рада директорів прийняла рішення вибрати варіант А, оскільки він найбільш повно задовольняє всі встановлені критерії та має найвигідніші параметри, такі як вдалим розташуванням, простором, економією коштів, та високим рівнем безпеки. Це рішення враховує найкращі аспекти кожного варіанту і відповідає стратегічним цілям банку.

Основна мета Ради директорів полягала в тому, щоб обрати приміщення під філію банку, яке найкращим чином відповідало всім вищезгаданим критеріям одночасно. Для цього було висунуто три варіанти приміщень (варіант А, варіант Б, варіант В), які були підлягають ретельному розгляду:

Приміщення А відрізняється вдалим розташуванням, що значно переважає Б і значно сильніше впливає на В. Інженерна частина має більш ніж сильне переважання над Б і значно сильне переважання над В. Характеристики парковки практично однакові з Б. Розмір приміщення суттєво більший ніж у В і слабо переважає Б. Приміщення має найнижчу ціну. Рівні можливості розміщення реклами та вивіски переважають Б і В відповідно. Забезпечення безпеки транспортування та зберігання коштів слабо переважається Б і значно сильніше впливає на В. Розвиненість інфраструктури слабо переважається над Б і значно сильніше впливає на В.

Приміщення Б має трохи гірше розташування порівняно з А і слабо переважає В. У порівнянні з А і В, має негативний стан інженерної частини. Є обмежена кількість місць для паркування. Розмір приміщення майже однаковий з А. Значна перевага у ціні порівняно з А. Рівні можливості розміщення реклами та вивіски переважають А і В відповідно. Безпека транспортування та зберігання коштів слабо переважає В. Розвиненість інфраструктури більш ніж слабо переважає В.

Приміщення В має найгірше розташування серед усіх приміщень. Слабо переважає стан інженерної частини Б. Забезпечує достатню кількість місць для паркування, що суттєво переважає парковку А і значно сильніше впливає на Б. Розмір приміщення майже однаковий з Б.

Приміщення В має найгірше розташування серед усіх варіантів. У порівнянні з А та Б, стан інженерної частини слабо переважає Б. Щодо парковки, приміщення В надає достатню кількість місць, що суттєво переважає паркування біля приміщення А і значно сильніше впливає на паркування біля приміщення Б. Розмір приміщення майже ідентичний з Б. Однак, доступна ціна приміщення В переважає над А, але менш ніж суттєво над Б. Рівень можливостей щодо розміщення реклами та вивіски відповідає А і Б відповідно. Проте, забезпечення безпеки транспортування та зберігання коштів в приміщенні В є найгіршим, оскільки неможливо прокласти безпечний маршрут перевезення. Щодо розвиненості інфраструктури, приміщення В має найнижчий рівень, менш ніж слабке переважання над А і значно сильніше впливає на Б.

З урахуванням всіх цих факторів, рада директорів міжнародного українського банку має вибрати оптимальне приміщення для відкриття філії у місті Хмельницький, яке найкраще задовольняє всі критерії, що були сформульовані.

### **3.2 Декомпозиція проблеми та побудова ієрархічної моделі**

Розкладання проблеми, здійснене Радою директорів при визначенні цілей та критеріїв, відображено у створенні ієрархічної моделі проблеми. На цьому графічному зображенні (див. Рис. 6), де рівень 0 визначає основний фокус проблеми, а рівні 1 до 8 відображають важливі критерії, А, Б, В позначають альтернативи. Ця

модель створена для кращого розуміння та визначення вагомості кожного критерію та альтернативи у контексті прийняття рішення.

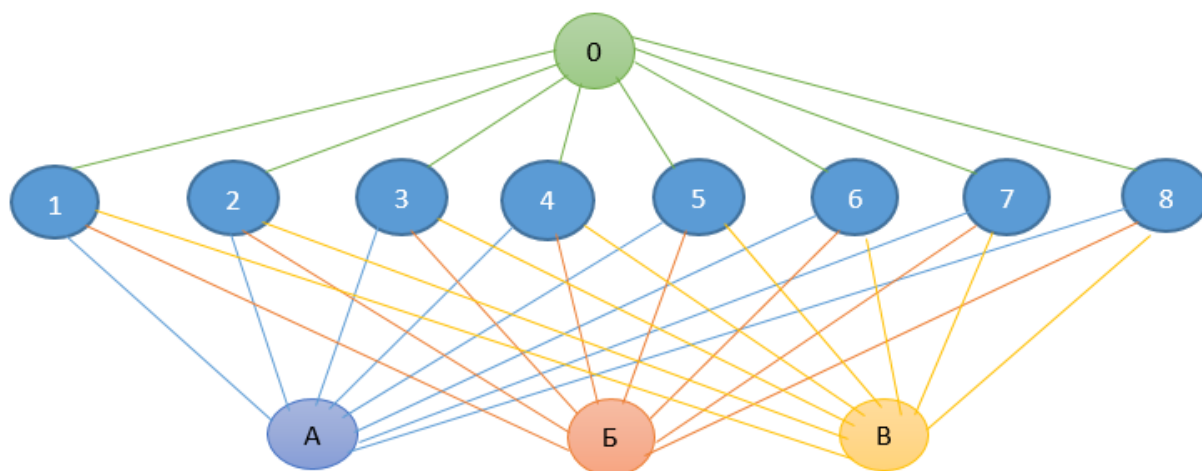


Рисунок 6 – Ієрархічна модель проблеми вибору приміщення для філії банку

### 3.3 Експертне оцінювання переваг

Критерій 1 переважає критерій 3 – слабо, критерій 4 – більш ніж суттєво, критерій 2, 6 – суттєво;

Критерій 2 переважає критерій 6 слабо та критерій 8 – майже рівнозначно;

Критерій 3 переважає критерій 2 більш ніж слабо, з критерієм 4 вони майже рівнозначні, критерій 6 слабо;

Критерій 4 переважає критерій 2 слабо, критерій 5 майже рівнозначний, критерій 6 – суттєво, критерій 8 - рівнозначні;

Критерій 5 переважає критерій 3, 2 слабо та дуже сильно 6, критерій 8 - майже рівнозначний, критерій 1 - майже рівнозначні;

Критерій 6 майже рівнозначний критерію 8;

Критерій 7 переважає критерій 1 слабо, критерій 2, 5 суттєво, 8 – більш ніж сильно та критерій 3 – сильно, більш ніж слабо 4, критерій 6 абсолютно;

Критерій 8 майже рівнозначний критерію 1 та критерій 3;

Визначення локальних пріоритетів на конкретному рівні ієрархії включає в себе важливий етап розрахунку, що базується на матриці попарних порівнянь. Ця

матриця містить інформацію, що стосується конкретної проблеми, і визначає, який із двох критеріїв має більшу вагу з точки зору фокусування на даній проблемі.

Під час заповнення цієї матриці ми приймаємо рішення про перевагу одного критерію над іншим і відображаємо це за допомогою шкали Сааті (таблиця 1). Ця шкала виражає ступінь переваги, і числові значення вказуються в клітинці, що розташована в рядку переважаючого критерію та стовпці іншого критерію. Заповнюючи матрицю, ми також враховуємо симетричну клітинку відносно головної діагоналі, заповнюючи її оберненими значеннями.

Цей процес дозволяє створити конкретний рейтинг пріоритетів на даному рівні ієрархії, враховуючи особливості проблеми та узгодженість між взаємопов'язаними критеріями.

Таблиця 1 – Шкала Сааті відносної важливості

Визначення переваги одного об'єкту в порівнянні з іншим	Міра переваги (важливості, значущості)
Рівна важливість (значущість), відсутність Переваги	1
Слабка перевага по важливості (значущості)	3
Суттєва або сильна перевага по важливості (значущості)	5
Дуже сильна або значна перевага по важливості (значущості)	7
Абсолютна перевага	9
Проміжна оцінка міри важливості між сусідніми значеннями.	2, 4, 6, 8

Проводиться формування матриці попарних порівнянь критеріїв з урахуванням фокусу (мети) проблеми, яке визначається від погляду Ради директорів Банку (таблиця 2). Для прикладу, у таблиці 2 число 5 в рядку "Вдале та доступне розташування" та стовпці "Інженерія" вказує на те, що перший критерій відзначається суттєвою перевагою над другим (відповідно, перевага другого критерію над першим оцінюється як 1/5).

Такий підхід допомагає визначити, які аспекти є ключовими з точки зору вирішення проблеми та досягнення мети. Відображаючи вагомість кожного критерію в контексті основного фокусу, ми отримуємо збалансований підхід до прийняття рішення.

Таблиця 2 – Матриця попарних порівнянь критеріїв вибору приміщення для відкриття філії банку

Обрати місце для відкриття філії банку	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	1	5	3	6		5		
A2		1				3		2
A3		4	1	2		3		
A4		3		1	2	5		1
A5	2	3	3		1	7		2
A6						1		2
A7	3	5	5	4	5	9	1	6
A8	2		2	1				1

Якщо визначене значення ВУ (відношення узгодженості) менше 0,2, то ступінь узгодженості вважається прийнятним. У випадку перевищення цього порогу, необхідно переглянути заповнення матриці попарних порівнянь. У такому випадку ідентифікуються елементи матриці, які приносять найбільшу неузгодженість, і вносять відповідні зміни.

Для зручності, розраховані елементи головного власного вектора, пріоритети

критеріїв, величини і параметри узгодженості можна представити в одній таблиці, разом з матрицею попарних порівнянь. Таблиця 2 демонструє матрицю попарних порівнянь та вектор пріоритетів критеріїв.

Важливо відзначити, що заповнення таблиці експертом є аналізом значущості критеріїв другого рівня з точки зору мети аналізу, що відповідає першому (верхньому) рівню ієрархії.

Зазначимо, що в даному випадку ВУ становить 0,19, що вважається прийнятним значенням відношення узгодженості.

### **3.4 Побудова локальних пріоритетів елементів 3-го рівня**

Для оцінки значущості елементів на третьому рівні щодо критеріїв другого рівня проводиться аналіз переваг кожного з приміщень А, Б, В відносно кожного з критеріїв другого рівня. Цей аналіз базується на вхідних даних задачі і включає побудову восьми матриць попарних порівнянь (відповідно до кількості критеріїв другого рівня) для трьох альтернатив третього рівня (приміщень А, Б, В).

Заповнення цих матриць попарних порівнянь відбувається аналогічно заповненню таблиці 2. Результати цього аналізу, включаючи вектори пріоритетів та показники узгодженості, представлені в таблиці 3.

Таблиця 3 містить обчислені пріоритети критеріїв і показники узгодженості.

Обрати місце для відкриття філії банку	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Вектор пріоритетів $P_i$	$\lambda$	ІУ	ВУ
A1	1	5	3	6	0	5	0,33	0,5	0,15	9,92	0,27	0,19
A2	0,20	1	0,2	0,3	0,3	3	0,20	2	0,05			
A3	0,33	4	1	2	0,3	3	0,20	0,5	0,08			
A4	0,17	3	0,5	1	2	5	0,25	1	0,09			
A5	2	3	3	0,5	1	7	0,2	2	0,14			
A6	0,2	0,3	0,3		0,1	1	0,11	2	0,03			
A7	3	5	5	4	5	9	1	6	0,39			
A8		0,5						1	0,07			

Відповідь: Ступінь узгодженості є прийнятною, оскільки не перевищує 0,2; конкретно, відношення узгодженості дорівнює 0,19.

Таблиця 4 - Значущість альтернатив третього рівня відносно критеріїв другого рівня

Розташування	А	Б	В	Вектор пріоритетів $P_i$	$\lambda$ max	IУ	ВУ
А	1	5	7	0,73	3,06	0,032444	0,056
Б	0,2	1	3	0,19			
В	0,14	0,33	1	0,08			

Інженерія	А	Б	В	Вектор пріоритетів $P_i$	$\lambda$ max	IУ	ВУ
А	1	6	8	0,77	3,22	0,108681	0,187
Б	0,2	1	0,33	0,08			
В	0,13	3	1	0,15			

Паркування	А	Б	В	Вектор пріоритетів $P_i$	$\lambda$ max	IУ	ВУ
А	1	2	0,20	0,17	3,01	0,007076	0,012
Б	0,5	1	0,14	0,09			
В	5	7	1	0,74			



Розмір приміщення	А	Б	В	Вектор пріоритетів $P_i$	$\lambda$ max	IУ	ВУ
А	1	6	7	0,75	3,18	0,088464	0,153
Б	0,2	1	0,33	0,08			
В	0,1	3	1	0,16			

Ціна приміщення	А	Б	В	Вектор пріоритетів $P_i$	$\lambda$ max	IУ	ВУ
А	1	0,2	0,17	0,08	3,19	0,092548	0,16
Б	5	1	3	0,61			
В	6	0,33	1	0,31			

Можливість встановити рекламу та вивіску.	А	Б	В	Вектор пріоритетів $P_i$	$\lambda$ max	IУ	ВУ
А	1	1	1	0,33	3,00	0	0,00
Б	1	1	1	0,33			
В	1	1	1	0,33			

Забезпечення безпеки транспортування та зберігання коштів.	А	Б	В	Вектор пріоритетів $P_i$	$\lambda_{\max}$	IУ	ВУ
А	1	3	5	0,64	3,04	0,019256	0,03
Б	0,3	1	3	0,26			
В	0,2	0,33	1	0,10			

Інфраструктура	А	Б	В	Вектор пріоритетів $P_i$	$\lambda_{\max}$	IУ	ВУ
А	1	3	7	0,66	3,03	0,016183	0,03
Б	0,33	1	4	0,26			
В	0,14	0,25	1	0,08			

Далі, після розрахунку параметрів узгодженості на третьому рівні, проводиться синтез локальних пріоритетів, що є оцінкою загальних (глобальних) пріоритетів. В нашому конкретному випадку це означає отримання глобальних пріоритетів для приміщень А, Б, В в контексті верхнього рівня, тобто вибору оптимального приміщення.

Цей синтез здійснюється шляхом перемноження матриці локальних пріоритетів другого рівня (які представлені у таблиці 4) на вектор локальних пріоритетів (зазначений у таблиці 3):

Розташуван ня	Інженер ія	Паркуван ня	Розмір приміщен ня	Цін а	Рекла ма	Безпе ка	Інфраструкту ра
0,73	0,78	0,17	0,75	0,08	0,33	0,64	0,66
0,19	0,08	0,09	0,08	0,61	0,33	0,26	0,26
0,08	0,14	0,74	0,16	0,31	0,33	0,1	0,08

Вектор
0,15
0,05
0,08
0,09
0,14
0,03
0,39
0,07

Висновок: Отримані результати свідчать, що перевага надається приміщенню А, яке має пріоритетність на рівні 54,65%.

Далі проводиться розрахунок узагальненої міри узгодженості для всієї ієрархії. Цей розрахунок включає в себе розрахунок індексу узгодженості на другому рівні, що є добутком (скалярним) вектора індексів узгодженості другого рівня на вектор пріоритетів першого рівня:

## Розрахунок індексу узгодженості 2-го рівня.

0,0324437	0,108680	0,00707	0,0884	0,0925		0,0192	0,0161		0,0
9	8	6	6	5	0	6	8	=	4

Узагальнений індекс узгодженості М розраховується як сума індексів узгодженості 1-го та 2-го рівнів:  $M = 0,27 + 0,04 = 0,31$

Сумарний випадковий індекс: 1,99

Відношення узгодженості для всієї ієрархії: 0,158

$VU < 0,2$  ступінь узгодженості прийнятна.

А	54,65%
Б	26,18%
В	19,05%

З урахуванням прийнятної узгодженості, як рішення проблеми вибору пропонується вибрати приміщення А.

### 3.5 Алгоритм роботи тренажера

Програма запускається шляхом використання ярлика, в якому вказано шлях до основного середовища. Після запуску перед рецензентом відкривається головне вікно програми, яке містить інформацію про назву тренажера, виконавця та наукового керівника. Додатково доступні два розділи: "Метод ієрархії теоретичні відомості" та "Метод ієрархії задачі".

У розділі "Метод ієрархії теоретичні відомості" користувач може ознайомитися з теоретичними відомостями, які викладені відповідно до матеріалів дистанційного курсу "Системний аналіз та теорія прийняття рішень".

При виборі розділу "Метод ієрархії задачі" користувачеві стають доступні дві опції: "Тест 1" і "Задача 1.1". "Тест 1" представляє собою варіативне тестування на основі теоретичних матеріалів про "Метод ієрархії", які наведені у розділі "Метод ієрархії теоретичні відомості".

При виборі "Задача 1.1" користувач має можливість покроково вирішувати задачу методом ієрархії, обираючи різні варіанти. Кожному кроці виводяться завдання, питання та кілька варіантів відповіді. Неправильний варіант

супроводжується застереженням та неприємним звуковим сигналом. При правильній відповіді користувач переходить до наступного питання.

Такий підхід дозволяє користувачеві ефективно вивчати та вдосконалювати навички використання методу ієрархії у вирішенні задач системного аналізу та прийняття рішень.

Вибір пункту «Тест 1»

Крок 1. Питання: "Оберіть визначення поняття «Ієрархія»"

Три варіанти відповіді:

а) Це структурована модель, що складається з послідовно об'єднаних структурованих блоків, які мають певну ієрархію.

б) Це система, що складається з множин (блоків), згрупованих у незалежні ланки (гілки).

с) Це система, що складається з об'єктів (елементів), згрупованих у незалежні підмножини (групи).

Якщо відповідь обрана правильно – тестування продовжується. Якщо неправильно – з'являється звуковий сигнал та вікно невірної відповіді, і питання з'являється повторно.

Крок 2. Питання: "Вказати основні методи системного аналізу"

Три варіанти відповіді:

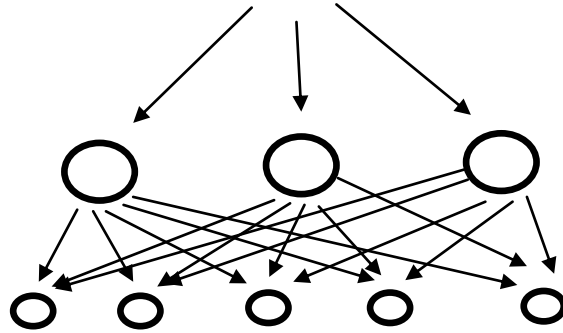
а) Метод сценаріїв, метод скорочення.

б) Метод дерева рішень, метод комісії.

с) Метод алгоритмів, метод потоків, метод графів.

Якщо відповідь обрана правильно – тестування продовжується. Якщо неправильно – з'являється звуковий сигнал та вікно невірної відповіді, і питання з'являється повторно.

Крок 3. Питання: "Який вид ієрархії зображено на малюнку нижче?"



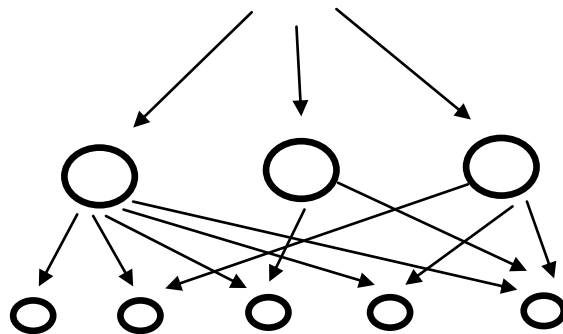
Виводиться на вибір три варіанти відповіді:

- a) домінантна повна;
- b) шина
- c) холархія

Крок 4. Питання: "Який вид ієрархії зображено на малюнку нижче?"

З'являється зображення ієрархії.

Якщо відповідь обрана правильно – тестування продовжується. Якщо неправильно – з'являється звуковий сигнал та вікно невірної відповіді, і питання з'являється повторно.

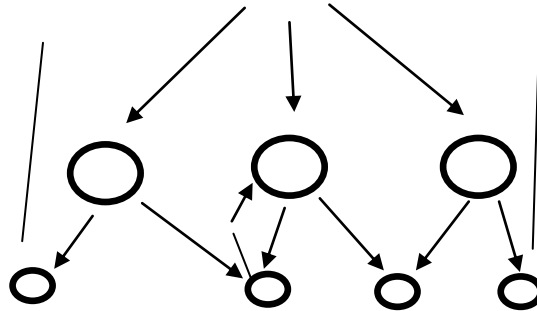


Виводиться на вибір три варіанти відповіді:

- a) домінантна повна;
- b) домінантна не повна
- c) холархія

Крок 5. Питання: "Який вид ієрархії зображено на малюнку нижче?"  
З'являється зображення ієрархії.

Якщо відповідь обрана правильно – тестування продовжується. Якщо неправильно – з'являється звуковий сигнал та вікно невірної відповіді, і питання з'являється повторно.



Виводиться на вибір три варіанти відповіді:

- a) домінантна повна;
- b) домінантна не повна
- c) холархія

Крок 6. Виводиться питання: «Які числа є пріоритетними?»

Виводиться на вибір три варіанти відповіді:

- a) Парні
- b) Максимального значення в структурі ієрархії
- c) Пов'язані з вузлами ієрархії

Якщо відповідь обрана правильно – тестування продовжується. Якщо користувач відповів не правильно – з'являється звуковий сигнал та вікно невірної відповіді, після чого питання з'являється повторно.

Крок 7. Виводиться питання: «Ким і коли був розроблений метод аналізу ієрархії?»

Виводиться на вибір три варіанти відповіді:

- a) Ернестом фон Нейманом 1960-х роках;
- b) Ернестом Форманом та Томасом Л. Сааті в 1975-х роках;
- c) Томасом Л. Сааті в 1970-х роках;

Якщо відповідь обрана правильно – тестування продовжується. Якщо користувач відповів не правильно – з'являється звуковий сигнал та вікно невірної відповіді, після чого питання з'являється повторно.

Крок 8. Виводиться питання: «Оберіть вид матриці попарних порівнянь:»

Виводиться на вибір три варіанти відповіді:

$$a) \begin{matrix} & A_1 \dots A_n \\ A_1 & \begin{bmatrix} a_{1,1} & \dots & a_{1,n} \end{bmatrix} \\ \dots & \\ A_n & \begin{bmatrix} a_{n,1} & \dots & a_{n,n} \end{bmatrix} \end{matrix},$$

$$b) \begin{bmatrix} a_{1,1} & \dots & a_{1,n} \\ \dots & & \dots \\ a_{n,1} & \dots & a_{n,n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_1 \\ \dots \\ W_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} W_1 \\ \dots \\ W_n \end{bmatrix}$$

$$c) \begin{bmatrix} W_1^{(1)} & \dots & W_1^{(k)} \\ \dots & & \dots \\ W_n^{(1)} & \dots & W_n^{(k)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W^{(1)} \\ \dots \\ W^{(k)} \end{bmatrix}$$

Якщо відповідь обрана правильно – тестування продовжується. Якщо користувач відповів не правильно – з'являється звуковий сигнал та вікно невірної відповіді, після чого питання з'являється повторно.

Крок 9. Виводиться питання: «Що називають власним вектором матриці?»

Виводиться на вибір три варіанти відповіді:

a) це напрямлення нульового вектору до точок з'єднань;

b) це ненульовий вектор, для якого виконується співвідношення  $Av = \lambda v$

c) це розрахунок прямою у співвідношенні графа;

Якщо відповідь обрана правильно – тестування продовжується. Якщо користувач відповів не правильно – з'являється звуковий сигнал та вікно невірної відповіді, після чого питання з'являється повторно.

Крок 10. Виводиться повідомлення про завершення тестування та оцінка. У даному вікні повідомлення також буде знаходитись 3 кнопки: «Пройти «Тест 1» повторно», «Перейти на головну сторінку» та «Завершити роботу тренажеру».



### 3.6 Опис програми і алгоритм

Програма реалізує метод аналізу ієрархій для прийняття рішень з урахуванням декількох критеріїв. Код програми написаний в додатку А.

Програма дозволяє виконати наступні функції:

1. Ввести кількість критеріїв для аналізу

Користувач вводить ціле число - кількість критеріїв, за якими буде проводитися аналіз.

2. Створити матрицю попарних порівнянь критеріїв

Створюється матриця розмірністю кількість критеріїв на кількість критеріїв. В ній будуть відображатися попарні порівняння важливості критеріїв.

3. Заповнити матрицю порівнянь значеннями користувача

Користувач поелементно вводить числові значення, що відображають ступінь переваги одного критерію над іншим.

4. Включити несуттєві фактори (опціонально)

Користувач може ввести додаткові "несуттєві" фактори, які буде враховано при аналізі. Для них створюється окрема матриця.

5. Обчислити нормалізовану матрицю порівнянь

Виконується нормалізація матриці шляхом ділення значень кожного рядка на суму цього рядка.

6. Обчислити вектор пріоритетів (ваги критеріїв)

Вектор пріоритетів містить вагові коефіцієнти, які відображають важливість кожного критерію.

7. Вивести результати

Виводиться вихідна та нормалізована матриці порівнянь, а також обчислений вектор пріоритетів (ваги всіх критеріїв).

Програма дозволяє реалізувати багатокритеріальний аналіз методом аналізу ієрархій з урахуванням важливості різних критеріїв та додаткових "несуттєвих" факторів.

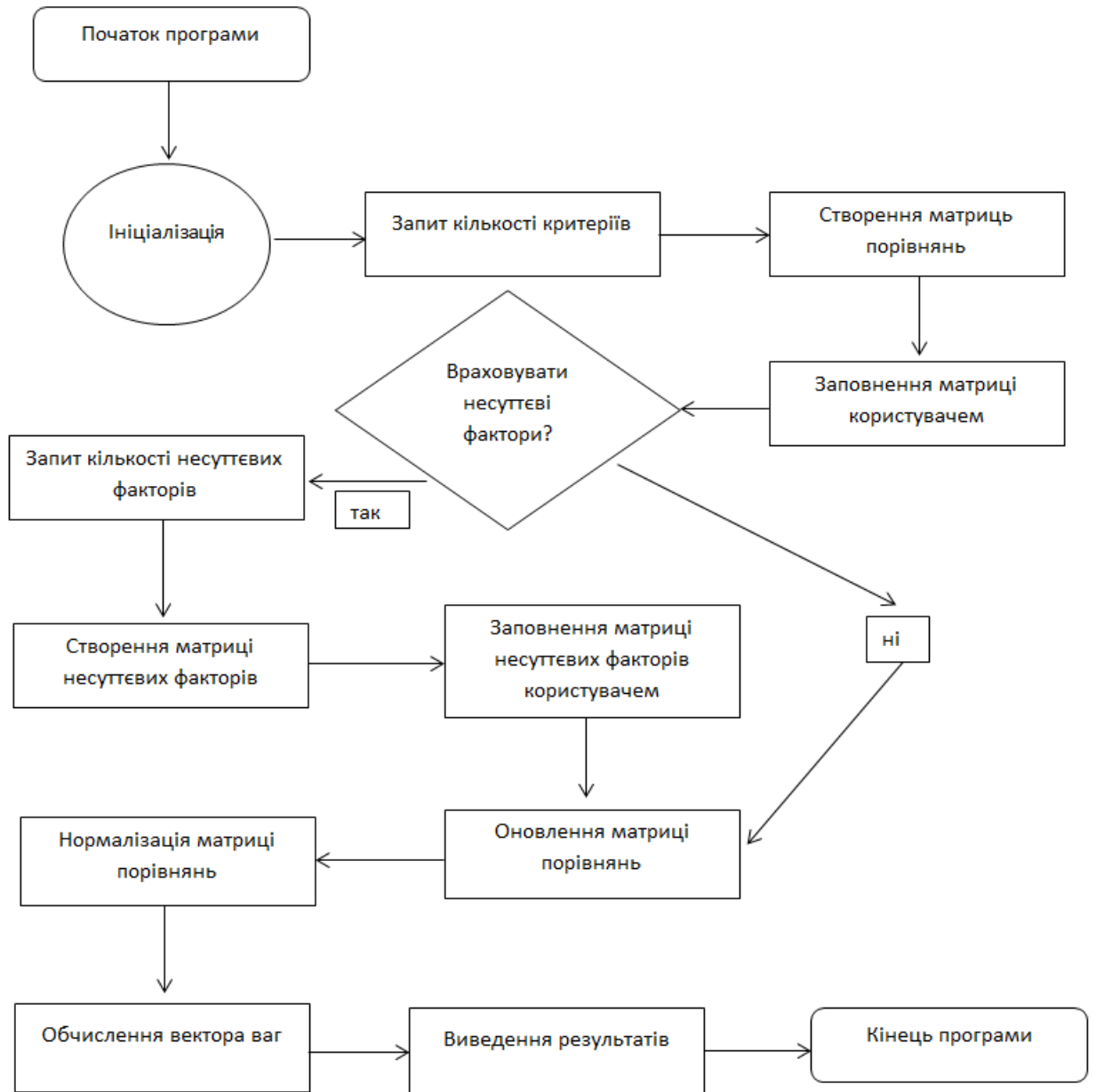


Рисунок 7 - Блок схема алгоритму

## Висновки

Основною метою даного проекту було створення програмного забезпечення для навчального тренажера на тему "Метод аналізу ієрархій без використання несуттєвих факторів" в рамках курсу "Системний аналіз та теорія прийняття рішень". Протягом виконання курсового проекту були виконані наступні ключові завдання:

Формулювання постановки задачі: Визначення основних вимог та цілей проекту.

Аналіз комп'ютерних навчальних тренажерів: Вивчення існуючих рішень на ринку для визначення недоліків та можливостей вдосконалення.

Огляд матеріалів, пов'язаних з темою проекту: Аналіз літератури та досліджень, пов'язаних з методами аналізу ієрархій.

Розробка алгоритму для тренажера: Створення ефективного алгоритму, який враховує основні принципи методу аналізу ієрархій.

Реалізація задачі з використанням програми Excel: Використання Excel для практичної реалізації алгоритму та вирішення поставленої задачі.

Розробка тестування та створення інформаційної сторінки: Створення тестових завдань та інформаційної платформи для користувачів.

Створення алгоритму для тестування з теоретичної частини та покрокового алгоритму рішення: Розробка ефективного алгоритму для оцінювання теоретичних знань та вирішення завдань методом аналізу ієрархій.

Завдяки успішному виконанню цих завдань було досягнуто поставленої мети проекту. Тренажер був успішно розроблений, тестування пройшло успішно, і програма використовувалася для ефективного вирішення задачі. Результати проекту відображають високий рівень виконання завдань і відповідність поставленим цілям.

### Список Інформаційних Джерел

1. Методичні рекомендації щодо виконання кваліфікаційної роботи студентів спеціальності 122 Комп'ютерні науки освітня програма «Комп'ютерні науки» ступеня магістра / С. В. Гаркуша, О. В. Ольховська, О. О. Черненко. – Полтава : ПУЕТ, 2023. – 68 с.
2. Бабій М.С. Теорія програмування: Навчальний посібник [Електронний ресурс] / М.С. Бабій, О.П. Чекалов.– Суми: Вид-во СумДУ, 2009. – 181 с.
3. Нікітченко М.С. Теоретичні основи програмування: Навчальний посібник / М.С. Нікітченко. – Київ: КНУ ім. Т.Г. Шевченка, 2009. – 200 с.
4. Ємець О.О., Ємець Є.М., Ємець Ол-ра О. Дистанційний курс дисципліни «Системний аналіз та теорія прийняття рішень» Ч. II для студентів спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» [Електронний ресурс]. – Полтава: ПУЕТ.
5. Хауї У. Інженерія програмного забезпечення: Підручник / У. Хауї. – Київ: Видавництво НУХТ, 2015. – 462 с.
6. Гарднер Г. Інтелектуальні технології: Впровадження в освіту / Г. Гарднер, Д. Келлнер. – Київ: Видавничий дім «Освіта», 2006. – 176 с.
7. Петров В. Ф. Аналіз ієрархій в системах прийняття рішень: Навчальний посібник / В. Ф. Петров. – Київ: Видавництво НАУ, 2009. – 312 с.
8. Жуков І.А. Технології розробки програмного забезпечення: Навчальний посібник. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2019. 278 с.
9. Бондаренко М.Ф., Бондаренко О.М. Теорія ймовірностей і математична статистика. Київ: НУХТ, 2021. 241 с.

## ДОДАТОК А. Програма

```

import java.util.InputMismatchException;
import java.util.Scanner;

public class АНРТool {
    private static final String ENTER_CRITERIA_COUNT = "Введіть кількість
критеріїв (ціле число): ";
    private static final String ENTER_COMPARISON_MATRIX_VALUES =
"Введіть значення для матриці парних порівнянь.";
    private static final String ENTER_INSIGNIFICANT_FACTORS_COUNT =
"Введіть кількість несуттєвих факторів: ";

    private Scanner scanner;

    private int numberOfCriteria;
    private double[][] pairwiseComparisonMatrix;
    private double[] weights;

    public АНРТool() {
        scanner = new Scanner(System.in);
    }

    // Ініціалізація об'єкта
    public void initialize() {
        numberOfCriteria = readIntInput(ENTER_CRITERIA_COUNT);

        pairwiseComparisonMatrix =
new
double[numberOfCriteria][numberOfCriteria];
        weights = new double[numberOfCriteria];
    }
}

```

```

System.out.println(ENTER_COMPARISON_MATRIX_VALUES);
fillPairwiseComparisonMatrix();
}

// Заповнення матриці парних порівнянь
private void fillPairwiseComparisonMatrix() {
    for (int i = 0; i < numberOfCriteria; i++) {
        for (int j = 0; j < numberOfCriteria; j++) {
            pairwiseComparisonMatrix[i][j] = readDoubleInput("Елемент [" + (i + 1)
+ "]" + (j + 1) + "]: ");
        }
    }
}

// Включення несуттєвих факторів
public void includeInsignificantFactors() {
    int                numberOfInsignificantFactors                =
readIntInput(ENTER_INSIGNIFICANT_FACTORS_COUNT);

    System.out.println("Введіть значення для несуттєвих факторів:");
    double[][]        insignificantFactorsMatrix                =
new
double[numberOfCriteria][numberOfCriteria];
    fillInsignificantFactorsMatrix(ineffectiveFactorsMatrix);

updatePairwiseComparisonMatrixForInsignificantFactors(ineffectiveFactorsMatrix);
}

// Заповнення матриці несуттєвих факторів
private void fillInsignificantFactorsMatrix(double[][] ineffectiveFactorsMatrix)

```

```

{
    for (int i = 0; i < numberOfCriteria; i++) {
        insignificantFactorsMatrix[i][i] = readDoubleInput("Фактор " + (i + 1) + ":
");
    }
}

// Оновлення матриці парних порівнянь з урахуванням несуттєвих факторів
private void updatePairwiseComparisonMatrixForInsignificantFactors(double[][]
insignificantFactorsMatrix) {
    for (int i = 0; i < numberOfCriteria; i++) {
        for (int j = 0; j < numberOfCriteria; j++) {
            pairwiseComparisonMatrix[i][j] += insignificantFactorsMatrix[i][j];
        }
    }
}

// Обчислення АНР з урахуванням несуттєвих факторів
public void calculateАНРWithInsignificantFactors() {
    includeInsignificantFactors();
    calculateNormalisedMatrix();
    calculateWeightsVector();

    printMatrix("Матриця парних порівнянь після врахування несуттєвих
факторів:", pairwiseComparisonMatrix);
    System.out.println();
    printMatrix("Нормалізована матриця парних порівнянь:",
pairwiseComparisonMatrix);
    printWeights("Ваги критеріїв після врахування несуттєвих факторів:",
weights);
}

```

```
}

// Виведення матриці на екран
private void printMatrix(String message, double[][] matrix) {
    System.out.println(message);
    for (double[] row : matrix) {
        for (double value : row) {
            System.out.print(value + " ");
        }
        System.out.println();
    }
}

// Виведення ваг на екран
private void printWeights(String message, double[] weights) {
    System.out.println(message);
    for (int i = 0; i < numberOfCriteria; i++) {
        System.out.println("Критерій " + (i + 1) + ": " + weights[i]);
    }
}

// Введення цілочисельних значень з консолі
private int readIntInput(String message) {
    while (true) {
        try {
            System.out.print(message);
            return scanner.nextInt();
        } catch (InputMismatchException e) {
            System.out.println("Будь ласка, введіть ціле число.");
            scanner.nextLine();
        }
    }
}
```



```
    }  
  }  
}  
  
// Введення десяткових значень з консолі  
private double readDoubleInput(String message) {  
    while (true) {  
        try {  
            System.out.print(message);  
            return scanner.nextDouble();  
        } catch (InputMismatchException e) {  
            System.out.println("Будь ласка, введіть число.");  
            scanner.nextLine();  
        }  
    }  
}  
  
// Обчислення нормалізованої матриці  
private void calculateNormalisedMatrix() {  
    for (int i = 0; i < numberOfCriteria; i++) {  
        double rowSum = 0;  
        for (int j = 0; j < numberOfCriteria; j++) {  
            rowSum += pairwiseComparisonMatrix[i][j];  
        }  
        for (int j = 0; j < numberOfCriteria; j++) {  
            pairwiseComparisonMatrix[i][j] /= rowSum;  
        }  
    }  
}
```

```
// Обчислення вектора ваг
private void calculateWeightsVector() {
    for (int j = 0; j < numberOfCriteria; j++) {
        double columnSum = 0;
        for (int i = 0; i < numberOfCriteria; i++) {
            columnSum += pairwiseComparisonMatrix[i][j];
        }
        weights[j] = columnSum / numberOfCriteria;
    }
}

// Точка входу в програму
public static void main(String[] args) {
    AHPTool ahpTool = new AHPTool();
    ahpTool.initialize();
    ahpTool.calculateAHPWithInsignificantFactors();
}
}
```

