

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЄВО-МОГИЛЯНСЬКА АКАДЕМІЯ»
Кафедра мережних технологій

**Дослідження методу аналізу ієрархій для задач з великою
кількістю альтернатив**

**Текстова частина до магістерської роботи
за спеціальністю «Інженерія програмного забезпечення»**

Керівник магістерської роботи:
доцент, кандидат технічних наук
Франчук О. В.

(підпис)

“ _____ ” _____ 2021 р.

Виконала студентка

Якимчук Соломія Олегівна

“ _____ ” _____ 2021 р.

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЄВО-МОГИЛЯНСЬКА АКАДЕМІЯ»
Кафедра мережних технологій

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

На магістерську роботу

Студентці Якимчук С. О. факультету інформатики 2 курсу ПМ

ТЕМА Дослідження методу аналізу ієрархій для задач з великою кількістю
альтернатив

Зміст ТЧ до магістерської роботи:

Індивідуальне завдання

Анотації

Вступ

Розділ 1 Характеристика методу аналізу ієрархій

Розділ 2 Метод аналізу ієрархій для великої кількості альтернатив

Розділ 3 Розробка програмного забезпечення

Висновки

Список використаної літератури

Керівник _____

Дата видачі 23 жовтня 2020

Завдання отримав _____

Київ 2021

Тема: Дослідження методу аналізу ієрархій для задач з великою кількістю альтернатив

Календарний план виконання роботи:

№ п/п	Назва етапу курсової роботи	Термін виконання етапу	Примітка
1.	Отримання завдання на магістерську роботу.	23.10.2020	
2.	Огляд технічних статей за темою роботи.	08.02.2021	
3.	Ознайомлення з можливостями методу аналізу ієрархій	10.02.2021	
4.	Збір інформації	10.03.2021	
5.	Розробка застосунку	30.03.2021	
6.	Тестування застосунку	05.04.2021	
7.	Попередній захист	14.05.2021	
8.	Аналіз отриманих даних	18.05.2021	
9.	Створення слайдів для доповіді та написання доповіді.	31.05.2021	
10.	Аналіз отриманих результатів з керівником, написання доповіді та попередній захист курсової роботи.	2.06.2021	
11.	Корегування роботи	05.06.2021	
12.	Остаточне оформлення пояснювальної роботи та слайдів.	13.06.2021	
13.	Захист курсової роботи (проекту)	17.06.2021	

Студент: Якимчук Соломія Олегівна

Керівник: Франчук Олег Васильович

“ ____ ” _____ 2020 р.

Зміст

Перелік прийнятих скорочень	5
АНОТАЦІЇ.....	6
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. Характеристика методу аналізу ієрархій.....	10
РОЗДІЛ 2. Метод аналізу ієрархій для великої кількості альтернатив	20
РОЗДІЛ 3. Розробка програмного забезпечення	32
ВИСНОВКИ.....	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	45
Додаток 1	47

Перелік прийнятих скорочень

MAI - Метод аналізу ієрархій

AHP - Analytical hierarchy process

IУ - Індекс узгодженості

ВУ - Відносна узгодженість

ОВНС - Оцінка впливу на навколишнє середовище

АНОТАЦІЇ

ТЕМА: Дослідження методу аналізу ієрархій для задач з великою кількістю альтернатив.

В магістерській роботі досліджено фундамент і практичний механізм реалізації методу аналізу ієрархій, а також наведено алгоритм роботи методу для великої кількості альтернатив. Метод аналізу ієрархій прийнято вважати загальною теорією вимірювання, він застосовується для виведення шкал відносин як з дискретних, так і безперервних парних порівнянь в багаторівневих ієрархічних структурах.

Порівняння можна провести на основі реальних величин або можливих, що відображають можливі вподобання. Метод знаходить широке застосування в задачах, пов'язаних з прийняттям багатокритеріальних рішень, стратегічне планування, прогнозування та навіть в задачах вирішення конфліктів, і призначений для аналізу нелінійних структур, які застосовуються для виконання як дедуктивного, так і індуктивного виводу без використання силогізму.

ВСТУП

Життя кожної людини являє собою сукупність рішень, що приймаються ним упродовж усього життя. Щодня стикаючись з прийняттям тисяч, якщо не мільйонів, невеликих рішень, людина формує причинно-наслідковий зв'язок своєї біографії, а часто і багатьох інших людей.

Чим вище рівень проблеми, яку необхідно вирішити, тим вище ризики від наслідків прийнятого рішення. Рішення, яке приймає топ-менеджер транснаціональної корпорації або, допустимо, глава держави, створює те, що ми називаємо «історією». Наслідки цього рішення надають незворотний вплив на життя людських колективів, причому наслідки можуть бути як успішними, так і катастрофічними.

Усвідомлення можливого ризику від прийняття рішення мотивує людей на протязі всієї історії людства шукати можливість прорахувати то, яке з можливих рішень є найбільш сприятливим для особи, яка приймає рішення або для людської спільноти. У ХХ столітті наука прийняття рішень досягла свого розквіту і характеризувалася великою кількістю теорій і практичних методів. Як причини цього розквіту можна виділити:

1. Бурхливе зростання чисельності населення.
2. Стрімкий розвиток науково-технічного прогресу, зокрема військового озброєння.
3. Глобальні військові конфлікти, породжені причинами 1 і 2.
4. Усвідомлення людством того, що рівень військових технологій досяг можливості знищення всього людства самим людством.

Одним з найбільш ефективних є метод аналізу ієрархій (МАІ), створений американським вченим Томасом Сааті. За освітою математик, він в 1970-х рр. брав участь в женецьких переговорах США і СРСР з роззброєння, під час яких йому і прийшла в голову думка про впорядкування пріоритетів. Ця думка в подальшому оформилася в МАІ. Метод аналізу ієрархій прийнято вважати

загальною теорією вимірювання. МАІ застосовується для виведення шкал відносин як з дискретних, так і безперервних парних порівнянь в багаторівневих ієрархічних структурах.

Порівняння можна провести на основі реальних величин або можливих, що відображають можливі переваги. МАІ знаходить широке застосування в завданнях, пов'язаних з прийняттям багатокритеріальних рішень, стратегічне планування, прогнозуванні, і навіть в задачах дозволу конфліктів. Метод призначений для аналізу нелінійних структур, які застосовуються для виконання як дедуктивного, так і індуктивного виводу без використання силогізму, а також для одночасного розгляду безлічі факторів з урахуванням закономірностей між ними і знаходження компромісу під час формування висновку

Саме тому предметом дослідження і стали ті переваги, які супроводжують застосування методу аналізу ієрархій та ті недоліки, з якими необхідно бути готовим зіштовхнувшись в процесі його використання. На підтвердження та унаочнення певних недоліків проведені відповідні експерименти та запропоновано варіанти розв'язання або уникнення потенційних проблем.

Робота складається з трьох розділів:

Перший розділ спрямовано на розгляд характеристики методу аналізу ієрархії. Опис методу, алгоритм роботи з методом та загальна інформація

Другий розділ присвячено аналізу МАІ з точки зору великої кількості альтернатив, які проблеми виникають та опис алгоритму, який допомагає полегшити метод прийняття рішення.

В третьому розділі представлено та описано програмну систему, спрямовану на застосування методу аналізу ієрархій для великої кількості альтернатив.

Постановка задачі

1. Огляд методу аналізу ієрархій, його історичне підґрунтя.
2. Огляд методу для великої кількості альтернатив. Характеристика сфер застосування методу та широка його розгалуженість.
3. Розробити власний застосунок з реалізацією алгоритму для методу

аналізу ієрархій для великої кількості альтернатив

4. Зробити висновки та подальші рекомендації для використання методів прийняття рішення.

Метою магістерської роботи є реалізація і дослідження методу аналізу для підвищення попиту та сфер його застосування.

Об'єктом дослідження є спосіб дії та ефективність самого методу аналізу ієрархій.

Предметом дослідження є метод аналізу ієрархій в сьогоденних реаліях.

Структура та обсяг роботи: робота викладена на 51 сторінках, містить 1 додаток, 11 рисунків, 20 таблиць та 7 формул.

РОЗДІЛ 1. Характеристика методу аналізу ієрархій

В повсякденному житті ми часто стикаємось з потребою прийняття рішення, вона вникає на кожному кроці. Наприклад, візьмемо одяг, не весь одяг нам підходить, якийсь буде великий, якийсь малий в результаті нам буде не комфортно, що суперечить основній потребі. На основі чого було вироблено шкалу виміру, а саме комусь підходить розмір S, комусь XXL, тощо. Таким прикладом може і бути покупка продуктів, для виміру яких була прийнята класифікації маси, а саме кілограми, грами, тощо.

Проте є категорія рішень, які нам потрібно прийняти які не містять загально прийнятої шкали, це можуть бути як і глобальні рішення, такі як вибір професії, вибір університету, вибір країни/міста для життя, тощо. Також це може бути і рішення, які менше впливають на наше життя проте часто приймаються, наприклад якою зубною пастою користуватись, що приготувати на сніданок, що одіти, тощо.

В такому випадку ми також приймаємо рішення за допомогою певного аналізу, який робить кожна людина проте не завжди свідомо, такий аналіз можна провести на основі певних критерій, наприклад візьмемо вибір одягу, який ми одягнемо сьогодні. Критерії можуть бути наступні погода, куди ми ідемо, рівень комфорту, тощо. Ми визначаємо пріоритети кожної із критерій та свою особисту експертну оцінку, чи колективну експертну оцінку свого чоловіка, батька, мами, подруги, тощо та виконання висновку на основі збору даних.

Даний приклад є досить частим і рішення ми приймаємо досить швидко зазвичай, але не завжди коректний і приходиться мерзнути в колготках, тому що пріоритет був не погода, а краса.

Все це можна назвати процесом мислення в якому ми визначаємо основні об'єкти, або цілі і відношення між ними. При визначенні чого-небудь людина виконує декомпозицію важкого рішення, з яким стикнулася, на підзадачі.

Фундаментальний процес, який лежить в основі пізнання, включає в себе декомпозицію і синтез. [1]

Зазвичай процес прийняття рішення включає в себе наступні складові: планування, генерація ряду альтернатив, встановлення пріоритетів, вибір найкращої лінії поведінки після знаходження ряду альтернатив, розподіл ресурсів, визначення потреб, передбачення фіналу, побудова систем, вимір характеристик, забезпечення стійкості системи, оптимізація і вирішення конфліктів [1]

Необхідно придумати метод, який би задовольняв потребу у прийнятті рішенні, адже можуть бути банальні рішення, як «що одягнути?», які можна і вирішити інтуїтивно, проте якщо це сфера більш важка, наприклад банківська сфера, де треба обрати до якого банку необхідно поставити депозит, тощо. Одним із таких методів є метод аналізу ієрархій.

У МАІ найчастіше здійснюються такі дії: а) порівняння діапазонів значень критеріїв; б) аналіз чутливості отриманих результатів до збурень у вихідних судженнях. Судження можуть розглядатися як випадкові величини, що описуються розподілами ймовірності. У МАІ передбачені три способи ранжування альтернатив

- відносне, яке впорядковує кілька альтернатив на основі парних порівнянь, що особливо актуально для нових і дослідницьких рішень;

- абсолютна, за допомогою якого можна оцінювати необмежену кількість альтернатив окремо, застосовуючи шкали інтенсивності переваг, постійні для кожного критерію, особливо корисні в рішеннях, де існує достатня інформація для оцінки відносної важливості значень інтенсивності, і зручний для фільтрації величезної кількості альтернатив, кращі з яких потім можна ранжувати відносним способом;

- еталонне тестування, яке впорядковує альтернативи шляхом включення в їх набір еталонного об'єкта з відомими властивостями і подальшим порівнянням з ним інших альтернатив.

Мультиплікативне зважування, при якому пріоритети альтернатив зводяться в ступеня, відповідають пріоритетам критеріїв, які визначаються шляхом адитивного зважування, з подальшим перемноженням результатів, мають чотири головні недоліки.

1. Воно не дозволяє відновити вихідні значення пріоритетів альтернатив за критеріями.

2. Його можна застосовувати тільки для ідеально узгодженої матриці, тому в даному випадку забороняються відхилення від узгодженості, і, отже, не можна вводити надлишкові судження для поліпшення обґрунтованості експертних суджень.

3. Найбільш серйозним недоліком є неможливість застосування підходу мультиплікативного синтезу до систем з взаємною залежністю і зворотними зв'язками.

У МАІ процедура парного порівняння застосовується до пар однорідних елементів. Неоднорідні елементи поділяються на взаємозв'язані групи (кластери), що містять однорідні елементи. У МАІ можливо створювати матриці парних порівнянь, беручи за основу будь-які шкали відносин, що застосовуються для вимірюваних властивостей порівнюваних об'єктів. У подібних випадках експертна оцінка замінюється ставленням двох відповідних вимірювань. Отримана шкала (Власний вектор), яка виводиться з матриці парних порівнянь, що містить оцінки фактичних вимірювань, буде аналогічна тій, яку можна отримати шляхом нормування на одиницю відповідних вимірювань.

В якості можливого застосування МАІ доцільно розглянути прийняття рішення колегіальним органом. Як правило, колегіальним виконавчим органом банку, який здійснює керівництво поточною діяльністю організації, є правління.

Якщо ми можемо представити нашу проблему у вигляді деякої ієрархії, тоді ми можемо вибрати метод аналізу ієрархій для прийняття рішень, тобто для вибору найбільш оптимального рішення необхідної проблеми. Даний метод є досі сучасним в теорії прийняття рішень. Ключовим моментом можна вважати

ієрархію, яка є певним видом системи, побудована за допомогою припущення, що елементи можна згрупувати за певним рівнем.

Що не менш важливо, це те що елементи кожної із груп є під впливом елемента деякої іншої групи і, в свою чергу, мають вплив на елементи третьої групи. Як висновок можна розуміти, що елементи всередині однієї групи ієрархії, або по іншому певного рівня, є незалежними. Можна виділити наступні основні етапи у застосуванні методу аналізу ієрархій:

I. Постановка проблеми і її представлення у вигляді деякої ієрархії (альтернативи вирішення проблеми, критерії оцінки, тощо);

II. Збір вихідної інформації та її попередня оцінка шляхом реалізації процедур попарного порівняння елементів кожного рівня даної ієрархії;

III. Обробка результатів порівняння елементів ієрархії: тут, в першу чергу, необхідно оцінити узгодженість (несуперечність), отриманої на 2-му етапі інформації, а також вагомість альтернатив вирішення поставленої проблеми.

Реалізувавши вказані вище етапи щодо методу аналізу ієрархій можна отримати кількісні результати вагомості кожного із елементів заданого завдання.

Математичне підґрунтя дає можливість здобути об'єктивні кількісні оцінки вагомості кожного із елементів заданого завдання.

Метод аналізу перетворює порівняння, які часто є емпіричними, у числові значення, які потім обробляються та порівнюються. Вага кожного фактору дозволяє оцінити кожен з елементів у межах певної ієрархії. Ця здатність перетворювати емпіричні дані в математичні моделі є головним відмінним внеском методу Analytical hierarchy process (далі - АНР) порівняно з іншими методами порівняння.

Після проведення всіх порівнянь та визначення відносної ваги між кожним з критеріїв, що підлягають оцінці, обчислюється числова ймовірність кожної альтернативи. Ця ймовірність визначає ймовірність того, що альтернатива повинна виконати очікувану мету. Чим вище ймовірність, тим більше шансів для альтернативи досягти кінцевої мети портфеля.

Математичний розрахунок, який бере участь у процесі АНР, на перший погляд може здатися простим, але при розгляді більш складних випадків аналіз та обчислення стають більш глибокими та всебічними.

Порівняння двох елементів за допомогою АНР можна виконати різними способами. Однак шкала відносної важливості між двома альтернативами, запропонованими Сааті є найбільш широко використовуваною. Присвоюючи значення від 1 до 9, шкала визначає відносну важливість альтернативи порівняно з іншою альтернативою.

Інтенсивність відносної важливості	Визначення
1	Рівна важливість
3	Помірна перевага одного над другим
5	Істотна, або велика перевага
7	Значна перевага
9	Дуже велика перевага
2, 4, 6, 8	Проміжні значення між двома сусідніми твердженнями

Зазвичай для визначення обґрунтованих різниць між точками вимірювання завжди використовують непарні числа. Використання парних чисел слід приймати лише в тому випадку, якщо необхідно провести переговори між оцінювачами. Коли природного консенсусу досягти не вдається, стає необхідним визначити середню точку як узгоджене рішення (компроміс).

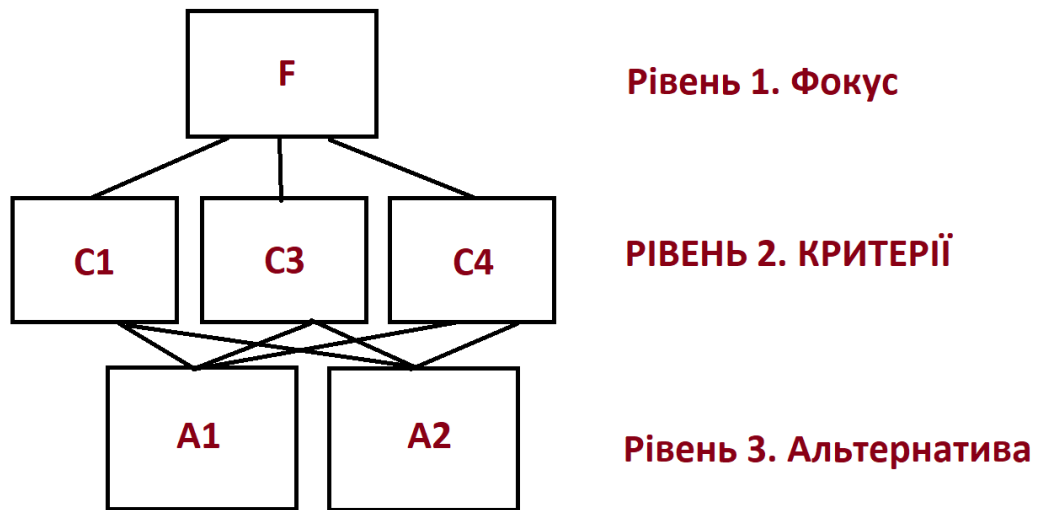
Першим кроком у побудові моделі АНР є визначення критеріїв, які слід використовувати. Як уже зазначалося, кожна організація розробляє та структурує власний набір критеріїв, які, в свою чергу, повинні відповідати стратегічним цілям організації.

Ієрархія атрибутів має принаймні три рівні: фокус або загальна мета проблеми на верхньому рівні, безліч критеріїв, що визначають альтернативи посередині рівня та конкуруючі альтернативи на нижньому рівні. Коли критерії дуже абстрактні, такі як напр. "Благополуччя», під-критерії генеруються згодом за допомогою багаторівневої ієрархії.

Першим кроком у процесі аналізу ієрархії є моделювання проблеми як ієрархії. Одночасно учасники вивчають аспекти проблеми на різних рівнях - від загального до детального, а потім висловлюють її на багаторівневій основі, як вимагає метод прийняття рішень (аналіз ієрархії) Сааті. Працюючи над побудовою ієрархії, вони розширяють своє розуміння проблеми, її контексту, а також думок і почуттів одне одного про те і те.

Структура будь-якої ієрархії АНР буде залежати не тільки від характеру розглянутої проблеми, але також від знань, суджень, цінностей, думок, потреб, бажань тощо. Побудова ієрархії, як правило, передбачає значні обговорення, дослідження та відкриття зацікавлених осіб. Навіть після початкового будівництва його можна змінити, щоб відповідати новим критеріям або критеріям, які спочатку не вважалися важливими; альтернативи також можуть бути додані, вилучені або змінені.

Структура ієрархії атрибутів вимагає побудови наступних кроків: по-перше, розвиток ієрархії (мета, критерії та альтернативи); по-друге, оцінка відносних ваг критеріїв; по-третє, оцінюючи альтернативи відносний пріоритет щодо критеріїв і, нарешті, розрахунок загальних пріоритетів. Ці кроки будуть пояснені за допомогою простої моделі (мал.1).

Мал.1

Після встановлення ієрархії критерії повинні оцінюватися в парах, щоб визначити відносне значення між ними та їх відносну вагу для глобальної мети. Очевидно, що кожен критерій повинен по-різному сприяти фокусу. Рішення може бути прийнято щодо відносного значення серед трьох критеріїв за допомогою парних порівнянь, через те, що парні порівняння набагато простіші ніж порівняння трьох критеріїв одночасно.

Опісля побудови ієрархії наступним етапом є попарне порівняння критеріїв. Порівняння відбувається за допомогою дев'яти пунктів шкали інтенсивності важливості між двома елементами Сааті (Saaty, 2001).

Результат порівняння матиме вигляд:

$$\begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nn} \end{pmatrix}$$

де x_{ij} - це числа відповідно до шкали інтенсивності важливості між двома елементами.

Також варто зазначити, що дана матриця має властивість оберненої симетричності:

$$x_{ij} = 1/x_{ji}$$

Та порівняння елемента з собою ж має результат 1, тому по діагоналі в нашій матриці ми отримаємо одиниці.

Наступним етапом є визначення пріоритетності критеріїв, ми створюємо набір локальних пріоритетів з отриманої вище матриці. Обрахунок власного вектора не є важкою задачею, проте може зайняти досить багато часу. Одним із найкращих методів є геометричне середнє. Це можна зробити перемноживши елементи кожного рядка і вирахувати корінь n-ої степені, де n – це розмірність матриці. Далі ми нормалізуємо отриманий стовпчик ділячи кожен елемент на суму всіх елементів власного вектора. За допомогою даного методу ми можемо скласти почерговість критерій та їхнє відносне значення. Методи апроксимації містять ризик зміни порядку ранжування і як результат неточні дані. Даний метод спирається на власний вектор взятий з побудованої матриці, навіть якщо вона не є узгоджена, як результат даний метод не може покращити результат, проте може дати зрозуміти, що експертам необхідно переглянути отриману матрицю відносності.

$$\begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nn} \end{pmatrix}$$

Відповідно до нашої матриці геометричне середнє матиме вигляд:

$$\sqrt[n]{x_{i1} * \dots * x_{in}} = y_i - \text{геометричне середнє по рядку.}$$

$S = \sum y_i$ - сума геометричного середнього по рядках.

$$y_i/S - \text{нормалізований результат по рядку.}$$

Важливим моментом є узгодженість, нам необхідно визначити показники, які відповідають за узгодженість матриці. Корисним показником для цього є індекс узгодженості (ІУ), даний показник допомагає зрозуміти чи є порушення числової і транзитивної узгодженості.

Всі розрахунки мають похибку, інколи дана похибка може призвести до неправильних результатів. Прикладом може бути вимірювання довжини предмету, вимірювальний приклад може бути в сантиметрах, а предмети мати розмір в міліметра. В такому випадку може скластись ситуація при якій предмет А буде довший за В, В довший за С, проте С довший за А. Для таких випадків необхідно обраховувати індекс узгодженості. Також необхідно зрозуміти, що ідеально узгодженої матриці не може бути, тому необхідний метод оцінки допустимості похибки. ІУ може бути вирахований для будь-якої матриці, необхідно додати елементи кожного стовпчика, далі сума першого стовпчика множиться на значення першого елемента нормалізованого вектора пріоритетів, відповідно суму другого стовпчика необхідно помножити на другий елемент нормалізованого вектора пріоритетів і так далі. Отримані числа необхідно додати і дана сума буде показником λ_{max} . В свою чергу ІС можна порахувати за допомогою λ_{max} за наступною формулою:

$$IU = (\lambda_{max} - n)/(n-1), \text{ де } n - \text{кількість елементів, які порівнюються.}$$

Для обернено симетричної матриці, як у нашому випадку $\lambda_{max} \geq n$.

Наразі є матриця показників ІУ для матриці, де значення визначались випадковим чином, але дані із таблиці Інтенсивності відносної важливості та враховуючи, що матриця повинна бути обернено симетричною:

Кількість елементів	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ІУ	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Якщо розділити отриманий показник ІС на відповідне число з вищевказаної таблиці, в результаті отримаємо новий показник – відносна узгодженість (ВУ). Даний показник повинен бути коло 10%, або менше, щоб вважатись допустимим. Також в деяких випадках можна допустити і 20%. Якщо ж показник вище, тоді експертам потрібно перевірити свої значення.

Опісля необхідно провести повторно вказані вище маніпуляції, проте уже для альтернатив відносно кожного із критеріїв. Як результат ми отримуємо k матриць $n \times n$, де k – кількість критеріїв, n – кількість альтернатив.

Для висновку нам необхідно створити матрицю з показників локальних векторів пріоритетів та провести аналіз, для виводу загального вектору пріоритетів.

Застосування даного методу дозволяє включити в ієрархію всі основні деталі по аналізованій проблемі, використовувати при цьому для аналізу проблеми досить простий математичний апарат, проводити цей аналіз з урахуванням складних, різноманітних структурних і функціональних зв'язків. Розглянутий метод дозволяє групі різних за своїм профілем фахівців взаємодіяти з певної проблеми, модифікувати свої судження, інтегрувати окремі судження щодо представлених альтернатив і, в кінцевому підсумку, досягати оптимальних рішень розглянутих проблем.

РОЗДІЛ 2. Метод аналізу ієрархій для великої кількості альтернатив

Істотною перевагою методу аналізу ієрархій над більшістю існуючих методів оцінки альтернатив є чіткий опис суджень експертів та осіб, які беруть рішення, а також чітке уявлення структури проблеми: складових елементів проблеми і взаємозалежностей між ними. Складність, як було вже зазначено, характеризується великим числом взаємодій між багатьма суб'єктивними і об'єктивними факторами різного типу і ступеня важливості, а також між групами людей (суб'єктів громадської думки) з різними цілями і суперечливими інтересами. Ці обставини визначають ймовірність вибору однієї з альтернатив, яка прийнятна для всіх лише з певним ступенем компромісу.

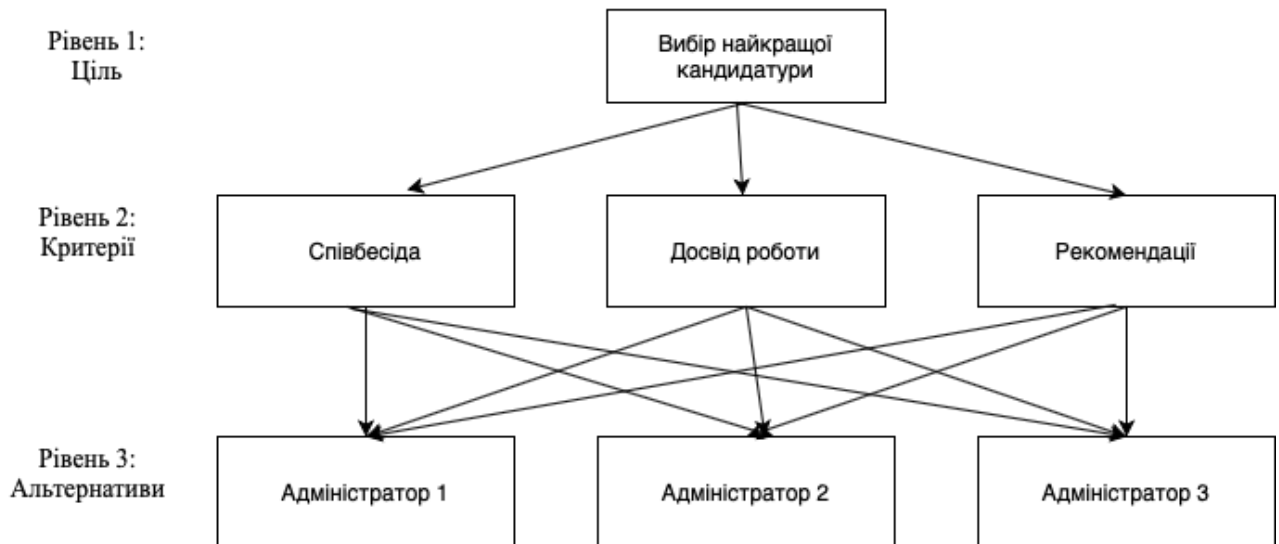
Метод аналізу ієрархій є одним з найбільш сучасних, важливих методів в теорії прийняття рішень і використовується для вибору оптимального рішення проблеми. Тому, метод немає конкретного напрямку застосування, та може бути використано для прийняття рішення у різних сферах життєдіяльності та з абсолютно різним суб'єктивним складом.

Впровадження методу аналізу ієрархій, знайшов своє застосування для підбору кадрів.

Ефективність роботи сучасних соціально-виробничих систем визначається ресурсами. Одним з основних ресурсів будь-якої системи є кадровий потенціал. В даний час велика увага приділяється навчанню, добору і розстановки кадрів на підприємстві і в організаціях. Існує безліч методів підбору кадрів. Їх можна розділити на 2 великі групи: стандартні і нестандартні. До стандартних відносяться: співбесіди, випробування, центри оцінки та тестування респондентів. Серед нестандартних можна виділити: оцінка почерку, соціоніка, фізіономіка, відбір на ім'я та інші. Перераховані вище методи застосовуються в інформаційних системах для підбору кадрів. Методи можуть доповнювати один одного, можуть використовуватися самостійно.[7]

При виборі кандидатуру на вакантну посаду керівник підприємства чи підрозділу уже точно знає, який кваліфікований кадр потрібен йому у команду, тому, метод аналізу ієрархій є найбільш вдалим методом для вибору при наявності великої кількості альтернатив.

Рівні ієрархії



Застосування ж МАІ можливо і в сфері вибору рекламної мережі. Рішення завдання про вибір рекламної мережі залежить від ряду критеріїв, тобто задача вибору рекламної мережі є багатокритеріальною. В умовах обмеженого і порівняно невеликої кількості критеріїв вибору і альтернативних варіантів рекламних мереж найбільш простий і зручною формалізацією прийняття багатокритеріального рішення може бути метод аналізу ієрархії.

Порядок застосування методу аналізу ієрархій для вибору рекламної мережі полягає в наступному:

- визначення оціночних критеріїв для вибору рекламної мережі;
- побудова якісної моделі проблеми у вигляді ієрархії, що включає мету, альтернативні варіанти досягнення мети і критерії для оцінки якості альтернатив;
- формування матриць парних порівнянь для всіх рівнів ієрархії: матриць парних порівнянь критеріїв одного рівня між собою, критеріїв нижнього рівня щодо критеріїв вищого рівня і альтернатив щодо критеріїв;

- обчислення векторів локальних пріоритетів для кожної матриці парних порівнянь;
- оцінка ступеня узгодженості матриць парних порівнянь;
- визначення локальних пріоритетів альтернатив за критеріями;
- синтез глобальних пріоритетів альтернатив шляхом лінійної згортки пріоритетів елементів на ієрархії і прийняття рішення на основі отриманих результатів.[10]

	Якість інтернет-медіа	Масштабованість бізнесу	Керування	Творчий підхід	Інтегроване маркетингове планування	Якість обслуговування	Рекламні тарифи
Якість інтернет-медіа	1	4	3	3	2	2	2
Масштабованість бізнесу	1/4	1	1/3	1/3	1/3	1/4	1/3
Керування	1/3	3	1	2	1/2	1/2	1
Творчий підхід	1/3	3	1/2	1	1/2	1/2	1/2
Інтегроване маркетингове планування	1/2	3	2	2	1	1/2	2

Якість обслуговування	1/2	4	2	2	2	1	2
Рекламні тарифи	1/2	3	1	2	1/2	1/2	1

Якість інтернет-медіа

	Популярність	Користувачі	Відвідуваність	Контент
Популярність	1	2	3	3
Користувачі	1/2	1	2	2
Відвідуваність	1/3	1/2	1	2
Контент	1/3	1/2	1/2	1

Творчий підхід

	Відклик банера	Макет
Відклик банера	1	3
Макет	1/3	1

Масштабування бізнесу

	Категорії	Сайти	Глобальність
Категорії	1	1/2	2
Сайти	2	1	2
Глобальність	1/2	1/2	1

Інтегроване маркетингове планування

	Аналіз	Медіаплан	Кампанія
Аналіз	1	1/2	1/2
Медіаплан	2	1	1/2
Кампанія	2	2	1

Керування

	Таргетін г	Манер а	Моніторин г	Сучасність ь	Дружелюбність ь
Аналіз	1	2	1/2	1/2	1
Медіаплан	1/2	1	1/2	1/2	1/2
Кампанія	2	2	1	2	2
Сучасність	2	2	2	1	2
Дружелюбність ь	1	1/2	1/2	1/2	1

Якість послуг

	Узгодженість	Професіоналізм
Узгодженість	1	2
Професіоналізм	1/2	1

Критерії	Вага	Компанія 1	Компанія 2	Компанія 3
Якість інтернет-медіа	0,287	0,26	0,19	0,32
Масштабованість бізнесу	0,046	0,279	0,272	0,268
Керування	0,119	0,215	0,27	0,419
Творчий підхід	0,107	0,211	0,272	0,309
Інтегроване маркетингове планування	0,136	0,154	0,201	0,375
Якість обслуговування	0,185	0,178	0,192	0,523

Рекламні тарифи	0,121	1,180	0,29	0,252
Загальна оцінка		0,211	0,219	0,365
Пріоритет		3	2	1

Не менш вагомим є використання даного методу в оцінці впливу на навколишнє середовище (ОВНС) - це суттєво складний багатовимірний процес, що включає безліч критеріїв та декількох учасників. Багатокритеріальні методи можуть слугувати корисними засобами для прийняття рішень для проведення ОВНС. МАІ може гнучко поєднувати кількісні та якісні фактори, обробляти різні групи суб'єктів, поєднувати думки, висловлені багатьма експертами, і може допомогти в аналізі зацікавлених сторін.

Метод аналізу ієрархій має велику значимість і частоту застосування при виборі будь-яких альтернатив. Даний метод допомагає заощадити час на виборі, математично обґрунтовує переваги і допомагає у вирішенні поставлених завдань влюбій сфері.

Втім наявні і недоліки методу аналізу ієрархій для великої кількості альтернатив.

Щоб визначити відносні зважування між n альтернативами, в принципі необхідно лише виконати $n-1$ оцінки. Виконуючи повний набір повних парних порівнянь більше інформації, ніж потрібно збирається, але отримується більш різноманітна оцінка, і якщо одна або декілька відповідей неточні, інша відповіді компенсують неточність. Кількість суджень J , які мають бути зроблені при повному попарному порівнянні, можна визначити за (Belton and Stewart, 2002):

$$C_2^n$$

Коли ми розглядаємо постійно мінливу динаміку сучасного середовища, якої ми ніколи раніше не бачили, правильний вибір, заснований на адекватних і послідовних цілях, є критичним фактором.

По суті, пріоритетність проектів у портфелі є не що інше, як схема замовлення, заснована на співвідношенні вигод та витрат кожного проекту. Пріоритетними будуть проекти з більшим прибутком порівняно з їх вартістю. Важливо зауважити, що співвідношення вигод та витрат не обов'язково означає використання виняткових фінансових критеріїв, таких як добре відоме поєднання вигод та витрат, а натомість більш широке поняття вигод, отриманих від проекту та пов'язаних з ним зусиль.

Метод аналізу ієрархій допускає непослідовність, але забезпечує міру невідповідності у кожному наборі суджень. Це міра є важливим побічним продуктом процесу виведення пріоритетів на основі парних порівнянь. Це природно, що люди хочуть бути послідовними, оскільки послідовність часто вважається необхідною умовою чіткого мислення. Однак реальний світу навряд чи колись ідеально узгоджується, і ми можемо пізнавати лише нові речі допускаючи певну невідповідність того, що ми вже знаємо.

Нижче наведено деякі причини невідповідності:

- **Недостатня кількість інформації.** Якщо особа, що приймає рішення, має мало або взагалі не має інформації, тоді судження видаватимуться випадковими та призведе до високого співвідношення послідовності.
- **Відсутність концентрації.** Відсутність концентрації під час, наприклад, судового процесу може статися, якщо особи, які приймають рішення, втомлюються або насправді не зацікавлені в ньому. В даному випадку, щоб цього не сталося рішення - робота аналітика.
- **Реальний світ не завжди є послідовним.** Реальний світ рідко буває ідеально послідовним, а іноді зовсім непослідовним. Шахи є гарним прикладом: нерідкі випадки, коли 1-розрядник перемагає 2-розрядника, після чого 2-розрядник перемагає 3-розрядника, після чого 3-розрядник перемагає 1-розрядника. Такі невідповідності як ця може бути пояснена як через випадковість, так і через існуючі для цього причини (наприклад, вибраний дебют чи рівень підготовки).

- **Неадекватна структура моделі.** Кінцевою причиною невідповідності є «неадекватна» структура моделі. В ідеалі можна було б структурувати складне рішення ієрархічно таким чином, щоб були фактори на будь-якому рівні порівнянні, на порядок чи близько того, з іншими факторами на цьому рівні. Практичні міркування можуть виключити таке структурування, і все ще можна отримати значущі результати. Припустимо, наприклад, кілька предметів, які відрізнялися на цілих два порядки порівняно. Можна помилково зробити висновок, що дана шкала не здатна вловити відмінності, оскільки шкала коливається в межах від 1 до 9. Однак, оскільки отримані пріоритети базуються при домінуванні другого, третього та вищого порядку, АНР може створювати пріоритети далеко поза будь-яким порядком величини. Вищий, ніж звичайно, коефіцієнт невідповідності призведе до надзвичайних суджень.

Важливо, щоб низький коефіцієнт невідповідності не став метою процесу прийняття рішень. Можна бути ідеально послідовним, але послідовно неправильним. Важливіше бути точним, ніж послідовним.

Загальна оцінка альтернативи визначається шляхом множення її оціночної оцінки за кожним критерієм нижчого рівня на сукупну вагу цього критерію, а потім додавання результативних значень. Якщо значення відносно окремих критеріїв оцінювали за шкалою від 0 до 100, а ваги нормували до суми до 1, тоді загальні значення будуть лежати за шкалою від 0 до 100. Якщо критерії структуровані як дерево значень, тоді це також інформативно для визначення балів на середніх рівнях дерева. Це дозволяє порівняти альтернативи, наприклад, щодо доступності.

Однак визначення загальної величини ні в якому разі не слід розглядати як кінець аналізу, а просто черговий крок у подальшому розумінні та сприянні дискусії про проблему. Хоча основна модель проста і статична, що не повинно бути обмеженням у її використанні, він забезпечує потужний інструмент для повернення до тих, хто приймає рішення, інформації, яку вони надали, суджень які вони зробили, і початкова спроба їх синтезу. Ступінь, в якій модель буде успішним каталізатором для обговорення проблеми та вивчення власних та

чужих цінностей, залежить від ефективності зворотного зв'язку. Прості, статичні візуальні дисплеї – це ефективні засоби відображення зворотної інформації та добре продумані візуальні інтерактивні інтерфейси для забезпечення потужного засобу для вивчення наслідків невизначеності щодо цінностей.

При вивченні моделі особам, які приймають рішення, слід перевірити загальну оцінку та часткові зведення інформація проти їх інтуїтивне судження. Чи результати відповідають інтуїції? Якщо ні, чому ні? Чи можна було неправильно оцінити деякі значення? Чи є аспект продуктивності, який не врахований в модель? Модель невідповідна? Метою аналізу має бути досягнення збіжностей між результатами моделі та інтуїції тих, хто приймає рішення.

Особи, що приймають рішення, повинні дивитись не лише на загальну оцінку альтернатив, але і на їхні профілі. Як загальна вартість альтернативи складена? Це хороший «універсал» чи він має певні сильні сторони і слабкі сторони? Альтернативи зі схожими загальними балами можуть мати дуже різні профілі. Чи є домінуючі або доміновані альтернативи? Один варіант домінує над іншим, якщо він робить принаймні однаково добре на всіх критеріях, що мають відношення до рішення. Простіше кажучи, якщо є варіант, який домінує над усіма іншими, він не повинен бути кандидатом на вибір. Однак, замість того, щоб діяти як жорсткі настанови, ці концепції слід використовувати як каталізатори для подальших роздумів та вивчення проблемної ситуації.

Якщо ми розглядаємо задачу з великою кількістю альтернатив, то попарне порівняння займатиме C_n^n , де n – кількість альтернатив. Відповідно для великої кількості альтернатив кількість порівнянь займатиме дуже велику кількість часу, що є вагою проблемою, оскільки зазвичай альтернатив у нас велика кількість.

Візьмемо, що велика кількість альтернатив це починаючи з п'ятнадцяти. В даній роботі ми пропонуємо метод, який зменшує час попарного порівняння для ефективнішої та швидшої роботи методу аналізу ієрархій.

Суть метода полягає у розпаралелюванні процесу заповнення матриці попарного порівняння. В оригінальному варіанті у нас один експерт/група експертів оцінюють попарне порівняння всіх елементів матриці. В даній роботі

ми пропонуємо попарне порівняння розділити між двома експертами/групами експертів та за допомогою запропонованого алгоритму на основі двох отриманих матриць від експертів вивести одну, повну матрицю попарного порівняння усіх елементів.

Основою алгоритму виведення однієї матриці із двох отриманих від експертів, є те що повинен бути один елемент спільний у обох експертів для порівняння.

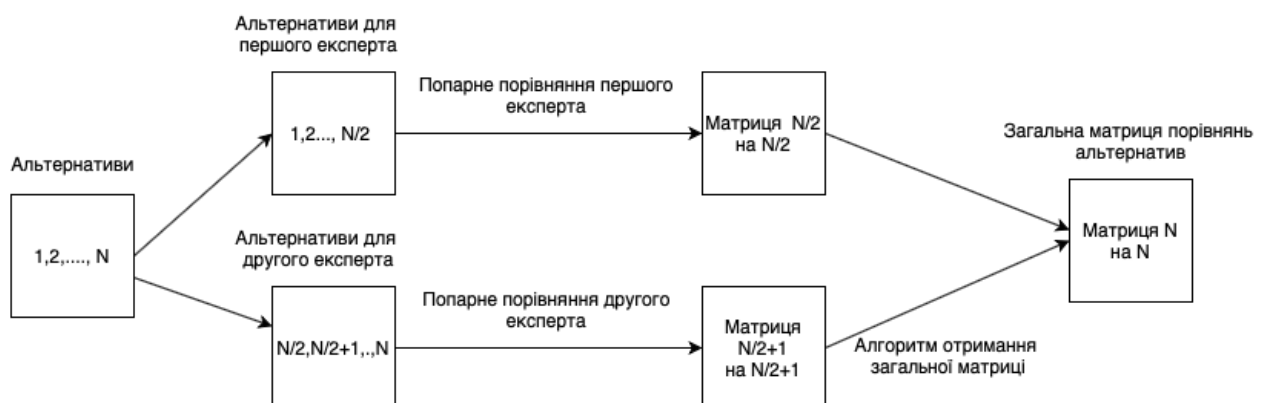
$n_1 = n / 2$; де n – кількість елементів, які порівнюються, n_1 – кількість елементів у матриці першого експерта/ групи експертів.

$n_2 = n - n_1 + 1$; де n_2 – кількість елементів у матриці другого експерта/ групи експертів.

Таким чином в першого експерта/групи експертів буде для порівняння елементи $1, 2, \dots, n/2$. В другого експерта/ групи експертів будуть елементи для порівняння $n/2, n/2+1, \dots, n$.

В результаті порівнянь ми отримаємо дві матриці розмірності n_1 на n_1 та n_2 на n_2 , порівнянь буде $C_2^{n_1} + C_2^{n_2}$, що буде менше аніж C_2^n . Наступним етапом необхідно вивести одну матрицю, наприклад, нам потрібно знайти порівняння елементу 1 з $n/2+1$, для цього необхідно знайти значення порівнянь цих елементів з спільним елементом ($n/2$), тоді значенням порівняння буде середнє значення між цими показниками, яке відповідає значенню із шкали відносної важливості між двома альтернативами, запропонованими Сааті.

Опис даного алгоритму можна продемонструвати за допомогою наступної блок-схеми:



Алгоритм отримання загальної матриці наступний:

На вході ми маємо дві матриці. Нехай n – кількість альтернатив, a_{ij} – значення порівняння і елемента з j , тоді:

Перша матриця:

a_1^1	a_2^1$	....	a_{n/2}^1$
a_1^2	a_2^2$	....	a_{n/2}^2$
....
$a_1^{n/2}$	$a_2^{n/2}$	....	$a_{n/2}^{n/2}$

Друга матриця:

$a_{n/2}^{n/2}$	$a_{\left(\frac{n}{2}\right)+1}^{n/2}$	....	....	$a_n^{n/2}$
$a_{n/2}^{\left(\frac{n}{2}\right)+1}$	$a_{\left(\frac{n}{2}\right)+1}^{\left(\frac{n}{2}\right)+1}$	....	....	$a_n^{\left(\frac{n}{2}\right)+1}$
....
....
$a_{n/2}^n$	$a_{\left(\frac{n}{2}\right)+1}^n$	....	....	a_n^n

В результаті ми повинні отримати наступну матрицю:

Альтернативи	1	2	...	$n/2$	$(n/2) + 1$	...	...	n
1	a_1^1	a_2^1$	....	a_{n/2}^1$				
2	a_1^2	a_2^2$	....	a_{n/2}^2$				
...				
$n/2$	$a_1^{n/2}$	$a_2^{n/2}$	....	$a_{n/2}^{n/2}$	$a_{\left(\frac{n}{2}\right)+1}^{n/2}$	....	....	$a_n^{n/2}$
$(n/2) + 1$				$a_{n/2}^{\left(\frac{n}{2}\right)+1}$	$a_{\left(\frac{n}{2}\right)+1}^{\left(\frac{n}{2}\right)+1}$	....	....	$a_n^{\left(\frac{n}{2}\right)+1}$
...			
...			

n				$a_{n/2}^n$	$a_{(\frac{n}{2})+1}^n$	a_n^n
---	--	--	--	-------------	-------------------------	------	------	---------

Заповнені елементи матриці – це елементи з матриці першої та другої, пусті поля це порівняння, які необхідно заповнити за допомогою запропонованого алгоритму:

Нехай невідомий елемент матриці - x_k^s , тоді $x_k^s = (I(a_{n/2}^s) - I(a_{n/2}^k)) / 2$,

де $I(m)$ – це порядковий номер значення m в шкалі Сааті. Наприклад $1/9$ – це нульовий порядковий номер, $1/8$ – перший порядковий номер і так далі.

РОЗДІЛ 3. Розробка програмного забезпечення

В даній роботі був розроблений алгоритм, який дозволяє полегшити та пришвидшити роботу методу аналізу ієрархії для великої кількості альтернатив, велику кількість для даного методу вважають починаючи з п'ятнадцяти.

Даний алгоритм був реалізований на Java за допомогою Eclipse. Застосунок містить три основні класи: MadeMatrix, MergeMatrix та Main.

Клас MadeMatrix містить в собі методи для створення двох матриць на основі даних від експертів. Ми зчитуємо дані про кількість альтернатив та їх перелік, розділяємо на два списки наступним чином:

$n1 = n / 2$; де n – кількість елементів, які порівнюються, $n1$ – кількість елементів у матриці першого експерта/ групи експертів.

$n2 = n - n1 + 1$; де $n2$ – кількість елементів у матриці другого експерта/ групи експертів.

```

1 import java.util.Scanner;
2
3 public class MadeMatrix
4 {
5 @SuppressWarnings({ "static-access", "unused", "resource" })
6 public static void init(int n,double []p1,double []p2)
7 {
8     MergeMatrix ahp=new MergeMatrix();
9
10    //int n;
11    int NUM1;
12    int NUM2;
13    Scanner scan=new Scanner(System.in);
14
15    System.out.println("Enter the number of alternative");
16    System.out.println("n=");
17    n=scan.nextInt();
18    int numberMat1=n/2;
19    int numberMat2=n-numberMat1 +1;
20    NUM1=(numberMat1*numberMat1-numberMat1)/2;
21    NUM2=(numberMat2*numberMat2-numberMat2)/2;
22
23    double [][] a1=new double[numberMat1][numberMat1];
24    double [][] a2=new double[numberMat2][numberMat2];
25    String [] alternative1=new String[numberMat1];
26    String [] alternative2=new String[numberMat2];
27    // double [] p1=new double[] {5,3,7,0.333,5,6};//used to hold the values of comparisons
28    // double [] p2=new double[] {0.3333,0.25,0.142,0.125,0.5,0.2,0.16666,0.2,0.16666,0.5};
29    System.out.println("Enter the alternative:");
30    for(int i=0; i<numberMat1;i++)
31    {
32        System.out.print("Alternative "+(i+1)+":");
33        alternative1[i]=Integer.toString(i+1);//scan.next();
34    }
35    alternative2[0]=alternative1[numberMat1-1];
36    for(int i=1; i<numberMat2;i++)
37    {
38        System.out.print("Alternative "+(numberMat1+i)+":");
39        alternative2[i]=Integer.toString(i+n/2+1);//scan.next();
40    }

```

Наступним кроком є зчитування попарних порівнянь експертів/ групи експертів. Експертам/групі експертів необхідно вказати лише верхню частину попарних порівнянь (над діагоналлю), адже у нас по діагоналі значення завжди дорівнює одиниці та матриці є обернено симетричними, що означає коли у нас є значення a_{ij} , то значення a_{ji} дорівнює $1/a_{ij}$, таким чином зменшується кількість елементів, які необхідно порівняти експертам/групам експертів.

```

31     {
32         System.out.print("Alternative "+(i+1)+":");
33         alternative1[i]=Integer.toString(i+1);//scan.next();
34     }
35     alternative2[0]=alternative1[numberMat1-1];
36     for(int i=1; i<numberMat2;i++)
37     {
38         System.out.print("Alternative "+(numberMat1+i)+":");
39         alternative2[i]=Integer.toString(i+n/2+1);//scan.next();
40     }
41     System.out.println("Enter the comparison");
42     int m=0;
43     for(int i=0; i<numberMat1;i++)
44     {
45         for(int j=i+1; j<numberMat1;j++)
46         {
47             System.out.println("Compare "+alternative1[i]+" with "+alternative1[j]+":");
48             p1[m]=scan.nextDouble();
49             m++;
50         }
51     }
52
53     a1=ahp.initialize_matrix(p1,numberMat1);
54     ahp.show_matrix(a1);
55     int m1=0;
56     for(int i=0; i<numberMat2;i++)
57     {
58         for(int j=i+1; j<numberMat2;j++)
59         {
60             System.out.println("Compare "+alternative2[i]+" with "+alternative2[j]+":");
61             p2[m1]=scan.nextDouble();
62             m1++;
63         }
64     }
65
66     a2=ahp.initialize_matrix(p2,numberMat2);
67     ahp.show_matrix(a2);
68     ahp.merge_matrix(a1, a2, n, numberMat1, numberMat2);
69     }
70 }

```

Наступним класом є MergeMatrix, який в свою чергу ініціалізує матриці та використовуючи алгоритм розроблений для великої кількості альтернатив видає третю матрицю, яка є загальною матрицею для всіх n елементів. Також вираховуються додаткові показники узгодженості та вектору пріоритетності.

```

1
2
3 public class MergeMatrix {
4     static double[] num= new double[]{0.111,0.125,0.142,0.167,0.2,2,3,4,5,6,7,8,9};
5     public static double[][] initialize_matrix(double[] p,int n)
6     {
7         //initialize the matrix a
8         double a[][]=new double[n][n];
9         int k=0;
10        for(int i=0; i<n; i++)
11        {
12            for(int j=0; j<n;j++)
13            {
14                if(i==j)
15                    a[i][j]=1;
16                else if(i<j)
17                {
18                    a[i][j]=p[k];
19                    k++;
20                }
21            }
22
23            else if(i>j)
24                a[i][j]=1/a[j][i];
25        }
26    }
27    return a;
28 }
29 }
30
31 public static void show_matrix(double[][] b )
32 {
33     //display the elements of the matrix a
34     System.out.println("\nThe matrix a is:");
35     for(int i=0; i<b.length;i++)
36     {
37         for(int j=0; j<b[i].length; j++)
38             System.out.print(String.format("%.2f",b[i][j])+" ");
39         System.out.println();
40     }
41 }
42 public static void merge_matrix(double[][] a,double[][] b,int n,int n1,int n2)
43 {
44     double [][] finalMat=new double[n][n];
45     for(int i=0;i<n1;i++) {
46         for(int j=0; j<n1;j++)
47         {
48             finalMat[i][j]=a[i][j];
49         }
50     }
51 }
52 for(int i=0;i<n2;i++) {
53     for(int j=0; j<n2;j++)
54     {
55
56         finalMat[i+n1-1][j+n1-1]=b[i][j];
57     }
58 }
59 }
60 for(int i =0;i<n2-2;i++) {
61     for(int j=0; j<n1;j++)
62     {
63         finalMat[i][j+n1]=check(a[i][n1-1],(b[j+1][0]));
64
65         finalMat[j+n1][i]=1/(finalMat[i][j+n1]);
66     }
67 }
68 }
69 show_matrix(finalMat);
70 calculateLMax(finalMat,n);
71 }
72
73 public static double check(double num1,double num2) {
74
75     int count1=0;
76     int count2=0;
77     for (int i=0;i<num.length;i++) {
78         if(num1<num[i] & count1==0)count1=i-1;
79         if(num2<num[i] && count2==0)count2=i-1;
80

```

Для створення загальної матриці обов'язковим моментом є те, що необхідно щоб в експертів/ групи експертів в заданих для них списках елементів був хоча б один спільний елемент, за допомогою якого ми зможемо порівнювати елементи.

```

72
73 public static double check(double num1, double num2) {
74
75     int count1=0;
76     int count2=0;
77     for (int i=0; i<num.length; i++) {
78         if(num1<num[i] & count1==0) count1=i-1;
79         if(num2<num[i] && count2==0) count2=i-1;
80
81     }
82     if (count1==0 && num1 > 0.125) count1=12;
83     if (count2==0 && num2 > 0.125) count2=12;
84     int countF=0;
85     if(count1>count2) {
86         countF=count2+(count1-count2)/2;
87         return num[countF];
88     }
89     else {
90         countF=count1+(count2-count1)/2;
91         return 1/num[countF];
92     }
93
94 }
95 }
96 public static void calculateLMax(double[][] finalM, int n) {
97     double res=0;
98     double[] sum=new double[n];
99     for(int i=0; i<n; i++) {
100         sum[i]=1;
101         for(int j=0; j<n; j++) {
102             //System.out.println(sum[i]);
103             sum[i]*=finalM[i][j];
104             // System.out.println(finalM[i][j]);
105         }
106         //System.out.println(sum[i]);
107         sum[i]=(double)Math.pow(sum[i], 1.0/n);
108         //System.out.println(sum[i]);
109         res+=sum[i];
110     }
111     double[] sumF=new double[n];

```

```

97     double res=0;
98     double[] sum=new double[n];
99     for(int i=0;i<n;i++) {
100         sum[i]=1;
101         for(int j=0;j<n;j++) {
102             //System.out.println(sum[i]);
103             sum[i]*=finalM[i][j];
104             // System.out.println(finalM[i][j]);
105         }
106         //System.out.println(sum[i]);
107         sum[i]=(double)Math.pow(sum[i], 1.0/n);
108         //System.out.println(sum[i]);
109         res+=sum[i];
110     }
111     double[] sumF=new double[n];
112     for(int i=0;i<n;i++) {
113         sumF[i]=sum[i]/res;
114         System.out.println(sumF[i]);
115     }
116     double[] sumL=new double[n];
117     double resul=0;
118     for(int j=0;j<n;j++) {
119         sumL[j]=0;
120         for(int i=0;i<n;i++) {
121             //System.out.println(sum[i]);
122             sumL[j]+=finalM[i][j];
123             System.out.println(finalM[i][j]);
124         }
125
126         resul+=sumL[j]*sumF[j];
127         System.out.println("sum "+sumL[j]);
128     }
129     System.out.println("\Max "+resul);
130     double IS=(resul-n)/(n-1);
131     System.out.println("is "+IS);
132     double os=IS/1.67;
133     System.out.println("os "+os);
134 }
135 }
136

```

Проблемою, яка взята за основу – це вода. Вода є одним із основних потреб людини, враховуючи ситуацію з екологією, доступ до чистої та безпечної води є досить проблематичним. Людині в середньому треба випивати по два літри води в день, наш організм повинен складатись на 70% із води. Таким чином вода є не лише потребою, але й чинником, який впливає на здоров'я організму.

Сучасна ситуація з водою досить небезпечна, тому люди використовують воду не з під крана (якщо така наявна), а купляють, або користуються джерелом. Людей на землі близько 7,8 млрд, доступ у всіх до джерела немає, тому велика кількість людей купляє воду, альтернатив яких дуже велика кількість.

Проте є певний хімічний склад води і треба на основі хімічних елементів прийняти рішення, що ж буде краще для кожного.

Альтернативами в даному завданні будуть наступні джерела води:

1. Цуманські джерела

2. Марія
3. Джерело у с. Грем
4. Залізиста
5. Гор'янківські джерела
6. Броніслава
7. Жива вода
8. Софія
9. Святий дух
10. Едвард
11. Свята криниця
12. Нафтуся
13. Боржомі
14. Барбара
15. Содова
16. Село Чемерин

Для прикладу візьмемо критерії за якими можна оцінити воду, це хімічний склад води, який можна поділити на сім груп:

1. Розчинені гази
2. Головні іони
3. Біогенні речовини
4. Органічні речовини
5. Мікроелементи
6. Радіоактивні елементи
7. Специфічні забруднюючі речовини

Також критерієм можна додати – мінералізація води.

Їхня кількість – вісім, отже експерти/група експертів отримають для порівняння перші – чотири, другі – п'ять.

Матриця перша отримана на основі інформації експертів:

1	5	3	7
1/5	1	1/3	5
1/3	3	1	6
1/7	1/5	1/7	1

Матриця друга отримана на основі даних експертів:

1	1/3	1/4	1/7	1/6
3	1	1/2	1/5	1/7
4	2	1	1/5	1/7
7	5	5	1	1/2
8	6	6	2	1

На основі даних таблиць за допомогою отримаємо загальну таблицю за допомогою описаного вище алгоритму:

1	5	3	7	5	5	1/7	1/7
1/5	1	1/3	5	4	4	1/6	1/6
1/3	3	1	6	4	5	1/6	1/7
1/7	1/5	1/6	1	1/3	1/4	1/7	1/8
1/5	1/4	1/4	3	1	1/2	1/5	1/6
1/5	1/4	1/5	4	2	1	1/5	1/6
7	6	7	6	5	5	1	1/2

7	6	7	8	6	6	2	1
---	---	---	---	---	---	---	---

Також за розрахунками ми отримаємо наступні значення узгодженості отриманої матриці:

$$I_{\text{Max}} = 9.615$$

$i_s = 0.23$, де i_s – це індекс узгодженості

$o_s = 0.16$, де o_s – відносна узгодженість

З даних обрахунків отримана матриця є узгодженою, отже поставлена задача виконана.

Проведемо попарне порівняння альтернатив, щодо першого критерію:

Матриця першого експерта:

1	2	3	9	2	3	2	7
1/2	1	2	5	3	2	1/2	7
1/3	1/2	1	4	2	1/2	1/4	4
1/9	1/5	1/4	1	1/3	6	1/8	1/3
1/2	1/3	1/2	3	1	3	1/2	5
1/3	1/2	2	1/6	1/3	1	4	6
1/2	2	4	8	2	1/4	1	5
1/7	1/7	1/4	3	1/5	1/6	1/5	1

Матриця другого експерта:

1	1/4	9	7	1/9	1/3	2	7	5
4	1	4	1/5	1/7	3	3	5	1/6

1/9	1/4	1	1/5	2	9	1/3	8	3
1/7	5	5	1	2	4	1/2	1/4	2
9	7	1/2	1/2	1	1/9	9	5	4
3	1/3	1/9	1/4	9	1	7	1/7	1/6
1/2	1/3	3	2	1/9	1/7	1	1/3	1/2
1/7	1/5	1/7	4	1/5	7	3	1	3
1/5	6	1/3	1/2	1/4	6	2	1/3	1

Загальна матриця:

1	2	3	9	2	3	2	7	5	2	3	1/8	5	4	3	4
1/2	1	2	5	3	2	1/2	7	5	2	3	1/8	5	4	3	4
1/3	1/2	1	4	2	1/2	1/4	4	1/4	1/5	1/5	1/6	3	2	1/5	2
1/9	1/5	1/4	1	1/3	6	1/8	1/3	1/2	1/7	1/6	1/5	1/2	5	1/6	5
1/2	1/3	1/2	3	1	3	1/2	5	4	1/5	2	1/7	4	3	2	3
1/3	1/2	2	1/6	1/3	1	4	6	5	2	2	1/7	4	3	2	3
1/2	2	4	8	2	1/4	1	5	4	1/5	2	1/7	4	3	2	3
1/7	1/7	1/4	3	1/5	1/6	1/5	1	1/4	9	7	1/9	1/3	2	7	5
1/5	1/5	4	2	1/4	1/5	1/4	4	1	4	1/5	1/7	3	3	5	1/6
1/2	1/2	5	7	5	1/2	5	1/9	1/4	1	1/5	2	9	1/3	8	3
1/3	1/3	5	6	1/2	1/2	1/2	1/7	5	5	1	2	4	1/2	1/4	2
8	8	6	5	7	7	7	9	7	1/2	1/2	1	1/9	9	5	4

1/5	1/5	1/3	2	1/4	1/4	1/4	3	1/3	1/9	1/4	9	1	7	1/7	1/6
1/4	1/4	1/2	1/5	1/3	1/3	1/3	1/2	1/3	3	2	1/9	1/7	1	1/3	1/2
1/3	1/3	5	6	1/2	1/2	1/2	1/7	1/5	1/7	4	1/5	7	3	1	3
1/25	1/4	1/2	1/5	1/3	1/3	1/3	1/5	6	1/3	1/2	1/4	6	2	1/3	1

Вектор пріоритетів наступний:

1. 0.13360439226256404
2. 0.10558518900762398
3. 0.03562554848747829
4. 0.022913703889511732
5. 0.0639367273171998
6. 0.06842363377252657
7. 0.08083580922683731
8. 0.03663094764730818
9. 0.039455061061420285
- 10.0.06825747378437606
- 11.0.05523165745465554
- 12.0.1708474431003413
- 13.0.026014731908939322
- 14.0.02110219063020267
- 15.0.04390016150560842
- 16.0.027635328943406444

Показники узгодженості:

$$I_{\max} = 26.991965175442857$$

$i_s = 0.7327976783628571$, де i_s – це індекс узгодженості

$o_s = 0.4495691278299737$, де o_s – відносна узгодженість

Показники узгодженості показали досить немалий відсоток, проте це у зв'язку з тим, що попарне порівняння проводилось не експертом.

За результатами перевірки по першому критерію у нас вийшла наступна пріоритетність:

1. Нафтуся
2. Цуманські джерела
3. Марія
4. Жива вода
5. Броніслава
6. Едвард
7. Гор'янківські джерела
8. Свята криниця
9. Содова
10. Святий дух
11. Софія
12. Джерело у с. Грем
13. Село Чемерин
14. Боржомі
15. Залізіста
16. Барбара

Наступними кроками є порівняння за кожним із критеріїв та виведення загального вектора пріоритетності альтернатив.

По даним результатам можна зрозуміти, що даний метод необхідно ще удосконалювати, та перевіряти за допомогою даних експертів та їх результатів. Удосконалити можна за рахунок додавання кількості спільних елементів, або додати коефіцієнт, який допоможе точніше визначати результат порівняння в узагальненій матриці на основі даних від експертів.

ВИСНОВКИ

Задача прийняття рішення досить поширена проблема. Ми приймаємо рішення кожного дня, від маленьких до таких, які змінюють наше життя назавжди. Людині важко оцінити будь-яку ситуацію та прийняти рішення. Часто у нас відсутня інформація, або нам важко її опрацювати. Кількість порівнянь може досягати величезного числа і обрахувати це людині дуже важко. Одним із таких методів, які вирішують проблему прийняття рішення – це метод аналізу ієрархій. За допомогою даного методу необхідно пройти декілька етапів та отримати вектор пріоритетів, який допоможе прийняти зважене рішення.

МАІ дозволяє проаналізувати критерії та альтернативи вибору, базуючись на більш математичних методах та частково на людській інтуїції і експертності. Даний метод має безліч перспектив для використання, він може використовуватися практично в будь-якій діяльності, що вимагає прийняття зваженого і багатокритеріального рішення. МАІ має величезний потенціал свого використання в банківській та медичній діяльності, сфері послуг.

В ході магістерської роботи було розглянуто та проаналізовано складову методу аналізу ієрархій, його суть та історичне підґрунтя, було розглянуто метод аналізу ієрархій для великої кількості альтернатив, які проблеми можуть виникати в даному випадку, також описані переваги та недоліки даного методу.

Також був розроблений алгоритм для легшої та швидшої роботи методу аналізу ієрархії з великою кількістю альтернатив. Метод полегшує роботу не лише програмної частини, але й людського фактору (експертів), що більш формалізує метод.

Алгоритм має поле для покращення, оскільки можна додати не один спільний елемент, а більше в залежності від кількості елементів, також можна додати коефіцієнт, який буде допомагати визначати значення порівняння за допомогою спільного елемента результату порівнянь експертів/групи експертів.

Однією із основних проблем даного методу є попарне порівняння, адже воно масивне та включає в себе людський фактор, що зменшує точність

обрахунку. Дана робота демонструє один із варіантів, які допоможуть зменшити дану проблему та покращити результати.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1) Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий – Москва «Радио и связь». 1993.
- 2) G. O. Odu and O. E. Charles-Owaba. Review of Multi-criteria Optimization Methods – Theory and Applications – IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN). October 2013.
- 3) Alessio Ishizaka and Ashraf Labib. Review of the main developments in the Analytic Hierarchy Process, 2011.
- 4) J. I. Pelaez, M. T. Lamata. A new Measure of Consistency for Positive Reciprocal Matrices – An International Journal computers & mathematics with applications, 2003.
- 5) Rhonda Aull-Hyde, Sergi Erdogan, Joshua M. Duke. An experiment on the consistency of aggregated comparison matrices in AHP - European Journal of operational research. 2006
- 6) Т. Саати, К. Кернс. Аналитическое планирование. Организация систем - Москва «Радио и связь». 1991.
- 7) Ходаков В., Кирюшатова Е. Применение метода анализа иерархий для подбора кадров – Проблеми інформаційних технологій – с.205
- 8) Lubentsov A. The advantage of the method of hierarchy analysis, the statistical methods of decision support – Journal of physics: conference series. 2019
- 9) Волокобинский М., Пекарская О., Рази Д. Принятие решений на основе метода анализа иерархий – Экономика и управление народным хозяйством, 2016.
- 10) Фандеева Е., Харченко В. Приминение метода анализа иерархий для выбора рекламной сети в интернете -Радіоелектроніка, інформатика, управління, 2014.
- 11) What is Analytical Hierarchy Process (AHP) and How to Use it ?
[Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу:

- <https://www.managementstudyguide.com/analytical-hierarchy-process.html>
- 12) Applying Multi-Criteria Decision Analysis Methods in Embedded Systems Design [Электронный ресурс] - Режим доступа до ресурсу: <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A657391&dswid=4881>
- 13) Применение метода анализа иерархий в одной задаче системного анализа социальных систем [Электронный ресурс] - Режим доступа до ресурсу: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-metoda-analiza-ierarhiy-v-odnoy-zadache-sistemnogo-analiza-sotsialnyh-sistem/viewer>
- 14) Methods to inform the development of concise objectives hierarchies in multi-criteria decision analysis [Электронный ресурс] - Режим доступа до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221719301870>
- 15) Рудзейт, О. Ю. Применение метода анализа иерархий для оценки типа серверного оборудования / О. Ю. Рудзейт, В. Е. Жигульский, В. М. Титанов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2018. — № 11 (197). — С. 49-53. — [Электронный ресурс]: <https://moluch.ru/archive/197/48800/> (дата обращения: 06.06.2021).
- 16) How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process [Электронный ресурс] - Режим доступа до ресурсу: <https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/inte.24.6.19>

Додаток 1

Main.java

```

public class Main {
    static String[] criterias;
    static String[] alternatives;
    public static void main(String[] args)
    {

        criterias=new String[] {"A","B","C","D","E","F","G","H"};
        alternatives=new String[] {"A","B","C","D","E","F","G","H","A1","B1","C1","D1","E1","F1","G1","H1"};
        int n =alternatives.length;
        MadeMatrix.init(criterias.length,new double[] {5,3,7,0.333,5,6}, new
double[] {0.3333,0.25,0.142,0.125,0.5,0.2,0.16666,0.2,0.16666,0.5});
        MadeMatrix.init(n,new double[] {2,3,9,2,3,2,7,2,5,3,2,0.5,7,4,2,0.5,0.25,4,0.333,6,0.125,0.333,3,0.5,5,4,6,5}, new
double[] {0.25,9,7,0.111,0.333,2,7,5,4,0.2,0.142,3,3,5,0.167,0.2,2,9,0.333,8,3,2,4,0.5,0.25,2,0.111,9,5,4,7,0.142,0.168,0.333,0.5,3});
    }
}

```

MergeMatrix.java

```

public class MergeMatrix {
    static double[] num= new double[] {0.111,0.125,0.142,0.167,0.2,2,3,4,5,6,7,8,9};
    public static double[][] initialize_matrix(double[] p,int n)
    {
        //initialize the matrix a
        double a[][]=new double[n][n];
        int k=0;
        for(int i=0; i<n; i++)
        {
            for(int j=0; j<n;j++)
            {
                if(i==j)
                    a[i][j]=1;
                else if(i<j)
                {
                    a[i][j]=p[k];
                    k++;
                }

                else if(i>j)
                    a[i][j]=1/a[j][i];
            }
        }
        return a;
    }
}

```

```

}

public static void show_matrix(double[][] b)
{
    //display the elements of the matrix a
    System.out.println("\nThe matrix a is:");
    for(int i=0; i<b.length;i++)
    {
        for(int j=0; j<b[i].length; j++)
            System.out.print(String.format("%.2f",b[i][j])+" ");
        System.out.println();
    }
}

public static void merge_matrix(double[][] a,double[][] b,int n,int n1,int n2)
{
    double [][] finalMat=new double[n][n];
    for(int i=0;i<n1;i++) {
        for(int j=0; j<n1;j++)
        {
            finalMat[i][j]=a[i][j];
        }
    }
    for(int i=0;i<n2;i++) {
        for(int j=0; j<n2;j++)
        {
            finalMat[i+n1-1][j+n1-1]=b[i][j];
        }
    }
    for(int i =0;i<n2-2;i++) {
        for(int j=0; j<n1;j++)
        {
            finalMat[i][j+n1]=check(a[i][n1-1],(b[j+1][0]));

            finalMat[j+n1][i]=1/(finalMat[i][j+n1]);
        }
    }
    }
    show_matrix(finalMat);
    calculateLMax(finalMat,n);
}

public static double check(double num1,double num2) {

    int count1=0;
    int count2=0;

```

```

for (int i=0;i<num.length;i++) {
    if(num1<num[i] & count1==0)count1=i-1;
    if(num2<num[i] && count2==0)count2=i-1;

}
if (count1==0 && num1 > 0.125)count1=12;
if (count2==0 && num2 > 0.125)count2=12;
int countF=0;
if(count1>count2) {
    countF=count2+(count1-count2)/2;
    return num[countF];
}
else {
    countF=count1+(count2-count1)/2;
    return 1/num[countF];
}

}
public static void calculateLMax(double[][]finalM,int n) {
    double res=0;
    double[] sum=new double[n];
    for(int i=0;i<n;i++) {
        sum[i]=1;
        for(int j=0;j<n;j++) {
            //System.out.println(sum[i]);
            sum[i]*=finalM[i][j];
            //      System.out.println(finalM[i][j]);
        }
        //System.out.println(sum[i]);
        sum[i]=(double)Math.pow(sum[i], 1.0/n);
        //System.out.println(sum[i]);
        res+=sum[i];
    }
    double[] sumF=new double[n];
    for(int i=0;i<n;i++) {
        sumF[i]=sum[i]/res;
        System.out.println(sumF[i]);
    }
    double[] sumL=new double[n];
    double resul=0;
    for(int j=0;j<n;j++) {
        sumL[j]=0;
        for(int i=0;i<n;i++) {
            //System.out.println(sum[i]);
            sumL[j]+=finalM[i][j];
            System.out.println(finalM[i][j]);
        }
    }
}

```

```

    resul+=sumL[j]*sumF[j];
    System.out.println("sum "+sumL[j]);
}
System.out.println("lMax "+resul);
double IS=(resul-n)/(n-1);
System.out.println("is "+IS);
double os=IS/1.41;
System.out.println("os "+os);

```

MadeMatrix.java

```

import java.util.Scanner;

public class MadeMatrix
{
    @SuppressWarnings("static-access")
    public static void init(int n,double[]p1,double[]p2)
    {
        MergeMatrix ahp=new MergeMatrix();

        // int n;
        int NUM1;
        int NUM2;
        Scanner scan=new Scanner(System.in);
        //
        // System.out.println("Enter the number of alternative");
        // System.out.println("n=");
        // n=8;//scan.nextInt();
        int numberMat1=n/2;
        int numberMat2=n-numberMat1 +1;
        NUM1=(numberMat1*numberMat1-numberMat1)/2;
        NUM2=(numberMat2*numberMat2-numberMat2)/2;

        double [][] a1=new double[numberMat1][numberMat1];
        double [][] a2=new double[numberMat2][numberMat2];
        String [] alternative1=new String[numberMat1];
        String [] alternative2=new String[numberMat2];
        //double [] p1=new double[] {5,3,7,0.333,5,6};//used to hold the values of comparisons
        //double [] p2=new double[] {0.3333,0.25,0.142,0.125,0.5,0.2,0.16666,0.2,0.16666,0.5};
        // System.out.println("Enter the alternative:");
        // for(int i=0; i<numberMat1;i++)
        // {
        // System.out.print("Alternative "+(i+1)+":");
        // alternative1[i]=Integer.toString(i+1);//scan.next();
        // }
        // alternative2[0]=alternative1[numberMat1-1];
        // for(int i=1; i<numberMat2;i++)
        // {
        // System.out.print("Alternative "+(numberMat1+i)+":");

```

