

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Факультет прикладної математики

Кафедра прикладної математики

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ О.Р. Чертов
(підпис)

“ ___ ” _____ 2015 р.

Дипломна робота

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 6.040301 «Прикладна математика»

на тему: Математичне та програмне забезпечення збору та обробки кардинальних експертних оцінок

Виконала: студентка 4 курсу, групи КМ-11

Коровай Ольга Володимирівна

_____ (підпис)

Керівник: старший викладач, Копичко Сергій Миколайович

_____ (підпис)

Консультант: з нормоконтролю старший викладач Мальчиков В.В

_____ (підпис)

Рецензент: к.т.н., доц. каф. ММСА Селін О.М

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студентка _____ (підпис)

Київ – 2015 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»**

Факультет прикладної математики

Кафедра прикладної математики

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 6.040301 «Прикладна математика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О.Р. Чертов
(підпис)

« ____ » _____ 2015 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту

Коровай Ользі Володимирівні

1. Тема роботи «Математичне та програмне забезпечення збору та обробки кардинальних експертних оцінок»,

керівник роботи старший викладач Копичко Сергій Миколайович,
затверджені наказом по університету від 19.05.2015р. № 1039-С

2. Термін подання студентом роботи 12 червня 2015р.

3. Вихідні дані до роботи:

- кардинальні експертні оцінки;
- математичні методи обробки МПП;
- перелік вимог до програмного забезпечення.

4. Зміст роботи:

- аналіз існуючих рішень, а саме порівняння сучасних СППР;
- огляд математичних методів вирішення задачі та порівняння їх ефективності;
- вибір методу вирішення та детальне його вивчення;
- програмна реалізація поставленої задачі;
- тестування програмного продукту;

5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо) :

- ілюстрації до теоретичного матеріалу;
- екранні форми програми;
- результати тестування програмного продукту;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	ст.викладач Мальчиков В.В.		

7. Дата видачі завдання 01 грудня 2014р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури проблемної області	12.01.2015	
2	Аналіз існуючих рішень	02.02.2015	
3	Огляд математичних методів вирішення задачі	23.02.2015	
4	Порівняння ефективності методів	09.03.2015	
5	Вибір методу та його детальне вивчення	30.03.2015	
6	Програмна реалізація	27.04.2015	
7	Тестування програмного забезпечення	11.05.2015	
8	Подання дипломної роботи на попередній захист	02.06.2015	
9	Подання дипломної роботи рецензенту	08.06.2015	
10	Подання дипломної роботи на захист	12.06.2015	

Студентка

(підпис)

О.В. Коровай

Керівник роботи

(підпис)

С.М. Копичко

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота включає пояснювальну записку (66 с., 10 рис., 4 табл., 2 додатки).

Робота виконана за науковою тематикою Інституту проблем реєстрації інформації НАН України.

Дипломна робота присвячена розробці математичного та програмного забезпечення збору та обробки кардинальних експертних оцінок.

В роботі розглянуті та проаналізовані особливості сучасних СППР, досліджені методи обробки експертних оцінок та розроблене програмне забезпечення. Для розв'язку задачі був обраний комбінаторний метод .

Результати роботи були апробовані на 17-ї Міжнародній науково-технічній конференції SAIT 2015.

Програмне забезпечення може бути застосоване у СППР при обробці експертних оцінок.

Ключові слова:

КАРДИНАЛЬНІ ЕКСПЕРТНІ ОЦІНКИ, ПАРНІ ПОРІВНЯННЯ,
СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ.

ABSTRACT

Bachelor qualification work includes explanatory note (66 p. 10 pics., 4 tables, 2 aps.).

The work is based on scientific projects of the Institute for Information Recording of NAS of Ukraine.

This thesis is devoted to software developing for collecting and processing the cardinal expert estimates.

The features of modern DSS were reviewed and analyzed, methods of processing expertise were investigated and software was developed in the paper. Combinatorial method was chosen for the solution of the problem.

The work results were approved at the 17th International Scientific Conference SAIT 2015.

The software can be used in the processing of DSS expert assessments.

Keywords:

CARDINAL EXPERT ESTIMATES, PAIRED COMPARISON, SUPPORT SYSTEMS.

ЗМІСТ

СПИСОК ТЕРМІНІВ, ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ	9
ВСТУП	10
1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	11
2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ.....	12
2.1 СППР SuperDecisions	12
2.2 СППР PROMETHEE Visual	13
2.3 СППР D-Sight	14
2.4 СППР Logical Decisions	14
2.5 СППР Very Good Choice.....	15
2.6 СППР «Солон-2».....	15
2.7 Порівняльний аналіз СППР	16
2.8 Висновки	18
3 ОГЛЯД МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ	19
3.1 Методи агрегації	20
3.1.1 Метод сум елементів рядків.....	21
3.1.2 Середнє геометричне	21
3.1.3 Метод ступеня	22
3.1.4 Метод нормалізації елементів стовпців.....	22
3.2 Порівняння ефективності методів	23
3.3 Висновки	24
4 МАТЕМАТИЧНИЙ МЕТОД ВИРІШЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ....	25
4.1 Комбінаторний алгоритм	27
4.2 Переваги та недоліки алгоритму	30

4.3 Використання методу на прикладі	31
4.4 Висновки	36
5 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ.....	37
5.1 Опис програми.....	37
5.2 Керівництво користувача.....	38
5.3 Висновки	41
6 ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ	42
6.1 Висновки	43
ВИСНОВКИ.....	44
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	45



СПИСОК ТЕРМІНІВ, ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ГУМПП – ідеально узгоджена матриця парних порівнянь.

КЕО – кардинальні експертні оцінки.

КЦП - комплексна цільова програма.

ОПР - особа, що приймає рішення.

МПП - матриця парних порівнянь.

МЦДОА - метод цільового динамічного оцінювання альтернатив.

ППР – підтримка прийняття рішень.

СППР - системи підтримки прийняття рішень.



ВСТУП

Для прийняття обґрунтованих рішень у будь-якій сфері необхідно враховувати знання та досвід спеціалістів. Тому в СППР використовують методи експертних оцінок, які застосовуються для отримання особистих думок фахівців (експертів), обробки суджень цих фахівців, які виражені у кількісних і/або якісних оцінках. Отримана таким способом інформація використовується особами, що приймають рішення (ОПР).

Дуже часто для отримання експертної інформації використовують метод парних порівнянь. Дуже важливо, щоб інформація, яку надали експерти, була максимально достовірною. Очевидно, що навіть найбільш кваліфікований експерт не може дати ідеальну експертну оцінку певного об'єкта. Також можуть траплятися випадки, коли експерти непослідовні у своїх висновках. Тому необхідно відслідковувати неточності та намагатися їх позбутися. На теперішній час розроблено велику кількість методів обробки експертних оцінок, отриманих при парних порівняннях. Але у таких алгоритмах обробки експертної інформації були помічені деякі суттєві недоліки. Більшість методів виявилися малоефективними, коли узгодженість суджень була низькою, або ж коли у судженнях траплялися протиріччя.

Отже, створення нових, більш точних методів, які б були менш чутливими до таких недоліків, є важливою задачею.

Уданій роботі було реалізовано метод обробки кардинальних експертних оцінок – комбінаторний метод, який є порівняно стійкішим до помилок у судженнях експертів.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Метою дипломної роботи є програмна реалізація математичних методів збору та обробки кардинальних експертних оцінок задля підвищення достовірності рекомендацій ОПР.

Об'єкт дослідження – процес отримання експертних оцінок в СППР.

Предмет дослідження – методи обробки кардинальних експертних оцінок.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати:

- а) аналіз існуючих рішень;
- б) аналіз існуючих математичних методів;
- в) вибір методу за критерієм підвищення достовірності результату експертного оцінювання при наявності неточностей у початкових даних;
- г) програмна реалізація обраного методу.

Програма повинна виконувати наступні функції:

- а) функція діалогового режиму зв'язку з експертом задля отримання попарних оцінок альтернатив;
- б) формування матриці парних порівнянь (МПП) та подальша її обробка обраним методом;
- в) зворотній зв'язок з експертом;
- г) підрахунок вектору переваг альтернатив МПП.

2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

У зв'язку зі стрімким зростанням застосування технологій ППР останнім часом відмічається зростання і попиту на інтелектуальні системи, призначені розв'язувати задачі ППР. Серед останніх світових розробок СППР слід згадати: ExpertChoice, SuperDecisions, D-Sight, Promethee, СОЛОН та їхні модифікації.

Зосередимо увагу на СППР універсального призначення, математичне забезпечення яких включає найбільш популярні сучасні методики прийняття рішень на основі експертних даних [1].



2.1 СППР SuperDecisions

Один з найпоширеніших на сьогоднішній день метод підтримки прийняття рішень метод аналізу ієрархій та мереж, розроблений Сааті, реалізований, зокрема, у СППР SuperDecisions. Ця комп'ютерна система прийшла на зміну відомому у недалекому минулому програмному продукту ExpertChoice [2]. Система призначена для розрахунку відносної ефективності (вагомості) альтернатив на основі їхньої багатокритеріальної оцінки. Граф ієрархії критеріїв у загальному випадку включає чотири підграфи: переваги (B – benefits), можливості (O – opportunities), витрати (C – costs) та ризики (R – risks). Ваги кожної з наявних альтернатив та важливість критеріїв визначаються експертами шляхом парних порівнянь у фундаментальній шкалі, або безпосереднім оцінюванням. Після цього, оцінки агрегуються методом зваженого сумування. Оцінки за критеріями, що відповідають

перевагам та можливостям беруться зі знаком плюс, а оцінки за критеріями, що визначають витрати та ризики зі знаком мінус.

2.2 СППР PROMETHEE Visual

Дана СППР, як і розглянута у попередньому пункті, призначена для побудови ранжирування варіантів рішень (альтернатив) на основі їхніх оцінок за кількома критеріями. Система та метод PROMETHEE (у перекладі на українську мову ця аббревіатура розшифровується як «метод організації ранжирування переваг для збагачення оцінок»), який лежить в її основі, розроблені бельгійськими вченими Жаном П'єром Брансом та Бертраном Марешалем [3]. Promethee Visual є «нащадком» попередніх продуктів, де було реалізовано відповідний метод, таких як PromCalc та DecisionLab. Агрегація оцінок здійснюється методом зваженої суми. Критерії можуть бути якісними або кількісними. Оцінки можуть бути абсолютними та відносними. Особливість методу – наявність так званої «функції переваги» (звичайна, U-подібна, V-подібна, Гаусівська, ступінчаста), яка задає характер відношення переваги у залежності від значень одного чи кількох визначальних параметрів.

2.3 СППР D-Sight

Програма D-Sight[4] призначена для багатокритеріального оцінювання (ранжирування) множини альтернатив із використанням різних шкал (кількісних та якісних). Слід зазначити цікаву можливість формування експертом власної шкали, такої як, наприклад, шкала професійних навичок. Під час експертизи, як і в більшості інших СППР, можна задавати значення оцінок альтернатив та ваг критеріїв. У програмі передбачено багато засобів візуалізації результатів, зокрема, з використанням інструментарію методу PROMETHEE/GAIA та елементів багатфакторної теорії корисності (MAUT).



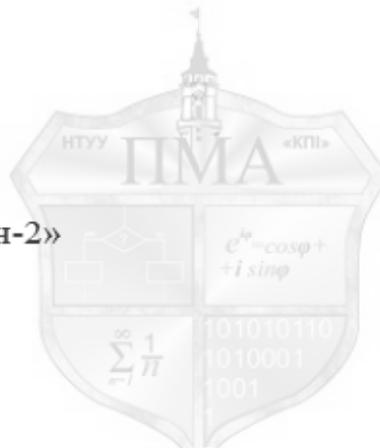
2.4 СППР Logical Decisions

СППР Logical Decisions [5] використовує інструментарій методу аналізу ієрархій та багатфакторної теорії корисності. Система призначена для багатокритеріальної оцінки альтернатив із заданої множини. Ваги критеріїв («measures») задаються шляхом безпосереднього оцінювання, або парних порівнянь у довільній шкалі. Альтернативи оцінюються попарно, знов-таки, у довільній шкалі.

2.5 СППР Very Good Choice

Програма Very Good Choice [6], розроблена компанією MVLsoft, використовує у якості базового методу підтримки прийняття рішень метод ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Realite – виключення та вибір, що відображають реальність). Програма виконана у вигляді «надбудови» для пакету Microsoft Excel. Інтерфейс виконаний виключно французькою мовою (адже метод ELECTRE користується популярністю переважно у франкомовних країнах).

2.6 СППР «Солон-2»



СППР типу «Солон-2» [7,8] є інструментом підтримки прийняття рішень шляхом формування комплексних цільових програм (КЦП). КЦП являє собою сукупність заходів, що об'єднані глобальною ціллю та спільними ресурсами. Основні задачі, що виникають підчас формування КЦП:

- 1) формулювання головної цілі,
- 2) визначення перспективних напрямків її виконання (підцілей),
- 3) відбір найефективніших засобів (проектів) та
- 4) розподіл ресурсів між відібраними проектами.

Для вирішення задач 2) та 3) виникає потреба у ранжируванні об'єктів (проектів, цілей). Технологічний процес підтримки прийняття рішень за

допомогою СППР “Солон-2”, включає наступні етапи: декомпозиція головної цілі та побудова ієрархії цілей, (експертне) визначення часткових коефіцієнтів впливу підцілей, визначення (розрахунок) відносної ефективності напрямків виконання програми та генерація альтернативних проектів, розрахунок коефіцієнтів впливу проектів на досягнення головної цілі, що використовуються у якості показників відносної ефективності проектів. Для розрахунку відносної ефективності проектів у даній СППР застосовується метод цільового динамічного оцінювання альтернатив (МЦДОА).

2.7 Порівняльний аналіз СППР

Порівняльна інформація сучасних СППР наведена у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Порівняльна інформація про можливості сучасних СППР

Назва СППР	Реалізовані методи	Парні порівняння	Часовий аналіз	Аналіз чутливості	Групове оцінювання	Оцінювання ризиків	Наявність веб-версії
D-Sight	MAUT, PROMET HEE	Так	Ні	Так	Так	Так	Так
Expert Choice	AHP	Так	Ні	Так	Так	Так	Так
Logical Decisions	AHP, MAUT	Так	Ні	Так	Так	Так	Ні
PROMETHEE Visual	PROMET HEE	Так	Ні	Так	Так	Так	Ні

Продовження таблиці 2.1

Назва СППР	Реалізовані методи	Парні порівняння	Часовий аналіз	Аналіз чутливості	Групове оцінювання	Оцінювання ризиків	Наявність веб-версії
Super Decisions	АНР, ANP	Так	Ні	Так	Ні	Так	Ні
Very Good Choice	ELECTRE	Так	Ні	Так	Так	Так	Ні
СОЛОН	МЦДОА	Так	Так	Так	Так	Так	Так

Не зупиняючись докладно на окремих програмах та методах, що лежать в основі їхнього математичного забезпечення, звернімо увагу на критерії, за якими порівнюються сучасні СППР, та найважливіших (згідно з таблицею) можливостях цих програмних продуктів. Як бачимо, загальні вимоги до СППР передбачають наступні можливості: введення оцінок у вигляді парних порівнянь, аналізу «чутливості» рішення до зміни ваг критеріїв та значень оцінок, проведення групових експертиз та роботи у дистанційному режимі. Огляд ілюструє найбільш загальні тенденції у розвитку сучасних СППР, що використовують експертні оцінки, зокрема, задані у вигляді парних порівнянь. Варто зосередити увагу на тому факті, що у жодній з наведених СППР не передбачено можливості одночасного введення та подальшої агрегації оцінок за одним і тим же критерієм у різних шкалах, хоча початкові кроки до цього зроблені. В результаті наведеного аналізу відомих світових розробок комп'ютерних систем такого типу та ознайомлення з їхніми можливостями, було виявлено суттєвий недолік наявних СППР, який впливає на ефективність їхнього застосування.

Наприклад, існують технології ППР та реалізовані на їхній основі СППР, в яких при отриманні інформації від експертів попередньо обирається

шкала оцінювання, але необґрунтовано вважається, що обрана шкала однаково прийнятна для усіх експертів, або для усіх питань у заданій предметній області. Таким чином, ігнорується той факт, що кожний експерт має свій рівень обізнаності в кожному питанні експертизи. Даний недолік суттєво впливає на адекватність побудованих експертним шляхом моделей предметних областей і, як наслідок, на відповідність рекомендацій, що надає СППР, дійсним уявленням експертів (їхнім знанням) про предмет експертизи.

2.8 Висновки



На основі огляду розроблених СППР можна зробити висновок, що невід'ємними вимогами до організації роботи з експертами в сучасних СППР є введення оцінок у вигляді парних порівнянь та групова експертиза. З огляду на вищезгадані обмеження наявних технологій ППР та СППР, постає актуальна проблема розробки інструментарію підтримки прийняття рішень різноманітного призначення, що дозволить більш ефективно, адекватно, без тиску на експерта отримувати, тлумачити, обробляти, узгоджувати та агрегувати індивідуальні експертні оцінки, і тим самим, дозволить підвищити ефективність процесу прийняття рішень на основі цих експертних даних.

3 ОГЛЯД МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ВИРШЕННЯ ЗАДАЧІ

Метод парних порівнянь є методом відносних вимірів, сутність якого полягає в тому, що шляхом порівнянь у загальному випадку кожного об'єкта з всіма іншими з даної множини визначаються елементи МПП, які є дійсними числами, що визначають результат порівняння двох об'єктів щодо їхньої загальної властивості (критерію). Відносні пріоритети обчислюються як результати обробки МПП.

При ППР використовується експертна інформація двох видів: концептуально-понятійна та оцінювальна. Інформація першого виду являє собою формулювання цілей, критеріїв альтернатив, при цьому розрізняють абсолютні і відносні оцінки. до абсолютних оцінок відносять оцінки таких параметрів як ймовірність, тривалість і вартість реалізації, час затримки поширення впливу реалізації альтернативи на досягнення цілі. Відносні оцінки застосовуються ширше. Серед них виділяють оцінки двох класів: ординальні та кардинальні.

Ординальні оцінки об'єктів являють собою їхні ранги в ряду переваг по деякому критерію. Кардинальні оцінки об'єктів (цілей, критеріїв, альтернатив) виражаються дійсними числами, що показують ступені виразності у них властивості, за якою порівнюються об'єкти.

Отримання кардинальних оцінок об'єктів є більш складною задачею у порівнянні з визначенням ординальних, проте такі оцінки не тільки дозволяють формувати ранжування об'єктів (ординальні оцінки), а й свідчать про їх відносну вагомість. Визначення кардинальних оцінок є більш загальною задачею ППР, ніж ранжування об'єктів. Ці чинники обумовили розробку СППР, орієнтованих на визначення кардинальних оцінок альтернатив[9].

3.1 Методи агрегації

На теперішній час розроблено велику кількість методів агрегації експертних оцінок, отриманих при парних порівняннях. Одним із найчастіше застосовуваних є метод власного вектора, розроблений Томасом Сааті. Крім того, для МПП мультиплікативного типу (коли при порівняннях експерт відповідає на запитання: «У скільки разів одна з пари альтернатив переважає іншу?») можливо й застосування спрощених методів агрегації, наприклад, знаходження середнього геометричного елементів МПП по кожному рядку цієї матриці, метод ступеню, нормалізації стовпців матриці та інші. Такі спрощені методи зазвичай дають прийнятні результати агрегації при високих ступенях внутрішньої узгодженості МПП. Мають місце також серія методів послідовної обробки МПП без зворотного зв'язку з експертом («Лінія», «Трикутник», «Квадрат»), а також метод комбінаторної обробки МПП[10].

Існують такі методи агрегації експертних оцінок:

- 1) метод сум елементів рядків;
- 2) середнє геометричне ;
- 3) метод ступеня;
- 4) нормалізація елементів стовпців;
- 5) метод власного вектора[11];
- 6) метод «Квадрат»[12,13];
- 7) комбінаторний метод[14].

Перші чотири методи, які можна віднести до класу спрощених методів[3], не є загальноживаними, тому коротко розкриємо їхню сутність.

3.1.1 Метод сум елементів рядків

Метод сум елементів рядків МПП A' полягає у визначенні ненормованих ваг альтернатив w'_i згідно з формулою:

$$w'_i = \sum_{j=0}^n a'_{ij} \quad (3.1)$$

Із подальшим їхнім нормуванням:

$$w'_i = w'_i / \sum_{j=0}^n w'_j \quad (3.2)$$



3.1.2 Середнє геометричне

У наступному методі агрегації МПП A' середнє геометричне елементів рядків визначається за формулою:

$$w'_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a'_{ij}} \quad (3.3)$$

Після чого також проводиться нормування.

3.1.3 Метод ступеня

Метод ступеня полягає в наступному. МПП A' послідовно підноситься до деякого натурального ступеня $p = \{1 \dots N\}$. Цей процес проводиться за допомогою операції множення матриць. Після цього, на кожному p -му кроці агреговані значення ваг визначаються за формулою:

$$w'_i = \sum_{j=0}^n a'_{ij} / \sum_{k,j=0}^n a'_{ik} \quad (3.4)$$

Тобто, сума елементів рядка ділиться на суму елементів всієї матриці. Процес припиняється, коли абсолютне значення різниці обчислених результатів на p -му та $(p - 1)$ -му кроці не перевищує величину заданої похибки. Потреби в подальшому нормуванні результатів у цьому випадку немає.

3.1.4 Метод нормалізації елементів стовпців

Метод нормалізації елементів стовпців полягає в обчисленні середніх арифметичних значень елементів рядків матриці A' , у якій спочатку нормалізовані елементи стовпців за формулою:

$$a'_{ij} = a'_{ij} / \sum_{i=0}^n a'_{ij} \quad (3.5)$$

3.2 Порівняння ефективності методів

Для визначення ефективності цих методів було проведене експериментальне дослідження [10]. Опираючись на його результати, можна говорити про таку специфіку методів:

- метод власного вектора переважніше за точністю, ніж знаходження ваг як геометричного середнього по рядках МПП;
- показники методу ступеню в більшості випадків практично співпадають із показниками методу власного вектора при однакових вхідних даних;
- відповідно методу «квадрат», агрегація оцінок МПП має сенс тільки при досягненні деякої обчисленої мінімальної узгодженості;
- при відносних помилках експертних парних порівнянь менших 75 %, тобто в найбільш імовірній ситуації при експертному оцінюванні, при всіх варіантах значень еталонних ваг спостерігається значна перевага ефективності методу комбінаторної обробки МПП у порівнянні з іншими методами;
- тільки один метод із досліджуваних, а саме, комбінаторний метод, і тільки при близьких значеннях заданих еталонних ваг і при відносних помилках парних порівнянь менших 50%, дозволяє одержати ваги альтернатив із відносною помилкою меншою, ніж вихідна помилка парних порівнянь.

3.3 Висновки

Комбінаторний метод виявився найефективнішим для агрегації експертних оцінок з точки зору виконання ним свого основного призначення — підвищення достовірності, особливо при більшій кількості протиріч у вихідних даних [15]. Тому саме він був обраний для програмної реалізації у цій дипломній роботі.



4 МАТЕМАТИЧНИЙ МЕТОД ВИРШЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ

Перед тим як розпочати опис запропонованого алгоритму, звернемо увагу на поняття ідеально узгодженої матриці парних порівнянь (ІУМПП), яке введено в [13]. Скористуємося цим означенням і сформулюємо деякі властивості ІУМПП.

Перед тим як сформулювати першу властивість будемо розмірковувати наступним чином: припустимо, що оцінки альтернатив $\langle A_1; A_2; \dots A_n \rangle$ апріорі відомі, тоді для того щоб МПП була ідеально узгодженою потрібно, щоб кожний елемент цієї матриці був однозначно визначеним через значення цих оцінок альтернатив.

Властивість 1. Матриця парних порівнянь M розмірністю $(n \times n)$ є ідеально узгодженою тоді, і тільки тоді, якщо знайдеться такий кортеж $\langle A_1; A_2; \dots A_n \rangle$, що для $\forall i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$ виконується рівність

$$m_{ij} = f(A_i, A_j), \quad (4.1)$$

де m – елементи матриці M , f – функція, від якої залежить від вибраних системи та шкали оцінки альтернатив, її вигляд впливає на формування МПП.

Наприклад, коли при формуванні МПП експертові задається питання «Як на вашу думку, у скільки разів значення A_i перевищує значення A_j ?» (мультиплікативні порівняння [13]), то рівність (4.1) має вигляд:

$$m_{ij} = A_i / A_j, \quad (4.2)$$

а в випадку запитання «на скільки значення A_i перевищує значення A_j ?» (адитивні порівняння [7]) – (4.1) приймає вигляд:

$$m_{ij} = A_i \cdot A_j. \quad (4.3)$$

Інколи застосовуються й інші види функції f [12].

Із (4.1), шляхом простих перетворень, можна отримати залежність між елементами ІУМПП, яку відобразимо у властивості 2.

Властивість 2. Якщо матриця парних порівнянь M – ідеально узгоджена, то для $\forall i, j, k \in \{1, 2, \dots, n\}$ виконується рівність

$$m_{ij} = f(m_{ik}; m_{jk}). \quad (4.4)$$

Для мультиплікативних порівнянь ця рівність має вигляд:

$$m_{ij} = m_{ik} / m_{jk}, \quad (4.5)$$

а для адитивних:

$$m_{ij} = m_{ik} - m_{jk} \cdot \frac{1}{\pi}. \quad (4.6)$$

Для прикладу, покажемо перетворення, які приводять до рівності (4.5). Із властивості 1 та виразу (4.2) випливає, що для $\forall k \in \{1, 2, \dots, n\}$: $A_i = m_{ik} \cdot A_k$ і $A_j = m_{jk} \cdot A_k$. Шляхом підстановки A_i та A_j в (4.2), отримаємо, що для $\forall k \in \{1, 2, \dots, n\}$ в ІУМПП виконується рівність $m_{ij} = m_{ik} / m_{jk}$. Аналогічними перетвореннями можливо також вивести і вираз (4.6).

4.1 Комбінаторний алгоритм

Оскільки в ІУМПП частина її елементів пов'язані між собою у відповідності до (4.4), то існує можливість знайти таку множину елементів ІУМПП мінімальної потужності, використовуючи яку, можна визначити решту елементів ІУМПП.

Зазначимо, що в будь-якій МПП елементи m_{ii} визначаються однозначно, виходячи з (4.5) $m_{ii} = 1$, або з (4.6) $m_{ii} = 0$. Фактично, вони не несуть інформації, тому що порівнювати альтернативу A_i саму з собою – не має сенсу.

Крім того, у значній кількості випадків, якщо є інформація про порівняння деякої альтернативи A_i з деякою альтернативою A_j в будь-якій МПП, то немає потреби повторно порівнювати A_j з A_i , а припустити, що ці порівняння взаємно узгоджені. Тоді, для визначення симетричного відносно головної діагоналі елемента МПП можна скористатись співвідношенням для ІУМПП. Тобто, якщо елемент m_{ij} – відомий, то m_{ji} можна визначити з (4.5): $m_{ji} = 1 / m_{ij}$; або з (4.6): $m_{ji} = -m_{ij}$.

Із зазначеного вище випливає, що в МПП розміром $(n \times n)$ кількість інформаційно значимих елементів є $(n^2 - n) / 2$. Далі приділимо увагу знаходженню кількості інформаційно значимих елементів в ІУМПП.

Для наочності зобразимо шукану множину елементів ІУМПП у вигляді графа Γ . Вершинам графа відповідають номери альтернатив, а ребра мають ваги, що відповідають елементам ІУМПП. Із попередніх міркувань випливає, що Γ - неорієнтований граф і не має петель.

У графічній формі вираз (4.4) можна зобразити рис. 4.1.

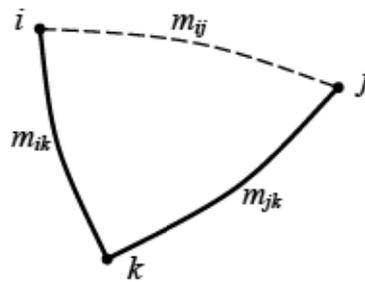


Рисунок 4.1 - Елементи ІУМПП у вигляді графа Γ .

З рис.4.1 видно, що для знаходження невідомої ваги m_{ij} потрібно, щоб в графі були наявні дві дуги з їх вагами, що з'єднують вершини з деякою вершиною k . Іншими словами, між двома вершинами необхідно мати шлях довжиною 2.

Тепер перенесемо це міркування на граф Γ і сформулюємо його властивість, що використовується у алгоритмі.

Для знаходження ваги відсутнього ребра в графі між деякими вершинами i та j необхідна наявність шляху будь-якої довжини між цими вершинами (якщо довжина шляху більше ніж 2, то шукана вага знаходиться за декілька кроків). Наприклад, на рис.4.2 зображено частину графа Γ , де між вершинами i та j є шлях деякої довжини, то для знаходження m_{ij} можна спочатку знайти $m_{il} = f(m_{ik}; m_{lk})$, потім m_{ir}, \dots, m_{ip} і, нарешті, $m_{ij} = f(m_{ip}; m_{jp})$.

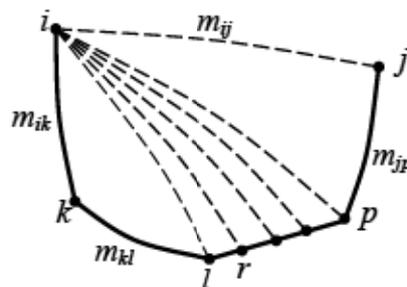


Рисунок 4.2 - Частина графа Γ , де між вершинами i та j є шлях деякої довжини

Отже, властивість графа G , необхідна і достатня для знаходження ваг ребер, яких немає в наявності в цьому графі: між будь-якими двома вершинами графа існує шлях.

Оскільки G має n вершин (по кількості альтернатив, що оцінюються), то мінімальна кількість ребер, яка може з'єднати n вершин є $(n - 1)$.

Отже, відповідь на друге питання: кількість ребер в G рівна $(n - 1)$.

Таким чином, будуючи графи, які мають вищезгадані властивості, ми можемо знайти множини елементів ІУМПП мінімальної потужності, які несуть інформацію про всю ІУМПП в цілому, тобто використовуючи елементи, що входять в такі множини, можливо однозначно обчислити решту елементів ІУМПП.

Тепер, коли маємо множини «інформаційно-вагомих» елементів, будемо по черзі для кожної такої множини ставити у відповідність ІУМПП, в якій інформаційно-вагомі елементи запозичені з вхідної (реальної) МПП, а решта елементів обчислені.

Всі отримані таким чином ІУМПП зберігаємо в наборі даних для подальшого використання.

Слід зазначити, що цей набір даних формуємо, виключаючи повтори ІУМПП і упорядковуючи по кількості елементів в ІУМПП, що не співпадають з відповідними елементами реальної МПП.

Наступний етап алгоритму пов'язаний з аналізом сформованого набору ІУМПП і з пошуком в ньому такої ІУМПП, в яку б перетворювалась реальна МПП шляхом зміни (збільшення або зменшення) частини її елементів, погоджуючи ці зміни з думкою експерта.

У випадку, коли при перегляді набору буде знайдено ІУМПП, яка відповідає поставленим вимогам, то ця матриця і стане результатом роботи алгоритму.

Тепер звернемо увагу на те, яким чином запропонований алгоритм прагне мінімізувати кількість запитань до експерта. Це відбувається за

рахунок того, що в першу чергу в наборі даних розглядаються ГУМПП, в котрих кількість елементів, якими вони відрізняються від реальної МПП – мінімальна. Зазначимо, що кількість запитань експертові була б мінімально можливою тільки у випадку, якщо б експерт завжди погоджувався на пропозиції алгоритму про зміни деяких переваг значень альтернатив над іншими. Але, оскільки експерт на запит алгоритму про зміну переваги може давати також і негативні відповіді, а передбачити, в яких випадках це станеться та мінімізувати кількість цих випадків практично неможливо, то спроба досягти абсолютної мінімізації кількості питань до експерта не завжди буде вдалою.

4.2 Переваги та недоліки алгоритму



Переваги:

- при позитивному виході алгоритму результатом його роботи завжди є ідеально узгоджена матриця;
- алгоритм дозволяє прийти до ідеально узгодженої матриці, зводячи до мінімуму кількість запитань після кожної відповіді експерта;
- алгоритм дозволяє виправляти багатократні помилки та помилки зі значним відхиленням значення від узгодженого, а також помилки, пов'язані з невірним ранжуванням альтернатив;
- можливість пристосування до різних типів шкал;

Недоліки:

- алгоритм потребує значних обчислювальних ресурсів комп'ютера, а саме, важливими є продуктивність процесора та об'єм доступної

- оперативної пам'яті (значним по часу є підготовчий етап, при якому в оперативній пам'яті формуються дані для подальшого використання);
- завершення алгоритму з позитивним результатом відбувається тільки при досягненні стовідсоткової узгодженості;
 - використовувати алгоритм має сенс при розмірах вхідної (реальної) матриці парних порівнянь не більше як $7 \times 7^*$ [14].

4.3 Використання методу на прикладі

Нехай маємо реальну матрицю M_0 , отриману при попарному порівнянні деяких чотирьох альтернатив ($n = 4$):

$$M_0 = \begin{pmatrix} 0 & -5 & -2 & -2 \\ 5 & 0 & 3 & 4 \\ 2 & -3 & 0 & 0 \\ 2 & -4 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Причому, при формуванні M_0 експертові задавалися питання виду: «На скільки деяких умовних одиниць одна альтернатива переважає іншу?». Беруться до уваги тільки елементи матриці, розташовані праворуч від головної діагоналі, а решта елементів M_0 і можуть бути обчислені на основі тих, що розглядаються.

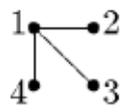
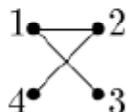
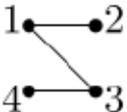
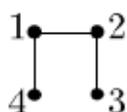
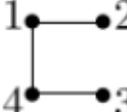
На підготовчому етапі алгоритму розглядаємо множину елементів M_0 , що знаходяться справа від головної діагоналі: $\{m_{ij} \mid i < j\}$. З якої, перебираючи всі можливі варіанти, будемо формувати інформаційно-вагомі підмножини

* Цей недолік відносний, тому що враховуючи ергономічні вимоги до роботи експертів та досить швидкий ріст кількості парних порівнянь при збільшенні кількості альтернатив, максимальний розмір матриці, що обробляється є 7×7 . Якщо є необхідність оцінки більш ніж семи альтернатив, то альтернативи групуються, де кількість в групі не перевищує семи.

елементів, що ляжуть в основу формування ІУМПП. Кількість елементів в цих підмножинах рівна $(n - 1)$, тобто 3. На основі цих підмножин, сформуємо ідеально узгоджені матриці. Їх формування полягає у обчисленні решти (в прикладі, що розглядається – трьох) невідомих елементів матриці. Ці невідомі елементи обчислюються, виходячи із співвідношення (4.6).

В результаті цих обчислень отримаємо 16 ІУМПП, які зображені в табл.4.1, де виділені елементи, що на їх основі обчислені всі інші елементи ІУМПП.

Таблиця 4.1 – Множина сформованих ІУМПП

№ ІУМПП	ІУМПП	Вигляд графу Γ
1	$\begin{matrix} 0 & \boxed{-5} & \boxed{-2} & \boxed{-2} \\ 5 & 0 & 3 & \boxed{3} \\ 2 & -3 & 0 & \boxed{0} \\ 2 & -3 & 0 & 0 \end{matrix}$	
2	$\begin{matrix} 0 & \boxed{-5} & \boxed{-2} & -1 \\ 5 & 0 & 3 & \boxed{4} \\ 2 & -3 & 0 & 1 \\ 1 & -4 & -1 & 0 \end{matrix}$	
3	$\begin{matrix} 0 & \boxed{-5} & \boxed{-2} & -2 \\ 5 & 0 & 3 & 3 \\ 2 & -3 & 0 & \boxed{0} \\ 2 & -3 & 0 & 0 \end{matrix}$	
4	$\begin{matrix} 0 & \boxed{-5} & -2 & \boxed{-2} \\ 5 & 0 & \boxed{3} & 3 \\ 2 & -3 & 0 & \boxed{0} \\ 2 & -3 & 0 & 0 \end{matrix}$	
5	$\begin{matrix} 0 & \boxed{-5} & -2 & \boxed{-2} \\ 5 & 0 & 3 & 3 \\ 2 & -3 & 0 & \boxed{0} \\ 2 & -3 & 0 & 0 \end{matrix}$	
6	$\begin{matrix} 0 & \boxed{-5} & -2 & -1 \\ 5 & 0 & \boxed{3} & \boxed{4} \\ 2 & -3 & 0 & 1 \\ 1 & -4 & -1 & 0 \end{matrix}$	

Продовження таблиці 4.1

№ ГУМПП	ГУМПП	Вигляд графу Γ
7	$\begin{array}{cccc} 0 & \boxed{-5} & -2 & -2 \\ 5 & 0 & \boxed{3} & 3 \\ 2 & -3 & 0 & \boxed{0} \\ 2 & -3 & 0 & 0 \end{array}$	
8	$\begin{array}{cccc} 0 & \boxed{-5} & -1 & -1 \\ 5 & 0 & 4 & \boxed{4} \\ 1 & -4 & 0 & \boxed{0} \\ 1 & -4 & 0 & 0 \end{array}$	
9	$\begin{array}{cccc} 0 & -5 & \boxed{-2} & \boxed{-2} \\ 5 & 0 & \boxed{3} & 3 \\ 2 & -3 & 0 & 0 \\ 2 & -3 & 0 & 0 \end{array}$	
10	$\begin{array}{cccc} 0 & -6 & \boxed{-2} & \boxed{-2} \\ 6 & 0 & 4 & \boxed{4} \\ 2 & -4 & 0 & 0 \\ 2 & -4 & 0 & 0 \end{array}$	
11	$\begin{array}{cccc} 0 & -5 & \boxed{-2} & -1 \\ 5 & 0 & \boxed{3} & \boxed{4} \\ 2 & -3 & 0 & 1 \\ 1 & -4 & -1 & 0 \end{array}$	
12	$\begin{array}{cccc} 0 & -5 & \boxed{-2} & -2 \\ 5 & 0 & \boxed{3} & 3 \\ 2 & -3 & 0 & \boxed{0} \\ 2 & -3 & 0 & 0 \end{array}$	
13	$\begin{array}{cccc} 0 & -6 & \boxed{-2} & -2 \\ 6 & 0 & 4 & \boxed{4} \\ 2 & -4 & 0 & \boxed{0} \\ 2 & -4 & 0 & 0 \end{array}$	
14	$\begin{array}{cccc} 0 & -6 & -3 & \boxed{-2} \\ 6 & 0 & \boxed{3} & \boxed{4} \\ 3 & -3 & 0 & 1 \\ 2 & -4 & -1 & 0 \end{array}$	

Продовження таблиці 4.1

№ ГУМПП	ГУМПП	Вигляд графу Γ
15	$\begin{matrix} 0 & -5 & -2 & \boxed{-2} \\ 5 & 0 & \boxed{3} & 3 \\ 2 & -3 & 0 & \boxed{0} \\ 2 & -3 & 0 & 0 \end{matrix}$	
16	$\begin{matrix} 0 & -6 & -2 & \boxed{-2} \\ 6 & 0 & 4 & \boxed{4} \\ 2 & -4 & 0 & \boxed{0} \\ 2 & -4 & 0 & 0 \end{matrix}$	

Тепер виключимо повтори серед ГУМПП і упорядкуємо решту цих матриць за кількістю відмінностей з реальною матрицею. Множини номерів матриць, що співпадають, такі: $\{1; 3; 4; 5; 7; 9; 12; 15\}$, $\{2; 6; 11\}$, $\{8\}$, $\{10; 13; 16\}$, $\{14\}$. В результаті отримаємо упорядковану послідовність з п'яти ГУМПП, яку зображено в табл.4.2(виділені елементи – відмінності з реальною МПП).

Таблиця 4.2 - Упорядкована послідовність ГУМПП без повторів

№ ГУМПП	ГУМПП	Кількість відмінностей з реальною матрицею
1	$\begin{matrix} 0 & -5 & -2 & -2 \\ 5 & 0 & 3 & \boxed{3} \\ 2 & -3 & 0 & 0 \\ 2 & -3 & 0 & 0 \end{matrix}$	1
2	$\begin{matrix} 0 & -5 & -2 & \boxed{-1} \\ 5 & 0 & 3 & 4 \\ 2 & -3 & 0 & \boxed{1} \\ 1 & -4 & -1 & 0 \end{matrix}$	2

Продовження таблиці 4.2

№ ІУМПП	ІУМПП	Кількість відмінностей з реальною матрицею
3	$\begin{matrix} 0 & \boxed{-6} & -2 & -2 \\ 6 & 0 & \boxed{4} & 4 \\ 2 & -4 & 0 & 0 \\ 2 & -4 & 0 & 0 \end{matrix}$	2
4	$\begin{matrix} 0 & \boxed{-6} & \boxed{-3} & -2 \\ 6 & 0 & 3 & 4 \\ 2 & -3 & 0 & \boxed{1} \\ 2 & -4 & -1 & 0 \end{matrix}$	3
5	$\begin{matrix} 0 & -5 & \boxed{-1} & \boxed{-1} \\ 5 & 0 & \boxed{4} & 4 \\ 1 & -4 & 0 & 0 \\ 1 & -4 & 0 & 0 \end{matrix}$	3

На наступному етапі реалізується зворотній зв'язок із експертом. Сформована на попередньому етапі послідовність ІУМПП аналізується, починаючи з першої матриці.

Щоб мати повну інформацію про кожну ІУМПП, достатньо зберігати тільки відмінності кожної ІУМПП від реальної МПП. Це може виглядати так, як показано в табл.4.3.

Таблиця 4.3 – Множина кортежів відмінностей ІУМПП від реальної МПП

№ ІУМПП	Упорядкована послідовність, що зберігається в пам'яті комп'ютера
1	{<2;4;3>}
2	{<1;4;-1>, <3;4;1>}
3	{<1;2;-6>, <2;3;4>}
4	{<1;2;-6>, <1;3;-3>, <3;4;1>}
5	{<1;3;-1>, <1;4;-1>, <2;3;4>}

Тут кожній ІУМПП ставиться у відповідність множина триелементних кортежів, кожен кортеж відповідає одному елементу матриці. Перший елемент кортежу – номер рядка, другий – номер стовпчика, а третій – значення елемента ІУМПП, що відрізняється від відповідного елемента реальної МПП. У цьому випадку, кожний кортеж виду $\langle \alpha; \beta; \gamma \rangle$ відповідає поставленому експертові запитанню типу: «Чи не погодились би Ви змінити перевагу альтернативи α над альтернативою β ?».

Якщо експерт погоджується, то такий кортеж помічається і ставиться наступне питання. Якщо ж експерт відповідає негативно, то видаляються множини кортежів із упорядкованої послідовності, які містять кортеж, за яким задавалось питання. Питання ставляться допоки не знайдеться множина кортежів, до якої експерт згодиться звести свої відповіді, або ж не буде проаналізована вся впорядкована послідовність.



4.4 Висновки

У висновку можна зазначити, що найбільшою перевагою методу є те, що при позитивному виході алгоритму є завжди ІУМПП. Порядок за яким ставляться питання експертові потребує подальшого аналізу. Можливо, потрібно ставити першими запитання, ймовірність позитивної відповіді на які більша.

5 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ

5.1 Опис програми

Програма виконує наступні функції:

- а) функція діалогового режиму зв'язку з експертом для отримання попарних оцінок альтернатив;
- б) формування матриці парних порівнянь (МПП);
- в) формування послідовності ІУМПП;
- г) зворотній зв'язок з експертом для зведення початкової МПП до ІУМПП;
- д) підрахунок вектору переваг альтернатив МПП.

Програма розрахована на роботу з експертом при проведенні ним оцінювання альтернатив. На початковому етапі експерту пропонується визначитися із кількістю та найменуванням альтернатив. Далі експерт попарно порівнює альтернативи за якісною ознакою. Результати порівнянь виражаються у так званій фундаментальній шкалі [11]. Ця шкала має наступні значення ступенів порівняння об'єктів: «еквівалентність» (0), «слабка перевага» (1), «помітна перевага» (2), «дуже помітна перевага» (3), «сильна перевага» (4), «досить сильна перевага» (5), «дуже сильна перевага» (6), «надзвичайно сильна перевага» (7), «абсолютна перевага» (8). Числові еквіваленти ступенів переваги зазначені у дужках.

Експерту при виявленні розбіжностей оцінок алгоритмом звести МПП до ідеально узгодженої, на основі якої і обрахується вектор ваг. Або ж відразу обрахувати вектор ваг беручи до уваги послідовність ІУМПП, тим самим зменшуючи розбіжності. Якщо ж виявиться, що початкова МПП вже є повністю узгодженою, то відразу рахується вектор ваг.

5.2 Керівництво користувача

Для установки ПЗ достатньо скопіювати виконавчий файл програми на комп'ютер.

Виклик програми здійснюється засобами операційної системи Windows. Для запуску програми необхідно двічі клацнути мишкою на виконавчому файлі програми.

Вхідні дані користувач вводить з клавіатури у відповідних текстових полях основного вікна програми.

На початку користувач заповнює поля з назвами альтернатив та ціллю (рис.5.1).

Нова Експертиза

Вкажіть назву оцінювання(ціль):
Тестування

ОБЕРТЬ КІЛЬКІСТЬ АЛЬТЕРНАТИВ
4

Задайте альтернативи

1: Перша
2: Друга
3: Третя
4: Четверта
5:
6:
7:

Шкала оцінювання ?
+ Адитивна

Почати оцінювання

Рисунок 5.1 – Початкове вікно програми

Кількість альтернатив обмежена у відповідності до особливосте методу. При натисканні кнопки «Почати оцінювання» користувач має попарно порівняти альтернативи. Далі розпочнемо попарно порівнювати альтернативи, приклад питання, що ставиться експерту продемонстровано на рис.5.2.

Рисунок 5.2 – Вікно для попарного порівняння альтернатив

Користувачу необхідно обрати на скільки одна альтернатива переважає іншу та підтвердити свій вибір. При натисканні кнопки «Переважає інша» з’явиться вікно, яке зображено на рис.5.3.

Рисунок 5.3 – Вікно для попарного порівняння альтернатив

Після того, як усі альтернативи будуть порівняні з’явиться вікно, на якому відображено МПП, що утворилась. В залежності від того чи є суперечності у цій матриці, користувачу буде надана можливість усунути протиріччя шляхом корекції своїх оцінок. Для цього йому будуть задаватися уточнюючі питання(рис 5.4).

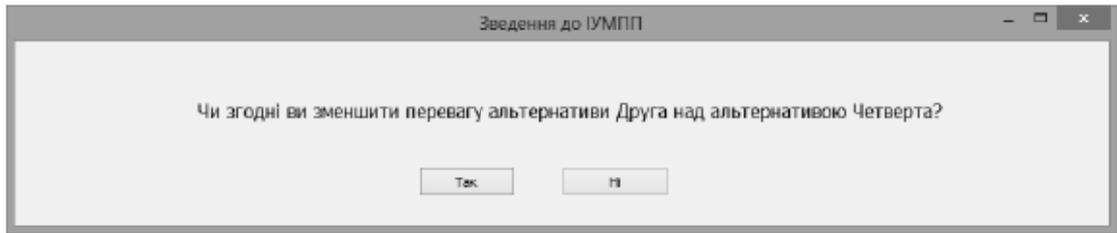


Рисунок 5.4 – Вікно зворотного зв'язку з експертом

Після зведення до ГУМПП обраховується вектор ваг альтернатив, у випадку, коли не вдалося звести початкову матрицю до ідеально узгодженої, користувач може спробувати знову це зробити, або ж обрахувати результат на основі множин ГУМПП, як середнє значення.

Результат роботи програми після зведення до ГУМПП наведено на рис.5.5.

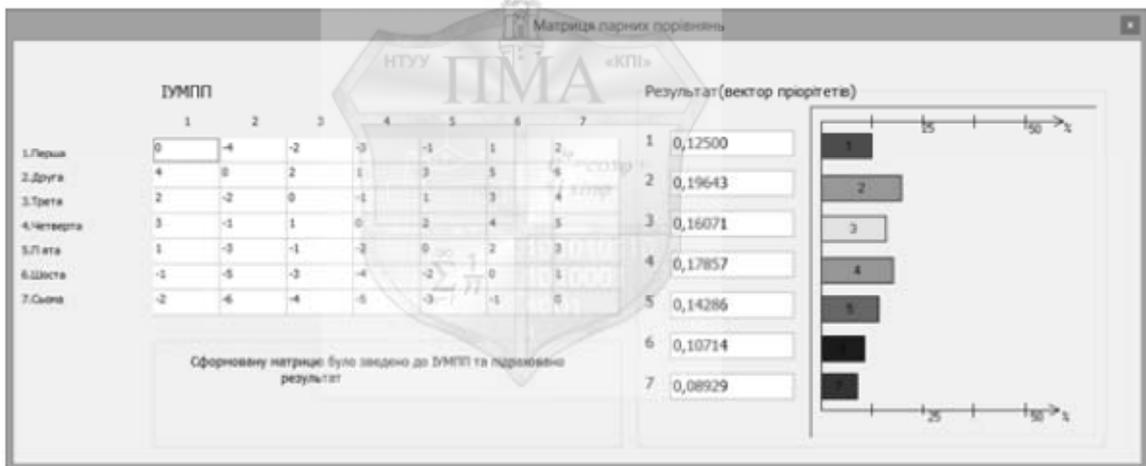


Рисунок 5.5 – Результат роботи програми

5.3 Висновки

Програмне забезпечення відповідає поставленим вимогам та забезпечує зручне використання. Шкала, яка була обрана для порівняння, добре ілюструє рівні відмінностей об'єктів. Результат обрахунку вектора ваг наглядно зображено для зручності сприйняття.



6 ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ

Тестування полягає у перевірці правильного формування множині ІУМПП, а також правильності її аналізу при організації зворотного зв'язку з експертом. Для тестування використовувався приклад, який був розібраний у розділі 4.3.

Після порівняння всіх альтернатив відповідно до розібраного раніше прикладу, можемо побачити в правому кутку вікна (рис.6.1) сформовану послідовність ІУМПП (елементи, якими вони відрізняються від початкової МПП). Експерту не має необхідності бачити цю послідовність, але у рамках перевірки дієздатності програми було вирішено відобразити її у програмі.

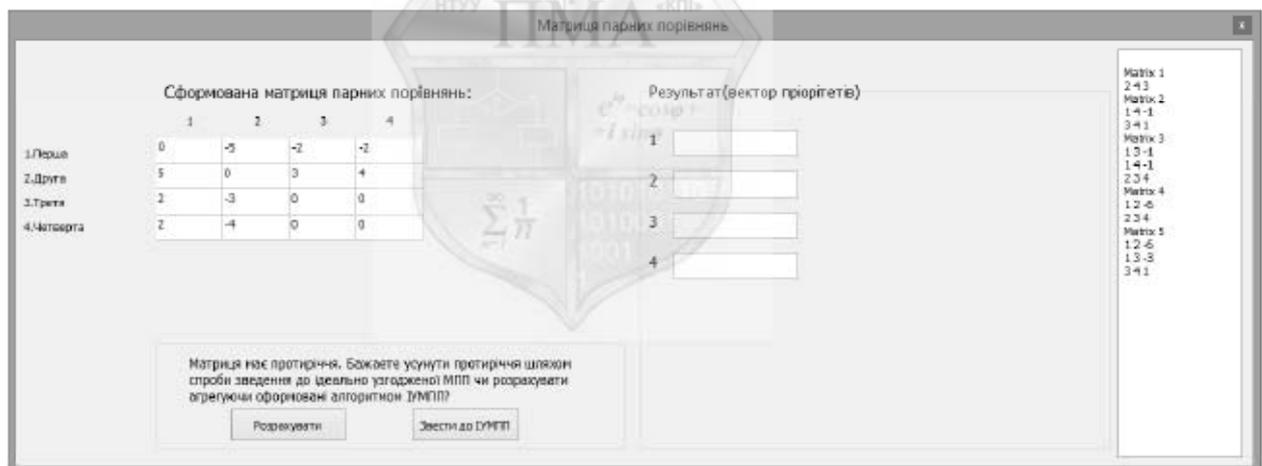


Рисунок 6.1 – Вікно з сформованою МПП

Відповідно до послідовності ІУМПП програма буде намагатися звести початкову МПП до ідеально узгодженої. Для цього експертові задаються уточнюючі питання (рис.6.2). Якщо ж вийде звести до ІУМПП, то буде підраховано результат (вектор ваг) та виведена відповідна ІУМПП (рис.6.3).

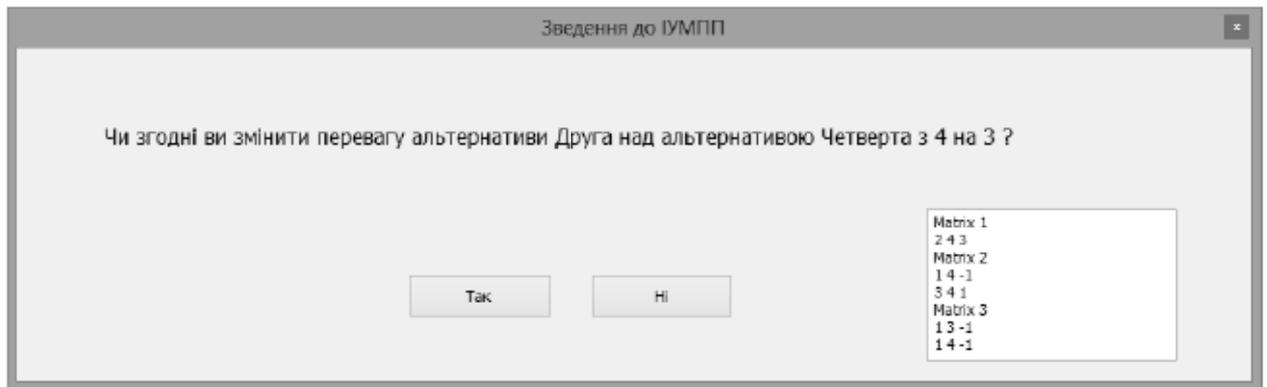


Рисунок 6.2 – Зворотній зв'язок з експертом



Рисунок 6.3 – Результат роботи програми після зведення МПП до ІУМПП

6.1 Висновки

В даному розділі було проведено тестування програмного забезпечення. Результати його роботи співпали з розібраним прикладом роботи комбінаторного алгоритму у розділі 4.3. Було обраховано вектор ваг альтернатив відповідно до узгодженої МПП. Також було встановлено, що програма однаково добре працює при різній кількості альтернатив, що порівнюються.

ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі відповідно до поставленої задачі було розглянуто існуючі рішення задачі, методи обробки кардинальних експертних оцінок, які були отримані на основі методу парних порівнянь. Зважаючи на переваги був обраних комбінаторний алгоритм, який передбачає зворотній зв'язок з експертом.

Програмне забезпечення було розроблене на мові програмування Delphi у середовищі розробки Delphi 7. Було успішно проведене тестування програмного продукту.

Програмне забезпечення, яке було розроблене у процесі роботи, може використовуватись як складова частина СППР.

У додатках роботи наведено лістинг коду програми(додаток А) та ілюстративні матеріали до даної роботи (додаток Б).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Циганок В.В. Моделі та методи експертної підтримки прийняття рішень в слабо структурованих складних системах. – дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.05.04 – Системний аналіз і теорія оптимальних рішень.– Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут” МОН України, Київ, 2013.
2. Expert Choice Desktop: Powerful Performance for Organizational Decision-Making [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://expertchoice.com/products-services/expert-choice-desktop>
3. Mareschal B. "PROMETHEE Methods", Ch 5 in: Figueira, J, Greco, S and Ehrgott, M, eds, Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys Series / B.Mareschal, J.-P.Brans, New York: Springer, – 2005
4. Decision-making Support System “D-sight” [Електронний ресурс] /Режим доступу: <http://www.d-sight.com/>
5. Decision-making Support System “Logical Decisions” [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.logicaldecisions.com/>
6. Decision-making Support System “Very Good Choice” [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.verygoodchoice-addin.com/>
7. Тоценко В.Г. Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект / В.Г. Тоценко; ИПРИ НАНУ. — К.: Наук. думка, 2002. — 382 с
8. Свідоцтво про державну реєстрацію прав автора на твір ПА№4137. Міністерство освіти і науки України. Державний департамент інтелектуальної власності. Комп’ютерна програма «Система підтримки прийняття рішень СОЛОН-2»(СППР СОЛОН-2) / В.Г.Тоценко, В.В.Циганок, О.С.Олійник, П.Т.Качанов// зареєстровано 17.04.2001.

9. Циганок В.В. Методи отримання та обробки кардинальних експертних оцінок. – дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.03 – Математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем. – НТУУ “КПІ” МОН України, Київ, 2003— С. 9–12.
10. Циганок В.В. Визначення ефективності методів агрегації експертних оцінок при використанні парних порівнянь/ В.В. Циганок / Реєстрація, зберігання і обробка даних. — 2009. — Т. 11, № 2. — С. 83–89.
11. Саати Т. Принятие решений — Метод анализа иерархий / Т. Саати. — М.: Радио и связь, 1993. — 278 с.
12. Тоценко В.Г. Генерация алгоритмов парных сравнений для моделирования предпочтений эксперта при поддержке принятия решений. Ч. 1 / В.Г. Тоценко // Электронное моделирование. — 2000. — № 3. — С. 11–24.
13. Тоценко В.Г. Генерация алгоритмов парных сравнений для моделирования предпочтений эксперта при поддержке принятия решений. Ч. 2 / В.Г. Тоценко // Электронное моделирование. — 2000. — № 4. — С. 16–24
14. Циганок В.В. Комбінаторний алгоритм парних порівнянь зі зворотним зв'язком з експертом / В.В. Циганок / Реєстрація, зберігання і обробка даних. — 2000. — Т. 2, № 2. — С. 92–102.
15. Копичко С.М. Коровай О.В. Аналіз методів агрегації кардинальних експертних оцінок для СППР//Системний аналіз та інформаційні технології: матеріали 17-ї Міжнародної науково-технічної конференції SAIT 2015, Київ, 22-25 червня 2015 р. / ННК “ІІСА” НТУУ “КПІ”. – К.: ННК “ІІСА” НТУУ “КПІ”, 2015. – С. 158