

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
(повне найменування вищого навчального закладу)  
Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(назва факультету )  
Комп'ютерні науки  
(повна назва кафедри)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
до дипломної роботи

**магістр**

(освітній рівень)

на тему: **Забезпечення достовірності експертних даних при оцінці  
якості програмної архітектури**

Виконав: студент 6 курсу, групи СНм-61  
спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»  
(шифр і назва спеціальності)

\_\_\_\_\_  
(підпис) Настин Д.М.  
(прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_  
(підпис) Боднарчук І.О.  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_  
(підпис) Мацюк О.В.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

"Забезпечення достовірності експертних даних при оцінці якості програмної архітектури". // Настин Дмитро Миколайович // Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СНм-61 // Тернопіль, 2019 // с. – , рис. – , табл. – , джерел – .

Ключові слова: БАГАТОКРИТЕРІЙНА ОПТИМІЗАЦІЯ, МЕТОД СААТІ, АЛГОРИТМ ПРОСТОГО ВИБОРУ, QFD, ПРІОРИТЕТ.

У магістерській роботі виконано дослідження способів забезпечення необхідного рівня якості програмного забезпечення на етапі проектування архітектури на основі багатокритеріальної оптимізації. Зокрема детально проаналізовано експертний метод оцінювання та фактори, що впливають на його точність.

В дипломній роботі показано актуальність оцінювання програмної архітектури з реалізацією різних альтернативних проектів з метою вибору найбільш придатного. Пропонується спосіб відбору характеристик якості для оцінювання інтегрального показника якості програмного продукту на основі встановлення їх пріоритетів. Саме оцінювання захищеності може здійснюватися з допомогою методу QFD чи методу аналізу ієрархій (MAI).

Для визначення коефіцієнтів пріоритетності використано обрахунок таких коефіцієнтів з допомогою простого алгоритму вибору. Для цього алгоритму початково визначається ступінь переваги параметрів захищеності мережі один над одним.

## ANNOTATION

"Expert data validity assurance in software architecture quality assessment" // Diploma paper of Master degree level // Nastyn Dmytro Mykolayovych // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Computer Science Department // Ternopil, 2019 // p. – , Fig. – , Tables – , Refence. – .

Key words: MULTIPLE CRITERIA OPTIMIZATION, SAATI METHOD, SIMPLE SELECTION ALGORITHM, QFD, PRIORITY

In the master's thesis the methods of providing the required level of software quality at the stage of architecture design based on multicriteria optimization were performed. In particular, the expert evaluation method and the factors that affect its accuracy are analyzed in detail.

The diploma thesis shows the relevance of evaluating the software architecture with the implementation of various alternative projects in order to choose the most suitable. A method of selecting quality characteristics is proposed to evaluate the integral quality score of a software product based on setting their priorities. The security assessment itself can be done using the QFD method or the hierarchy analysis (MAI) method.

To determine the priority coefficients, we used the calculation of such coefficients using a simple selection algorithm. For this algorithm, the degree of preference for network security settings over one another is initially determined.

# ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1 МЕТОДИ ОЦІНКИ АРХІТЕКТУРИ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ТА АНАЛІЗУ КОМПРОМІСІВ, ЧУТЛИВОСТІ.....	
1.1 Оцінка архітектури програмного забезпечення та прийняття рішення .....	
1.2 Аналіз компромісів .....	
1.2.1 Метод аналізу компромісів у архітектурі .....	
1.2.2 Середовище нефункціональних вимог .....	
1.3 Аналіз чутливості .....	
2 МЕТОД АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ПРОГРАМНОЇ АРХІТЕКТУРИ .....	
2.1 Практичні приклади використання МАІ для архітектурного проектування ПЗ .....	
2.1.1 Аналіз компромісів та аналіз чутливості у МАІ .....	
2.1.2 Компроміси без ваг атрибутів якості .....	
2.1.3 Компроміси з вагами атрибутів якості .....	
2.2 Аналіз чутливості до точності експертних даних .....	
2.3 Підхід у ArchDesigner .....	
2.3.1 Крок 1: Обчислення величин .....	
2.3.2 Крок 2: нормалізація величини .....	
2.3.3 Крок 3: формулювання оптимізації .....	
3 МОДИФІКАЦІЯ ТА ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ОПТИМІЗАЦІЇ АРХІТЕКТУРИ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ .....	
3.1 Стійкість розв’язків задачі оптимізації архітектури програмних систем ....	
3.2 Стійкість МАІ до похибок експертних даних .....	
3.3 Опис параметрів проведених експериментів .....	
3.4 Оцінка моделей за критерієм D .....	
3.5 Оцінка моделей за критерієм M1 .....	
3.6 Оцінка моделей за критерієм M2 .....	

5	ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ .....	
5.1	Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР .....	
5.2	Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи .....	
5.3	Розрахунок матеріальних витрат .....	
5.4	Розрахунок витрат на електроенергію .....	
5.5	Розрахунок суми амортизаційних відрахувань .....	
5.6	Обчислення накладних витрат .....	
5.7	Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР .....	
5.8	Розрахунок ціни проекту .....	
5.9	Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень .....	
6	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	
6.1	Поняття та об'єкт аналізу технічної безпеки .....	
6.2	Розрахунок освітленості робочого місця експерта з якості програмного забезпечення .....	
6.3	Оцінка ризиків при забезпеченні БЖД .....	
6.3.1	Загальна характеристика ризиків .....	
6.3.2	Види ризиків .....	
6.4	Дії населення при стихійному лихові .....	
7	ЕКОЛОГІЯ .....	
7.1	Отримання енергії за рахунок альтернативних джерел .....	
7.2	Індексний метод в екології.....	
	ВИСНОВКИ .....	
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ .....	
	ДОДАТКИ	

## ВСТУП

Для підтримки якості програмної системи протягом її еволюції та для отримання атрибутів якості як результату пристосування вимог потрібно мати ясну архітектуру програмного забезпечення, зрозумілу для всіх розробників та до котрої всі зміни системи можуть бути застосовані. Ця архітектура може бути створена заздалегідь, але повинна оновлюватись так само, як предметна область використання системи, і, таким чином, вимоги до програмної системи розвиваються (змінюються).

Об'єкт дослідження – процес проектування архітектури програмного забезпечення.

Метою дипломної роботи є розробка математичного забезпечення для задачі оцінювання архітектури та визначення необхідності проведення повторного оцінювання при зміні вимог.

Предметом дослідження є математичне забезпечення задачі оцінювання архітектури програмного забезпечення.

Актуальність теми. Створення архітектури програмного забезпечення для системи чи частини системи відбувається таким чином, що архітектурі часто важко задовольнити бажані вимоги якості. У цій роботі пропонується метод прийняття рішень для допомоги розуміння різних альтернативних архітектур програмної системи. Розглянуто метод, який адаптується по відношенню як до множини потенційних архітектур, так і до атрибутів якості архітектури відносно предметної області, щоб допомогти вирішити це завдання.

Метод створює середовище підтримки, яке використовує багатокритеріальний метод прийняття рішень, котрий підтримує порівняння різних архітектур-кандидатів програмної системи для визначених атрибутів якості програмного забезпечення та навпаки, а потім використовує середовище підтримки для досягнення консенсусу вигод та вимог різних архітектур-кандидатів та для збільшення ступеня довіри до результуючого архітектурного рішення.

Як зазначено далі, може бути спроектовано декілька альтернативних програмних архітектур (ПА), які будуть задовольняти функціональним вимогам. Компоновка альтернативних архітектур для аналізу і оцінювання здійснюється, як правило, з готових шаблонів (патернів) проектування за розробленими технологіями. У розгляд може включатись і архітектура існуючої ПС при проведенні її реінжинірингу. Задачею архітектора є вибір з сформованої множини альтернатив ту, яка буде найкраще задовольняти вимогам якості..

Множина критеріїв якості ПС визначається на основі сформульованих замовником вимог. А множина критеріїв визначається шляхом комунікації на якість архітектури застосуванням технології QFD або інших методів, поданих в попередньому розділі.

Необхідно вибрати таке архітектурне рішення, яке б оптимізувало сукупність критеріїв якості архітектури. Це задача багатокритеріальної ієрархічної оптимізації.

Рішення поставленої задачі будемо виконувати декількома послідовними діями.

1. На першому кроці визначимо оцінки альтернатив по кожному з критеріїв якості. Для цього можна скористатись одним із методів ,порівняльний аналіз яких приведений у наступних підрозділах.

2. Визначити оцінки альтернатив по сукупності критеріїв якості, а якщо це неможливо з достатньою точністю, то визначити порядок ранжування альтернатив.

3. На основі аналізу отриманих на попередніх етапах оцінок та аналізу компромісів і чутливості рішень до зміни вимог якості здійснюємо вибір кращої альтернативи.

Тут слід відмітити, що оцінювання архітектур виконується на ранніх етапах проектування, коли відносно створюваної ПС визначені лиш вимоги. Визначити абсолютні значення критеріїв якості для альтернатив з достатньою достовірністю неможливо на цьому етапі, і тому будемо визначати порівняльні оцінки.

Для оцінювання альтернатив по множині критеріїв якості розроблено ряд методів, які мають свої переваги і недоліки. Для обґрунтованого вибору найбільш ефективного, для вирішення поставленої задачі, приведемо результати аналізу цих методів.



## РОЗДІЛ 1

### МЕТОДИ ОЦІНКИ АРХІТЕКТУРИ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ТА АНАЛІЗУ КОМПРОМІСІВ, ЧУТЛИВОСТІ

Архітектура програмної системи втілює колекцію архітектурних рішень, які відповідають вимогам багатьох атрибутів якості (Бош, 2004). Для того, щоб дізнатись, який рівень вимог якості має бути досягнутий, оцінка якості архітектури має бути проведена на різних етапах життєвого циклу. В один і той самий час архітектурне рішення може бути приведене у відповідність деяким атрибутам якості і перевищувати вимоги інших, всупереч природи атрибутів якості. При появі конфлікту має бути встановлений пріоритет конкуруючих вимог та потім використаний в процесі узгодження вимог для досягнення консенсусу при розв'язанні конфлікту. Однак для комплексних архітектур метод багатокритеріального прийняття рішення (БКПР) може забезпечити більш формалізоване та числове обґрунтування. Одна з таких методик БКПР, як МАІ [1] була недавно застосована для вибору бажаної архітектури з поміж альтернатив .

Застосування МАІ стандартним чином може забезпечити загальні важливі пріоритети для розроблених альтернатив. Він бере до розгляду усі атрибути якості, пріоритетні ваги розроблених альтернатив для окремих атрибутів якості та важливість кожного з атрибутів. Однак, якщо альтернатива вибрана з використанням МАІ, ключові компроміси у розробці виконуються для кожного атрибуту якості, і відносне значення компромісів не відображається явно. Буде розглянуто ці компроміси, як важливі елементи для прийняття кінцевого рішення; висновки можуть бути представлені Замовникам та переглянуті при потребі.

МАІ ґрунтується на парних порівняннях для отримання різних пріоритетних ваг для альтернативних розробок та атрибутів якості. Це дає в результаті загальне ранжування розроблених альтернатив. У деяких випадках після кінцевого ранжування може бути найменша похибка у цих пріоритетних вагах. Ці чутливі пріоритетні ваги можуть бути інтерпретовані наступним чином:

1. Рішення, що призводять до малого відхилення ваг можуть бути найкритичнішими.

2. При постійній зміні вимог змінюються і пріоритети цих вимог. Тому важливо знати, чи нові пріоритети передбачають нове ранжування. Невелике відхилення у вагових коефіцієнтах, що можуть привести до зміни ранжування, відображає чутливість результуючого ранжування до змін. Замовники можуть бути проінформовані про це. Також потрібно це враховувати при прийнятті конструкторського рішення.

Стандартна практика застосування МАІ не має достатніх засобів для визначення точного рівня зроблених компромісів. Більше того, отримане ранжування може бути чутливе до найменших змін важливих пріоритетів, що може спотворити кінцеве ранжування.

В даній роботі застосовується методика поглибленого аналізу отриманих, з використанням стандартного МАІ, результатів для того, щоб:

- ідентифікувати можливі компроміси для архітектурної альтернативи разом з величиною цих компромісів;
- виявити найкритичніші рішення у всьому процесі прийняття рішень;
- оцінити чутливість кінцевого рішення та його можливості для обробки зміни пріоритетів атрибутів.

Ці результати роблять рішення більш чітким та ілюструють раціональність при прийнятті рішення на основі МАІ. Виявлення критичних рішень та виконання аналізу чутливості може виявити потенційні проблеми та спричинити кращу адаптацію архітектури для майбутніх змін. На додачу, ця методика не обмежується лише певною предметною областю.

## **1.1 Оцінка архітектури програмного забезпечення та прийняття рішення**

Оцінка архітектури програмного забезпечення стала важливою технікою в оцінюванні якості програмного забезпечення. Об'єктивний принцип оцінки архітектури полягає в тому, щоб виявити потенціал вибраної архітектури для

досягнення можливостей системи задовольнити вимоги якості. Набір методів, таких як Метод аналізу архітектурних компромісів (АТАМ) (Кацман та ін., 1999), Аналіз здатності підтримки на архітектурному рівні (ALMA) (Бенгстон) були розроблені для оцінки проблем якості на архітектурному рівні.

Оцінка архітектури може розглядатись як фаза процесу прийняття рішення. Процес прийняття рішення складається з наступних дій: ідентифікація задачі; аналіз задачі та розробка рішення; вибір та оцінка. Незважаючи на те, що оцінка архітектури сфокусована на вибір та дії щодо оцінки, вона (оцінка) також охоплює часто отримання рішення ітеративним шляхом.

Результати поточної оцінки архітектури протягом життєвого циклу проекту можуть бути позиціоновані на відрізку від неструктурованих (неостаточних) рішень та структурованих рішень (Аурум та Вохлін, 2003). Оцінка архітектури дозволяє нам прогнозувати оптимальні атрибути якості, маючи справу з невизначеностями як у подальшій технології реалізації, так і у змінних вимогах. Таким чином, розглядається оцінка архітектури як процес прийняття рішення з неостаточними компонентами.

Більшість методів оцінки архітектури проводять спочатку оцінку для індивідуальних атрибутів якості та об'єднують результати потім. Орієнтована на атрибути оцінка вимагає обґрунтування моделей та експертного оцінювання для атрибутів якості, які розглядаються. Об'єднання вимагає процесу прийняття рішення для балансування компромісів та вибору найкращих кандидатів при конфлікті атрибутів якості. У цій роботі буде зосереджена увага на останньому – виборі бажаних альтернатив, що є суттєвим на фінальному етапі прийняття рішення. Відкритими для дослідження залишаються питання, як проводити аналіз компромісів і наскільки чутливим є кінцевий результат (Добріка та Ніемела, 2002). В даній роботі пропонується декілька нових методів аналізу для відповіді на ці запитання шляхом доповнення існуючих методів методом аналізу ієрархій. Більш точно, буде ідентифіковано критичні компроміси і точки чутливості у процесі МАІ.

## **1.2 Аналіз компромісів**

Різноманітні способи аналізу компромісів при оцінюванні архітектури були запропоновані як окремо, так і в якості частини методів оцінки. Найбільш помітними є методи аналізу компромісів у АТАМ, методи аналізу вартісних вигод (Cost Benefit Analysis Method, СВАМ), аналіз задоволення цілі між різними розробками у рамках нефункціональних вимог (NFR) та процес прийняття рішення MCDM, що відноситься до МАІ.

### **1.2.1 Метод аналізу компромісів у архітектурі**

Метод аналізу компромісів у архітектурі (АТАМ) є методом оцінки архітектури на основі сценаріїв. Сценарії якості збираються від Замовників та на основі аналізу вимог. При появі суперечок між різними Замовниками використовується переговори чи агрегація для отримання кінцевого результату. Зібрані сценарії використовуються для оцінки того, наскільки архітектура задовольняє атрибути якості. Архітектурні елементи, що впливають на атрибути якості, можуть бути ідентифіковані. Якщо деякі з цих елементів впливають на різні атрибути якості одночасно, ці елементи ідентифікуються як точки компромісу.

Точка компромісу може привести до компромісних рішень. Коли це стається, АТАМ в основному приводить до потрібного узгодження параметрів. Замовники можуть використовувати модель WinWin для оцінки їх переговорів у розв'язанні конфлікту згідно строго встановленого процесу. Ці методи визнані корисними із-за можливості досягнення консенсусу між замовниками.

Коли відношення між альтернативними розробками та атрибутами якості є надто заплутаними для отримання узгодженого рішення, то потрібно використовувати більш формальний кількісний метод. В області оцінки архітектури існує два методи. Один з них використовує методику, аналогічну до Методу Аналізу вартісних вигод (Cost Benefit Analysis Method, СВАМ, у котрому замовники можуть пов'язати усі можливі потенційні конструкційні рішення з

їхніми вимогами через функцію відгуку корисності, а потім виконати числовий аналіз для визначення найкращого кандидата.

Іншим методом є використання багатокритеріального вибору (MCDM), такого як метод аналізу ієрархій (MAI). Вагові пріоритети отримуються з кількісних парних порівнянь або з більш обґрунтованих кількісних результатів. Таким чином, усі практичні спроби оцінки архітектури за допомогою MAI мають справу з "кількісними характеристиками", а не з "економічною вигодою" при проведенні парних порівнянь. Вартість може бути розглянута як один з атрибутів якості, як розглянуто далі. Однак, якщо потрібно прийняти рішення на основі комерційних мотивів, результати методу аналізу ієрархій стосовно якості будуть потребувати подальшого обґрунтування через асоціювання якості архітектури з економічними вигодами.

Таким чином, висловлюючись термінами аналізу компромісів, АТАМ більше підходить для визначення компромісів корисності, ніж для їх розв'язання. Якщо бізнес переваги є невід'ємною частиною оцінки архітектури та функція відгуку корисності може бути отримана, то після АТАМ використовується СВАМ. У випадку, коли головним напрямом оцінки архітектури є визначення інтегральної якості (в т.ч. і вартість при потребі), звичайною практикою є застосування MAI. Даний підхід передбачає виконання додаткового поглибленого аналізу на початку стандартного MAI. Методи, подібні до СВАМ, також можуть отримати перевагу від точного кількісного аналізу компромісів та чутливості, тому що існує вірогідність неточностей у функції корисності та зміні пріоритетів у сценарії. Таким чином, даний спосіб явно має справу з даними MAI і не може бути застосований для СВАМ.

З іншого боку, можливо модифікувати поточний хід застосування MAI шляхом асоціації вагових коефіцієнтів з потенційними бізнес вигодами на середніх кроках для того, щоби мати інтерпретацію цих вигод в кінцевому результаті.

### 1.2.2 Середовище нефункціональних вимог

Вимоги до атрибутів якості часто називають нефункціональними вимогами (НФВ, NFR). Дослідники університету Торонто застосували техніку моделювання цілі до нефункціональних вимог та конструкторських рішень. У цільовій моделі альтернатива розробки може бути змодельована як завдання, а нефункціональні вимоги моделюватимуться як ціль. Різні рівні нефункціональних вимог можуть моделюватись як цілі та підцілі. Альтернатива розробки (завдання) може вплинути на нефункціональні вимоги позитивно чи негативно (ціль/підціль). Ці впливи моделюються у цільовому графі для відображення компромісів, зроблених локально для досягнення безпосередньої мети. Для використання моделювання цілі у нефункціональних вимогах в якості успішного методу прийняття рішень оцінювач повинен мати ґрунтовне розуміння послідовності рішень стосовно кожного атрибуту якості. Нефункціональні вимоги забезпечують консолідацію та балансування цього розуміння коли розглядається одночасно декілька атрибутів.

Для досягнення кінцевого рівня задоволення мають бути розраховані усі елементи та внесені у цільовий граф. Кількісна величина була потім розширена на якісні величини з метою задоволення вимог точності. Хоча теорія була доведена та проілюстрована на невеликих реальних прикладах, вона не застосовувалась систематично для реальної оцінки архітектури через брак спеціальних інструментів, що дозволяють виконувати обчислення. Якщо контрибуція (величина) вибраної альтернативи розробки може бути виявлена через виконання обчислень, то ці величини можуть використовуватись як відправна точка для ретельного кількісного узгодження та аналізу чутливості.

Таким чином, метод перебуває на стадії, де користувачі можуть створювати модель цілей з метою розуміння та кількісного відображення компромісів.

### **1.3 Аналіз чутливості до помилок експертів**

Питання чутливості у методах оцінки архітектури було вперше підняте у роботі Добриці та Ніемела (2002), але не було опубліковано ніяких відповідей на це питання. Це частково через те, що більшість методів оцінювання є кількісними. Аналіз чутливості для більшості методів може вимагати широких емпіричних досліджень з проведенням експериментів.

MAI, з іншого боку, є кількісним методом для оцінки архітектури. Він має потенціал для відповіді на питання чутливості на етапі аналізу компромісів. У Швайнберга (2003) для фінального ранжування метод надає різноманітні обчислення, які відображають впевненість у результаті. Однак, якщо різні обчислення показують потенціально необґрунтоване ранжування, то немає шляху, де легко можемо ідентифікувати проблемні місця.

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОД АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ПРОГРАМНОЇ АРХІТЕКТУРИ

#### 2.1 Практичні приклади використання МАІ для архітектурного проектування ПЗ

Даний аналіз базується на стандартних даних МАІ, отриманих шляхом дотримання кроків методу оцінювання на основі МАІ згідно [33, 34]. Проаналізувавши попередні підходи, можна сказати, що даний забезпечує скоріше додатковий аналіз існуючих даних МАІ, ніж новий процес.

В роботі буде зроблено детальний аналіз на прикладах, використаних у [34], який застосовує МАІ до архітектурних розробок застосування, згаданого в роботі [35]. Буде розглянуто, як стандартні результати МАІ, отримані в прикладі, можуть потім бути проаналізовані для вивчення питання компромісів та чутливості. Вибрано приклади з роботи [34] замість прикладів з роботи [33] оскільки перший розглядає декілька атрибутів якості та альтернативних розробок з незначною різницею між певними альтернативами. Це робить метод аналізу більш наочним. Хоча Ал-Наеєм [33] не використовує методи аналізу як у Швайнберга [34] з подальшим аналізом FAS та FVC, суть та сама. Якщо застосувати метод аналізу до Швайнберга, то використовуватимуться вагові пріоритети FAS. Аналіз чутливості ідентифікує точність критичного рішення поза загальним рівнем, який надає метод FVC.

МАІ може бути проведений з використанням електронних таблиць на подібні Excel. В роботі виконано аналіз з використанням [35], оскільки він дає більше автоматизованих можливостей обробки даних та візуалізації.

Застосування, яке використовувалось в якості прикладу – це Glass Box (GB), яке описали Гортон та Хаак [35] а також Ал-Наєм [34], є впровадженням комплексним розподіленим застосуванням, яке допомагає аналітикам відстежувати, отримувати та аналізувати інформацію у реальному масштабі часу у розподіленому та мінливому середовищі. 19 різних архітектурних альтернатив



та архітектурних рішень з 171 комбінаціями були розглянуті та оцінені шляхом широкого обговорення з керівництвом проекту. Ці альтернативи розробки були розділені на 5 груп. В середині кожної групи застосовувалась МАІ. Кінцевий результат був отриманий з використанням інтегрального програмування.

Між п'ятьма групами вибрано групу архітектурного дизайну як таку, що найсуттєвіше впливає на остаточне архітектурне рішення. Для цього конструкторського рішення розглядалось 4 альтернативи.

1. Трирівнева J2EE (THEJ)
2. 3-рівнева з використанням .NET (THTD)
3. 2-рівнева (TWOT)
4. Платформа з підтримкою розподіленого агента (COAB)

Розглядаються сім атрибутів якості, які отримали внаслідок обговорення з керівництвом проекту та з вимог замовників. Це наступні атрибути:

1. Модифікованість.
2. Масштабованість.
3. Експлуатаційні якості.
4. Вартість.
5. Затрати на розробку.
6. Портативність.
7. Простота установки.

Кожна стрічка у таблиці 2.1 отримана через парні порівняння чотирьох альтернатив розробки з точки зору їх підтримки (відповідності) атрибутам якості. Сума вагових пріоритетів у кожному рядку рівна одиниці, що відповідає обмеженням МАІ. Відтворили вагові пріоритети між атрибутами якості та виконали ранжування конструкторських альтернатив, використовуючи програму Expert Choice. З лівого боку показано ваги пріоритетів, отримані через парні порівняння атрибутів якості. Дані наведено у процентах. Ці ваги агреговані з різних ваг, присвоєних відповідно до цілей різних замовників. Деякі цілі є рівнозначними до бізнес-цілей. Інші є аналогами цілей розробників, ще інші – вартісних. Справа відображено кінцеве загальне ранжування.

Як видно з рисунка 2.1, модифікованість найважливіший атрибут якості з ваговим пріоритетом 0,28, після нього іде легкість установки. У фінальному ранжуванні альтернатив розробки ТНТJ значно переважає всі інші кандидати. СОАВ та TWOT ідуть дуже близько з ваговими пріоритетами 0,237 та 0,248 відповідно. ТНТD – це останній вибір.

Таблиця 2.1 – Ранжування альтернатив розробки для кожного атрибуту якості (адаптовано з таблиці 6 у статті Ал-Наема (2005))

Атрибути якості	Альтернативи розробки			
	ТНТJ	ТНТD	TWOT	СОАВ
Модифікованість	0,521	0,182	0,046	0,250
Масштабованість	0,402	0,402	0,054	0,143
Експлуатаційні якості	0,204	0,204	0,347	0,246
Вартість	0,166	0,120	0,487	0,227
Затрати на розробку	0,152	0,110	0,515	0,223
Портативність	0,450	0,050	0,050	0,450
Легкість установки	0,168	0,368	0,256	0,208

Ці стандартні результати МАІ говорять нам дуже мало про те, що є всередині процесу ранжування альтернатив. На додачу до впорядкування альтернатив хотіло б ся знати точну послідовність вибраних альтернатив розробки з точки зору зроблених ключових компромісів та розмір цих компромісів порівняно з компромісами, зробленими у інших альтернативах.

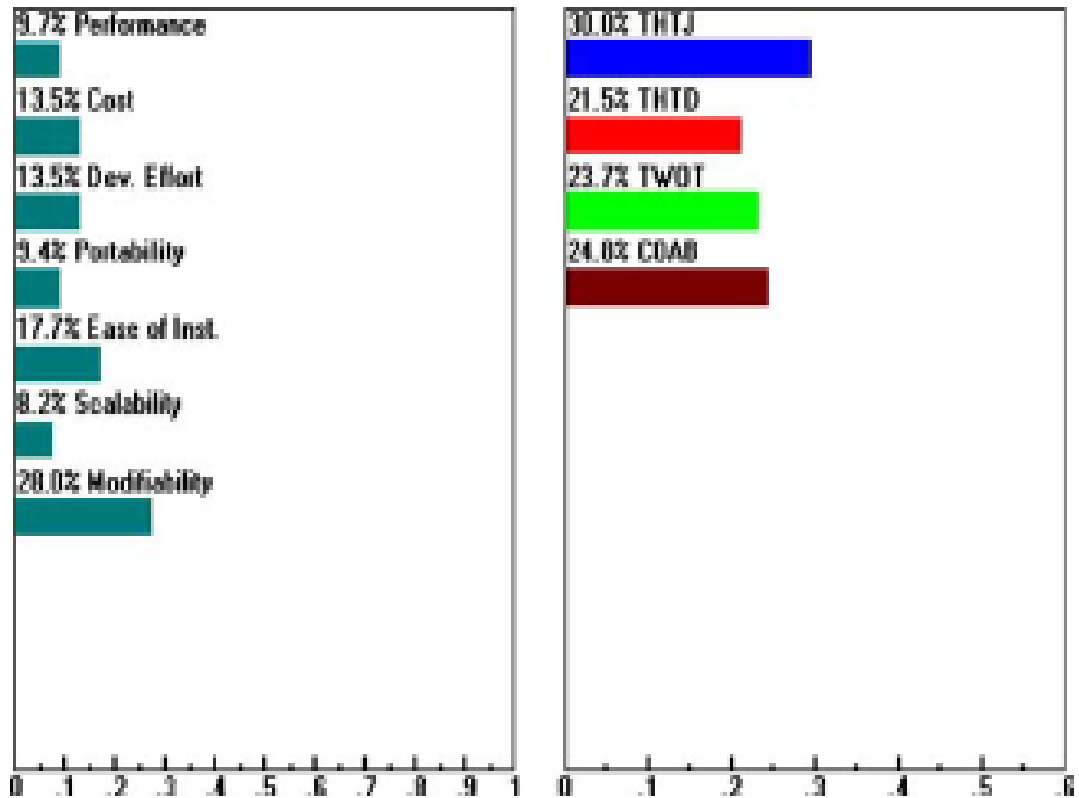


Рисунок 2.1 – Зважені пріоритети для атрибутів якості та загальне ранжування альтернатив розробки (адаптовано з таблиці 4 та 7 у [34])

Для фінального ранжування близькі ваги деяких альтернатив не прояснюють питання, чи не сильно відмінні проміжні рішення на попередніх порівняннях чи вагові пріоритети могли змінити результат.

### 2.1.1 Аналіз компромісів та аналіз чутливості у МАІ

Компроміси виконуються між конфліктуєчими атрибутами якості. Оскільки атрибути якості розташовані в порядку їх пріоритетів, можна розглядати компроміси з двох точок зору: розглядати чи не розглядати вагові пріоритети. Без ваг компроміс відображає більш локальну точку зору. Локальна точка зору на компроміси полягає в тому, щоби представити розмір компромісу без прийняття до уваги відповідної важливості атрибуту якості. Коли розглядати ваги, то виявляються компроміси, що асоційовані з більш важливими атрибутами якості.

### 2.1.2 Компроміси без ваг атрибутів якості

Традиційні компроміси у оцінюванні архітектури сприймаються як зменшення одного атрибуту якості заради іншого, який є більш бажаним в частковому контексті проекту. Розмір компромісу може розглядатись в якості абсолютних величин для кожного атрибуту якості. Наприклад, для забезпечення підтримки системи на іншій платформі (портативність), можна вибрати між дизайном та впровадженням з підтримкою продуктивності 3000 транзакцій за секунду замість 4500 т/сек. Точне число є корисним, коли для порівняння може бути використана нефункціональна вимога, яка піддається кількісному оцінюванню.

Однак, у більшості випадків до МАІ звертаються, коли нефункціональні вимоги важко оцінити кількісно. Таким чином, компроміси треба розглядати з точки зору відносності. Наприклад, для підтримки пріоритету модифікованості (з вагою 0,280), можна вибрати альтернативну розробку, котра містить менший пріоритет експлуатаційних якостей (з вагою 0,097).

У МАІ компроміси сприймаються відносно точки зору пріоритетів. Застосовуючи МАІ, можна отримати вагові пріоритети альтернатив розробки для кожного атрибуту якості, як показано у таблиці 2.1. Крім того, можна вибрати два будь-яких атрибути якості та зобразити їхні пріоритети в координатній площині. Це можна виконати, використовуючи двовимірну діаграму чутливості у програмі Expert Choice як показано на рисунку 2.2. Вісь  $x$  відображає пріоритетну вагу портативності. Вісь  $y$  відображає пріоритетну вагу масштабованості.

Рисунок 2.2 корисний з огляду на можливість візуалізації компромісів, їхніх відносних розмірів та відношень між альтернативами розробки з точки зору компромісів.

Для кожної індивідуальної архітектурної альтернативи точка на рисунку представляє компроміс до тих пір поки вона не опиниться справа від діагоналі під кутом  $45^\circ$  на площині. Якщо потрапляємо в цю область, то це означає, що компроміс чисельно надто великий для того, щоб він був корисним. Для випадку багатьох альтернативних архітектур, якщо вони знаходяться на одних і тих же

горизонтальних чи вертикальних лініях, не можна компроміс виконати не можливо.

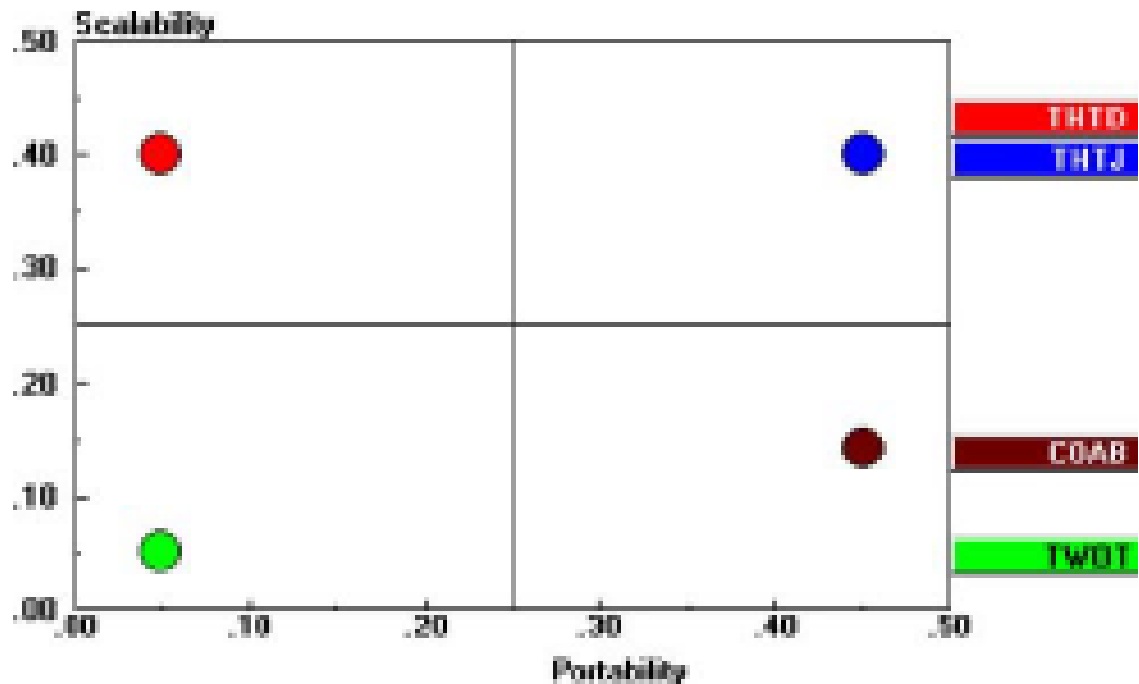


Рисунок 2.2 – Діаграма компромісів між портативністю та масштабованістю

В запропонованому підході можна розділити площу рисунку 2.2 на 4 квадранти. Ї розділяє відносний розмір компромісів на 4 групи. Попадання альтернативної розробки у верхній лівий чи нижній правий квадрант ілюструє зроблено відносно важливий компроміс при виборі архітектурного рішення. На рисунку 2.2 для вибраного рішення THTD (лівий верхній кут) архітектура вибрана з огляду на надання переваги масштабованості перед портативністю, у той час коли для рішення COAD портативність переважає над масштабованістю. Розміщенням точки на графіку в напрямку вгору вліво чи вниз вправо відображає розмір компромісу. Коли розміщення точки ближче до кута, тим більший розмір компромісу. Знаходження архітектурної альтернативи у нижній лівий квадрант показує, що обидва атрибути мають негативний вплив. Коли альтернативна розробка знаходиться у верхньому правому куті, то це показує суттєвий вплив обох атрибутів. Створено всі 21 діаграм компромісів (для семи атрибутів якості, парно порівняних) та виявили 36 важливих компромісів. На цій основі можна

стверджувати, що спеціалісти з архітектури мають можливість контролювати (інспектувати) компроміси, базуючись на їх відносному розмірі та позиції. Результати для обраної альтернативи розробки можуть бути задокументовані як частина обґрунтування розробки та приводить до подальшого оцінювання та розвитку наступних фаз розвитку.

### 2.1.3 Компроміси з вагами атрибутів якості

У попередньому аналізі компроміс між будь-якими двома атрибутами не включали відносні ваги атрибутів якості.

Для того, щоб представити цю властивість даних, потрібно помножити кожен рядок таблиці 2.1 на відповідну вагу атрибуту якості (представлену у лівій стороні рисунка 1.1) і отримали таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Альтернативи розробки, відсортовані відповідно до зважених атрибутів якості.

Атрибути якості	Альтернативи розробки			
	THTJ	THTD	TWOT	COAB
Модифікованість	0,1459	0,0510	0,0129	0,0700
Масштабованість	0,0330	0,0330	0,0044	0,0117
Експлуатаційні якості	0,0198	0,0198	0,0337	0,0239
Вартість	0,0224	0,0162	0,0657	0,0306
Затрати на розробку	0,0205	0,0149	0,0695	0,0301
Портативність	0,0423	0,0047	0,0047	0,0423
Легкість установки	0,0297	0,0651	0,0453	0,0368

Така ж діаграма компромісів на рисунку 2.2 тепер стає такою, як на рисунку 2.3.

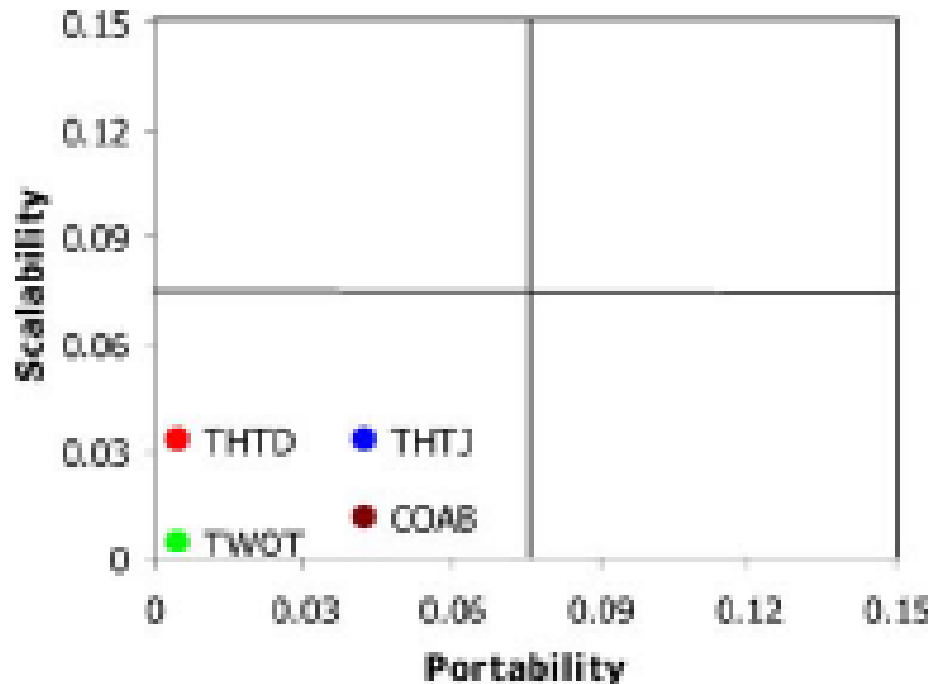


Рисунок 2.3 – Діаграма між портативністю та масштабованістю (з врахуванням ваг пріоритетів атрибутів якості)

Альтернатива ТНТJ має значну перевагу у кодифікованості серед інших чотирьох альтернатив розробки (перший рядок "модифікованість" таблиці 2.2). Отже, для ТНТJ компроміси між модифікованістю та будь-якими іншими атрибутами якості підсилюються у діаграмі компромісів. Лише один ТНТJ має важливий компроміс між модифікованістю та експлуатаційними якостями.

Ці нові діаграми компромісів з врахованими вагами атрибутів якості можуть бути використані для доповнення діаграм компромісів в останньому розділі. Вони допомагають замовникам сфокусуватись на важливих для проекту компромісах.

Отже, ці нові діаграми візуалізують компроміси та їх розміри, які приховані у МАІ. Процес створення цих ілюстрацій ідентифікує також найважливіші компроміси між численними потенційними кандидатами.

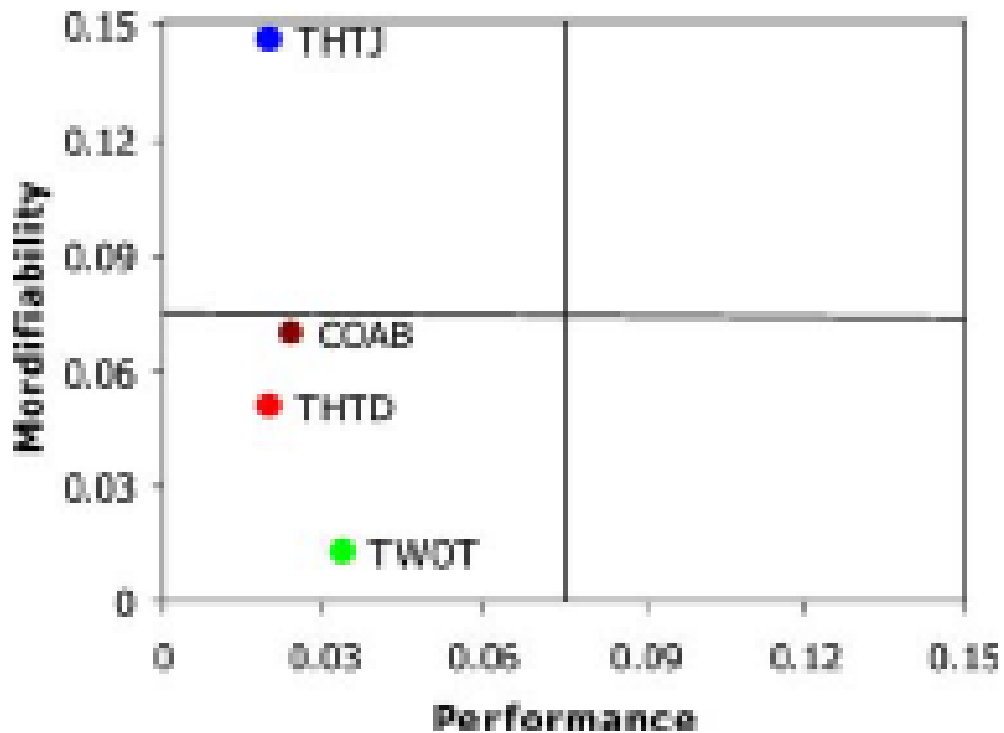


Рисунок 2.4 – Діаграма компромісів між експлуатаційними якість та модифікованістю (з вагами пріоритетів атрибутів якості)

Врешті список звужується до малої кількості найважливіших компромісів, що базуються на відносних вагах атрибутів якості. Всі вони є додатковими з конкретними значеннями вихідних параметрів, які тримаються за межами використання MAI.

## 2.2 Аналіз чутливості

При оцінюванні архітектури атрибути якості з найбільшими пріоритетними вагами розглядаються, як правило, як найбільш важливі та критичні параметри. Дехто може інтуїтивно припустити, що будь-які оцінки його атрибуту якості будуть найбільш критичними і впливати на кінцеве ранжування. Однак, це не стосується випадку використання MAI. Для ілюстрації цього тут буде представлено просте пояснення основ MAI в області оцінки архітектури.

Нехай у нас є  $M$  конструкторських рішень та  $N$  атрибутів якості. Альтернативи позначимо як  $A_i$  (для  $i=1,2,\dots,M$ ) та критерії  $Q_j$  (для  $j=1,2,\dots,N$ ).



Вважаємо, що для кожного критерію  $Q_i$  той, хто приймає рішення, встановив його вагу  $w_i$  шляхом парних порівнянь. У МАІ,

$$\sum_{j=1}^N w_j = 1. \quad (2.1)$$

Нехай  $D_{k,i,j}$  ( $1 \leq i < j \leq M$  та  $1 \leq k \leq N$ ) позначимо мінімальну зміну в абсолютній величині у вазі  $w_k$  атрибуту якості  $Q_k$  таку, що порядок слідування альтернатив  $A_i$  та  $A_j$  буде обернений. При використанні МАІ  $D_{k,i,j}$  може бути обчислений згідно за наступною формулою:

$$D'_{k,i,j} = \frac{|(P_i - P_j)|}{|(a_{jk} - a_{ik})|} \times \frac{100}{w_k}. \quad (2.2)$$

Тут  $P_j$  та  $P_i$  відповідно позначають кінцеву величину надання переваги для  $A_j$  та  $A_i$ .  $a_{jk}$  та  $a_{ik}$  позначають відносну важливість альтернативи  $A_j$  та  $A_i$  з точки зору критерію  $k$ .

Найчутливіше та найкритичніше рішення може бути означене через знаходження найменшого числа з усіх значень  $D$ . Якщо  $D_{k,i,j}$  є найменшим значенням, то це може мати два значення:

1) Вага атрибуту якості  $Q_k$  є найбільш чутливим та найкритичнішим рішенням між вагами пріоритетів атрибутів якості.

2) Відносна вага альтернативних розробок  $A_j$  та  $A_i$  з точки зору атрибуту  $Q_k$  – це продукт найкритичніших та найчутливіших рішень.

Все, що потрібно продемонструвати, це те, що не завжди правдива ситуація, коли  $Q_k$  має найвище значення  $w_k$ .

Тут варто відмітити один елемент. Як було показано, зацікавленість є не лише у найкращому виборі, але також у інших можливих змінах порядку сортування. В реальних умовах, через непередбачені чинники за межами атрибутів якості, які не враховуються у моделі МАІ, перед першим вибором

варто надати перевагу другому або навіть третьому. Більш того, коли задано можливим, що пріоритети змінюються з часом, то випадково другий вибір буде кращим при нових значеннях вагових коефіцієнтів. Таким чином, вважається, що багатократне сортування є важливим.

Отримано всі можливі значення  $D$  для можливих змін сортування. Для кожного атрибуту якості можлива наявність декількох значень  $D$ , що можуть спричинити зміну кінцевого ранжування альтернатив. Представлено лише найменше  $D$  для кожного атрибуту якості. Числа у таблиці представлені у процентах. Як можна побачити, числа є відносно малими і, отже, їх важко очікувати при звичайному прийнятті рішення чи узгодженні вимог.

Як видно з таблиці 2.3, хоча це може бути сприйнято як контр-інтуїтивно, портативність має другу найменшу вагу з поміж атрибутів якості і вона (портативність) найчутливіша до змін. З високою імовірністю невелика зміна у її вазі в розмірі 2,4 може спричинити інше сортування у кінцевому виборі архітектури між варіантами TWOT та COAB. Це показує, що точка чутливості може шляхом незначного впливу реалізувати значний вплив атрибутів якості.

На додачу, до ваги, присвоєної для портативності, зміна у відносній вазі для TWOT та COAB з точки зору портативності може також спричинити зміну ранжування. Оскільки ця вага отримана через парні порівняння, то можлива неточна оцінка може бути спричинена різними джерелами. Більшість інструментів для MAI дозволяють перевіряти ваги для альтернатив розробки та змінювати їх безпосередньо для забезпечення цілісності сортування.

У програмі Expert Choice,  $D$  може бути знайдено через використання градієнтних діаграм. Рисунок 2.5 є градієнтною діаграмою для портативності. Вертикальна лінія представляє пріоритетну вагу портативності і прочитана з перетину з віссю  $x$ . Пріоритети для альтернатив розробки читаються з осі  $y$ .

Коли вертикальна лінія потрапляє на перетин двох альтернатив розробки, то кінцевий порядок сортування двох альтернатив буде змінено. Таким чином, величина  $D$  для двох альтернатив розробки з точки зору певного атрибуту якості є відстанню між поточною вертикальною лінією та перетином двох альтернатив

розробки. Для рисунка 2.5 величина  $D$  для TWOT та COAB є відстанню між вертикальною лінією та пунктирною вертикальною лінією, що позначає перетин.

Таблиця 2.3 – Найменша зміна ваги атрибуту якості для зміни порядку альтернатив.

Атрибут якості	Альтернатива $i$	Альтернатива $j$	Найменша зміна
Експлуатаційні якості	TWOT	COAB	9,4
Вартість	TWOT	COAB	5,1
Затрати на розробку	TWOT	COAB	3,1
Портативність	TWOT	COAB	2,4
Простота установки	TWOT	COAB	13,5
Масштабованість	COAB	THTD	5,7
Модифікованість	COAB	TWOT	3,9

Якщо розробники архітектури та замовники не зацікавлені у найчутливіших точках, вони можуть перевірити діаграму візуально для виявлення будь-яких перетинів, котрі знаходяться відносно близько до поточного пріоритету.

Якщо ж дві лінії, що відображають конструкторські рішення, ніколи не перетинаються, то це означає, що не має значення, яка вага атрибуту якості, оскільки порядок альтернатив не буде змінено ніколи. Як показано на рисунку 2.6, лінії, що представляють THTJ та THTD ніколи не зустрічаються, що означає, що немає значення величина ваги портативності і розміщення THTJ та THTD не буде змінено.

У промислових проектах пріоритети вимог якості змінюються слід за змінами бізнесових вимог. Таким чином замовники можуть спекулювати на позитивних змінах ваг певних атрибутів якості та використовувати аналіз чутливості для оцінювання альтернативних архітектур в нових наборах пріоритетів. Для пристосування до майбутніх змін альтернативна архітектура може бути вибрана замість першої. Найменше значення  $D$  для кожного атрибуту

якості, як показано на рисунку 2.5, може бути індикатором чутливості архітектури з точки зору кожного атрибуту якості. При оцінюванні архітектури всі ці результати варто задокументувати як обґрунтування розробки та як чітке обґрунтування вибору розробки.

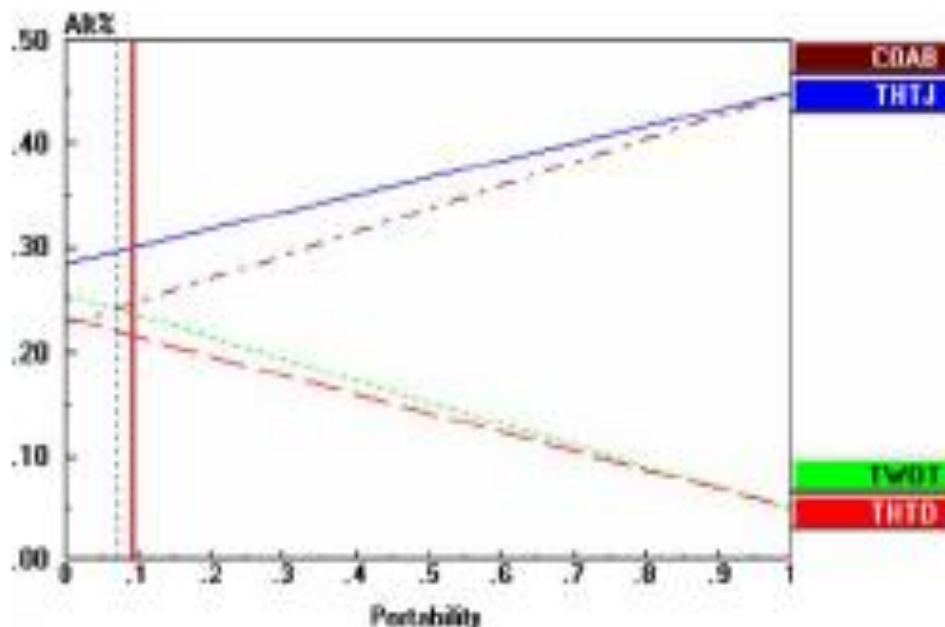


Рисунок 2.5 – Градієнтна діаграма для портативності

Таким чином, метод робить можливим аналізувати чутливість МАІ для вибору архітектури. Найменша зміна, яка може змінити вибір. Як правило не відноситься до атрибуту якості, що має найвищу вагу. Вимірювання чутливості можуть бути також обраховані через формули та відображені на градієнтних діаграмах. Мотивація даного аналізу чутливості є ідентифікація таких незначних, але критичних рішень на проміжних етапах. Результати можуть бути використані для:

- 1) Представлення критичних рішень, котрі розробникам архітектури та замовникам варто усвідомлювати. Ці рішення включають як вагові пріоритети атрибуту якості, так і пріоритетні ваги альтернатив розробки для цих атрибутів якості. Деякі з них можуть не відображати початкову оцінку архітекторів та замовників.

2) Допомогти ідентифікувати можливості архітектури пристосуватись до майбутніх змін пріоритетів та обрахувати відповідну чутливість рішення.

## **2.3 Підхід у ArchDesigner**

ArchDesigner охоплює три кроки. Він починається з першого рішення по розробці та обчислює величини для його потенційних альтернативних рішень. Так повторюється для кожного рішення по розробці. Другий крок перетворює обчислені величини до нормалізованої форми з метою їх підготовки до третього кроку. Нарешті, третій крок формулює рівняння оптимізації так, щоби максимізувати величини, пов'язані з обраними альтернативами, з дотриманням сформульованих обмежень та взаємозалежностей.

### **2.3.1 Крок 1: Обчислення величин**

Треба визначити величину альтернативи розробки як ступінь, до котрої альтернатива задовольняє бажаним атрибутам якості. Для часткового рішення розробки потенційні альтернативи розробки оцінюються через множину атрибутів якості, пов'язаних з цим рішенням. Вхідні дані для цього процесу подвійні:

- Альтернативи розробки та їх відносна підтримка відповідних атрибутів якості. Одна альтернатива, для прикладу, може пропонувати високу надійність, але низьку продуктивність. Інша може забезпечити високу продуктивність при втраті безпеки.

- Переваги (пріоритети) пов'язаних атрибутів якості надаються різними замовниками. Наприклад, один замовник може бути більше зацікавлений у продуктивності та зчепленні за рахунок надійності та модифікованості. Інший замовник може бути більше зацікавлений лише у модифікованості та складності впровадження.

Для методики обчислення потрібно ґрунтуватись на методах Прийняття Рішення за Багатьма Атрибутами (ПРБА) – Multiple Attribute Decision Making (MADM), котрий широко застосовується у різних сферах бізнесу. Ці методи

дозволяють замовникам зробити рішення по перевагах стосовно наявних альтернатив, що характеризуються багатьма, часто конфліктуючими, атрибутами.

Зараз доступно декілька методів MADM, включаючи АНР, SAW, та ELECTRE. ArchDesigner є, однак, достатньо гнучким до акомодатції інших методів на вибір різних замовників (рисунок 2.6).

МАІ на відміну від інших методів MADM базується на відносних вагах (парних порівняннях) і таким чином менш чутливий до помилок оцінювання, спільних для інших методів, що використовують абсолютні величини.

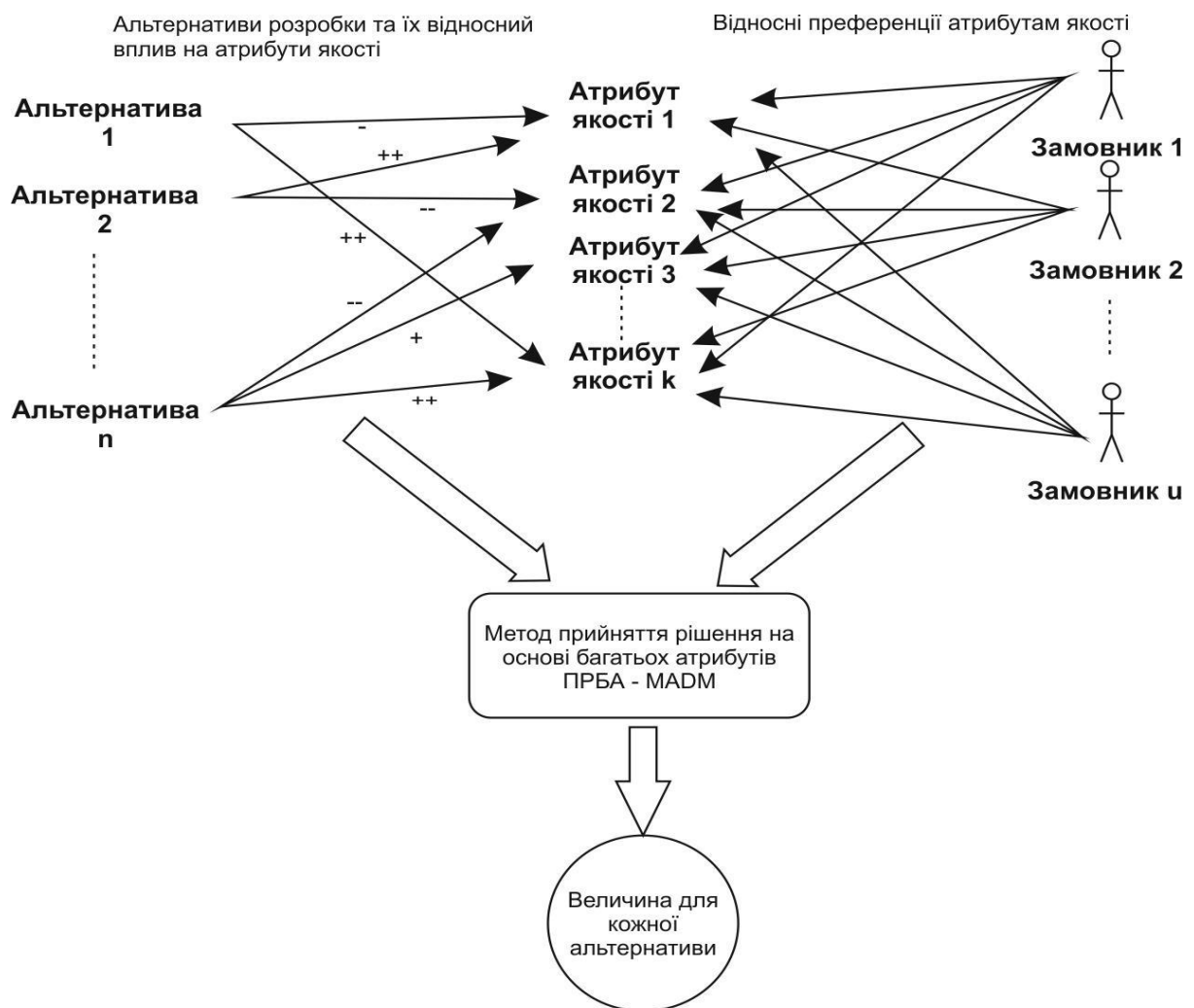


Рисунок 2.6 – Обчислення величини

МАІ включає чотири основних кроки:

- Підготовка: цей крок виділяє різні елементи, необхідні для процесу прийняття рішення. Це веде до ідентифікації альтернатив розробки, атрибутів

якості, які використовуватимуться для оцінювання цих альтернатив, а також різних замовників, що братимуть участь у прийнятті рішення.

- Зважування атрибутів якості: ціль цього кроку – визначити відносні ваги для кожного атрибуту якості. Для кожного рішення з розробки кожен замовник надає його переваги по відповідних атрибутів якості шляхом порівняння кожної пари цих атрибутів якості  $(Qa, Qb)$ , застосовуючи шкалу ваг з таблиці 2.1. Вона використовується для позначення того, наскільки важливий  $Qa$  у порівнянні з  $Qb$ . Зазначимо, що величини (2, 4, 6 та 8) показують компромісні (проміжні) значення між цими перевагами. Це означає, що для  $k$  атрибутів якості треба зробити  $\frac{k(k-1)}{2}$  порівнянь для кожного замовника. Переваги атрибутів якості для кожного замовника узагальнюються перед тим, як обчислюється ваги атрибутів  $Wz, 1 \leq z \leq k$ .

- Зважування альтернатив для задоволення якості: далі треба визначити, як кожна альтернатива розробки підтримує відносні атрибути якості. Для кожного атрибуту якості  $Qa$  порівнюється  $n$  потенційних альтернатив розробки попарно. Величини з таблиці 1 використовуються для присвоєння ваг для визначення того, як альтернатива  $Ax$  задовольняє атрибут  $Qa$  у порівнянні з альтернативою  $Ay$ . Потім можна встановити відносну підтримку кожною альтернативою кожного атрибуту якості (вагу чи міру впливу кожної альтернативи на кожен атрибут якості). Це приводить нас до матриці ваг розміром  $n \times k$ :

$$S = (S_{ax}; 1 \leq x \leq n, 1 \leq a \leq k), \quad (2.3)$$

де кожен елемент  $(x,a)$  відповідає тому, як альтернатива  $Ax$  відносно підтримує атрибут якості  $Qa$ .

Таблиця 2.4 – Шкала ваг для МАІ

Якщо А ... , ніж В	Числова вага
Рівно важливі	1
Посередньо більш важливий	3
Сильно більше важливий	5
Дуже сильно важливіший	7
Беззаперечно важливіший	9

Обчислення величини: тепер можна обчислити величину  $V_{ij}$  для  $i$ -ї альтернативи  $j$ -го рішення, використовуючи наступну формулу:

$$V_{ij} = \sum_{z=1}^k W_z S_{iz} \quad (2.4)$$

### 2.3.2 Крок 2: нормалізація величини

Перед виконанням третього кроку нам потрібно нормалізувати величини, отримані на попередньому кроці. Причиною цього є те, що числові характеристики альтернатив різних рішень потрібно додати на наступному кроці. Тому потрібно привести їх відносно однієї шкали. Для цього треба зважувати різні рішення  $N_j$  відносно таким чином, щоб відобразити їхнє відносне значення для застосування. Природньо, що деякі рішення з розробки є більш важливими за інші і таким чином повинні отримати більшу вагу. Зробивши це, потім треба помножити отримані числові значення на вагу відповідного рішення:

$$V'_{ij} = N_j \cdot V_{ij} \quad (2.5)$$

### 2.3.3 Крок 3: формулювання оптимізації

На цьому кроці намагаємось максимізувати акумуляційне значення величини, яке представляє цільова функція.



Це найкраще може бути сформульоване з використанням цільового програмування.

Максимізуємо:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij} V'_{ij} \quad (2.6)$$

За умови, якщо:

$$\forall j \in [1, \dots, m]: \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij} = 1 \quad (2.7)$$

$$Cost(X_{i_1 1}, X_{i_2 2}, \dots, X_{i_m m}) \leq Constraint_{cost} \quad (2.8)$$

$$Time(X_{i_1 1}, X_{i_2 2}, \dots, X_{i_m m}) \leq Constraint_{time} \quad (2.9)$$

$$X_{ij} + X_{ab} \leq 1, \quad j \neq b \quad (2.10)$$

де:

$m \geq 1$  означає число конструкторських рішень, що розглядаються.

$n_j \geq 2$  означає число альтернатив всередині рішення  $j$ .

$X_{ij} \in [0, 1]$  де 1 означає, що альтернатива  $i$  вибрана для  $j$ -го рішення, а 0 означає, що ця альтернатива не вибрана.

$V_{ij}$  означає нормалізовану величину для  $i$ -ї альтернативи  $j$ -го рішення.

$Constraint_{cost}$  означає обмеження по вартості.

$Constraint_{time}$  означає обмеження по часу.

$Cost(X_{i_1 1}, X_{i_2 2}, \dots, X_{i_m m})$  і  $Time(X_{i_1 1}, X_{i_2 2}, \dots, X_{i_m m})$  є функціями, що приймають список альтернатив на вхід і обраховують очікувану вартість та час відповідно вимог до реалізації цієї комбінації.

Рівняння 2.6 максимізує акумулятивну величину вибором комбінації альтернатив, що дають найвищу можливу величину. Рівняння 2.7 гарантує, що лише одна альтернатива вибрана для кожного рішення. Рівняння 2.8 і 2.9 гарантують, що вибрані альтернативи не порушують обмеження часу та вартості. Відмітимо що функції часу та вартості є загальними, їх вигляд залежить від контексту проекту, де вони застосовуються. Ці функції можуть, однак,

використовуватись для загальних моделей оцінки, таких як СОСОМО, для визначення потрібного часу та вартості. Нарешті рівняння 2.9 підсилює залежності між альтернативами з різних рішень, частково випадок, коли дві альтернативи не можуть бути обрані одночасно.

## РОЗДІЛ 3

### МОДИФІКАЦІЯ ТА ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ОПТИМІЗАЦІЇ АРХІТЕКТУРИ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ

#### 3.1 Стійкість розв'язків задачі оптимізації архітектури програмних систем

В архітектурі програмного забезпечення всі рішення по проектуванню системи повинні передувати у цілісному взаємозв'язку. Інакше забезпечити подальшу розробку якісного програмного продукту буде важко чи взагалі неможливо, оскільки сучасне програмне забезпечення характеризується значним рівнем складності як самого процесу, так і програмного коду. Створення архітектури "з нуля" – неприйнятний підхід, оскільки він вимагає значних затрат ресурсів і часу. Використання вже розроблених раніше рішень також неможливе через те, що вимоги якості до розроблюваного ПЗ ростуть, міняються вимоги предметної області та змінюються апаратні і програмні платформи. Проте існує цілий ряд типових задач, котрі можуть бути адаптовані для реалізації функціональних вимог кожної предметної області. Програмні реалізації таких задач називаються патернами проектування. З цих патернів можна скомпонувати архітектуру будь-якої програмної системи. Причому існує велика різноманітність патернів, що спричиняє наявність декількох архітектурних рішень для однієї і тієї ж системи. Тому виникає задача вибору одного з архітектурних рішень серед декількох. Вибір здійснюється на множині характеристик і атрибутів якості.

Для розв'язку задачі оптимального вибору програмної архітектури застосовується метод аналізу ієрархій (МАІ). Проте автор методу Т.Сааті зазначає, що застосування стандартного МАІ при значній кількості альтернатив ( $n \geq 9$ ) приводить до суттєвих неузгодженостей між елементами матриці парних порівнянь (МПП), що породжує похибки при визначенні вагових множників альтернатив. Тому, в нижче буде запропонована модифікація МАІ в якій вагові

множники визначаються з умови мінімізації неузгодженості МПП, що приводить вихідну задачу до задачі математичного програмування.

Буде проведено дослідження того, наскільки така модифікація може покращити рішення вихідної задачі. Порівнювались результати, отримані після застосування модифікованого МАІ та після використання звичайного методу аналізу ієрархій для різної кількості альтернатив та похибок МПП. Досліджувався також вплив похибок у визначенні вагових множників архітектур, та корекцій пріоритетів критеріїв на ранжування альтернатив. Це особливо важливо, коли оцінки альтернативних архітектурних рішень близькі за певними критеріями.

### **3.2 Стійкість МАІ до похибок експертних даних**

Структурна схема процесу вибору архітектурного рішення з врахуванням показників якості зображена на рисунку 3.1.

Тут два рівні критеріїв якості:

$K_i^1, i = \overline{1, m1}$ , – критерії якості у використанні ПС

у відповідності із стандартом ISO/IEC 25010;

$K_i^2, i = \overline{1, m2}$ , – критерії якості архітектури;

$A_i, i = \overline{1, n}$  – альтернативні архітектурні рішення.

Перелік критеріїв якості у використанні визначається розробником ПС разом із замовником, а критерії якості архітектури  $\{K_i^2\}$  можна визначити шляхом комунікації критеріїв  $\{K_i^1\}$  на основі технології QFD з врахуванням рекомендацій стандарту ISO/IEC 25010. Оскільки ми орієнтуємось на об'єктну технологію проектування, то альтернативні архітектури  $A_i$  можуть бути зкомпоновані з стандартних архітектурних патернів на основі функціональних вимог .

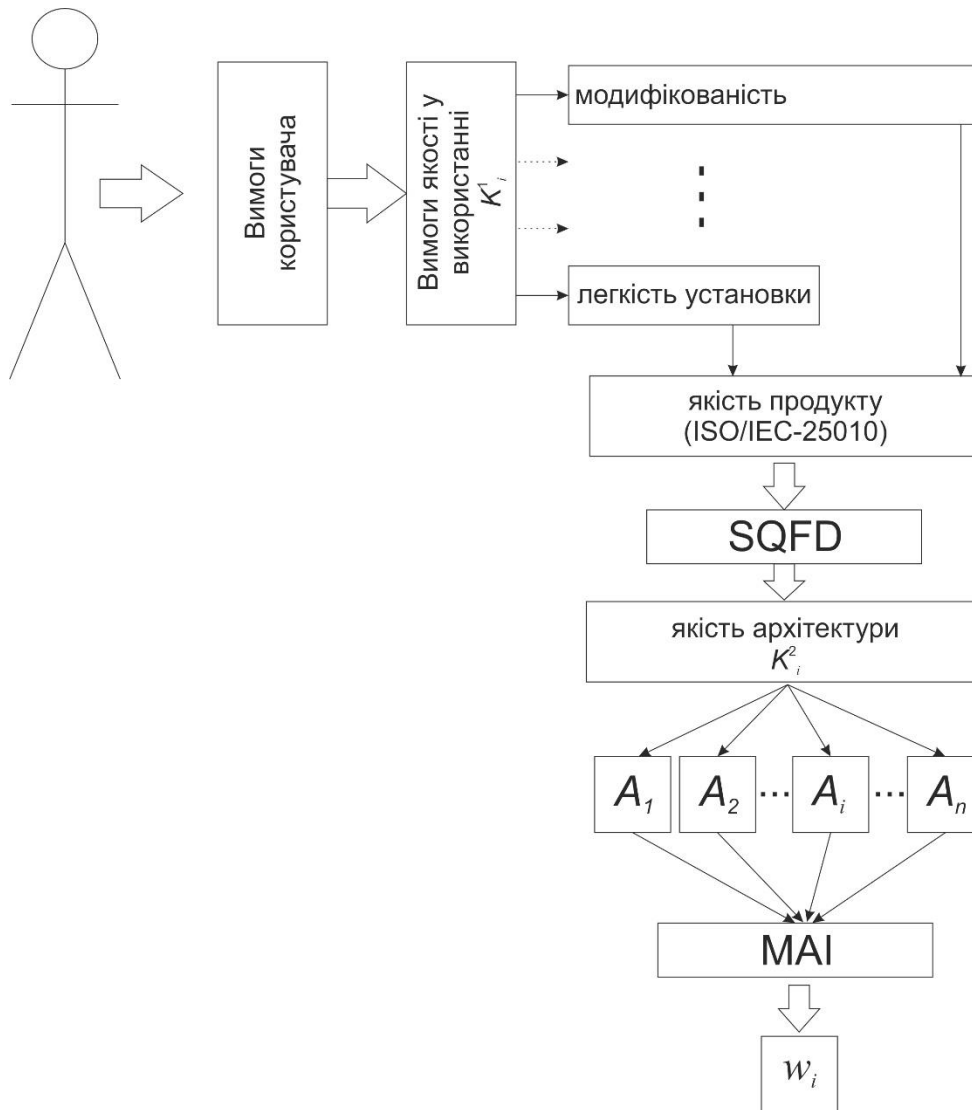


Рисунок 3.1 – Ієрархічне представлення задачі вибору архітектури

Необхідно вибрати таке архітектурне рішення яке б оптимізувало сукупність критеріїв  $\{ K_i^1 \}$ ,  $\{ K_i^2 \}$ . Це задача багатокритеріальної оптимізації на ієрархічній структурі, і щоби розв'язати такого роду задачі, природно використати MAI, розроблений Т. Сааті.

При використанні MAI для рішення таких задач вагові множники альтернатив (критеріїв)  $\{ w_i \}$  на кожному рівні знаходяться з використанням МПП  $\Gamma(\gamma_{ij})$ , які заповнюють експерти (тут  $\gamma_{ij}$  визначає перевагу  $i$ -тої альтернативи над  $j$ -ю).

Коефіцієнти матриць повинні бути узгодженими, тобто  $\gamma_{ij} = w_i/w_j \quad \forall \gamma_{ij} \in \Gamma$ . Вагові коефіцієнти тоді можна порахувати, як елементи власного вектора МПП, які відповідають максимальному значенню характеристичного числа матриці.

Але при коли альтернатив багато (більше 9 згідно Сааті), тоді на експертів діють різні фактори психологічного та когнітивного характеру, через що узгодженість матриця  $\Gamma\{\gamma_{ij}\}$  буде порушена, а її ранг перестане бути рівним одиниці. Тобто матриця матиме більше, ніж одне власне значення. Для оцінювання узгодженості при незначних порушеннях пропонується використовувати індекс узгодженості

$$I_u = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (3.1)$$

де  $\lambda_{max} = \sum_{i=1}^n (x_i \times \sum_{k=1}^n \gamma_{ik})$  - максимальне власне значення,  $n$ -порядок матриці  $\Gamma$ ,  $x_i$  - компоненти власного вектора. Потім обчислюються значення  $I_u$  для значень  $\gamma_{ij}$  з похибками, які задаються як випадкові величини і обчислюється відношення узгодженості

$$I_o = \frac{I_u}{M(I_u)} \quad (3.2)$$

тут  $M(I_u)$  - випадкова узгодженість, яка повинна обчислюватись зі збереженням оберненої симетричності випадкової матриці  $\Gamma$ .

Індекс узгодженості містить інформацію про порушення чисельної (кардинальної) та транзитивної

узгодженості. Якщо значення  $I_o$  не перевищує 10 відсотків то рівень узгодженості вважається задовільним.

Крім перерахованих вище будемо використовувати наступні показники: коефіцієнт узгодженості.

$$K(w_i^*) = \frac{1}{n-1} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{1}{\gamma_{ij}} \left| \frac{w_i^*}{w_j^*} - \gamma_{ij} \right|, \quad (3.3)$$

а також міри узгодженості

$$M_1 = \sum_{i=1}^n K(\omega_i^*) \quad M_2 = \max_i K(\omega_i^*) \quad (3.4)$$

Для знаходження вагових множників по неузгодженій МПП розроблено декілька методів, основними з яких є:

- методи покращення узгодженості на основі уточнюючої інформації;
- методи отримання формально узгоджених матриць;
- методи транзитивного замикання відношення переваг;
- методи дискретної мінімізації відношення неузгодженості.

Але всі перераховані методи, за винятком останнього, є слабо формалізованими і досить громіздкими. Останній з перерахованих методів застосовується при прийнятті рішень в умовах невизначеності. В деяких роботах для рішення задач прийняття ієрархічних рішень по неузгодженим матрицям парних порівнянь запропоновано вагові множники альтернатив шукати на основі умови, щоби неузгодженість матриці ПП  $\Gamma(\gamma)$  була мінімальною. В якості міри неузгодженості можна взяти наступні вирази:

$$(w_i - \gamma_{ij} w_j)^2 \text{ або } |w_i - \gamma_{ij} w_j|. \quad (3.5)$$

Множники  $w_i$  можна знаходити з умови мінімуму одного з виразів (3.5), з точки зору практичного застосування більш зручною є міра

$$\left| \frac{w_i}{w_j} - \gamma_{ij} \right| \leq \delta_{\max} \cdot \gamma_{ij}, \quad (3.6)$$

де  $\delta_{\max}$  – граничне значення міри неузгодженості.

Вагові множники  $w_i, i = \overline{1, n}$  знаходяться з рішення задачі мінімізації міри (3.6), яка підстановкою  $w_i - \gamma_{ij} w_j = y_{ij}^+ - y_{ij}^-; y_{ij}^+, y_{ij}^- \geq 0; i, j = \overline{1, n}$  зводиться до наступної задачі лінійного програмування:

$$\min_{\{w_i\}_{i=\overline{1, n}}} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (y_{ij}^+ + y_{ij}^-) \quad (3.7)$$

$$-\delta_{\max} \cdot \gamma_{ij} \cdot w_j \leq w_i - \gamma_{ij} \cdot w_j \leq \delta_{\max} \cdot \gamma_{ij} \cdot w_j; \quad i, j = \overline{1, n}. \quad (3.8)$$

$$1 \leq a \leq w_i, \quad i = \overline{1, n}; \quad a - \text{задане число.}$$

Були проведені дослідження, в яких для заданих відносних значень неузгодженості  $\delta_{\max}$  знаходились вагові множники  $w_i^*, i = \overline{1, n}$  стандартним і модифікованим МАІ.

Після цього обчислювались коефіцієнти, та міри узгодженості для результатів, отриманих обома методами. Результати порівняння приведені в наступному розділі

### 3.3 Опис параметрів проведених експериментів

Параметри генерації МПП були наступні:

- для експерименту обрано модифіковану модель, а для порівняння з існуючими методами серед класичних методів пошуку використовувався метод наближеного обчислення власного вектору, що відповідає максимальному власному числу;

- початкова кількість альтернатив – 10, кінцева кількість – 20, крок приросту кількості альтернатив – 10;

- при проведенні статистичних досліджень емпірична матриця попарних порівнянь генерувалась з еталонної (ідеально узгодженої) шляхом імовірнісного відхилення її елементів за принципом:

$$\gamma_{ij}^* = \gamma_{ij} + k_{ij} \gamma_{ij} \quad (3.1)$$

- коефіцієнт збурення  $k_{ij}$  має рівномірний розподіл (найгірший випадок збурення з практичної точки зору, котрий веде до найгіршої узгодженості),  $t_{\min} = 0.05$ ,  $M = 0.05$ ,  $t_{\max} = 0.3$  (тобто на першій ітерації  $k_{ij}$  рівномірно розподілене в інтервалі  $(-0.05; 0.05)$ . на другій – в інтервалі  $(-0.1; 0.1)$ , і так далі до останньої ітерації, де  $k_{ij}$  рівномірно розподілене в інтервалі  $(-0.3; 0.3)$ ;



- число повторень кожної ітерації (генерацій МПП однакової розмірності та параметрів збурення) для більшої точності усереднених значень результатів при подальшій статистичній обробці обирався рівним 100;

- обмеження на значення  $d$ ,  $M_1$ ,  $M_2$  не встановлювалися, усі моделі виконувалися однаково кількість разів, усі результати критеріїв оцінки  $d$ ,  $M_1$ ,  $M_2$  критерію наявності реверсу рангів, а також і їх відсутність (наприклад, коли оптимізаційна задача не була розв'язана) фіксувалися у файлі звіту;

- при розв'язанні задачі пошуку ваг за допомогою моделі 1 відповідна оптимізаційна задача розв'язувалася ітераційно, при чому значення  $t_{\text{доп}}$  на кожній ітерації зростало від  $t/2$ - (початкове значення) до 0.9 (кінцеве граничне значення) із кроком  $t/2$  до тих пір, доки задачу не буде розв'язано або доки  $t_{\text{доп}}$  не перевищує 0.9; де  $t$  – граничне значення по модулю коефіцієнта збурення (такі межі та крок  $t_{\text{доп}}$  було вибрано на основі попередніх досліджень моделі 1; для розв'язання задач із більшим коефіцієнтом збурення необхідно збільшувати значення обмежувачого коефіцієнтам  $t_{\text{доп}}$  тому його значення було прив'язано до значення параметра  $t$ );

За результатами експериментів розраховувалися агреговані усереднені показники значень критеріїв  $d$ ,  $M_1$ ,  $M_2$  в залежності від розмірності МПП та границі збурення  $t$  коефіцієнта  $k_{ij}$ . Ці показники розраховувалися лише для тих експериментів, у котрих було розв'язано відповідну оптимізаційну задачу та у результуючому наборі ваг не фіксувався реверс рангів.

Побудовано графіки, що ілюструють зміну агрегованих усереднених значень критеріїв  $d$ ,  $M_1$ ,  $M_2$  у залежності від розмірності та параметрів збурення МПП. Їх зображено на рис. 3.1 – 3.6 та описано далі.

Реверс рангів при проведенні експериментів із запропонованими моделями у переважній більшості випадків фіксувався лише при дуже великому ступені збурення МПП ( $t = 0.3$ ) та великій кількості альтернатив (при кількості 20 у проведених експериментах).

### 3.4 Оцінка моделей за критерієм D

На рис. 3.1 – 3.2 зображено графіки залежності усередненого значення критерію  $d$  від параметру  $t$  – границі коефіцієнта збурення  $k_{ij}$  ( $k_{ij} \in (-t; t)$ ) для матриць попарних порівнянь різної розмірності. Оцінка ефективності моделей за цим критерієм є ключовою, оскільки відображає розбіжність отриманих ваг від еталонних.

З огляду на стабільність отримуваного результату за допомогою класичного методу (пологе зростання відповідної кривої свідчить про малу дисперсію отримуваних емпіричних значень величин  $d$ ) при невеликому збуренні ( $t < 0.2$ ) за цих умов доцільніше використовувати класичний метод.

Проте навіть при невеликому числі кількості альтернатив при значному збуренні ( $0.2 < t < 0.3$ ) МПП вже доцільно застосовувати модифіковану модель.

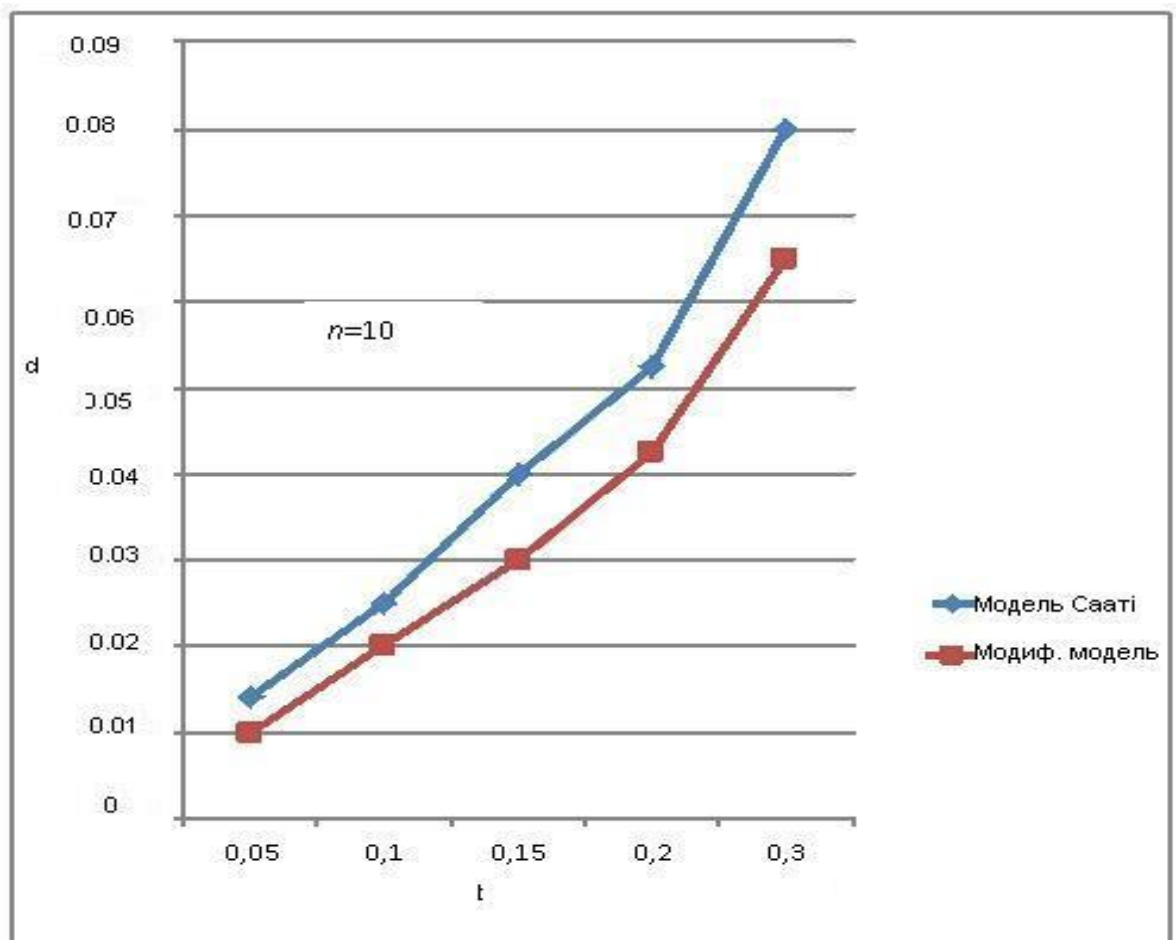


Рисунок 3.1 – Графік залежності усередненого значення критерію  $d$  від границі збурення  $t$  матриць попарних порівнянь розмірності 10

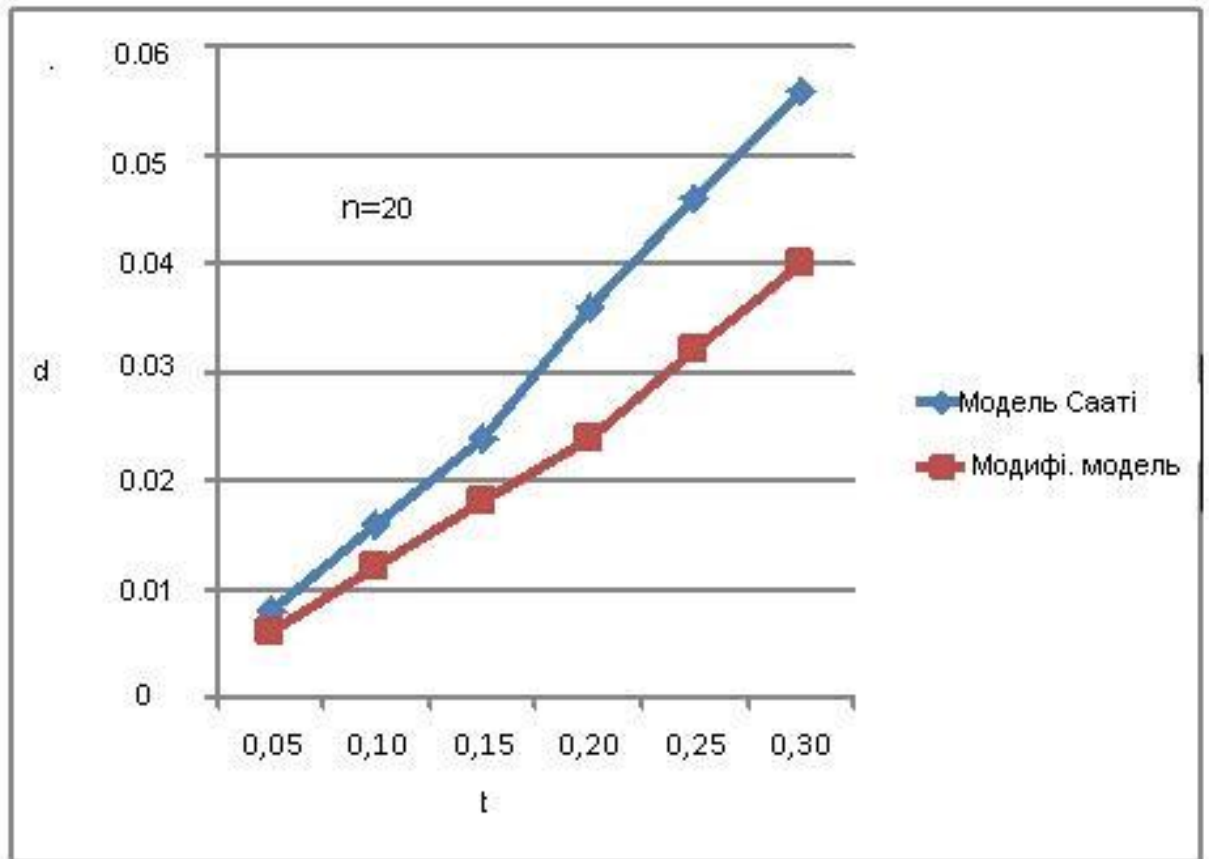


Рисунок 3.2 – Графік залежності усередненого значення критерію  $d$  від границі збурення  $t$  матриць попарних порівнянь розмірності 20

Модифікована модель показала кращі результати за кутовою відстанню  $d$ , при чому спостерігається тенденція зростання різниці в значеннях критерію  $d$ , отримуваних із результату роботи даних моделей та результату роботи класичного методу при зростанні кількості альтернатив (розмірності МПП). Можна зробити висновок, про доцільність практичного використання модифікованої моделі – при  $n > 20$  та  $t > 0.2$ . При  $n < 20$  моделі за критерієм  $d$  дають рівноцінні ваги, котрі за цим же критерієм кращі за ваги, отримані за допомогою класичного методу, при  $t > 0.2$  (великий ступінь збурення).

Підсумовуючи порівняльну характеристику моделей, наведену вище, можна надати рекомендації практичного використання різних методів пошуку ваг в залежності від ступеня збурення та розмірності МПП. Ці рекомендації подано у вигляді таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Рекомендації практичного використання різних методів для ефективного пошуку ваг за критерієм  $D$

Рекомендований Метод	Кількість альтернатив, $n$	$t$ - границя модуля коефіцієнта збурення $k_{ij}$
Метод Сааті	$n \leq 20$	$t \leq 0.2$
Модифікований метод	$n > 20$	$t > 0.2$

### 3.5 Оцінка моделей за критерієм $M1$

На рис. 3.3 – 3.4 зображено графіки залежності усередненого значення критерію  $M1$ , від границі  $t$  модуля коефіцієнта збурення  $k_{ij}$  МПП при різній кількості альтернатив. Критерій  $M1$  визначається як сума коефіцієнтів узгодженості  $K(w_i), i = 1, n$  для результуючого набору ваг.

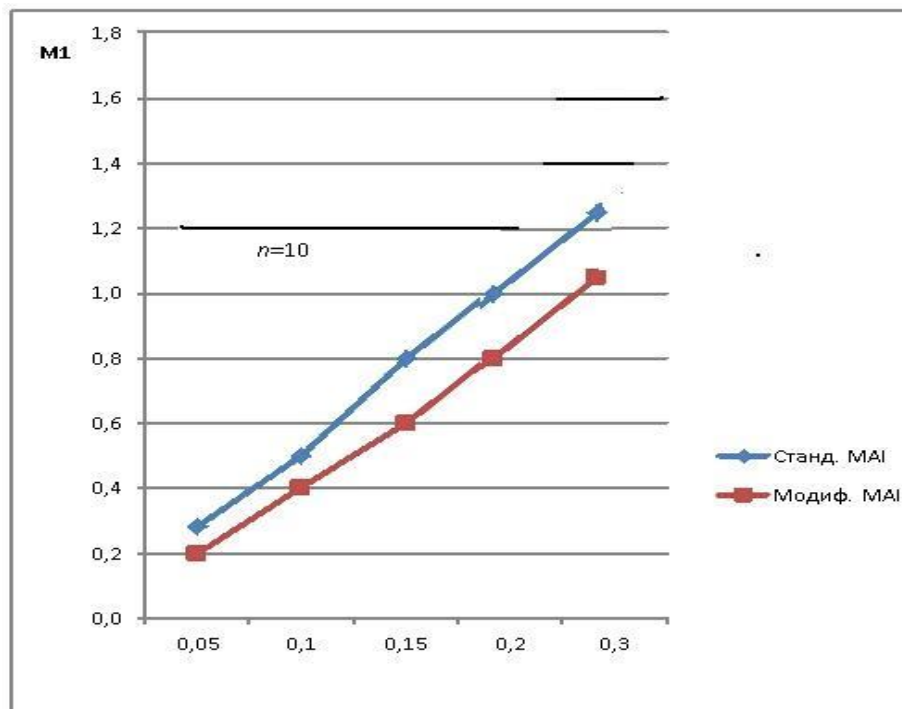


Рисунок 3.3 – Графік залежності усередненого значення критерію  $M1$ , від границі збурення  $t$  матриць попарних порівнянь розмірності 10

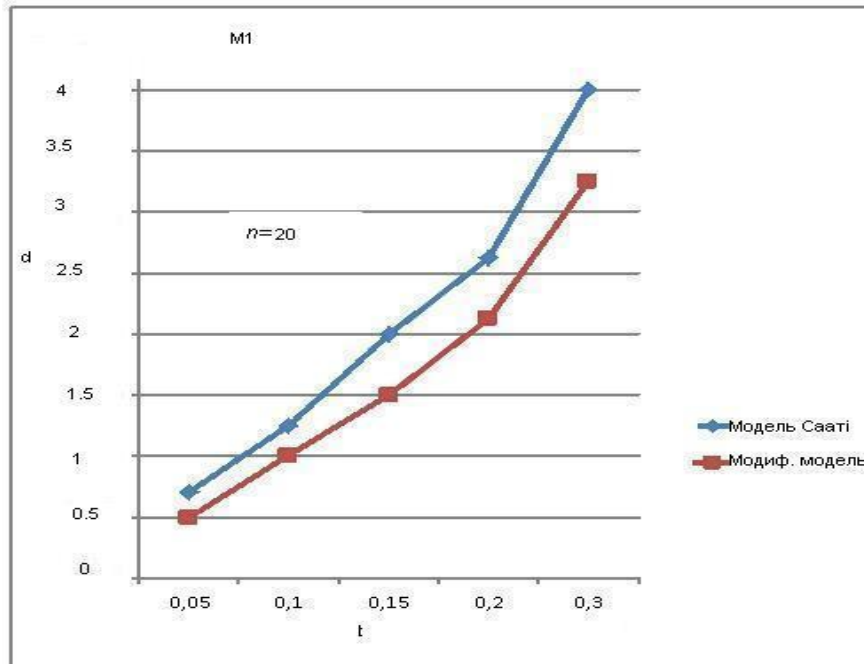


Рисунок 3.4 – Графік залежності усередненого значення критерію  $M_1$ , від границі збурення  $t$  матриць попарних порівнянь розмірності 20

### 3.6 Оцінка моделей за критерієм $M_2$

На рис. 3.5 – 3.6 зображено графіки залежності усередненого значення критерію  $M_2$  від границі  $t$  модуля коефіцієнта збурення  $k_{ij}$  матриць попарних порівнянь при різній кількості альтернатив.

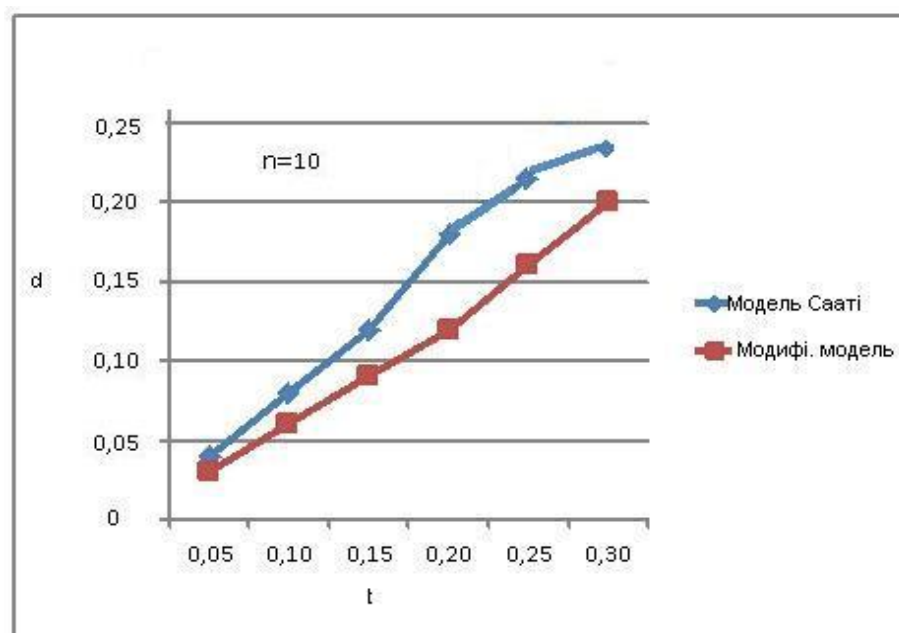


Рисунок 3.5 – Графік залежності усередненого значення критерію  $M_2$ , від границі збурення  $t$  матриць попарних порівнянь розмірності 10

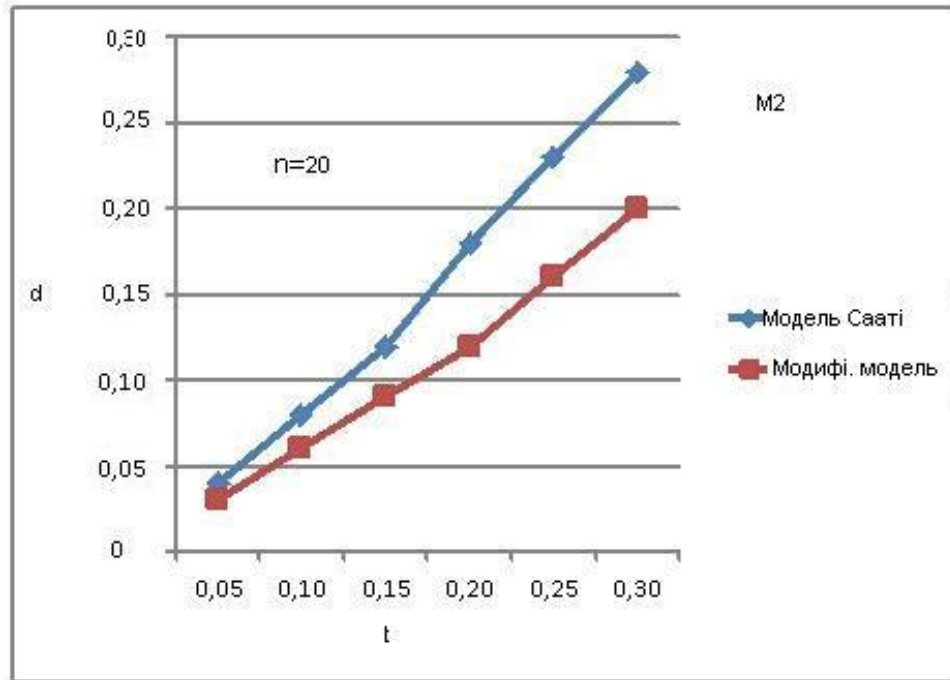


Рисунок 3.6 – Графік залежності усередненого значення критерію  $M_2$ , від границі збурення  $t$  матриць попарних порівнянь розмірності 20

Критерій  $M_2$  визначається як  $\max K(w_i)$  для результуючого набору ваг, де  $K(w_i)$ ,  $i = 1, n$  – коефіцієнти узгодженості.

За критерієм  $M_2$  найефективнішою виявилася модифікована модель, що дещо випереджає класичний метод при великому ступені збурення МПП.

Важливим також є дослідження впливу похибок визначення вагових множників  $\{w_i\}$ , викликаних неузгодженостями в МПП, на ранжування альтернатив  $\{A_i\}$ , як за окремими критеріями якості, так і за їх сукупністю. Для цього по узгоджених матрицях парних порівнянь  $\Gamma^s(\gamma_{ij}^s)$ ;  $i, j = \overline{1, n}$ ;  $s = \overline{1, m}$  знаходились набори множників  $\{w_i^s\}$  і альтернативи ранжувались за значеннями  $\{w_i^s\}$  по кожному критерію. Таким чином, отримали впорядковані множини  $\{A_{is}, K_{is}^s\}$ ,  $s = \overline{1, m}$ ,  $is \in J_s$  – впорядкована множина номерів архітектур. Після цього, згідно описаної вище методики, моделювались помилки експертів, та визначались  $\{w_i^s\}$  і проводилось повторне ранжування  $\{A_{is}\}$ .

Розрахунки показали, що відбувалась зміна ранжування при близьких значеннях  $K_{is}^s$  вже при границі неузгодженості  $\delta_0 < 0,1$ .

Для ранжування альтернатив по множині критеріїв  $\{K_i\}_{i=1,m2}$  —  $\{P_i\}_{i=1,m2}$ ,  $\sum_{i=1}^{m2} P_i = 1$

. Тоді показником важливості альтернативи  $A_i$  по множині критеріїв буде

$$J_i = \sum_{j=1}^{m2} P_j \cdot w_j^i, \quad i = \overline{1,n} \quad (3.10)$$

і ранжування  $\{A_i\}$  проводиться за значеннями  $\{J_i\}$ .

Слід відмітити, що зміна ранжування може відбуватись як через похибки у визначенні  $w_j^i$ , так і через корекцію експертами призначених пріоритетів  $\{P_j\}$ .

Чутливість ранжування до корекції  $\{P_j\}$  при використанні МАІ можна дослідити на основі співвідношення :

$$D'_{s,i,j} = \frac{|J_i - J_j|}{|w_i^s - w_j^s|} \cdot \frac{100}{P_s} \quad (3.11)$$

тут  $D'_{s,i,j}$  ( $s = \overline{1,m2}; i, j = \overline{1,n}, i \neq j$ ) — мінімальна зміна величини пріоритету  $P_K$  критерію якості  $K_s$ , яка змінює порядок слідування сусідніх альтернатив  $A_i$  та  $A_j$  на зворотній. Найменше значення  $D'_{s,i,j}$  показує, що пріоритет  $P_s$  атрибуту  $K_s$  є критичним до змін оцінок в парних порівняннях.

Використовуючи співвідношення (3.11), для кожного критерію  $K_S$  знаходимо інтервал  $\Delta P_S$ , в якому експерти можуть коригувати пріоритети  $P_S$ , безпосередньо, або через корекцію значень парних порівнянь, без зміни ранжування альтернатив

$$D_S^* = \min_i D_{S,i,j} = \Delta P_S, \quad i = \overline{1,n}, S = \overline{1,k_2}. \quad (3.12)$$

Таке дослідження чутливості рішення по вибору альтернатив дає можливість виявити найбільш критичні моменти і прийняти міри по збільшенню стійкості рішень.

Таблиця 3.2 – Експериментальна МПП

№ / №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1,0000	1,4013	1,4230	0,8725	0,7684	1,4321	2,8311	1,8276	0,8356	2,8568	1,1272	2,2620	2,7341
2	0,7136	1,0000	0,2435	0,8920	0,2657	0,2270	0,5432	0,3290	0,8074	1,2125	1,1214	0,9215	2,9185
3	0,7027	4,1070	1,0000	1,0892	0,6019	0,5170	2,8365	0,7044	0,9296	2,8854	1,0289	2,3209	2,5156
4	1,1461	1,1210	0,9181	1,0000	0,4381	0,3253	1,8151	1,1894	0,4641	1,7008	1,5550	0,6411	4,4737
5	1,3014	3,7631	1,6615	2,2826	1,0000	1,2457	2,6093	0,7814	0,7793	1,3064	2,3724	0,9263	6,3948
6	0,6983	4,4046	1,9343	3,0739	0,8028	1,0000	1,3168	0,7964	2,1696	1,4570	1,1395	0,9163	2,5978
7	0,3532	1,8409	0,3526	0,5509	0,3832	0,7594	1,0000	0,8896	0,4436	1,4053	1,2151	1,1763	1,5446
8	0,5472	3,0396	1,4197	0,8408	1,2797	1,2556	1,1241	1,0000	0,6625	0,9198	0,8438	0,8288	4,7884
9	1,1968	1,2385	1,0757	2,1548	1,2831	0,4609	2,2541	1,5094	1,0000	0,7746	1,8681	1,5830	4,4098
10	0,3500	0,8248	0,3466	0,5880	0,7655	0,6864	0,71 16	1,0872	1,2911	1,0000	1,1511	0,4917	1,5727
11	0,8872	0,8917	0,9720	0,6431	0,4215	0,8776	0,8230	1,1851	0,5353	0,8688	1,0000	1,2501	3,9297
12	0,4421	1,0852	0,4309	1,5599	1,0795	1,0913	0,8501	1,2065	0,6317	2,0338	0,7999	1,0000	1,6081
13	0,3658	0,3426	0,3975	0,2235	0,1564	0,3849	0,6474	0,2088	0,2268	0,6359	0,2545	0,6219	1,0000

Рекомендації щодо практичного використання моделей у залежності від параметрів збурення та кількості альтернатив наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Практичні рекомендації з використання методів вибору архітектури

Рекомендований метод	Кількість альтернатив, n	t- границя модуля коефіцієнта збурення $k_{ij}$
За критерієм d		
Класичний метод Сааті	$n \leq 20$	$t \leq 0.2$
Модифікований метод	$n > 20$	$t > 0.2$
За критерієм $M_1$		
Класичний метод Сааті	$n \leq 20$	$t < 0.25$
Модифікований метод	$n > 20$	$t > 0.05$
За критерієм $M_2$		
Класичний метод Сааті	$n \leq 20$	$t \leq 0.2$
Модифікований метод	$n < 20$	$t > 0.2$



## 4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 4.1 Оцінювання альтернативних архітектур методом аналізу ієрархій

Зростаюча складність сучасних програмних систем (ПС) та високі вимоги до їх якості змушують розробників ширше використовувати формальні методи та системні підходи при їх проектуванні. Проектування архітектури є важливим етапом розробки ПС, оскільки вибране рішення визначає окрім характеристик функціональності такі важливі характеристики ПС, як зручність у використанні, надійність, безпечність та інші. В літературі використовується багато означень архітектури ПС, що пояснюється різними підходами та використовуваними технологіями проектування.

Якість архітектурного рішення оцінюється за сукупністю критеріїв, і його вибір завжди є компромісом, оскільки для заданого набору функціональних вимог та вимог якості не існує очевидного єдиного найкращого рішення і покращення одних показників веде до погіршення інших та навпаки. А оскільки тут потрібно враховувати зв'язки між критеріями якості архітектури і ПС, то вихідна задача повинна формуватись як задача багатокритерійної ієрархічної оптимізації.

Найбільш широко використовуються два стандартних підходи до оцінки якості архітектури [1]. Перший підхід полягає в оцінюванні її характеристик методом імітаційного моделювання. Наприклад, за результатами моделювання продуктивності оцінюється пропускна здатність і масштабованість системи. В інших випадках характеристики зв'язності та зчеплення використовуються для оцінювання здатності до змін і зручності супроводження системи.

В методах другого підходу характеристики архітектури оцінюються за результатами опитування експертів. Наприклад, в методі АТАМ (Architecture Trade-off Analysis Method) оцінюються ризики того, що архітектура не задовольняє концептуальним вимогам [2]. Концептуальна вимога однієї із зацікавлених сторін експерименту в методиці АТАМ описується з допомогою

сценаріїв. Потім альтернативні варіанти архітектури аналізують на предмет підтримки кожного із сценаріїв.

Метод аналізу ієрархій Сааті дозволяє отримати відносні оцінки архітектур як по кожному критерію, так і по їх сукупності. Однак, оскільки МАІ є експертною технологією за своєю суттю, то отримані рішення можуть виявитись нестійкими до неузгодженостей матриць парних порівнянь, а також до зміни пріоритетів критеріїв якості. Зміна вимог до ПС приводить до зміни пріоритетів критеріїв якості як системи в цілому, так і її архітектури. Для виявлення критичних рішень та проведення аналізу чутливості рішень до змін вимог необхідно виконувати аналіз конфліктів та можливих компромісів між критеріями. Це дасть можливість виявити потенційні проблеми та забезпечити адаптацію архітектури до майбутніх змін вимог.

Питання чутливості у методах оцінювання архітектури було вперше поставлено в роботах Добриці та Ніемела [3]. Але вони не надали ніяких рішень цієї проблеми. Це частково пояснюється тим, що вони використовували кількісні методи оцінювання, такі як АТАМ, СВАМ.

Пропонований в статті підхід представляє собою додатковий аналіз результатів методу аналізу ієрархій. В якості прикладу дослідження чутливості рішень до змін вимог та аналізу компромісів між критеріями якості були проведені для архітектур, взятих з проекту GlasBox [4].

Приведемо отримання оптимального рішення методом аналізу ієрархій Сааті (МАІ). Структурна схема процесу вибору архітектурного рішення з врахуванням показників якості зображена на рис. 4.1.

Тут представлено такі рівні критеріїв якості:

–  $K_i^1, i = \overline{1, m1}$  – критерії якості ПС у відповідності зі стандартом ISO/IEC 25010;

–  $K_i^2, i = \overline{1, m2}$  – критерії якості архітектури;

–  $A_i, i = \overline{1, n}$  – альтернативні архітектурні рішення.

Необхідно вибрати таке архітектурне рішення, яке б оптимізувало сукупність критеріїв  $\{K_i^1\}, \{K_i^2\}$ . Це задача багатокритеріальної ієрархічної

оптимізації і для розв'язання таких задач найчастіше використовується метод аналізу ієрархій Сааті [5].

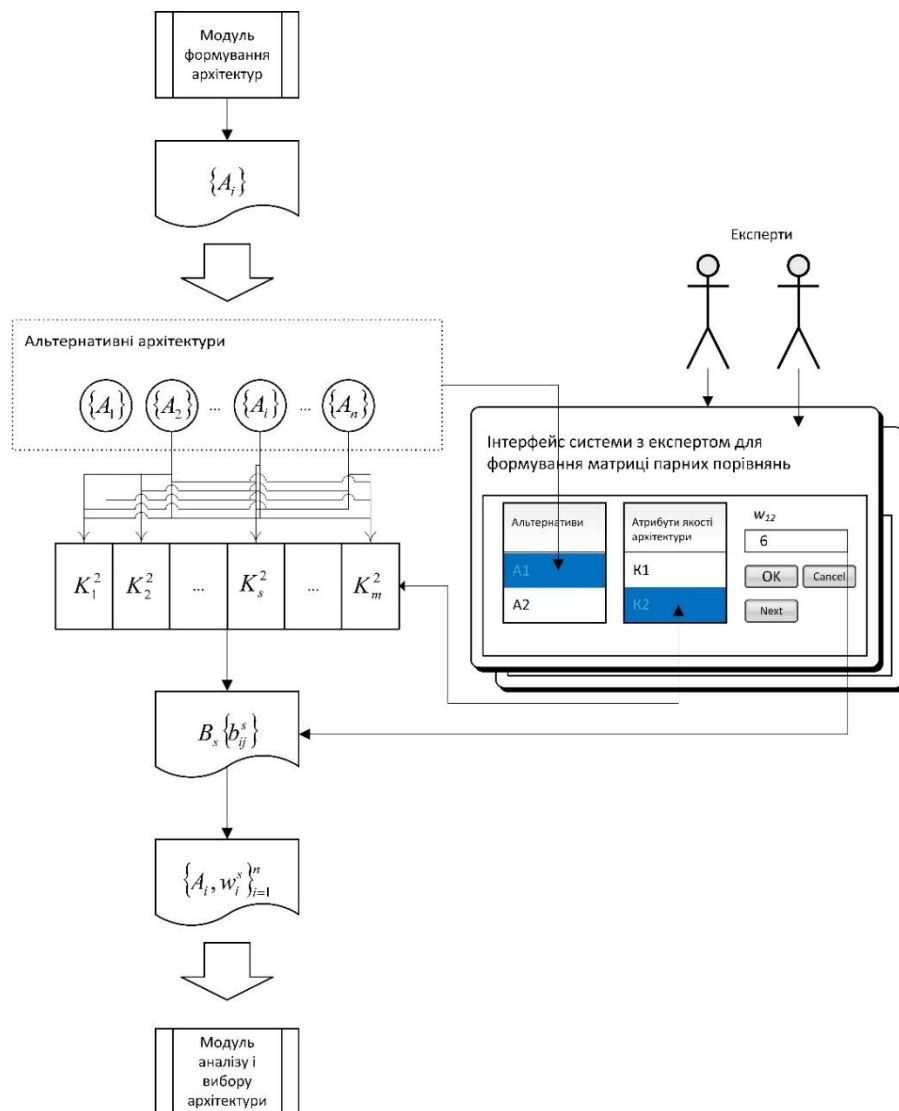


Рисунок 4.1 – Ієрархічне представлення задачі вибору архітектури

При використанні МАІ для рішення таких задач вагові множники альтернатив (критеріїв)  $\{w_i\}$  на кожному рівні знаходяться з використанням матриць парних порівнянь  $B \{b_{ij}\}$ , які заповнюють експерти (тут  $b_{ij}$  визначає перевагу  $i$ -тої альтернативи над  $j$ -ю).

Коефіцієнти матриць повинні бути узгодженими, тобто  $b_{ij} = w_i / w_j \quad \forall b_{ij} \in B$ . Вагові множники в цьому випадку знаходяться як компоненти власного вектору матриці парних порівнянь, які відповідають максимальному характеристичному числу матриці. Але при значній кількості альтернатив в силу дії на експертів

різних факторів матриця  $B\{b_{ij}\}$  є неузгодженою і її ранг буде відмінним від одиниці, тобто матриця буде мати декілька власних значень. В роботах [6, 7] для розв'язку даної задачі запропоновано алгоритм обчислення ваг альтернатив з умов мінімізації неузгодженості матриці  $B(b_{ij})$ , заданої виразом:

$$\left| \frac{w_i}{w_j} - b_{ij} \right| \leq \delta_{\text{дон}} \cdot b_{ij}, \quad \delta_{\text{дон}} \geq 0, \quad (4.1)$$

де  $\delta_{\text{дон}}$  – задане порогове значення.

Тоді вагові множники  $w_i$ , які мінімізують (1), знаходяться з рішення задачі

$$\min_{\{w_i\}} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (w_i - b_{ij} w_j)^2 \quad (4.2)$$

$$a_i \leq w_i \leq b_i, \quad i = \overline{1, n}.$$

$$-\delta_{\text{дон}} \cdot b_{ij} \cdot w_j \leq w_i - b_{ij} \cdot w_j \leq \delta_{\text{дон}} \cdot b_{ij} \cdot w_j; \quad i, j = \overline{1, n}, \quad (4.3)$$

яка заміною змінних зводиться до задачі лінійного програмування:

$$\min_{\{w_i\}} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (y_{ij}^+ - y_{ij}^-) \quad (4.4)$$

$$w_i \geq a, \quad i = \overline{1, n},$$

$$w_i - b_{ij} w_j = y_{ij}^+ - y_{ij}^-.$$

$$-\delta_{\text{дон}} \cdot b_{ij} \cdot w_j \leq w_i - b_{ij} \cdot w_j \leq \delta_{\text{дон}} \cdot b_{ij} \cdot w_j, \quad (4.5)$$

$$y_{ij}^+, y_{ij}^- \geq 0; \quad i, j = \overline{1, n}.$$

Таким чином, знаходження ваг альтернативних архітектур  $w_i$  зведеться до рішення задачі (4.4), (4.5), яка розв'язується стандартним симплекс-методом [8]. Використання запропонованого алгоритму обчислення ваг дало змогу розширити межі коректного застосування МАІ для випадку великої кількості альтернатив ( $n > 9$ ) [6].

## 4.2 Дослідження чутливості ранжування альтернатив та аналіз компромісів

Були проведені обчислення вагових множників стосовно альтернативних архітектур проекту GlasBox [4]. Було розглянуто 19 різних архітектурних альтернатив, для яких були виконані обчислення ваг по кожному з наступних критеріїв:

8. Здатність до модифікації.
9. Масштабованість.
10. Продуктивність.
11. Вартість.
12. Затрати на розробку.
13. Портативність.
14. Легкість встановлення.

Також було виконано такі обчислення по сукупності критеріїв.

Далі приведені найбільш характерні результати розрахунків для таких чотирьох альтернатив:

1. Трирівнева на базі J2EE (THEJ).
2. Трирівнева з використанням платформи NET (THTD).
3. Дворівнева (TWOT).
4. Платформа з підтримкою розподіленого агента (COAB).

В таблиці 4.1 приведено ваги архітектурних альтернатив відносно критеріїв якості.

Далі визначаємо пріоритети критеріїв якості. Оскільки в розробці ПС зацікавлені декілька груп фахівців, які мають різні пріоритети для кожного з атрибутів якості, спочатку необхідно визначити пріоритети кожної з груп шляхом формування ними матриць парних порівнянь, до яких застосовується модифікований МАІ і знаходяться пріоритети критеріїв  $\{P_i^s\}$ ,  $i = \overline{1, k2}$ ,  $s$  – номер групи експертів. Компромісне рішення можна знаходити як середнє геометричне

$P_{ij}^* = \sqrt[n]{P_{ij}^1 \cdot P_{ij}^2 \cdot \dots \cdot P_{ij}^n}$ , або як усереднене, з врахуванням показника компетентності груп експертів  $P_{ij}^* = P_{ij}^{\alpha_1} \cdot P_{ij}^{\alpha_2} \cdot \dots \cdot P_{ij}^{\alpha_n}$ . ( $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$  – показники компетентності).

Таблиця 4.1 – Ваги архітектурних альтернатив відносно критеріїв якості (ранжування альтернатив)

Атрибути якості	Альтернативи			
	ТНТJ	ТНТD	TWOT	СОAB
Модифікованість	0,521	0,172	0,106	0,210
Масштабованість	0,404	0,402	0,074	0,143
Продуктивність	0,201	0,204	0,347	0,246
Вартість	0,166	0,120	0,487	0,227
Затрати на розробку	0,152	0,110	0,515	0,223
Портативність	0,450	0,050	0,050	0,450
Легкість встановлення	0,168	0,368	0,256	0,208

В таблиці 4.2 представлені оцінки пріоритетів критеріїв якості різних груп експертів, отриманих модифікованим МАІ.

Як видно з таблиці 4.2, модифікованість – найважливіший атрибут якості з ваговим пріоритетом 0,28, після нього слідує легкість встановлення. У остаточному ранжуванні альтернатив розробки ТНТJ значно переважає всі інші кандидати. СОAB та TWOT знаходяться дуже близько з ваговими пріоритетами 0,237 та 0,248 відповідно. ТНТD – це найгірший варіант.

Таблиця 4.2 – Пріоритети критеріїв якості

Атрибути якості	Експерти			Агреговане значення
	розробники	користувачі	замовники	
Модифікованість	0,216	0,294	0,184	0,280
Масштабованість	0,087	0,092	0,038	0,082
Продуктивність	0,052	0,117	0,087	0,097
Вартість	0,245	0,019	0,272	0,135
Затрати на розробку	0,245	0,019	0,272	0,135
Переносимість	0,050	0,155	0,053	0,094
Легкість встановлення	0,106	0,304	0,093	0,177

Але ці результати містять дуже мало інформації про взаємозалежності між критеріями та альтернативами.

### 4.3 Аналіз компромісів без врахування ваг атрибутів якості

Аналіз компромісів між критеріями можна проводити, побудувавши діаграми компромісів. Наприклад, на рисунку 4.2 зображена діаграма компромісів між портативністю та масштабованістю. По осі  $x$  показано відносне значення критерію "Переносимість", по осі  $y$  – "Масштабованість".

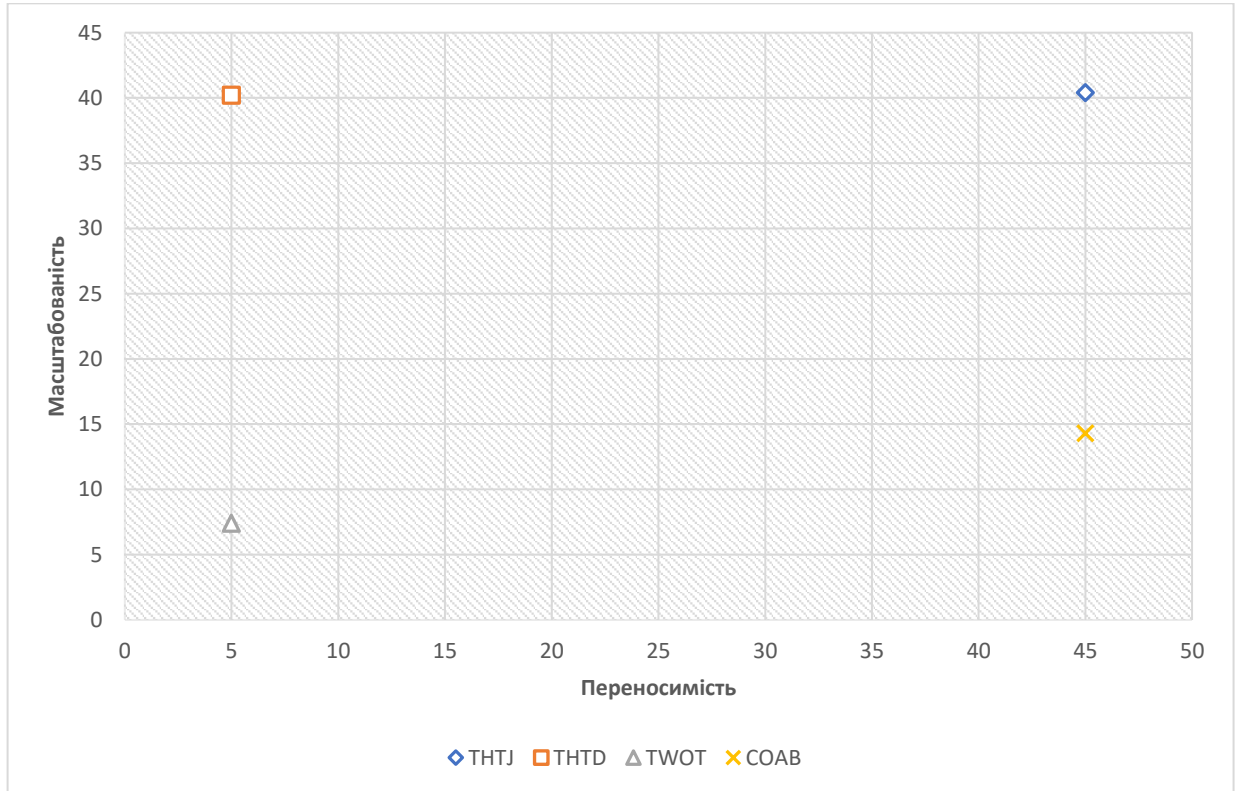


Рисунок 4.2 – Компромиси між критеріями якості

Рисунок 4.2 корисний з огляду на можливість візуалізації компромісів, їхніх відносних розмірів та відношень між альтернативами розробки з точки зору компромісів.

Для кожної альтернативної архітектури точка на діаграмі є можливим компромісом, якщо вона знаходиться зліва від діагоналі координатної площини.

На рисунку 4.2 для вибраного рішення THTD (лівий верхній кут) архітектура вибрана з огляду на надання переваги масштабованості перед портативністю, у той час коли для рішення COAB портативність переважає над масштабованістю. Розмір компро44місу відображається розміщенням точки в

напрямку вверх вліво чи вниз вправо. Чим ближче точка розміщена до кута, тим більший розмір компромісу було виконано. Попадання альтернативи у нижній лівий квадрат відображає, що обидва атрибути впливають негативно.

#### 4.4 Аналіз компромісів з врахуванням ваг атрибутів якості

При врахуванні в аналізі компромісів ваг атрибутів якості отримані вище результати можуть відповідно змінитися. В таблиці 4.3 наведені архітектурні альтернативи, відсортовані відповідно до ваг атрибутів якості.

Таблиця 4.3 – Архітектурні альтернативи, відсортовані відповідно до ваг атрибутів якості

Атрибути якості	Альтернативи розробки			
	ТНТJ	ТНТD	ТWOT	COAB
Модифікованість	0,1459	0,0510	0,0129	0,0700
Масштабованість	0,0330	0,0330	0,0044	0,0117
Експлуатаційні якості	0,0198	0,0198	0,0337	0,0239
Вартість	0,0224	0,0162	0,0657	0,0306
Затрати на розробку	0,0205	0,0149	0,0695	0,0301
Переносимість	0,0423	0,0047	0,0047	0,0423
Легкість встановлення	0,0297	0,0651	0,0453	0,0368

Тоді діаграма компромісів з рис. 4.2 набуде вигляду рис. 4.3.



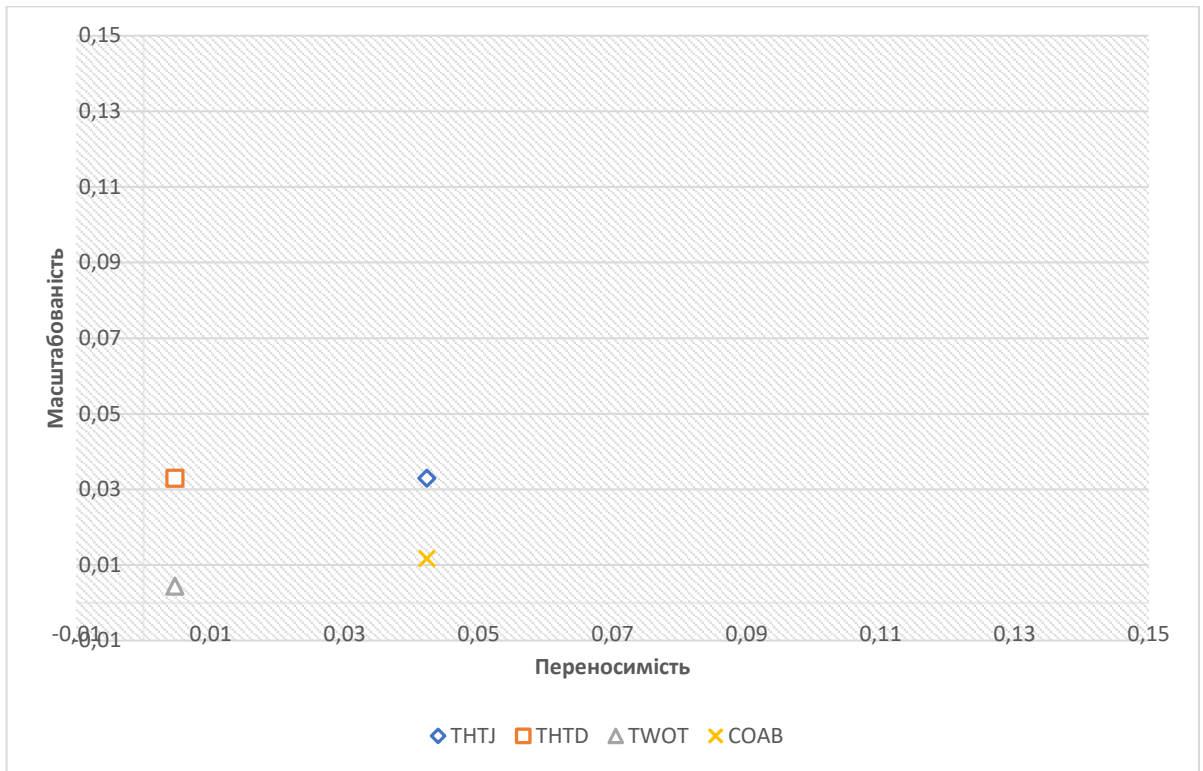


Рисунок 4.3 – Діаграма компромісів між переносимістю та масштабованістю (з врахуванням ваг пріоритетів атрибутів якості)

Альтернатива THTJ має значну перевагу у модифікованості порівняно з іншими альтернативами розробки. Отже, для THTJ компроміси між модифікованістю та будь-якими іншими атрибутами якості підсилюються у діаграмі компромісів. Таким чином, ці діаграми візуалізують компроміси та їх розміри, які не відображаються при використанні MAI.

#### 4.5 Аналіз чутливості

Розглянемо тепер чутливість рішень, отриманих з використанням MAI, до зміни пріоритетів критеріїв якості.

Нехай ми маємо проранжовані архітектурні альтернативи  $\{A_i\}$ , отримані методом аналізу ієрархій. Приведемо формулу для визначення мінімальної зміни абсолютної величини ваги атрибуту якості  $p_s$ , таку, що порядок слідування  $A_i$  та  $A_j$  поміняється на протилежний:

$$D'_{s,i,j} = \frac{|J_i - J_j|}{|w_i^s - w_j^s|} \cdot \frac{100}{P_s} \quad (4.6)$$

Тут  $D'_{s,i,j}$  ( $s = \overline{1, m2}; i, j = \overline{1, n}, i \neq j$ ) – мінімальна зміна величини пріоритету  $P_s$  критерію якості  $K_s$ , яка змінює порядок слідування сусідніх альтернатив  $A_i$  та  $A_j$  на зворотній. Найменше значення  $D'_{s,i,j}$  показує, що пріоритет  $P_s$  атрибуту  $K_s$  є критичним до змін оцінок в парних порівняннях. Це рівняння можна також використати у випадку зміни вимог до ПС у процесі проектування, яке може привести до зміни пріоритетів відносно критеріїв якості.

Для кожного атрибуту якості можлива наявність декількох значень  $D'_{s,i,j}$ , які можуть спричинити порядок слідування сусідніх альтернатив.

Таким чином у розділі представлена послідовність дій для ідентифікації усіх можливих компромісів та встановлення величини компромісів як у локальному контексті, так і у контексті всього проекту, базуючись на відносних вагах атрибутів якості. Результати дослідження добавили до вихідних даних оцінювання методом аналізу ієрархій дані, створені чітких результатів конструювання. Для завершення цієї роботи ми надіємось інтегрувати аналіз компромісів у АТАМ та аналіз компромісів у МАІ та надати більш уніфікований метод для аналізу компромісів.

Найчутливіші критичні рішення отримані з огляду на найменші зміни, які перероблять кінцевий порядок альтернатив. Величина зміни може бути індикатором чутливості архітектури.

Крім того, аналіз чутливості дозволяє визначити межі змін пріоритетів ваг атрибутів якості при зміні вимог. Якщо зміни пріоритетів виконуються в рамках цих меж, поточний порядок ранжування альтернатив залишається без змін.

## 5 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Метою цього розділу дипломної роботи є здійснення економічних розрахунків, спрямованих на визначення економічної ефективності від розробки, а також прийняття рішення щодо подальшого розвитку і впровадження або ж недоцільність впровадження відповідної розробки.

Передбачається, що описаний в роботі підхід буде імплементовано у вигляді спеціальної СППР, яка представляє собою програмний продукт. Розробка такого продукту вимагатиме певних затрат. Тому розрахуємо ці затрати.

Для здійснення оцінки потрібно зробити розрахунки трудомісткості кожної операції.

### 5.1 Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР

Витрати часу по окремих операціях технологічного процесу відображені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Операції технологічного процесу та час їх виконання

№	Назва операції (стадії)	Викона- вель	Середній час виконання операції, год.
1.	Витрати праці на підготовку опису задачі	інженер	9
2.	Витрати праці на розробку проекту	інженер	18
3.	Витрати праці на розробку структури системи	інженер	11
4.	Витрати праці на створення системи по вибраному проекту та структурі	інженер	74
5.	Витрати праці на підготовку документації	інженер	15
6.	Витрати праці на відлагодження роботи зпроектованої системи при комплексній відладці	інженер	42
Разом			169

Загальні затрати на дипломний проект становить 169 годин.

## **5.2 Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи**

Відповідно до Закону України “Про оплату праці” заробітна плата – це “винагорода, обчислена, як правило, у грошовому виразі, яку власник або уповноважений ним орган виплачує працівникові за виконану ним роботу”.

Розмір заробітної плати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно-ділових якостей працівника, результатів його праці та господарської діяльності підприємства. Заробітна плата складається з основної та додаткової оплати праці.

Основна заробітна плата нараховується на виконану роботу за тарифними ставками, відрядними розцінками чи посадовими окладами і не залежить від результатів господарської діяльності підприємства.

Додаткова заробітна плата – це складова заробітної плати працівників, до якої включають витрати на оплату праці, не пов’язані з виплатами за фактично відпрацьований час. Нараховують додаткову заробітну плату залежно від досягнутих і запланованих показників, умов виробництва, кваліфікації виконавців. Джерелом додаткової оплати праці є фонд матеріального стимулювання, який створюється за рахунок прибутку.

При розрахунку заробітної плати кількість робочих днів у місяці слід в середньому приймати – 24,5 дні/міс., або ж 196 год./міс. (тривалість робочого дня – 8 год.).

Місячний оклад кожного працівника слід враховувати згідно існуючих на даний час тарифних окладів. Згідно закону України «Про Державний бюджет України на 2018 рік», зокрема Статтею восьмою мінімальна заробітна плата у погодинному розмірі встановлена у розмірі 22,41 грн. Рекомендовані тарифні ставки: керівник дипломної роботи – 30,00...50,00 грн./год., інженер – 22,41...30,00 грн./год., консультант – 22,41...30,00 грн./год., технік – 22,41...30,00 грн./год., лаборант – 22,41...25,00 грн./год.

Основна заробітна плата розраховується за формулою:

$$Z_{осн.} = T_c \cdot K_z, \quad (5.1)$$

де  $T_c$  – тарифна ставка, грн.;

$K_z$  – кількість відпрацьованих годин.

Оскільки всі види робіт в даному проекті виконує інженер, то основна заробітна плата буде розраховуватись тільки за однією формулою

$$Z_{осн.} = 30 \cdot 169 = 5070 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата становить 10–15 % від суми основної заробітної плати.

$$Z_{дод.} = Z_{осн.} \cdot K_{додл.}, \quad (5.2)$$

де  $K_{додл.}$  – коефіцієнт додаткових виплат працівникам, 0,1–0,15 (візьмемо його рівним 0,15).

$$Z_{дод.} = 5070 \cdot 0,15 = 760,50 \text{ грн.}$$

Звідси загальні витрати на оплату праці ( $B_{о.п.}$ ) визначаються за формулою:

$$B_{о.п.} = Z_{осн.} + Z_{дод.}, \quad (5.3)$$

$$B_{о.п.} = 5070 + 760,50 = 5830,50 \text{ грн.}$$

Крім того, слід визначити відрахування на соціальні заходи:

- 1) ЄСВ + ПДФО 22 %;
- 2) військовий збір – 1,5 %.

У сумі зазначені відрахування становлять 23,5 %.

Отже, сума відрахувань на соціальні заходи буде становити:

$$B_{c.z.} = \Phi_{on} \cdot 0,235, \quad (5.4)$$

де  $\Phi_{OP}$  – фонд оплати праці, грн.

$$B_{c.z.} = 5830,5 \cdot 0,235 = 1370,05 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки витрат на оплату праці зведемо у таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Зведені розрахунки витрат на оплату праці

№ п/п	Категорія працівників	Основна заробітна плата, грн.			Додаткова заробітна плата, грн.	Нарахув. на ФОП, грн.	Всього витрати на оплату праці, грн. $6=3+4+5$
		Тарифна ставка, грн.	К-сть відпрацьов. год.	Фактично нарах. з/пл., грн.			
А	Б	1	2	3	4	5	6
1	інженер	30	169	5070	760,5	1370,05	7200,55

Загальні витрати на оплату праці становить 7200,55 грн.

### 5.3 Розрахунок матеріальних витрат

Матеріальні витрати визначаються як добуток кількості витрачених матеріалів та їх ціни:

$$M_{vi} = q_i \cdot p_i, \quad (5.5)$$

де:  $q_i$  – кількість витраченого матеріалу  $i$ -го виду;

$p_i$  – ціна матеріалу  $i$ -го виду.

Звідси, загальні матеріальні витрати можна визначити:

$$Z_{м.в.} = \sum M_{Ві}, \quad (5.6)$$

Проведені розрахунки занесемо у таблицю 5.3. Для розробки ПЗ передбачається покупка Microsoft Visual Studio Professional 2017, вартість якого на сьогодні становить 74400 грн.

Таблиця 5.3 – Зведені розрахунки матеріальних витрат

Найменування матеріальних ресурсів	Одиниця виміру	Норма витрат	Ціна за одиницю, грн	Затрати матеріалів, грн	Транс-портно-заготівельні витрати, грн	Загальна сума витрат на матеріали, грн
<b>1. Основні матеріали</b>						
Програмне забезпечення	комп.	1	74400,00	74400,00	–	74400,00
<b>2. Допоміжні матеріали</b>						
Папір формату А4	шт.	200	0,18	36	–	36
Разом:						74436,00

Загальні матеріальні затрати становлять 74436,00 гривень.

#### 5.4 Розрахунок витрат на електроенергію

Затрати на електроенергію 1-ці обладнання визначаються за формулою:

$$Z_e = W \cdot T \cdot S, \quad (5.7)$$

де  $W$  – необхідна потужність, кВт;

$T$  – кількість годин роботи обладнання;

$S$  – вартість кіловат-години електроенергії.

Вартість кіловат-години електроенергії слід приймати згідно існуючих на даний час тарифів. Отже, 1 кВт з ПДВ коштує 2,42 грн.

Потужність комп'ютера для створення проекту – 550 Вт, кількість годин роботи обладнання згідно таблиці 5.1 – 169 годин.

Тоді,  $Z_e = 0,55 \cdot 169 \cdot 2,42 = 224,94$  грн.

## 5.5 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Характерною особливістю застосування основних фондів у процесі виробництва є їх відновлення. Для відновлення засобів праці у натуральному виразі необхідне їх відшкодування у вартісній формі, яке здійснюється шляхом амортизації.

Амортизація – це процес перенесення вартості основних фондів на вартість новоствореної продукції з метою їх повного відновлення.

Комп'ютери та оргтехніка належать до четвертої групи основних фондів. Для цієї групи річна норма амортизації дорівнює 60 % (квартальна – 15 %).

Для визначення амортизаційних відрахувань застосовуємо формулу:

$$A = \frac{B_B \cdot H_A}{100\%}, \quad (5.8)$$

де  $A$  – амортизаційні відрахування за звітний період, грн.;

$B_B$  – балансова вартість групи основних фондів на початок звітного періоду, грн.;

$H_A$  – норма амортизації, %.

Для даного проекту засобом розробки є комп'ютер. Його сума становить 7335 грн. Отже, амортизаційні відрахування будуть рівні:

$$A = \frac{7335 \cdot 5\%}{100\%} = 366,75 \text{ грн.}$$

Оскільки робота виконувалась 169 годин, то амортизаційні відрахування будуть становити:

$$A = \frac{366,75 \cdot 169}{150} = 413,21 \text{ грн.}$$



## 5.6 Обчислення накладних витрат

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням виробництва, утриманням апарату управління спілкою та створення необхідних умов праці.

В залежності від організаційно-правової форми діяльності господарюючого суб'єкта, накладні витрати можуть становити 20 – 60 % від суми основної та додаткової заробітної плати працівників.

$$H_B = B_{o.n.} \cdot 0,2 \dots 0,6, \quad (5.9)$$

де  $H_B$  – накладні витрати.

Отже, накладні витрати:

$$H_B = 5830,5 \cdot 0,2 = 1166,10 \text{ грн.}$$

## 5.7 Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР

Результати проведених вище розрахунків зведемо у таблицю 5.4.

Таблиця 5.4 – Кошторис витрат на НДР

Зміст витрат	Сума, грн.	В % до загальної суми
Витрати на оплату праці (основну і додаткову заробітну плату)	5830,5	7,1%
Відрахування на соціальні заходи	370,05	0,4%
Матеріальні витрати	74436	90,3%
Витрати на електроенергію	224,94	0,3%
Амортизаційні відрахування	413,21	0,5%
Накладні витрати	1166,1	1,4%
Собівартість	82440,8	100,0%

Собівартість ( $C_B$ ) проекту розрахуємо за формулою:

$$C_g = B_{o.n.} + B_{c.z.} + Z_{m.v.} + Z_g + A + H_g. \quad (5.10)$$

Отже, собівартість проекту дорівнює:

$$C_B = 5830,50 + 370,05 + 74436 + 224,94 + 413,21 + 1166,10 = 82440,80 \text{ грн.}$$

## 5.8 Розрахунок ціни проекту

Ціну НДР можна визначити за формулою:

$$Ц = \frac{C_B \cdot (1 + P_{рен}) + K \cdot B_{н.і.}}{K} \cdot (1 + ПДВ), \quad (5.11)$$

де  $P_{рен}$  – рівень рентабельності, 30 %;

$K$  – кількість замовлень, од. (встановлюється лише при розробці програмного продукту та мікропроцесорних систем);

$B_{н.і.}$  – вартість носія інформації, грн. (встановлюється лише при розробці програмного продукту);

$ПДВ$  – ставка податку на додану вартість, (20 %).

Оскільки розробка є прикладною, і використовуватиметься тільки для одного підприємства, то для розрахунку ціни не потрібно вказувати коефіцієнти  $K$  та  $B_{н.і.}$ , оскільки їх в даному випадку не потрібно.

Тоді, формула для обчислення ціни розробки буде мати вигляд:

$$Ц = C_B \cdot (1 + P_{рен}) \cdot (1 + ПДВ). \quad (5.12)$$

Звідси ціна на проект складе:

$$Ц = C_B \cdot (1 + 0,3)(1 + 0,2) = 128607,65 \text{ грн.}$$

## 5.9 Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень

Ефективність виробництва – це узагальнене і повне відображення кінцевих результатів використання робочої сили, засобів та предметів праці на підприємстві за певний проміжок часу.

Економічна ефективність ( $E_p$ ) полягає у відношенні результату виробництва до затрачених ресурсів:

$$E_p = \Pi / C_B , \quad (5.13)$$

де  $\Pi$  – прибуток;

$C_B$  – собівартість.

Плановий прибуток ( $\Pi_{пл}$ ) знаходимо за формулою:

$$\Pi_{пл} = Ц - C_B . \quad (5.14)$$

Розраховуємо плановий прибуток:

$$\Pi_{пл} = 128607,65 - 82440,8 = 46166,85 \text{ грн.}$$

Отже, формула для визначення економічної ефективності набуде вигляду:

$$E_p = \frac{\Pi_{пл}}{C_B} . \quad (5.15)$$

$$\text{Тоді, } E_p = 46166,85 / 82440,8 = 0,56$$

Поряд із економічною ефективністю розраховують термін окупності капітальних вкладень ( $T_p$ ):

$$T_p = 1 / E_p , \quad (5.16)$$

Термін окупності дорівнює:

$$T_p = 1/0,56 = 1,8 \text{ роки.}$$

В цьому розділі дипломної роботи було розраховано основні техніко-економічні показники проекту (див. таблицю 5.5).

Розраховане значення економічної ефективності становить 0,56 що є високим значенням.

Так само нормальним є термін окупності. Для даного продукту він становить 1,8 роки.

Таблиця 5.5 – Техніко-економічні показники НДР

№ п/п	Показник	Значення
1.	Собівартість, грн.	82440,80
2.	Плановий прибуток, грн.	46166,85
3.	Ціна, грн.	128607,65
4.	Економічна ефективність	0,56
5.	Термін окупності, рік	1,8

Отже, даний проект може бути впроваджений та мати подальший розвиток, оскільки він є економічно вигідним за всіма основними техніко-економічними показниками.

## **6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **6.1 Поняття та об'єкт аналізу технічної безпеки**

Безпеку визначають як стан діяльності людини, за яким з визначеною ймовірністю виключено прояв небезпек або ж відсутня надзвичайна небезпека. Безпека праці – це стан умов праці людини, за яких відсутня дія небезпечних і шкідливих факторів.

Об'єктом аналізу безпеки праці є виробнича система "людина – машина – навколишнє середовище" (ЛМС), в якій в єдиній комплекс, створений для виконання певних функцій, поєднані технічні об'єкти, люди і навколишнє середовище, які взаємодіють між собою.

Основними компонентами виробничої системи є людина, машина, навколишнє середовище, взаємодія між якими має ґрунтуватись на дотриманні відповідних правил, нормативних документів і бути керованою.

Система ЛМС є багаторівневою за ієрархією управління. Ієрархія поділяє людей на особу, яка формує завдання, організовує й управляє виробництвом, й особу, яка разом з технікою безпосередньо виконує це завдання. Таким чином, людина системи ЛМС більш високого рівня розглядає людину і техніку системи ЛМС більш низького рівня як єдиний компонент – своєрідну людину-машину, призначену для здійснення замислу.

Крім рівнів і компонентів в системі ЛМС доцільно виділити окремі стадії її життєвого циклу:

1. Стадія проектування (визначення завдань, формування вимог, розрахунок параметрів).
2. Стадія реалізації (коли у процесі виробництва перша стадія реалізується на практиці).
3. Стадія експлуатації (коли система ЛМС здійснює покладені на неї робочі функції).

Вірогідність нещасного випадку зростає, як тільки людина попадає в поле дії небезпечного або шкідливого фактору. Це небезпечні зони, що

характеризуються певним видом небезпеки, її інтенсивністю, часом і простором дії.

Таким чином, з точки зору аналізу й управління небезпеками необхідно розглядати та аналізувати структурні елементи системи ЛМС – рівні (вищий і нижчий), компоненти і стадії життєвого циклу.

Взаємодія компонентів, що входять до системи ЛМС, може бути штатною і нештатною. Нештатна взаємодія може виявлятися у вигляді надзвичайної події – небажаних, незапланованих випадків, що порушують технологічний процес у відносно короткий відрізок часу. Відмова й інцидент, як правило, передують надзвичайній події, але можуть мати і самостійне значення. До головних моментів аналізу небезпек належить пошук відповідей на такі питання:

1. Які об'єкти є небезпечними.
2. Яким надзвичайним подіям можна запобігти.
3. Які надзвичайні події неможливо усунути і як часто вони мати-муть місце.
4. Яку шкоду не усунути надзвичайні події можуть спричинити людям, об'єктам, навколишньому середовищу.

Пошук причин надзвичайних подій призводить до аналізу системи управління безпеками (СУН) на виробництві. Ці системи обов'язково включають такі компоненти, як наявність інформації, зворотних зв'язків та алгоритми функціонування.

Наявність зворотних зв'язків й інформаційної системи дозволяє проводити збір даних щодо відхилень, відмов, проводити аналіз небезпек, порівнювати наслідки функціонування системи ЛМС з програмою управління безпеками, приймати рішення. У виробничій системі ЛМС інформаційні функції виконують: рапорти інспекторів, акти розслідування нещасних випадків, аварій, протоколи атестації робочих місць тощо.

## 6.2 Розрахунок освітленості робочого місця експерта з якості програмного забезпечення

Належне освітлення необхідне для виконання більшості задач користувача персонального комп'ютера, в тому числі і експерта з якості програмного забезпечення. Для того, щоб спланувати раціональну систему освітлення, враховується специфіка робочого завдання, для якого створюється система освітлення, швидкість і точність, з якою це робоче завдання повинне виконуватися, тривалість його виконання і різні зміни в умовах виконання робітників.

Приміщення, у якому знаходиться робоче місце, має наступні характеристики:

- довжина приміщення 16 м;
- ширина приміщення 6 м;
- висота 4 м;
- кількість вікон 3;
- кількість робочих місць 3;
- біла стеля, блідо-зелені стіни, підлога обтягнута лінолеумом зеленого кольору.

У приміщенні, де знаходиться робоче місце, використовується змішане освітлення, тобто сполучення природного і штучного освітлення.

У якості природного – бічне освітлення через вікна. Штучне освітлення використовується при недостатньому природному освітленні.

Розрахунок його здійснюється по методу світлового потоку з врахуванням потоку, відбитого від стін і стелі.

Нормами для даних робіт встановлена необхідна освітленість робочого місця  $E_n = 300$  лк. Загальний світловий потік визначається за формулою:

$$F_{\text{заг}} = \frac{E_n \cdot S \cdot z_1 \cdot z_2}{V}, \quad (6.1)$$

де  $E_n$  – нормована освітленість ( $E_n = 300$  лк);

$S$  – площа приміщення;

$z_1$  – коефіцієнт, що враховує старіння ламп і забруднення світильників ( $z_1 = 1,5$ );

$z_2$  – коефіцієнт, що враховує нерівномірність освітлення приміщення ( $z_2 = 1,1$ );

$V$  – коефіцієнт використання світлового потоку; визначається в залежності від коефіцієнтів відбивання від стін, стелі, робочих поверхонь, типів світильників і геометрії приміщення.

Площа приміщення  $S = A * B = 16 * 6 = 96 \text{ м}^2$ .

– коефіцієнт відбивання побіленої стелі  $R_{\text{п}} = 70\%$ ;

– коефіцієнт відбивання від стін, пофарбованих у світлий колір  $R_{\text{ст}} = 50\%$ ;

– коефіцієнт відбивання від підлоги, покритого лінолеумом темного кольору  $R_{\text{п}} = 10\%$ ;

– індекс приміщення  $i = \frac{A * B}{h * (A + B)} = \frac{16 * 6}{4 * (16 + 6)} = 1,1$ .

Знайдений коефіцієнт  $V = 0,34$ .

За формулою (3.1) визначаємо загальний світловий потік

$$F_{\text{заг}} = \frac{300 * 96 * 1,1 * 1,5}{0,34} = 139764 \text{ лм.}$$

Для організації загального штучного освітлення виберемо лампи типу ЛБ40. Люмінесцентні лампи мають ряд переваг перед лампами накаливання: їхній спектр ближче до природного; вони мають велику економічність (більша світловіддача) і термін служби у 10-12 раз більший.

Поряд з цим вони мають і недоліки: їхня робота супроводжується іноді шумом; гірше працюють при низьких температурах; не можна використовувати у вибухонебезпечних приміщеннях.



Для нашого приміщення люмінесцентні лампи підходять. Світловий потік однієї лампи ЛБ40 складає не менш  $F_{\text{л}} = 2810$  лм. Число  $N$  ламп, необхідних для організації загального освітлення визначається наступним чином:

$$N = \frac{F_{\text{заг}}}{F_{\text{л}}} = \frac{139764}{2810} = 50 \text{ шт.}$$

Як світильники вибираємо ПВЛ-1, 2\*40 Вт. Таким чином, щоб забезпечити світловий потік  $F_{\text{заг}} = 139764$  лм треба використати 25 світильників по 2 лампи ЛБ40 у кожному.

Електрична потужність однієї лампи  $W_{\text{л}} = 40$  Вт. Потужність всієї освітлювальної системи:

$$W_{\text{заг}} = W_{\text{л}} * N = 40 * 50 = 2000 \text{ Вт.}$$

Зі зробленого в даному розділі розрахунку випливає, що для нормальної роботи користувача робочого місця необхідне загальне освітлення приміщення зі світловим потоком 139764 лм, для чого необхідна наявність 25 світильників типу ПВЛ-1 з двома лампами типу ЛБ40. Крім того рекомендується використовувати ряд спеціальних заходів захисту від шкідливих факторів екрана дисплея, наприклад, використання занавісок на вікнах.

### **6.3 Оцінка ризиків при забезпеченні БЖД**

#### **6.3.1 Загальна характеристика ризиків**

З поняттям ризику часто пов'язують уявлення про можливі чи загрожуючі події. Тому існує точка зору, що такої події треба уникнути за будь-яку ціну.

Взагалі в літературі зустрічається різне розуміння терміна "ризик" і в нього іноді вкладають зміст, який вельми відрізняється один від одного. Однак загальним у всіх цих уявленнях є те, що ризик містить якусь невпевненість – відбудеться ця небажана подія і виникне цей неблагополучний стан.

Ризик – це міра очікуваної невдачі, неблагополуччя в діяльності й існуванні; небезпеки, пов'язаної з погіршенням здоров'я людини, змінами в довкіллі, матеріальними витратами.

Щодо ризиків екологічної небезпеки, то вона пов'язана з такими групами чинників:

- техногенними;
- природними;
- військовими;
- соціально-економічними;
- політичними;
- терористичним.

Найбільший інтерес в межах дисципліни "Безпеки життєдіяльності" становлять чинники техногенні і природні.

Техногенний екологічний ризик виникає у зв'язку з аваріями на АЕС, танкерах, небезпечних хімічних виробництвах, руйнуванням гребель водосховищ та іншого. Отже, причинами аварій є інтенсивність технологічних процесів, висока концентрація виробництва, ресурсоємність і багатовідхідність технологій, слабке обладнання очисними утилізаційними пристроями.

Природний екологічний ризик пов'язаний з імовірністю проявлення багатьох несприятливих природних явищ.

В обох випадках необхідно урахувати особливості геологічного устрою (властивості надр, наявність чи відсутність порушень та інше), рельєфу (наприклад, посилення ризику забруднення в котловинах), ландшафтів (ступінь їх стійкості до техногенних навантажень). Необхідно також ураховувати сусідство цінних і унікальних природних об'єктів.

Урахування геологічного устрою дає змогу оцінити ризик еколого-геологічної небезпеки у вигляді сумарного показника за основними складовими (оціночними блоками, напрямками) – літо-геохімічному, гідрогеологічному та інженерно-геодинамічному:

$$EGR = RLGX + RGG + RIGD, \quad (6.2)$$

де ЕГР – еколого-геологічний ризик;

РЛГХ – ризик літогеохімічний;

РГГ – ризик гідрогеологічний;

РІГД – ризик інженерно-геодинамічний.

У більшості випадків "ризик" еквівалентний заподіяній шкоді і може бути представлений у вигляді показників економічної шкоди.

### **6.3.2 Види ризиків**

У виробничих умовах розрізняють індивідуальний і колективний ризик.

Індивідуальний ризик характеризує реалізацію небезпеки відповідного виду діяльності для конкретного індивідууму.

Колективний ризик – це травмування чи загибель двох чи більше людей від впливу небезпечних та шкідливих виробничих чинників.

Класифікації джерел небезпек та рівнів ризику загибелі людини за даними літературних джерел наведено в табл. 6.1.

Прийнятний ризик сполучає в собі технічні, економічні, соціальні і політичні аспекти та є деяким компромісом між рівнем безпеки і можливим її досягненням.

Перш за все треба мати на увазі, що підвищення рівня захисту від небезпеки автоматично підвищує загальну вартість виробництва. Вимоги досягнення нульового ризику можуть повернутися до людей соціальною трагедією за сценаріями безробіття.

Таблиця 6.1 – Класифікація джерел та рівнів ризиків загибелі людини в промислово розвинутих країнах (R – кількість смертельних випадків, люд./рік)

Джерела	Принципи	Середнє значення
Внутрішнє середовище організму	Генетичні і соматичні захворювання, старіння	$R_{\text{сер}} = 0,6 - 1 \cdot 10^{-2}$
Природне середовище існування	Нещасні випадки від стихійних лих (землетруси, урагани, повені та ін.)	$R_{\text{сер}} = 1 \cdot 10^{-6}$ повені $4 \cdot 10^{-5}$ землетруси $310^{-5}$ грози $6 \cdot 10^{-7}$ урагани $1 \cdot 10^{-3}$
Техносфера	Нещасні випадки в побуті, на транспорті, захворювання від забруднення оточуючого середовища	$R_{\text{сер}} = 1 \cdot 10^{-3}$
Професійна діяльність	Професійні хвороби, нещасні випадки на виробництві (під час професійної діяльності)	Професійна діяльність безпечна $R_{\text{сер}} < 10^{-4}$ відносно безпечна $R_{\text{сер}} = 10^{-4} - 10^{-3}$ небезпечна $R_{\text{сер}} = 10^{-3} - 10^{-2}$ особливо небезпечна $R_{\text{сер}} = > 10^{-2}$
Соціальне середовище	Самогубства, каліцтва, злочинні дії, військові дії тощо	$R_{\text{сер}} = (0,5 - 1,5) \cdot 10^{-4}$

На рисунку 6.1 наведено спрощений варіант визначення прийняттого (допустимого ризику). При підвищенні витрат на удосконалення обладнання технічний ризик знижується, але зростає соціальний. Сумарний ризик має

мінімум, коли створено необхідне співвідношення між інвестиціями в технічну і соціальну сферу. Ці обставини треба урахувувати під час вибору прийнятного ризику.

Мотивований (обґрунтований) і немотивований (необґрунтований) ризик.

У випадках виробничих аварій, пожеж, з метою рятування людей, які постраждали від аварій тощо, людині доводиться йти на ризик. Обґрунтованість такого ризику пов'язана з необхідністю надання допомоги потерпілим людям, бажанням урятувати від руйнування цінне обладнання чи споруди підприємства.

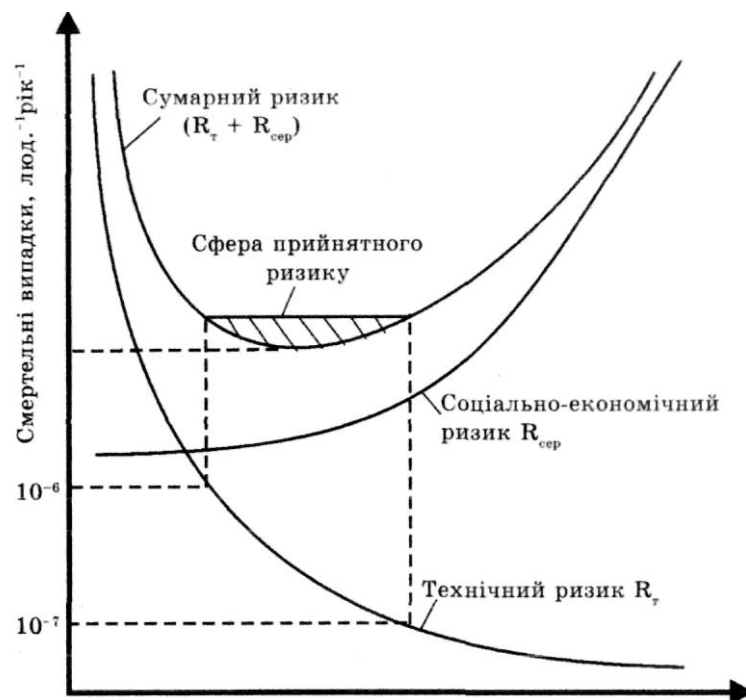


Рисунок 6.1 – Визначення прийнятного ризику

Невиконання з боку робітників правил безпеки, технологічних процесів, невикористання засобів захисту і таке інше формують необґрунтований ризик, що, як правило, складає передумови виникнення травм і аварій на виробництві.

У технічній сфері поняття ризику визначають дещо інакше в порівнянні зі звичайними оцінками. Так, за ризик мають кількісну характеристику дії небезпек, які формуються за конкретною діяльністю людини, чи інакше – кількість смертельних випадків, кількість випадків захворювання, кількість випадків тимчасової і стійкої непрацездатності (інвалідності), які спричинені

дією на людину конкретної небезпеки і належать до певної кількості жителів (робітників).

У літературі запропоновано формулювання ризику як величини, що визначає добуток величини події на міру можливого її початку (див. рис.6.1).

Наслідок А в практиці небажаної події чи стану може відповідно до своєї величини описуватися й оцінюватися своїми специфічними параметрами. Діапазон його може бути досить широким – від економічних до етичних цінностей. Мірою можливого початку подій є ймовірність до його настання. Розрахунок ведеться за формулою

$$R = Aq. \quad (6.3)$$

У джерелах ризиків треба розбиратися шляхом систематичного аналізу. Допоміжним засобом тут є "дерево помилок", яке будують за аналогією з "деревом рішень".

Одним із методів оцінки ризику є метод порівняння цієї ризикованої ситуації з аналогічною, що мала місце в минулому. Таке порівняння дає більш надійні вихідні передумови.

Загроза безпеки людей найчастіше складається з багатьох складових ризику, наприклад з основного існуючого ризику, ризику як результату помилок, і ризику, на який ідуть свідомо під час відповідних подій.

Усі групи рішень, що беруть відповідно до змісту ризиків, складаються з трьох варіантів:

- 1) зменшення ризику;
- 2) мінімізація ризику;
- 3) оптимізація ризику.

## 6.4 Дії населення при стихійному лихові

При наближенні будь-якого стихійного лиха необхідно своєчасно сповістити населення по всіх каналах зв'язку – радіо, телебаченню, телефону, телеграфу, звуковими сигналами.

Дії при землетрусі.

Якщо землетрус застав вас в будинку, найкраще протягом 15-20 сек. вибігти на відкриту місцевість. Небезпечно стояти поблизу будівель, високих стін. Не створюйте давку у дверях. Не користуйтеся ліфтом – він може застрягти. Якщо неможливо вибігти на вулицю, сховайтесь у відносно безпечному місці – відчиніть двері і станьте у дверний отвір. Можна сховатися під стіл, в шафу. Лице закрити руками, щоб не поранитись склом, посудом, картинами, світильниками. У всіх випадках триматись подалі від вікон, скляних перегородок. Найбільш безпечне місце біля капітальних стін. Якщо підземні поштовхи застали вас на вулиці – відійдіть далі від будівель, ліній електропередач. Не торкайтесь обірваного дроту – він може бути під напругою. Якщо ви на автомобілі або іншому транспорті, ліпше зупинитись і залишатись на місці до кінця поштовхів землі. В автобусі не потрібно бити вікна, рватися до дверей, робити паніку. Водії автобусів, трамваїв, тролейбусів повинні зупинити свій транспортний засіб і відчинити двері.

Після сильного землетрусу по можливості надати медичну допомогу людям, які її потребують і вивільнити людей, які опинилися в невеликих завалах. Обов'язково увімкнути радіотрансляцію, радіоприймач, телевізор і прослухати вказівки і рекомендації штабу цивільної оборони. Потрібно перевірити електропроводку, якщо є пошкодження – відремонтувати або вимкнути електрику в цеху, квартирі, перевірити справність водо-та газопостачання. Забороняється користуватись відкритим вогнем. При переміщенні триматись подалі від напівзруйнованих будівель і ні в якому разі не заходити в них.

Необхідно пам'ятати, що після першого поштовху може бути другий і третій поштовх. Вони можуть бути через кілька годин, а інколи і діб.

Дії при повенях.

При загрозі повені необхідно провести заходи, які зменшать збитки і створити умови для ефективних рятувальних робіт в зонах затоплення. До них відносяться: сповіщення населення і об'єктів народного господарства про виникнення загрози, підсилення спостереження за рівнем води, приведення в готовність сил і засобів цивільної оборони, перевірка стану дамб, гребель, мостів. Усунути виявлені недоліки, швидко зробити насипи землі, водовідвідні канали та інші гідротехнічні споруди. В зонах можливого затоплення змінити режим роботи підприємств, а в окремих випадках зупинити їх роботу, припинити діяльність шкіл і дошкільних дитячих установ. Провести евакуацію населення і вивіз матеріальних цінностей з небезпечних районів, евакуювати сільськогосподарських тварин.

Перед тим, як залишити квартиру (будинок), потрібно перенести на верхні поверхи та інші місця, які не затоплюються, те майно, яке вода може пошкодити, вимкнути електрику, перекрити газ, взяти з собою Документи і необхідні речі, невеликий запас продуктів харчування і води і прийти на місце збору.

Затоплені місця глибиною до 1 метра можна перейти вбхід. Якщо вода піднялась до 0,6-1,2 метра, то можна рухатись по ній на вантажних автомобілях з передніми і задніми ведучими мостами, при швидкості течії води 1 м/с – використовувати трактори.

Переправи дозволяються тільки у розвіданому і визначеному місці. В крайніх випадках евакуацію виконують на човнах, шлюпках, ботах, баржах, катерах та інших плавзасобах, якщо є підручні матеріали, то роблять пороми, плоти. Якщо вода застала в полі, лісі – потрібно виходити на підвищені місця. Якщо такої можливості немає – вилізти на дерево, використати всі предмети, які можуть втримати на воді – дошки, обломки дерев, дерев'яні двері, бочки, автошини, обломки огорожі та ін.

Дії при лавинах, селях.

У районі можливих лавин організовується постійне спостереження за переміщенням ґрунтів, снігу ( в горах ), рівнем води в криницях, дренажних спорудах, системах відводу стічних вод, бурових щілинах, річках, водоймах, за



випаданням і стоком атмосферних опадів. Якщо є навіть незначні відхилення від нормальних умов, терміново починають попереджувальні роботи. В першу чергу сповіщають населення даного району і прилеглих районів. Люди повинні знати, як діяти в цих умовах, знати, що зробити вдома, на подвір'ї. Якщо необхідно - провести евакуацію, вивіз тварин і вивіз матеріальних цінностей. Якщо отримано сигнал про наближення лавини, селю, необхідно якнайшвидше вийти в безпечний район. Якщо попередження надійшло завчасно, населення евакуюють. Людині, яка потрапила в селевий потік, необхідно подати жердину, канат, драбину і допомогти вибратись, вивести її з потоку в напрямку руху і поступово наближатись до краю.

Дії при снігових заносах.

Про можливість снігових заносів населення попереджується заздалегідь по всіх засобах зв'язку. На цей час потрібно обмежити пересування, особливо в сільській місцевості. Роблять запас продуктів, води, палива, заготовляють корм і воду для тварин.

Якщо снігопад застав вас у дорозі, необхідно зупинити автомобіль, однак не покидати його. Тим паче не намагатись дійти пішки до населеного пункту. Щоб не опинитися під снігом, потрібно його розгрібати, бажано вивісити яскраву тканину – це буде служити орієнтиром для пошукової групи.

Дії при пожежі

Палаючий будинок залишають, накрившись з головою мокрою ковдрою, тканиною або верхнім одягом. Через сильно задимлені приміщення потрібно рухатись поповз або пригнувшись. Якщо пожежа застала вас у степу або в лісі, кордон вогню слід переходити проти вітру, прикрити обличчя і голову верхнім одягом. Виходять з небезпечної зони по галявинах, просіках, шляхах вздовж річки або струмка. Локалізувати і гасити пожежі в початковій стадії повинно населення. Для цього використовують вогнегасники, пісок, воду землю та інші засоби.

Дії при ураганах, бурях, смерчах.

Для того, щоб зменшити збитки і втрати підприємства гідрометеослужби за декілька годин до наближення урагану (бурі, смерчу) подають штормове

попередження. Отримавши попередження, необхідно виконати запобіжні роботи: закріпити слабкі конструкції, в будинках зачинити двері, вікна, орища, вентиляційні пристосування. Великі вікна і вітрини зашити дошками. Скло заклеїти смужками паперу або тканини. З дахів, балконів, лоджій прибрати предмети, які при падінні можуть нанести людям травми. Подбати про аварійне освітлення, медикаменти, бинти. Зробити запас продуктів харчування і води на 2-3 доби. Радіоприймачі і телевізори тримати ввімкнутими для прослуховування інформації штабів цивільної оборони і пояснення правил поведінки.

В будинках потрібно оберегатись поранення розбитими вікнами, вітринами і т.п. Забороняється виходити на вулицю відразу після послаблення вітру, тому що він через декілька хвилин може посилитись. Якщо ураган, буря або смерч застав вас на відкритій місцевості, необхідно укритись в канаві, ямі, лягти на дно заглиблення і притиснутись до землі. Не впадати у паніку, діяти свідомо, надавати допомогу ураженим. Найбезпечніші місця – сховища цивільної оборони, підвали і внутрішні приміщення перших поверхів цегляних будинків.

## 7 ЕКОЛОГІЯ

### 7.1 Отримання енергії за рахунок альтернативних джерел

Енергетичний баланс в Україні поступово переміщується. Але головну роль у ньому досі грають викопні джерела енергії з дорогими і «брудними» технологіями.

«Брудні» технології вперто лідирують, але це тимчасово.

Головну роль в енергетичному балансі продовжують грати викопні джерела енергії з дорогими і «брудними» технологіями. Хоча сам енергетичний баланс поступово переміщується у бік альтернатив.

Україна отримує електричну енергію спалюючи традиційні види палива – вугілля й газ. За прогнозами на 2017 рік, із запланованого до виробництва обсягів електроенергії майже 41% складуть вугільно-газові ТЕС і ТЕЦ. Атомні електростанції вироблятимуть 53% енергії.

Наша країна залишається реліктом радянської енергетичної системи. Поки що атомна енергія та енергетика на вугіллі й газі дозволяє працювати економічному і невиробничому секторам України. Але динаміка змін говорить про нові тенденції: зростає виробництво атомної, відновлюваної енергії та альтернативних джерел енергії.

Старі енерготехнології – дорогі й не вигідні в експлуатації та отриманні інвестицій

Теплові станції балансують на межі спаду/утримання рівня виробництва. Так, уведення в експлуатацію нового енергоблока АЕС коштує €7 млн. Для того, щоб «погасити» цей же енергоблок, потрібно витратити близько €1,3 млн. Витрачають гроші й на підтримку безпеки експлуатації такої станції.

Вугільна енергетика ще дорожча та шкідливіша. Вугільний пил глибоко проникає в тіло людини і шкодить його здоров'ю. А аварійність вугільних шахт дуже висока: тільки в 2014 році понад двох тисяч гірників отримали травми при роботі в забої, а 100 з них загинуло.

З економічної точки зору, теплові вугільні станції малорентабельні – на електроенергію перетворюється лише 33% енергії, яку отримують від спалювання вугілля. Трохи вищий показник мають газогенераторні станції.

Вугільні станції отримують вугілля для отримання тепла та електроенергії від експортних поставок або із зони АТО. Це нестабільні й ризиковані канали постачання сировини. Економіка країни програє від фінансування зарубіжних постачальників або від спроб налагодити постачання через зону бойових дій.

Газові труби наповнюються вуглеводами Росії, яка, хоча й отримала негативний результат у Стокгольмському арбітражі, продовжує тиснути і тиск на ЄС та Україну для збереження монопольного контролю ринку газу.

Тому щораз більше підприємців створюють для себе енергетичну незалежність і прагнуть отримати прибуток від малої генерації. Законодавство й нові технології доступні в Україні, а сектор відновлюваної енергетики зростає настільки стрімко, що випереджає класичні схеми отримання електроенергії.

До 2040 року відновлювані джерела енергії складуть 3/4 світових інвестицій в електроенергію

Обсяг альтернативної енергії може в 2,5 рази перевищувати обсяги сьогоденної енергогенерації. Це висновки експертів, які провели аналіз потенційних можливостей доступних сьогодні «чистих» енергетичних технологій.

Київський інститут відновлюваної енергетики оцінює технічний потенціал альтернативних джерел енергії у 81 мільйон еквівалентних тонн. Значний відсоток має в цьому виробництві енергії біомаса та геотермальна енергія – 30%.

Але від теоретичних розробок Україна перейшла до практичної реалізації бізнес-проектів. Динаміка зростання в альтернативній енергетиці значна: встановлена потужність енергоустановок на відновлюваних джерелах з 2009 року в Україні зросла вдесятеро. У березні 2017 року було вироблено «зеленої» енергії за потужністю рівної одному блоку атомної станції.

В Україні стає чимраз більше електроустановок, і відповідно – енергії, яку вони виробляють

Ще в 2014 році частка альтернативних джерел становила майже 1%. При цьому Крим, де зосереджено чимало потенціалу і діючих альтернативних джерел, сьогодні не входить до статистики українського енергоринку.

Реалії нашого ринку енергетики перегукуються із загальносвітовою тенденцією альтернативної енергетики, яка динамічно зростає та розвивається, а класична знижує виробництво та отримує дедалі менше інвестицій.

Із 70-х років ціна виробництва сонячної енергії впала у 150 разів. А з 2000-х обсяг виробництва сонячної енергії збільшився у 7 разів, вітроенергетика зросла в чотири рази. До 2040 року відновлювані джерела енергії складуть  $\frac{3}{4}$  інвестицій з \$10,2 трлн, які вкладають у нові технології виробництва електроенергії в усьому світі.

Масштаб «зелених» компаній в Україні вражає. Якщо традиційні енергетичні ресурси вимагають виділення виробництва енергії в спеціалізовану галузь навіть усередині однієї компанії, то поновлювані джерела енергії – це невеликі підрозділи всередині компаній. Вони виробляють енергію для власних потреб і для отримання прибутку за рахунок «зеленого» тарифу.

Приватні українські компанії, які спеціалізуються винятково на виробництві енергії, виробляють її і для свого споживання. Вони поширені по всій країні:

Сонячна й вітрова енергія можуть вироблятися до 90 ТВт у рік. Геотермальна енергетика привабливішим для інвесторів в Закарпатті, де є природні можливості для її розвитку.

Лідери української альтернативної енергетики – компанії України і Китаю. В українській відновлюваній енергетиці є свої лідери. Найбільший виробник енергії вітру – це «Вінд Пауер», дочірня компанія ДТЕК.

На другому місці у вітроенергетиці України – «Вітряний парк Новоазовський». Цей комплекс – енергетична демонстрація можливостей унікального для України та більшості країн Східної Європи краматорського підприємства «Фурлендер Віндтехнолоджі». Там виробляють вітроенергетичні установки мультимегаватної потужності й аналогів йому немає на пострадянському просторі.

Замикає трійку вітроенергетики України «Вітряний парк Очаківський». Компанія «Вітряні парки України» управляє цими енергетичними компаніями, які можуть проводити разом з іншими енергетичними вітровими об'єктами 215,5 МВт електроенергії.

Серед виробників і постачальників вітрової енергії за «зеленим» тарифом зареєстровано всього 11 компаній. Виробників сонячної енергії значно більше – це 85 зареєстрованих постачальників сонячної енергії в наземному варіанті і ще десятки великих панельних станцій на поверхах будівель.

Найбільша компанія на ринку сонячної енергетики в Україні – «Восход Солар» із заявленою потужністю 53,3 МВт. Це підрозділ китайської компанії CNBM New Energy Engineering, яке володіє близько 60% «сонячного» енергоринку України потужністю до 267 МВт.

Але, крім таких великих постачальників, є невеликі компанії, які виробляють сонячну енергію по всій Україні, зокрема у Хмельницькій, Вінницькій, Одеській, Кіровоградській, Львівській, Волинській, Дніпропетровській та інших областях.

Україна залишається привабливою для мікро-, міні – та малої гідроенергетики. У цій галузі лідирують два бізнес-проекти: Гідроенергоінвест, який володіє 12 ГЕС, зокрема сімома станціями в Кіровоградській області та кількома електростанціями в Сумській, Вінницькій, Полтавській, Житомирській областях. Найпотужніша з них – Гайворонська ГЕС потужністю 5,7 МВт.

Ще одна компанія – «Енергія – 1» володіє Касперівської ГЕС на Тернопільщині з потужністю 5,1 МВт. На третьому місці – Червонооскільська ГЕС, яка працює в Харківській області та виробляє 4 МВт.

Ривок у цих напрямках виводить Україну на рівень тих країн, які поступово позбавляються нафтогазової залежності. Зараз у Казахстані проходить масштабна міжнародна виставка Ехро 2017, де Україна представляє свої досягнення в розробці технологій по видобутку енергії вітру та сонця.

## 7.2 Індексний метод в екології

Статистична практика при вивченні екологічних явищ широко використовує індекси (хоча деякі екологи не підготовлені для такої роботи). Знання методології побудови індексів значно розширює аналітичні можливості дослідника, збагачує результативну інформацію досліджень.

Індекс англійський термін «index number» означає число-показник. Статистичні індекси – це відносні величини, які одержують внаслідок порівняння складних екологічних явищ, утворених з різнорідних елементів, що не підлягають безпосередньому підсумовуванню.

Індекс у статистиці узагальнюючий відносний показник, який характеризує співвідношення в часі чи просторі соціально-екологічних явищ і процесів. За своєю суттю статистичний індекс характеризує зміну рівня будь-якого суспільного явища в часі, просторі чи порівняно з планом, нормою, стандартом. У цих випадках зіставляються між собою числові значення однойменних показників, що мають однаковий екологічний зміст. Отже, індексом можна назвати відносну величину динаміки, виконання плану, порівняння.

За допомогою індексів можна характеризувати зміну в часі і просторі найрізноманітніших показників: обсяги викидів в атмосферу, скидів шкідливих речовин у водне середовище, інтенсивність забруднень і т. д. їх поділяють на дві групи: до першої належать об'ємні (сумарні) показники (наприклад, обсяг викидів та скидів кількість забруднювачів, площа забрудненої території та ін.), які виражаються абсолютними величинами; до другої – показники, розраховані на певну одиницю (наприклад, викиди в розрахунку на одиницю земельної площі або на одного жителя, працівника і т.д.). Останні умовно можна назвати якісними показниками, і виражаються вони у вигляді середніх величин. Ця особливість зумовлює поділ індексів на індекси кількісних та індекси якісних показників.

За допомогою статистичних індексів можна відображувати зміну в часі і просторі як окремих простих показників (наприклад, обсяг викидів вуглецю, окислів азоту, сірки і т.д.), так і однойменних показників за складними

сукупностями (наприклад, зміна обсягу викидів по місту, району, області в цілому і т.д.).

За допомогою індексного методу вирішуються такі завдання:

- характеризують загальну зміну складного економічного явища чи окремих його елементів (складових);
- виділяють вплив одного з факторів через елімінування впливу інших;
- відокремлюють вплив зміни структури явища на зміну індексованої величини.

При цьому сама міра впливу може бути визначена як у відносних вимірниках, так і в абсолютних

Класифікація індексів. Класифікують індекси за різними ознаками:

- за змістом досліджуваних об'єктів, явищ і процесів індекси обсягу, індекси якісних показників;
- за повнотою охоплення елементів сукупності індивідуальні індекси, зведені (групові, загальні) індекси;
- за формою зображення агрегатні індекси, середні зважені індекси (арифметичні, гармонійні);
- за базою порівняння індекси динаміки (базові, ланцюгові), індекси виконання плану, територіальні індекси;
- за характером впливу на зміну складного явища індекси сталого складу, індекси структурних зрушень;
- за коефіцієнтами співвимірювання індекси зі змінними вагами, індекси зі сталими вагами.

Обчислення загальних індексів, що дають змогу співвіднести між собою показники за складними сукупностями, являє собою особливий прийом дослідження, який називається індексним методом. За його допомогою можна не тільки вивчати динаміку показників, а й вимірювати вплив окремих факторів на динаміку складного показника. При цьому залежно від завдань аналізу можна фактори вивчати ізольовано, абстрагуючись від дії інших, або розглядати їх взаємопов'язано.



Методологічні принципи побудови індексів. Індексний метод має свою термінологію та символіку. Її дотримання є обов'язковою умовою в індексному аналізі.

Для побудови статистичного індексу необхідно мати вихідну інформацію, як мінімум, за два періоди. Один з таких періодів називається базисним, другий – поточним. Базисний – це період, з яким порівнюють досліджувані явища, поточний – період, що порівнюється. Так, в індексах динаміки базисним є показник попереднього періоду (моменту) часу, в індексах порівняння з нормативною базою нормативний рівень, а в індексах порівняння (в просторі) базисним може бути показник, що належить до якоїсь з територій. Якщо досліджуються дані за кілька періодів, то один з них (як правило, початковий) буде базисним, а решта – поточними, або звітними.

У теорії індексів показник, зміну якого характеризує індекс, називають індексованою величиною, а пов'язану з нею величину, що використовують як постійну, – елімінованою величиною, або вагою. Остання відіграє роль сумірника. Використання цих двох видів величин вважається особливістю індексного методу аналізу. При побудові статистичних індексів насамперед необхідно вирішити такі питання:

- який набір різнорідних елементів досліджуватиметься;
- які показники виступатимуть індексованими величинами;
- які величини виступатимуть сумірниками (вагами).

При цьому встановлюють, які досліджувані показники при побудові індексів вважаються базисними, а які – поточними.

Стандартні позначення, що використовують при побудові індексів:

- підписна нумерація за її допомогою позначається період, до якого належать дані показники базисного періоду мають у формулах підрядковий знак «0», а поточного «1»; якщо зміна явища вивчається не за два, а більше періодів, то кожний з них позначається відповідно «0», «1», «2», «3» тощо.;

- основні умовні позначення показників:  $x$  рівень показника, який вивчається;  $x_0$  рівень показника за базовий період;

- $x_i$  рівень цього ж показника за поточний період (якісний показник);

–  $u$  статистична вага показника в ряду розподілу, або об'ємний показник;

–  $u_0$  і  $u_i$  теж за базисний та поточний періоди;

–  $i$  індивідуальний індекс;

Числове значення індексу ( $i$ ) означає, що відповідний показник за досліджуваний період змінився в ( $i$ ) разів, на певну кількість відсотків.

## ВИСНОВОК

Результатом роботи є модифікація і теоретичне обґрунтування методу оптимізації архітектури програмної системи, який є стійким до похибок експертних даних.

В даній роботі було детально розглянуто МАІ, який запропоновано Т.Сааті. Виділені його основні переваги та недоліки. Серед основних недоліків застосування даного методу для розв'язку задач багатокритеріального вибору виділені наступні:

- даний підхід потребує велику кількість експертної інформації, яка уявляє собою множину оцінок переваг, які отримані в процесі попарного порівняння. Тому ефективність застосування даного методу для задач великої розмірності низька;

- проблема узгодженості ієрархії, тому що якщо в результаті розв'язку задачі отримані ваги виявляються неузгодженими, то потребується повторний перегляд експертом (ОПР) всіх своїх оцінок.

Наведено модифікацію методу аналізу ієрархій, яка дозволяє усунути один з недолік використання класичного МАІ, запропонованого Т.Сааті, а саме використання методу аналізу ієрархій для розв'язку багатокритеріальних ієрархічних задач з великою кількістю об'єктів (альтернатив, критеріїв). Даний тип задач має широке розповсюдження, як приклад можна навести задачі керування проектами – вибір найкращого проекту для реалізації. Наведено приклад, який ілюструє правильність запропонованого підходу.

Розроблено математичну модель, яка дозволяє знаходити ваги об'єктів (альтернатив, критеріїв) по матриці попарних порівнянь навіть при неузгодженості всієї ієрархії. Тобто тим самим зроблена спроба усунути основні виділені недоліки МАІ та розширити коло задач які можуть вирішуватись за допомогою даного методу. Проведені дослідження ефективності даних моделей показали, що в результаті аналізу великої кількості об'єктів (альтернатив) навіть при великому ступені збурення матриці парних порівнянь, що на практиці відповідає великій інтенсивності помилок у судженнях експертів, ваги, отримані

за допомогою запропонованих моделей, є точними. При цьому за основним критерієм  $d$ , а також за критеріями  $M_1$  та  $M_2$  найефективнішими якраз модифікована модель.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Т. Саати. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Изд-во "Радио и СВЯЗЬ", 1993. – 278с.
2. D.R. Anderson, D.J. Sweeney, T.A. Williams, “An Introduction to Management Science: Quantitative Approaches to Decision Making”, South Western College Publishing, Cincinnati Ohio, 2000.
3. L. Bass, P. Clements, R. Kazman, “Software Architecture in Practice”, Addison-Wesley Publishing Co., Reading MA, 1998.
4. P.O. Bengtsson, “Architecture-Level Modifiability Analysis”, Ph.D. Thesis, Blekinge Institute of Technology, Dissertation Series No 2002-2, 2002.
5. Buschmann, F., Jäkel, C., Meunier, R., Rohnert, H., Stahl, M., “Pattern-Oriented Software Architecture - A System of Patterns“, John Wiley & Sons, Chichester UK, 1996.
6. L. Chung, B.A. Nixon, E. Yu, J. Mylopoulos, “Non-Functional Requirements in Software Engineering”, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, 2000.
7. P. Clements, R. Kazman, M. Klein, “Evaluating Software Architectures - Methods and Case Studies”, Addison-Wesley, Boston MA, 2002.
8. C. Hofmeister, R. Nord, D. Soni, “Applied Software Architecture”, Addison-Wesley, Reading MA., 2000.
9. “Software Qualities”, ISO/IEC FDIS 9126-1:2000(E).
10. I. Jacobson, G. Booch, J. Rumbaugh, “The Unified Software Development Process”, Addison-Wesley, Reading MA, 1999.
11. E. Johansson, M. Höst, A. Wesslén, L. Bratthall, “The Importance of Quality Requirements in Software Platform Development - A Survey”, in Proceedings of HICSS-34, Maui Hawaii, January 2001.
12. E. Johansson, M. Höst, “Tracking Degradation in Software Product Lines through Measurement of Design Rule Violations”, to appear in Proceedings of the 14th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE), Italy, July 2002.

13. J. Karlsson and K. Ryan, "A Cost-Value Approach for Prioritizing Requirements", in *IEEE Software* 14 (5):67–74, 1997.
14. J. Karlsson, C. Wohlin and B. Regnell, "An Evaluation of Methods for Prioritizing Software Requirements", in *Information and Software Technology*, 39(14-15):938-947, 1998.
15. R. Kazman, M. Barbacci, M. Klein, S. J. Carrihe, S.G. Woods, "Experiences with performing Architecture Tradeoff Analysis", in *Proceedings of ICSE'99*, Los Angeles CA., pp. 54-63 , May 1999.
16. R. Kazman, J. Asundi, M. Klein, "Quantifying the Costs and Benefits of Architectural Decisions", *Proceedings of the 23rd International Conference on Software Engineering (ICSE 23)*, Toronto, Canada, pp. 297-306, May 2001.
17. G. Kotonya, I. Sommerville, "Requirements Engineering", John Wiley & Sons, Chichester UK, 1998.
18. M. Lindvall, R.T. Tvedt, P. Costa, "An Empirically-Based Process for Software Architecture Evaluation", in *Empirical Software Engineering*, 8(1):83-108, 2003.
19. M. Morisio, I. Stamelos, A. Tsoukiàs, "A New Method to Evaluate Software Artifacts Against Predefined Profiles", in *Proceedings of the 14th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE 2002)*, ACM Press, New York NY, pp. 811-818, 2002.
20. D.L. Parnas, "Software Aging", in *Proceedings of the 16th International Conference on Software Engineering*, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos CA, pp. 279-287, 1994.
21. T. L. Saaty, "The Analytic Hierarchy Process", McGraw Hill, Inc., New York NY, 1980.
22. M. Shepperd, S. Barker, M. Aylett, "The Analytic Hierarchy Process and almost Dataless Prediction", in *Project Control for Software Quality - Proceedings of ESCOM-SCOPE 99*, R.J. Kusters, A. Cowderoy, F.J. Heemstra, E.P.W.M. van Weenendaal (eds), Shaker Publishing BV, Maastricht the Netherlands, 1999.
23. M. Svahnberg, C. Wohlin, "Consensus Building when Comparing Software Architectures", in *Proceedings of the 4th International Conference on Product Focused*

Software Process Improvement (PROFES 2002), Lecture Notes in Computer Science (LNCS 2559), Springer Verlag, Berlin Germany, 2002.

24. M. Svahnberg, C. Wohlin, "Evaluation of Software Quality Aspects for Architectural Structures using the Analytical Hierarchy Process", submitted (can be obtained from the authors), 2003.

25. M. Svahnberg, "An Industrial Study on Building Consensus around Software Architectures and Quality Attributes", submitted (can be obtained from the authors), 2003.

26. Дэвид Г. Метод парных сравнений / Дэвид Г.; пер. с англ. Н. Космарской и Д. Шмерлинга под ред. Ю. Адлера. – Цр Статистика, 1978. – 144 с.

27. Ginzberg M.J., Stohr E.A. Decision Support Systems: Issues and Perspectives. // Processes and Tools for Decision Support. / Ed. by H.G. Sol. – Amsterdam: North-Holland Publ. Co., 1983. – Pp. 9 – 31.

28. Alter S.L. Decision support systems: current practice and continuing challenges / S.L. Alter – Reading, Mass.: Addison-Wesley Pub., 1980. – 316 p.

29. Бир Ст. Кибернетика и управление производством / Бир Ст. - М.: Наука, 1965. – 391 с.

30. Зайченко Ю. П. Нечеткие модели и методы в интеллектуальных системах: [учебное пособие для студентов высших учебных заведений] / Ю. П. Зайченко. – К.: "Издательский дом "Слово", 2008. – 344 с.

31. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Tomas Saaty; пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.

32. M. Svahnberg, C. Wholin, and L. Lundberg. A Quality-Driven Decision-Support Method for Identifying Software Architecture Candidates. // Int. Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering, 2003. 13(5): pp. 547-573.

33. Tariq Al-Naeem, Ian Gorton, Muhammad Ali Babar, Fethi A. Rabhi, Boualem Benatallah. A quality driven systematic approach for architecting distributed software application, In Proceedings of the 27th International Conference on Software Engineering St. Louis, 2005, pp. 244 – 253.

34. Gorton I. Architecting in the Face of Uncertainty: An Experience Report. Proc. / I. Gorton, J. Haack // ICSE '04 Proceedings of the 26th International Conference on Software Engineering, – Edinburgh, Scotland, 2004. – pp. 543-551.

35. Павлов О.А. Оперативные алгоритмы принятия решений в иерархической системе Саати, основанные на замещении критериев / Павлов О.А., Ліщук К.І. // Вісник НТУУ “КПІ”. Інформатика, управління та обчислювальна техніка. К.: “БЕК+”, 2008. – № 48. – с. 78 – 81.

36. Миллер Г. Магическое число семь плюс или минус два. О некоторых пределах нашей способности перерабатывать информацию. // Инженерная психология. – М.: Прогресс, 1964, – с. 192-225.

37. Totsenko V.G. Method of Paired Comparisons Using Feedback with Expert / Totsenko V.G., Tsyganok V.V. // J. Of Automation and Information Sciences. – 1999. – 31, № 9. – pp. 86 – 97.

38. Ногин В.Д. Упрощенный вариант метода анализа иерархий на основе нелинейной свертки критериев // ЖВМиМФ, 2004, т. 44, № 7. – с. 1259-1268.

39. Подиновский В. В. Введение в теорию важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений / Подиновский В. В. – М.: Физматлит, 2007. – 64 с.

40. Методичні вказівки по виконанню організаційно-економічної частини дипломних проектів науково-дослідницького характеру для студентів спеціальності 7.080401 “Інформаційні управляючі системи та технології” / Кирич Н.Б., Зяйлик М.Ф., Брошак І.І., Шевчук Я.М – Тернопіль, ТНТУ, – 2009. – 11 с.

41. Основы охраны труда: учебник / А. С. Касьян, А. И. Касьян, С. П. Дмитриук. – Дн-ськ: Журфонд, 2007. – 494 с.

42. Безпека життєдіяльності: Навч. посібник./ За ред. В.Г. Цапка. 4–те вид., перероб. і доп. – К.: Знання, 2006. – 397 с.



# ДОДАТКИ

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

**МАТЕРІАЛИ**

**VII НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,  
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



**11–12 грудня 2019 року**

**ТЕРНОПІЛЬ  
2019**

<b>Т. Михайлович</b>	ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ НА ОСНОВІ МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ ВОДОСПОЖИВАННЯ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ НА ГРАФІЧНОМУ ПРОЦЕСОРІ	72
<b>В. Надозірний</b>	ПРОГРАМНИЙ ЗАСІБ ДЛЯ АДМІНІСТРУВАННЯ ТА ОБЛІКУ РОБОТИ АВТОМОБІЛЬНОЇ ПАРКОВКИ	73
<b>Д. Настин, І. Чорна</b>	ОЦІНЮВАННЯ ПОСЛІДОВНОСТІ ТВЕРДЖЕНЬ ЕКСПЕРТА	74
<b>В. Оксенюк</b>	ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ТА УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ	75
<b>Х. Ольховецька</b>	ДОСЛІДЖЕННЯ АКТУАЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ	76
<b>Д. Омелянюк</b>	МІНІМІЗАЦІЯ РИЗИКІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ПОБУДОВІ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ	77
<b>С. Осельський</b>	ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ BLOCKCHAIN У СИСТЕМІ ЗАХИ- СТУ БАЗ ДАНИХ	78
<b>М. Паламар, Т. Горин, М. Труханський, П. Гірняк, В. Нелюбін</b>	СПОСІБ ЗБІЛЬШЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ КУТОВОЇ ОРІЄНТАЦІЇ РЕФЛЕКТОРА СУПУТНИКОВОЇ АНТЕННОЇ СТАНЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ MEMS АКСЕЛЕРОМЕТРА	79
<b>О. Палка, Т. Склярва, А. Шум'як</b>	АНАЛІЗ МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ РОЗУМНОСТІ МІСТА У ТУРЕЧ- ЧИНІ	80
<b>П. Панцир</b>	ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ В СТРУКТУРУ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ОРГАНІЗАЦІЇ	81
<b>Ю. Паньків, Н. Кунанець</b>	РЕКОМЕНДАЦІЙНА СИСТЕМА ПАРКУВАННЯ МІСЬКОГО ТРАНСПОРТУ	82
<b>Б. Перхун, Н. Кунанець</b>	ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА З НАДАННЯ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ	83
<b>А. Постолюк</b>	ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ СИНХРОНІЗАЦІЇ ТА РЕПЛІКАЦІЇ БАЗ ДАНИХ	84
<b>М. Потикевич</b>	ЗАХИСТ SMS 1С:БІТРІКС ВІД АТАК ТИПУ «МІЖСАЙТОВИЙ СКРИПТИНГ» ЗАСОБАМИ VITRIX FRAMEWORK	85
<b>А. Пришляк, В. Пасічник, Н. Кунанець</b>	ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ФОРМУВАННЯ ПЕРСОНАЛЬНИХ ОСВІТНІХ ТРАЄКТОРІЙ В ГАЛУЗІ ІТ	86
<b>І. П'ятківський, А. Шум'як</b>	АНАЛІЗ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ ГІС, ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ РОЗРОБКИ ГІС СИСТЕМИ	87
<b>А. Родзоняк</b>	ТРАНСФОРМАЦІЯ СХЕМ БАЗ ДАНИХ З ERM-МОДЕЛІ В РЕЛЯЦІЙНУ	88

## ОЦІНЮВАННЯ ПОСЛІДОВНОСТІ ТВЕРДЖЕНЬ ЕКСПЕРТА

UDC 004.415

D. Nastyn, I. Chorna

(Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine)

## THE ASSESSMENT OF EXPERT STATEMENTS SEQUENCE

Для якісного оцінювання архітектурних рішень при проектуванні програмного забезпечення прийнятним підходом є застосування методу аналізу ієрархій [1] Кількісна (кардинальна) та транзитивна (порядкова) однорідність (узгодженість) у практичних задачах порушується, тому що експерт оцінює переваги, порівнюючи пари елементів, а тому рівність  $a_{ij} - a_{jk} = a_{ij}$ , що мала б виконуватися для всіх  $i, j, k$ , порушується. Що більші ці порушення, то менше можна довіряти результатам опитування експерта. Це свідчатиме насамперед про суперечливість тверджень експерта, яка, можливо, спричинена його некомпетентністю в даній предметній області.

У разі порушення однорідності ранг матриці попарних порівнянь відмінний від 1, і вона має декілька власних значень, а з умови оберненої симетричності впливає невід'ємність усіх компонентів головного власного вектора [2]. Однак за невеликих порушень однорідності тверджень одне з власних значень може бути істотно більшим за інші та приблизно дорівнюватиме порядку матриці. Отже, для оцінювання однорідності тверджень експерта доцільно використати відхилення максимального власного значення  $X_{max}$  від порядку матриці  $n$ .

Отримана в результаті опитування експерта, матриця неузгоджена, тобто відображає певну непослідовність його тверджень. Для оцінювання неузгодженості використовується індекс узгодженості, що надає інформацію про ступінь порушення числової та транзитивної (порядкової) узгодженості (таблиця 1).

Таблиця 1. Значення індексу узгодженості для випадкових матриць

Розмір матриці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Узгодженість	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Відношення узгодженості є часткою від ділення індексу узгодженості на відповідне значення випадкової узгодженості  $I_0 = I_u/M(I_u)$ .

Якщо отримане значення менше ніж 10 %, то рівень узгодженості можна вважати задовільним. Інколи можна обмежитися 20 %.

Узагальнимо поняття індексу узгодженості на всю ієрархію. Значення індексу узгодженості, одержане з матриці попарних порівнянь, потрібно помножити на пріоритет властивості, якої стосувалося порівняння і до цього числа додати аналогічні результати для ієрархії загалом. Після цього отримане значення слід порівняти з відповідним значенням індексу, яке дорівнює сумі випадкових значень, зважених за відповідними пріоритетами. Значення для всієї ієрархії теж обмежене 10 % – 20 %.

## Література

1. Харченко О. Г. Метод багатокритеріальної оптимізації програмної архітектури на основі аналізу компромісів / Харченко О. Г., Боднарчук І. О., Галай І. О. // Інженерія програмного забезпечення. – 2012. – № 3–4 (11–12). – С. 5–12.
2. Harchenko A. Decision support system of software architect / A. Harchenko, I. Bodnarchuk, I. Halay / Proceedings of IEEE 7th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS'2013). – V. 1. – Berlin, 2013. – P. 265–269.