



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних робіт з дисципліни

«ЕМПІРИЧНІ МЕТОДИ ПРОГРАМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ»

для студентів усіх форм навчання
першого (бакалавського) рівня вищої освіти
спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення,
освітня програма «Програмна інженерія»

Електронне видання

ЗАТВЕРДЖЕНО
кафедрою Програмної інженерії.
Протокол № 5 від 13.11.2023.

Харків 2024

Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Емпіричні методи програмної інженерії» для студентів усіх форм навчання першого (бакалавського) рівня вищої освіти спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення, освітня програма Програмна інженерія [Електронний ресурс] / Упоряд.: І.В. Груздо, О.С. Назаров. – Електронне видання. – Харків: ХНУРЕ, 2024. – 80 с.

Упорядники: І.В. Груздо,
О.С. Назаров

Рецензент: О.В. Золотухін, доцент кафедри штучного інтелекту, заступник декана факультету КН, заступник відповідального секретаря приймальної комісії, кандидат технічних наук, доцент, ХНУРЕ.

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
1 ВИКОРИСТАННЯ ЕМПІРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	6
2 ПЛАНУВАННЯ КОНСТРУЮВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.	19
3 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ КОНСТРУЮВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	42
4 КРИТЕРІЇ ЗГОДИ. ДИСПЕРСІЙНИЙ АНАЛІЗ	67

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Методичні вказівки можуть бути використані у навчальному процесі для опанування дисципліни «Емпіричні методи програмної інженерії» для студентів усіх форм навчання першого (бакалавського) рівня вищої освіти спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення, освітня програма Програмна інженерія.

Метою проведення практичних робіт з дисципліни «Емпіричні методи програмної інженерії» є закріплення теоретичних знань та отримання практичних навичок у їх застосуванні, а також опанування основами описової статистики, дискретними та безперервними розподілами ймовірностей, методами оцінювання параметрів регресійних залежностей, кореляції, статистичними тестами, найуживанішими у галузі програмної інженерії. Також для опанування методів планування експерименту і перевірки гіпотез; освоєння емпіричних методів для аналізу продуктивності та надійності програмних систем тощо.

У методичних вказівках вміщено завдання, за результатами опрацювання яких студент повинен

знати: основні методи й алгоритми статистичної обробки результатів спостережень та вимірювань; побудову довірчих інтервалів; основні алгоритми перевірки гіпотез про параметри розподілів і гіпотез узгодження емпіричних розподілів із теоретичними; технології побудови й аналізу гістограм та інших наочних засобів описової статистики; особливості найбільш вживаних методів статистичного аналізу даних; основні методи розв'язання задач аналізу та інтерпретації даних, отриманих за допомогою різного виду інформаційно-вимірювальних систем; мати уявлення про основні тенденції розвитку теорії та практики аналізу й інтерпретації даних; структури функціональних можливостей сучасних пакетів прикладних програм обробки експериментальних даних;

вміти: планувати і здійснювати експерименти для оцінки гіпотез про якість в процесі розробки програмного забезпечення; аналізувати дані із різних джерел; приймати проектні та управлінські рішення, виходячи із повного розуміння емпіричних методів обробки даних; використовувати емпіричні методи під час розробки алгоритмів; використовувати стандартну термінологію й позначення; вміло застосовувати різні пакети прикладних програм під час обробки експериментальних даних з метою розв’язання практичних задач.

володіти: сучасними технологіями проектування програмного забезпечення; різними підходами до організації обробки даних; сучасними технологіями збору, обробки та аналізу даних; сучасними технологіями, що використовуються для прийняття рішень на основі обробки статистичних даних.

Вказівки містять кілька розділів, кожен з яких передбачає наявність мети роботи, постановки задачі, деякі містять посилання на джерела інформації, які необхідно опрацювати на етапі підготовки до виконання практичної роботи; а також підібраного теоретичного матеріалу; прикладів розв’язання типових задач, завдань для виконання практичної роботи та самостійного опрацювання, переліку контрольних запитань за матеріалами розглянутої теми та отриманими результатами виконання поставлених задач.

1 ВИКОРИСТАННЯ ЕМПІРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

Мета роботи: отримання практичних навичок в процесі емпіричного дослідження.

1. Постановка мети

Вивчити відомості з теми роботи, провести емпіричне дослідження і проаналізувати результат роботи.

2. Порядок виконання роботи

1. Отримати у викладача індивідуальне завдання для виконання роботи.
2. Вивчити теоретичний матеріал.
3. Провести емпіричне дослідження відносно необхідності використання різних статистичних моделей і методів на всьому життєвому циклі розробки ПЗ.
4. Виконати завдання, вказане в постановці завдання.
5. Зробити висновки з роботи.
6. Оформити звіт (не більше 20 ст.).
7. Відповісти на контрольні запитання (парний варіант дає відповіді на парні запитання, непарний варіант дає відповіді непарні запитання).

3. Завдання

Завдання роботи полягає у визначенні які саме моделі та методи статистики використовуються в процесі розробки ПЗ . Для цього необхідно зберіть емпіричний матеріал відносно використання статистики на всьому життєвому циклі розробки ПЗ:

1. Визначте для якої саме предметної області з програмної інженерії будуть розглянуті ситуації коли виникає необхідність застосування статистики та як вирішується (див таблицю 1.1). Варіант обирається за списком журналу групи (на оцінку задовільно), або студент пропонує власну тему (на оцінку добре та відмінно та тема узгоджується з викладачем).

Таблиця 1.1 – Завдання

№ варіанту в журналі викладача	Завдання за варіантом
1	Прогнозування попиту в роздрібній торгівлі.
2	Затвердження кредиту.
3	Задоволення клієнту банку- надання їм найбільш релевантних та вигідних пропозицій (утримання клієнтів).
4	Рекомендація користувачу шоу чи фільму відповідно до їхніх уподобань.
5	Персоналізована реклама та визначення найкращого часу для трансляції цих оголошень.
6	Аналіз мережевого трафіку - визначення перевантаження.
7	Тематичне дослідження великих даних – Uber.
8	Підбір постачальники на ринку хмарних даних Big Data.
9	Оцінка автомобіля.
10	Управління посадкою літака
11	Розпізнавання людської діяльності за допомогою смартфонів.
12	Виявлення вторгнення безпілотного літального апарату (БПЛА).
13	Визначення трендів онлайн-покупок.
14	Вибір оптимального руху автомобіля.
15	Прогнозування погоди.
16	Завдання розпізнавання спаму.
17	Визначення які програми є популярними в магазині Google Play
18	Визначення кредитної платоспроможності.
19	Розрахунок страхового ризику автомобіля.
20	Визначення та продуктивність співробітників ІТ фірми.
21	Вибір/підбір партнера для знайомства.
22	Складання топ ІТ професій.
23	Прогноз банкрутства компанії.
24	Точне передбачення урожаю.
25	Аналіз відтоку клієнтів.
26	Аналіз ринкового кошика.
27	Планування подорожей клієнтів Orbitz, Ebookers та CheapTickets.
28	Виявлення шахрайства на кредитних картках.
29	Добір на посаду співробітників ІТ фірми.
30	Оцінка якості життя.

2. Опишіть три варіанти коли (в яких саме ситуаціях) необхідно виконувати статистичний аналіз за темую з пункту 1.

3. Опишіть у вигляді таблички (див табл. 1.2), ситуації та які саме дані можуть бути використані для виконання статистичного аналізу (джерела даних посиланням, кількість і характеристики, приклади.)

Табличка 1.2. Приклад таблички

Ситуації коли теба проводити аналіз	На якому етапі розробки ПЗ використовується	За допомогою якого ПЗ/бібліотеки та мова програмування, можна виконати обробку та аналіз статистичних даних	З відки отримуються дані, де розміщено у якому форматі вони зберігаються,	Набір даних (фрагмен)
Виявлення шахрайства на кредитних картках. Планування подорожей клієнтів Orbitz, Ebookers та CheapTickets. Аналіз ринкового кошика т.п. (відповідно до варіанту)	Проектування/ Розробка/ Тестування/ Впровадження/ Супровід/ Вдосконалення	Weka 3 - Data Mining Software in Java (розроблена командою фахівців Університету Вайкато, Нова Зеландія); Orange - Data Mining Fruitful & Fun (пакет створений лабораторією штучного інтелекту Університету Любляни, Словенія	UCI Machine Learning Repository, створений для потреб дослідників в області машинного навчання в Каліфорнійському університеті Ірвіна і містить 190 наборів даних з різних галузей фізики, техніки, біології, медицини, соціології, бізнесу та ін. Інший тип репозиторіїв характерний для змагань в рамках конференцій з аналізу даних, наприклад, Frequent Itemset Mining Implementations Repository, в якому крім даних містяться вихідні коди алгоритмів.	0.495685662750451 0.550915830789359 0.542962685368596 0.599208694273483 0.599208694273483 0.999000632043326 0.797403570816415 0.809320385467476 0.303482953821731

4. Опишіть які саме статистичні методи лежать в основі ПЗ/бібліотек та мова програмування, що наведені в табл. 1.2 для обробку та аналіз статистичних даних. Наприклад: *Формулювання завдання в прикладній постановці* - Порівняння розсіювання показника в двох вибірках. *Формулювання завдання в статистичної постановці* - Перевірка гіпотези про рівність дисперсій (про приналежність дисперсій до однієї генеральної сукупності). *Додаткові умови* - Нормальний закон розподілу Закон розподілу відмінний від нормального або дані вимірюються в нечислової шкалою. *Застосовуваний метод* -F-критерій (Фішера) Зигеля-Тьюки, Мозес

5. Сформулюйте і запишіть гіпотезу відносно виконання пунктів 3 та 4.

6. Сформулюйте висновки, відносно необхідності використання емпіричних моделей та методів при розробці програмного забезпечення.

4. Теоретичний матеріал

Емпіричні методи в наукових дослідженнях. Емпіричне дослідження – це спостереження і дослідження конкретних явищ, експеримент, а також їх узагальнення, класифікація й опис результатів, впровадження їх у практичну діяльність людей.

Емпіричні дослідження використовуються для відповіді на емпіричні питання, дані яких повинні бути точно визначені.

Емпіричній інтерпретації не піддаються повною мірою теоретичні поняття, які використовуються в дослідженні, а беруть до уваги тільки головні, які безпосередньо пов'язані з завданнями дослідження і висунутими гіпотезами.

Емпіричне дослідження як процес становить:

- певні теорії на тему, з якої ведеться дослідження;
- запропоновані певні припущення або гіпотези;
- прогнозування конкретних подій;
- перевірка прогнозувань відповідними експериментами;

– залежно від результатів експерименту, теорії, на яких гіпотези і прогнози були засновані, будуть підтверджені або спростовані.



Рисунок 1.2 – Основні етапи проведення емпіричного дослідження

Процес емпіричного дослідження передбачає такі етапи:

- методологічне обґрунтування дослідження, визначення предмета й об'єкта, постановка наукової гіпотези, мети і завдань дослідження;
- побудова плану дослідження, операційне визначення досліджуваних понять, підбір методів і висунення експериментальних гіпотез;
- організація дослідження і збирання емпіричного матеріалу;
- якісне й кількісне опрацювання даних;
- обговорення та інтерпретація даних;
- формулювання висновків, що підтверджують або спростовують гіпотези.

Основні етапи проведення емпіричного циклу:

1. *Спостереження* (англ. Observation): збирання і групування емпіричних фактів, формування гіпотези. *Індукція* (англ. Induction): розробка гіпотез.

2. *Дедукція* (англ. Deduction): дедукція (висновок) послідовності гіпотез, що перевіряються прогнозуванням.

3. *Перевірка* (англ. Testing): перевірка гіпотези з нового емпіричного матеріалу.

4. *Оцінка* (англ. Evaluation): оцінювання результатів перевірки.

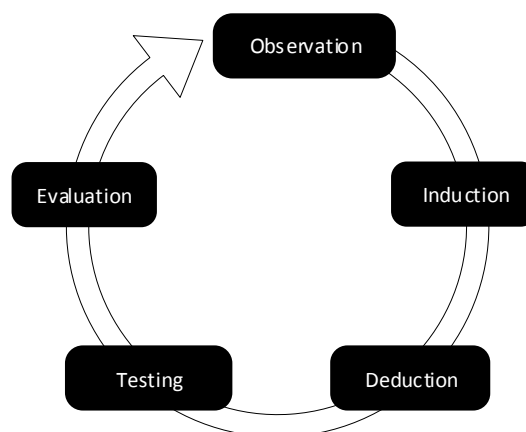


Рисунок 1.2 – Основні етапи проведення емпіричного циклу

Науковими методами емпіричного дослідження є: спостереження, опис, вимірювання, експерименти.

Спостереження – це систематичне, цілеспрямоване, спеціально організоване сприйняття предметів і явищ об'єктивної дійсності, які виступають об'єктами дослідження.

Як метод наукового пізнання, спостереження дає можливість отримувати первинну інформацію як сукупність емпіричних тверджень.

Емпірична сукупність стає основою попередньої систематизації об'єктів реальності, що визначає їх вихідними об'єктами наукового дослідження.

Спостереження повинно відповідати таким вимогам:

- попередньої передбачуваності (спостереження проводиться для певного чітко поставленого завдання);
- плановірності (виконується за планом, складеним відповідно до завдання спостереження);
- цілеспрямованості (спостерігаються лише певні сторони явища, які викликають інтерес у ході дослідженні);
- вибіркової (спостерігач активно шукає потрібні об'єкти, предмети, явища);
- системності (спостереження ведеться безперервно або за певною системою).

Порівняння – це процес зіставлення предметів або явищ дійсності з метою встановлення подібності або відмінності між ними, а також знаходження загальної, ознаки, що може бути властива двом або кільком об'єктам дослідження.

Під час його виконання необхідно дотримуватися вимог:

- слід аналізувати тільки такі явища, між якими може існувати певна об'єктивна спільність;
- порівняння повинно здійснюватися за найважливішими, найсуттєвішими (у плані конкретного завдання) ознаками.

Порівняння завжди є важливою передумовою узагальнення.

Узагальнення – логічний процес переходу від одиничного до загального або менш загального до більш загального знання; також це продукт розумової діяльності, форма відображення загальних ознак і якостей об'єктивних явищ.

Найпростіші узагальнення полягають в об'єднанні, групуванні об'єктів на основі окремої ознаки (синкретичні об'єднання). Більш складним є комплексне узагальнення, за якого група об'єктів за різними рисами об'єднуються в єдине ціле.

Узагальнення здійснюється шляхом абстрагування від специфічних і виявлення загальних ознак (властивостей, зв'язків), притаманних певним предметам.

Вимірювання – це процедура визначення чисельного значення деякої величини за допомогою одиниці виміру.

Цінність цієї процедури полягає в тому, що вона дає точні, кількісно визначені відомості про об'єкт.

Під час виміру необхідні такі основні елементи:

- об'єкт вимірювання;
- еталони;
- вимірювальні прилади;
- методи вимірювання.

Гіпотеза (від грец. hypothesis, означає передбачення, основа) — це науково обґрунтоване передбачення про існування деякого предмета мислення або пояснення причин чи закономірних зв'язків між ними.

Статистична гіпотеза – це припущення про вид розподілу або про величини невідомих параметрів генеральної сукупності, яка може бути перевірена на основі вибірових показників.

Загальна гіпотеза — це припущення, яке пояснює причину явища або групи явищ у цілому.

Часткова гіпотеза — припущення, яке пояснює якусь окрему частину чи окрему властивість явища або події.

Статистична гіпотеза про вид розподілу має назву «критерій згоди».

Статистичною гіпотезою називається кожна несуперечлива множина тверджень $\{H_0, H_1, \dots, H_{k-1}\}$ щодо властивостей розподілу випадкової величини.

Будь-яке з тверджень H_i називається альтернативною гіпотези. Найпростішою гіпотезою є двоальтернативна: $\{H_0, H_1\}$. В цьому випадку альтернативу H_0 називають нульовою гіпотезою, а H_1 — конкуруючою гіпотезою.

Нульовою (H_0) називають *висунуту гіпотезу*.

Альтернативною (H_1) — гіпотезу, що суперечить нульовій.

Якщо висунута гіпотеза буде відкинута, то вживають альтернативну до неї.

Під час перевірки будь-якої статистичної гіпотези **можливі варіанти:**

- гіпотеза H_0 правильна і її приймають (правильне рішення);
- гіпотеза H_0 неправильна і її відкидають, приймаючи гіпотезу H_1 (правильне рішення);
- гіпотеза H_0 правильна, але її відкидають згідно з правилом перевірки (неправильне рішення) — це *помилка першого типу*;
- гіпотеза H_0 неправильна, але її слід приймати згідно з правилом перевірки (неправильне рішення) — це *помилка другого типу*.

Альтернативні гіпотези приймаються тоді і тільки тоді, коли спростовується нульова гіпотеза. Це буває у випадках, коли відмінності, скажімо, в середніх арифметичних експериментальної і контрольної груп настільки значущі (статистично достовірні), що ризик помилки відкинути нульову гіпотезу і прийняти альтернативну не перевищує одного з трьох прийнятих рівнів значущості статистичного виведення:

- Перший рівень - 5% ($p = 0,05$); де допускається ризик помилки у висновку в п'яти випадках зі ста теоретично можливих таких же експериментів при строго випадковому відборі випробовуваних для кожного експерименту;

- Другий рівень - 1%, т. е. відповідно допускається ризик помилитися тільки в одному випадку зі ста;

- Третій рівень - 0,1%, т. е. допускається ризик помилки тільки в одному випадку з тисячі. Останній рівень значущості пред'являє дуже високі вимоги до обґрунтування достовірності результатів експерименту і тому рідко використовується. У дослідженнях, котрі мають потребу в дуже високому рівні достовірності, приймають 5% рівень значущості.

Щоб побудувати «вдалу» наукову гіпотезу яку можна перевірити емпірично, необхідно пам'ятати, що гіпотеза:

– не повинна містити понять, які емпірично не можуть бути конкретизовані;

– не повинна містити ціннісних суджень;

– не повинна містити занадто багато обмежень і припущень;

– повинна перевірятися;

– може мати кілька частин.

Приклади простої гіпотези :

- H_0 : Зв'язок між ознаками вибірки відсутній. H_1 : Існує зв'язок між ознаками вибірки.

- H_0 : Розподіл даної вибірки є нормальним; H_1 : Розподіл даної вибірки відрізняється від нормального.

- H_0 : Темпи росту рослин не залежить від присутності кадмію в ґрунті; H_1 : На темпи росту рослини впливають різних концентрацій кадмію в ґрунті.

- H_0 : Відсутність активної інтелектуальної діяльності є фактором ризику розвитку нервнопсихических захворювань в літньому віці; H_1 : Відсутність активної інтелектуальної діяльності ніяк не впливає на виникнення нервнопсихических захворювань в літньому віці;

Проста та складна гіпотези.

– проста гіпотеза містить тільки одне припущення:

H_0 : математичне очікування нормального розподілу дорівнює 3 ($\mu = 3$, σ – відомо);

– складна гіпотеза складається з кінцевого або нескінченного числа простих гіпотез:

H_0 : математичне очікування нормального розподілу менше 3 ($\mu < 3$, σ – відомо)

($\mu < 3$ складається з нескінченної кількості простих виду $H_i: \mu = b_i$, де b_i – будь-яке число, менше 3).

Приклади складної гіпотези:

– Я очікую, що втрата ваги може тривати довше, ніж через шість тижнів
 $H_1: \mu > 6$. Нульова гіпотеза складається в тому, що ви очікуєте, що ця гіпотеза ніяк не відбудеться. У цьому випадку, якщо втрата ваги не відбудеться за шість неділів, то це повинно відбутися протягом часу, дорівнює або менше ніж за шість неділів. Це можна записати математично як $H_0: \mu \leq 6$

Загальна схема перевірки гіпотез.

– формулюють нульову й альтернативну гіпотези;
– задають величину рівня значущості критерія α ;
– вибирають деяку функцію – статистику від результатів спостережень – і при обох гіпотезах знаходять закони її розподілу;
– за допомогою закону розподілу на основі обраного рівня значущості область можливих значень статистики розбивають на дві або три частини;
– роблять вибірку і за її результатами обчислюють статистику. З'ясовують, в яку зі сфер потрапляє її значення. Якщо величина знаходиться у полі, де правдоподібна основна гіпотеза, то вважають що експеримент не суперечить основній гіпотезі.

Алгоритм перевірки статистичних гіпотез.

1. За вибірковими даними формують основну H_0 та альтернативну H_1 гіпотези.
2. Задають рівень значущості α (0,05 або 0,01).
3. Залежно від H_0 визначають статистичний критерій K , що має відомий розподіл.
4. За вибіркою і формулою критерію K розраховують спостережуване значення критерія $K_{\text{набл}}$.
5. Залежно від виду H_1 визначають вид критичної області W й критичні точки у таблиці додатка для розподілу критерію K .
6. За результатами перевірки: $K_{\text{набл}} W?$ – роблять висновок про прийняття або відхилення гіпотези H_0 .
7. Формують загальний висновок згідно поставленого завдання.

Зміст звіту:

1. Титульна сторінка до виконаної практичної роботи.
2. Постановка завдання.
3. Мета роботи.
4. Опис процесу роботи.
5. Таблиця з результатами.
6. Висновки з роботи.

Контрольні запитання та завдання:

1. Опишіть процес емпіричного дослідження.
2. Які ви знаєте етапи емпіричного циклу?
3. Опишіть спостереження як науковий метод емпіричного дослідження.
4. Охарактеризуйте порівняння як науковий метод емпіричного дослідження.
5. Опишіть узагальнення як науковий метод емпіричного дослідження.
6. Охарактеризуйте вимір як науковий метод емпіричного дослідження.
7. Що таке гіпотеза? Проста та складна гіпотези.

8. Основні характеристики, яким повинен відповідати об'єкт дослідження.
9. Дайте визначення імовірності події.
10. Що таке алгоритм перевірки статистичних гіпотез?

2 ПЛАНУВАННЯ КОНСТРУЮВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

Мета роботи: отримання практичних навичок в процесі експертного оцінювання.

1. Постановка мети

Вивчити відомості з теми роботи, провести дослідження методом експертних оцінок і проаналізувати результат роботи.

2. Порядок виконання роботи

1. Обрати наукову тему в рамках якої буде проходити дослідження (можливо тема майбутнього диплому, тема курсового проєкту, тема що вам цікава, і т.д і т.п.).

2. Вивчити теоретичний матеріал.

3. Провести дослідження публікацій (в наукових журналах), не менше 10 публікацій з посиланнями на них.

4. Проаналізуйте вирішувалася лі раніше дана задача за допомогою програмної реалізації. Якщо так то обиріть мінімум 5 конкурентів і опишіть в чому саме їх переваги та недоліки. Якщо ні, знайдіть 5 подібних систем/ПЗ де можливо частково вирішувалися подібні задачі, в чому їх переваги та які в них є можливі проблеми.

5. Складіть таблицю «Порівняння конкурентів» (див. приклади нижче).

6. Напишіть як ви б могли поліпшити існуючі рішення та за рахунок чого (за рахунок якого функціоналу, використання яких моделей, методів...). Які приблизно моделі, методи лежать в основі існуючих рішень (приблизно або з урахуванням даних з пунктів 3 та 4).

7. Вивчіть і оберіть необхідні бібліотеки для реалізації обраної наукової теми з пункту 1 у вигляді програмного рішення. Вибір обґрунтуйте. Якщо бібліотек не має, опишіть математичний апарат(існуючий/ ймовірний /

удосконалений), який вирішує задачу в рамках наукової теми з пункту 1 у вигляді розробки/реалізації ПЗ.

8. Зробити невеличкий доклад та презентацію за результатами дослідження.

9. Зробити висновки з роботи.

10. Оформити звіт (не більше 20 ст.) щодо виконання роботи та здати викладачеві в друкованому або в електронному вигляді (за узгодженням із викладачем).

11. Відповісти на контрольні запитання (парний варіант дає відповіді на парні запитання, непарний варіант дає відповіді непарні запитання).

3. Теоретичний матеріал

Експертні дослідження можуть мати як самостійне значення, так і використовуватися під час перевірки істинності (верифікації) логічних досліджень і моделювання.

Методологія в своєму розумінні визначено як вчення про алгоритм дослідження, організаційну логіку, методи і засоби архітектурної діяльності зокрема. В більшості випадків методологію визначають як певну теорію методів дослідження, як систему пізнання дослідження. Під методикою, в свою чергу, тлумачать певну кількість необхідних прийомів дослідження для більшої ефективності отримання результатів дослідження.

Статистичні методи аналізу даних застосовуються практично у всіх сферах діяльності людини. Їх використовують завжди, коли необхідно отримати й обґрунтувати будь-які судження про групу (об'єктів або суб'єктів) з деякою внутрішньою неоднорідністю.

Доцільно виділити три види наукової і прикладної діяльності у сфері статистичних методів аналізу даних (за ступенем специфічності методів, поєднаної з зануренням в конкретні проблеми):

а) розробка і дослідження методів загального призначення, без урахування специфіки галузі застосування;

б) розробка і дослідження статистичних моделей реальних явищ і процесів відповідно до потреб тієї чи іншої сфери діяльності;

в) застосування статистичних методів і моделей для статистичного аналізу конкретних даних.

Коротко розглянемо три виділених види наукової та прикладної діяльності. За мірою руху від *а)* до *в)* звужується широта сфери застосування конкретного статистичного методу, але при цьому підвищується його значення для аналізу конкретної ситуації. Якщо роботам типу *а)* відповідають наукові результати, значимість яких оцінюється за загальнонауковими критеріями, то для робіт виду *в)* основне – успішне вирішення конкретних завдань тієї чи іншої сфери застосування (техніки і технології, економіки, соціології, медицини та ін.). Роботи виду *б)* займають проміжне положення, оскільки, з одного боку, теоретичне вивчення властивостей статистичних методів і моделей, призначених для певної сфери застосування, може бути досить складним і математизованим (див., наприклад, монографію), з іншого – результати становлять інтерес не для загалу, а лише для певної групи фахівців. Можна сказати, що роботи виду *б)* націлені на рішення типових задач конкретної сфери застосування.

Застосування статистичних методів і моделей для статистичного аналізу конкретних даних тісно прив'язане до проблем відповідної сфери. Результати третього з виділених видів наукової та прикладної діяльності перебувають на стику дисциплін. Їх можна розглядати як приклади практичного застосування статистичних методів. Але не менше підстав відносити їх до відповідної сфери діяльності людини.

Наприклад, результати опитування споживачів програмного забезпечення, яке розглядають та розробляють, природно віднести до маркетингу (що і роблять, читаючи лекції з маркетингових досліджень). Дослідження динаміки зростання цін за допомогою індексів інфляції, розрахованих за незалежно зібраною інформацією, становить інтерес, перш за

все, з точки зору економіки й управління народним господарством (як на макрорівні, так і на рівні окремих організацій).

Замовники прикладних досліджень отримують звіти, в яких проблеми відповідних сфер діяльності розглянуті докладно. Прикладом такого звіту є монографія, присвячена підходам до проблеми ймовірісно-статистичного моделювання процесів оподаткування.

Теорія статистичних методів націлена на вирішення реальних завдань. Тому в ній постійно виникають нові постановки математичних завдань аналізу статистичних даних, розвиваються й обґрунтовуються нові методи. Обґрунтування часто проводиться математичними засобами, тобто шляхом доведення теорем. Велику роль відіграє методологічна складова – як саме ставити завдання, які припущення прийняти з метою подальшого математичного вивчення. Велика роль сучасних інформаційних технологій, зокрема, комп'ютерного експерименту.

Базою є імовірісна модель реального явища або процесу, тобто математична модель, в якій об'єктивні співвідношення виражені в термінах теорії ймовірностей.

Імовірності використовуються, перш за все, для опису невизначеностей, які необхідно враховувати під час прийняття рішень. Зокрема, як небажані можливості (ризики), так і привабливі («щасливий випадок»). Іноді випадковість вноситься в ситуацію свідомо, наприклад, під час жеребкування, псевдовипадкового відбору одиниць для контролю, проведення лотерей або опитування користувачів.

Теорія ймовірностей дозволяє за одними можливостями розрахувати інші, цікаві для дослідника. Наприклад, за ймовірністю випадання решки, можна розрахувати ймовірність того, що під час 10 кидань монет випаде не менше 3 гербів. Подібний розрахунок спирається на вірогідну модель, згідно з якою кидання монет описуються схемою незалежних випробувань, крім того,

випадання «орла» і «решки» одноможливі, а тому ймовірність кожної з цих подій дорівнює $\frac{1}{2}$.

Також з її допомогою можна перенести властивості, встановлені за результатами аналізу конкретної вибірки, на інші вибірки, а також на всю так звану генеральну сукупність.

Термін «генеральна сукупність» використовується, якщо мова йде про велику, але кінцеву сукупність досліджуваних одиниць.

Використання імовірнісних моделей на основі оцінювання та перевірки гіпотез за допомогою вибірових характеристик – суть ймовірнісно-статистичних методів прийняття рішень.

Теорія статистичних методів націлена на вирішення реальних завдань. Тому в ній постійно виникають нові постановки математичних завдань аналізу статистичних даних, розвиваються і обґрунтовуються нові методи. Обґрунтування часто проводиться математичними засобами, тобто шляхом доведення теорем. Велику роль відіграє методологічна складова – як саме ставити завдання, які припущення прийняти з метою подальшого математичного вивчення. Велика роль сучасних інформаційних технологій, зокрема, комп'ютерного експерименту.

Статистичне зведення – це процес упорядкування, систематизації і наукової обробки первинного статистичного матеріалу для виявлення типових рис і закономірностей явищ і процесів, що вивчаються.

Зведення є основою для подальшого аналізу статистичної інформації. За зведеними даними розраховуються узагальнюючі показники, виконується порівняльний аналіз, а також аналіз причин групових відмінностей, вивчаються взаємозв'язки між ознаками.

Найбільш частим завданням для обґрунтування необхідності розробки при постановці завдання в програмній інженерії, є аналіз вже існуючого ПЗ за відповідними складовими критеріями. В таблиці 2.2 наведено приклад простого аналізу конкурентів за важливими для замовника показниками.

Складові елементи складного статистичного зведення наведені на рис. 2.1.

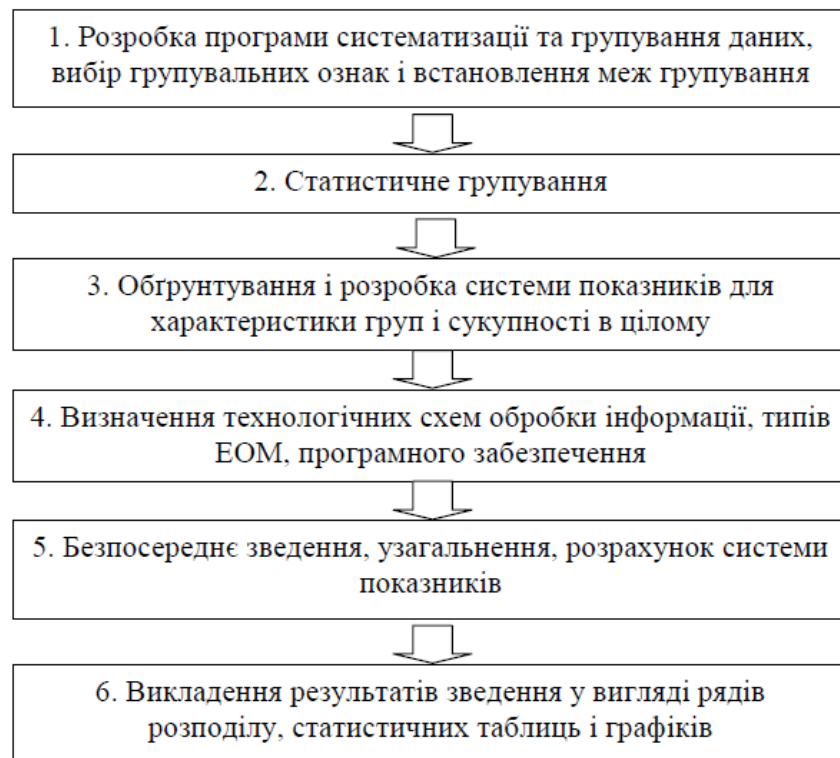


Рисунок 3.1 – Складові елементи статистичного зведення

Кожен з показників рекомендується оцінювати за 10-бальною шкалою. Залежно від специфіки ніші ринку можна додавати в таблицю і інші пункти для оцінки конкуренції. В результаті аналізу конкурентів необхідно відзначити переваги і недоліки, конкурентну позицію на ринку.

Таблиця 2.2 – Приклад аналізу конкурентів

Аналізований показник	Інтернет магазин (ваш)	Конкурент 1	Конкурент 2	...	Конкурент N
Дизайн					
Функціональність					
Контент					
Ціни					
Обслуговування					
Способи оплати					
способи доставки					
Присутність в ЗМІ					
Е-mail-маркетинг					
Реклама					
Відвідуваність					
Разом					

Найчастіше для порівняння програмного забезпечення застосується метод варіантних мереж А.Л.Фуксмана. Для чого виділяються важливі характеристики ПЗ, та у дужках вказується їх важливість з точки зору реалізації, або значущості.

Потім після визначення важливість з точки зору реалізації та характеристик ПЗ, помножується кожна характеристика на значення що визначення і всі значення сумуються. За результатами робиться висновок відносно того, що краще обрати, частіше за все це той елемент у якого сама більша сума.

Приклад. Порівняння та вибір мов розробки ПЗ, методом варіантних мереж.

Для порівняння цих програмних застосувань застосуємо метод варіантних мереж. Для чого виділимо наступні характеристики, та у дужках їх важливість:

- швидкість розробки веб-клієнту (5);
- вимоги до обчислювальних ресурсів (4);
- надані можливості (5);
- швидкість роботи розробленого веб-клієнту (5);
- легкість інсталяції розробленого веб-клієнту (3);
- зручність експлуатації (5).

Вирішення поставленої задачі наведено нижче в таблиці 2.3. Оцінка виставляється за п'ятибальною шкалою.

Таблиця 2.3 – Вирішення задачі вибору програмного застосування

Мова розробки	Характеристики						Сума
	1 (5)	2 (4)	3 (5)	4 (5)	5 (3)	6 (5)	
Angular7	5	5	5	4	5	4	125
ReactJS	3	5	3	4	5	3	100

Приклад. Порівняння та вибір серверу бази даних для серверної частини при розробці ПЗ.

Оскільки розробляється програмне забезпечення повинно бути системою розподіленого опрацювання інформації, заснованої на класичній архітектурі клієнт-сервер, то для реалізації даного програмного забезпечення виберемо сервер бази даних MS SQL Server 2005.

Для реалізації архітектури клієнт / сервер застосовують так звані промислові сервери баз даних, такі як:

- 1) Informix [1,22];
- 2) InterBase Sever [2,19];
- 3) MS SQL Server 2005 [3,14];
- 4) Oracle Server [10, 16].

Вибір зробимо за наступними критеріями:

- 1) рівень програмних засобів (рівень розвитку MS SQL Server 2005, наявність допоміжних функцій і утиліт);
- 2) простота реалізації;
- 3) забезпечення цілісності та захисту даних;
- 4) модифікація;
- 5) досвід розробників;
- 6) вимоги до апаратних засобів.

Результати порівняння представлені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Вирішення задачі вибору серверу баз даних

№ критерію	Ваговий коефіцієнт	SQL-сервер, баллы			
		Informix	InterBase	SQL 2005	Oracle
1	0,15	3	4	5	4
2	0,15	3	4	5	4
3	0,2	5	5	5	4
4	0,15	4	4	4	5
5	0,25	2	2	4	4
6	0,1	3	4	5	4
Ітого	1	3,3	3,7	4,5	4,15

Висновок: В результаті виконаного аналізу інструментальних засобів виявили, що в якості засобу розробки серверної частини програмного забезпечення буде використаний SQL Server 2005 як оптимальний засіб (відповідно до того, що в ітоговому значенні оцінки стоїть найбільше значення).

Приклад. Порівняння ПЗ методом за існуючими можливостями.

Для проблеми збору коштів на благодійність через мережу Інтернет існують рішення у вигляді різноманітних веб-сервісів. Такі сервіси готові надати не тільки послуги збору коштів, але й перевірки правдивості й доцільності витрати коштів. Проте такі функції можливо знайти не на кожному сервісі.

Для більш чіткого розуміння можливостей, які можуть надавати веб-сервіси для збору коштів на благодійність, треба привести повне найменування кожної групи:

- збір коштів у благодійні фонди (А);
- збір коштів на допомогу фізичним особам (Б);
- можливість продивитись яким чином кошти будуть витрачені (В);
- можливість отримати зворотній зв'язок від отримувача (Г);
- можливість публічного нагляду за оборотом зібраних коштів (Д).

Наглядне розподілення категорій надання послуг в основних веб-сервісах відображене у таблиці 2.5, де кожен стовпець відображає назву спеціальної послуги відповідно до наданого списку розподілення послуг, та кожен рядок відповідає за веб-систему, що надає послуги збору коштів.

Таблиця 2.5 – Послуги веб-сервісів

	А	Б	В	Г	Д
CrowdRise	+	+	-	+	-
Українська Біржа Благодійності	+	+	+	-	-
DonorsChoose	+	+	+	+	-
GoFundMe	-	+	-	-	-
Сервіс що розробляється	+	+	+	+	+

Задача розробки прозорої системи для військовослужбовців була й залишається актуальною задачею, що пов'язана з прозорою роботою сервісів для зниження рівня корупції. На данному етапі у нашій країні немає дійсно прозорих сервісів, які б давали превенієність людям, що їх кошти дійдуть до кінцевого отримувача. Прозорий сервіс волонтерської допомоги військовослужбовцям надасть можливість користувачам бути вневненими, що матеріальна допомога дійсно буде отримана саме тими, для кого вона була призначена.

Приклад. Порівняння ПЗ за основними важливими характеристиками.

В ході виконання аналізу предметної галузі були розглянуті наступні системи прослуховування музики онлайн, за уподобанням та за територією: Spotify [..], Dezeer [..], Apple Music [..], Google Play Music [..], Tidal [..], Napster [..], Groove Music [..], Yandex Music [..].

Результати порівняльного аналізу основних характеристик найбільш поширених стримінгових сервісів наведено в таблиці 2.6.

Згідно з даними з таблиці 2.6 можна зробити загальний висновок, а саме не усі з наведених інструментів є зручними у використанні, а також є ряд обмежень, які впливають на популярність сервісів та зменшують кількість користувачів.

Також, важливим критерієм є обмеження на кількості прослуховуваних пісень, обмеження по бітрейту, тому слід їх враховувати при складанні необхідної статистичної інформації відносно сайту.

Таблиця 2.6 – Порівняльний аналіз основних характеристик найбільш поширених стримінгових сервісів

Характеристики	Сервіси онлайн стримінгу							
	Spotify	Deezer	Apple Music	Google Play Music	Tidal HiFi	Napster	Groove Music	Yandex Music
Вартість передплати на місяць, грн	189	196	68	72	540	180	81	120
Загальна кількість треків, млн. шт.	37	40	37	35	40	30	40	35
Максимальний бітрейт, (Кбіт/с) / формат	320/mp3	320/mp3	256/aac	320/mp3	1411/flac	320/aac	192/mp3	192/mp3
Безкоштовний пробний період, дні	30	15	90	30	30	30	30	30
Вхід по обліковому запису: Facebook/Google+/Twitter	+/+/+	+/-/-	-/-/-	-/-/-	+/-/+	+/+	+/+	+/+
Тривале безкоштовне використання (з рекламою)	+	+	-	-	-	-	-	-
Синхронізація / загрузка локальної бібліотеки	+	+	+	+	-	-	-	+
Рекомендації на підставі музичних переваг	+	+	+	+	+	+	+	+
Створення плейлистів за жанрами/чартами/настроєм	+/+/+	+/-/+	+/+/-	+/+/+	+/+/+	+/+/+	+/+/+	+/+/+
Оцінки користувачів	-	альбоми	композиції	-	-	-	-	плейлисти
Музичні рекомендації від редакції сервісу	альбоми, плейлисти	альбоми, плейлисти	альбоми, плейлисти	-	альбоми, виконавці, плейлисти	альбоми, виконавці, плейлисти	-	альбоми, плейлисти

Приклад. Порівняння ПЗ за обов'язковим функціоналом.

Для проведення остаточного висновку щодо аналізу аналогів програмного забезпечення була створена порівняльна таблиця (табл. 2.7).

Таблиця 2.7 – Порівняння аналогів програмного продукту за наявністю обов'язкового функціоналу

Аналог	Створення власного квесту	Режим доповненої реальності	Відображення елементів квесту на карті	Закріплення 3D-об'єктів за координатами	Рівень складності UI / UX
Surprize Me	+	-	+	-	помірний
Veon Quest	-	+	+	+	середній
Neop App	-	+	-	+	помірний
Paperplane	-	+	-	+	помірний
Ялинки	-	+	+	+	низький

Як висновок, можна стверджувати, що кожен з аналогів має реалізацію лише частини функціоналу, що найчастіше використовуються користувачем. Серед функціоналу, якого не вистачає більшості даних продуктів слід відмітити

можливість створення власного квесту, однак для того щоб зацікавити перших користувачів не потрібно додавати суворі обмеження на об'єм отриманого в результаті квесту, як це реалізовано в Surprise Me.

Прогнозні експертні оцінки відображають індивідуальність судження фахівців щодо ефективності, витрати ресурсів, безпеки, а також перспектив розвитку об'єкта і засновані на мобілізації професійного досвіду й інтуїції.

Експертні методи досліджень використовують:

- 1) коли об'єкт чи явище або повністю, або частково не піддається предметному опису або математичній формалізації;
- 2) в умовах відсутності достатньої представницької і достовірної статистики з характеристики об'єкта;
- 3) в умовах великої невизначеності середовища функціонування об'єкта, особливо ринкового середовища;
- 4) за середньо- і довгострокового прогнозування нових ринків, об'єктів нових галузей промисловості, що піддаються сильному впливу інновацій;
- 5) у випадках, коли або час або кошти, що виділяються на прогнозування і прийняття рішень, не дозволяють досліджувати проблему із застосуванням формальних моделей;
- 6) відсутні необхідні технічні засоби моделювання, наприклад, обчислювальна техніка з відповідними характеристиками;
- 7) в екстремальних ситуаціях.

Методи експертних оцінок можна розділити на дві групи (рис. 2.1).

Метод інтерв'ю. Під час його застосування аналітик проводить з експертом бесіду згідно з алгоритмом схеми "питання–відповідь". Аналітиком заздалегідь здійснюється розробка програми, на яку він орієнтується, коли ставить запитання експерту, пов'язані з перспективами розвитку об'єкта дослідження, що піддається прогнозуванню. Успіх оцінки забезпечується тим, що експерт негайно робить висновки з поставлених аналітиком питань.

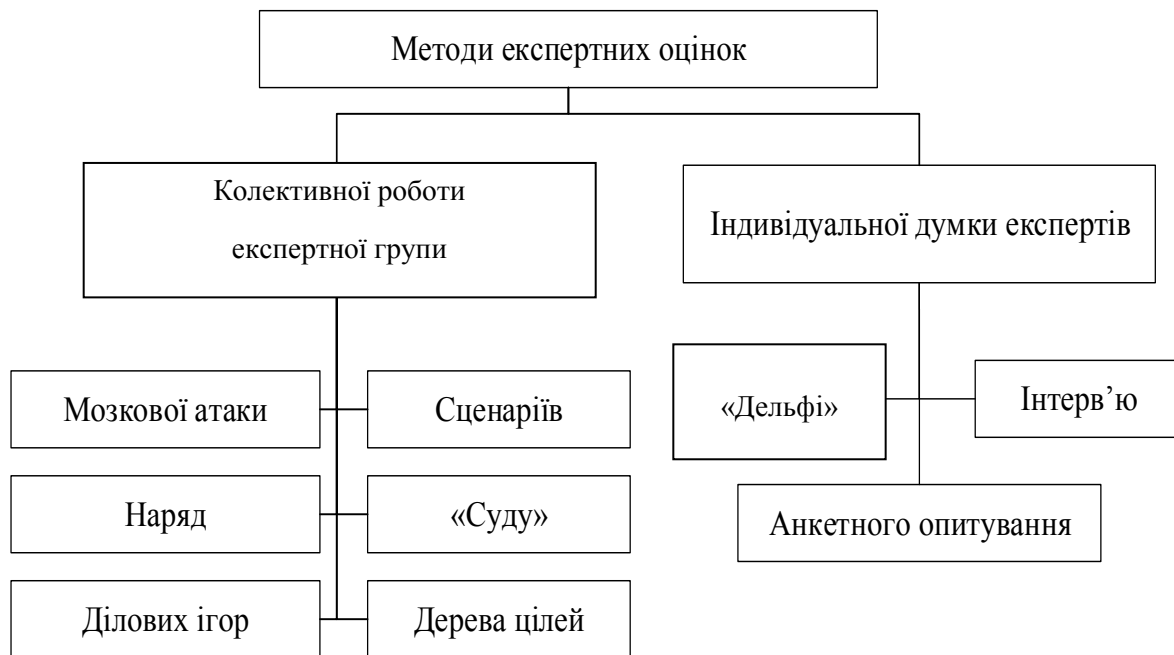


Рисунок 2.1 – Методи експертних оцінок

Метод анкетного опитування, заснований на грамотно спланованій вибірці, виявляється досить економічним, оскільки дозволяє за порівняно невеликими množинами оцінювати стан і тенденції розвитку соціальних процесів на досліджуваному об'єкті в цілому. Проведення анкетування з залученням достатньої кількості кваліфікованих анкетерів дозволяє за максимально короткі терміни опитувати великі сукупності людей і отримувати інформацію, необхідну для прийняття оперативних управлінських рішень.

Метод "Дельфі" – метод, розробка якого здійснена американськими дослідниками Т. Гордоном і О. Хелмером. За допомогою нього реально підготувати індивідуальні опитування, що характерні багаторівневістю. Під час проведення таких опитувань серед експертів застосовують анкети-опитувальники, які статистично обробляються на ЕОМ. В результаті відбувається формування колективної думки групи. Далі здійснюють виявлення і узагальнення аргументів на користь різних між собою суджень. Опрацьовану інформацію доводять до відома учасників-експертів, щоб вони могли коригувати усереднені оцінки (відображати певну середню колективну думку) і пояснювати, чому вони не бажають погоджуватися з цими оцінками. Можливе три- і чотириразове повторення цієї процедури. В результаті діапазон оцінок

виявляється значно вужчим і відбувається формування узагальненого узгодженого судження.

Метод сценаріїв. Його застосування базується на логічному вибудовуванні явища або процесу в тимчасовому ракурсі за різних між собою умовах. При цьому встановлюється послідовність різних подій від їх справжнього стану до стану в майбутньому.

Метод колективної генерації ідей (метод "мозкової атаки" або "мозкового штурму"). Спочатку відбувається генерування висунутих ідей, а потім – їх руйнування (декомпозиція, деструктуризація, критика). Передбачається також висування контрідії і формування узгодженої позиції (точки зору). Метод розроблений американським дослідником А. Осборном, який зробив припущення про доцільність розв'язання різноманітних проблем, що виникають на базі стихійних (не спланованих, не підпорядкованих строгому порядку) ідей, які висловлюються людьми без страху, тобто вільно.

Метод нарад. Він є одним з експертних оцінкових методів, які базуються на роботі спеціально створених комісій. Групами фахівців-експертів за "круглим столом" обговорюється ті чи інші проблеми, щоб забезпечити узгодженість різних позицій (точок зору) і формування єдиної інтегральної думки. Але під час реалізації цього методу велика ймовірність прийняття компромісних рішень (недолік методу).

Метод дерева цілей. Завдяки йому передбачається, що буде відібрано найбільш прийнятне рішення проблеми з усіх можливих. Вважається, що доцільність його застосування має місце, коли потрібно здійснювати дослідження фундаментального виду. Його побудова має вигляд "дерева цілей" або матриці, в клітини якої дослідники вписують відповідні параметри. Отримання можливого вирішення проблеми відбувається за допомогою з'єднання параметра першого рівня з одним з параметрів наступних рівнів. Число можливих рішень обчислюють шляхом перемноження кількості всіх поміщених в "ящик" параметрів, взятих за рядками. Перестановки і будь-які поєднання дають шанс побудови імовірнісних характеристик об'єкта дослідження, що проводиться.

Метод «суду». Експертиза за методом суду використовує аналогії з судовим процесом. Експерти діляться на три групи.

Перша група – прихильники альтернативи рішення – виступають на її захист.

Друга група – противники альтернативи – намагаються виявити її негативні сторони.

Третя група регулює хід експертизи і виносить остаточне рішення. В процесі експертизи «функції» експертів можуть змінюватися. Метод «суду» має ті ж переваги і недоліки, що і метод комісії.

Метод ділових ігор – це моделювання, спрощене відтворення реальної виробничої ситуації. Перед учасниками гри ставляться завдання, які вони вирішують в щоденній професійній діяльності. При цьому ігри можуть мати як тренувальний, так і дослідницький характер.

Покер планування (Planning Poker, Scrum poker) – техніка оцінки, заснована на досягненні домовленості, здебільшого використовується для оцінки складності майбутньої роботи або відносного обсягу вирішуваних завдань під час розробки програмного забезпечення.

В основі покер планування лежать такі принципи:

- обговорення у групі;
- колективна згода;
- залучення експертів;
- групування і відносність розмірів;
- накопичення світовим співтовариством і використання досвіду попередніх оцінок.


Покер планування стимулює команду до обговорення завдань для досягнення згоди за оцінками обсягу робіт над завданнями. При цьому обов'язково до обговорення залучають експертів, що входять в команду.

Покер планування передбачає угруповання або сортування завдань однакового розміру, а також визначає відносні розміри цих завдань. Для спрощення оцінки наступних завдань, Команда активно використовує історичні дані і практики оцінки.

Шкала оцінки. Перед початком проведення покеру планування Команда повинна вирішити, яку шкалу або ряд чисел використовувати для оцінки. Слід

звертати увагу на те, що в оцінюванні найголовніше правильність, а не точність.

Таблиця 2.8 – Значення карт у колоді гри «Planning poker»

Карта	Опис
0	Ця карта позначає елемент, який вже завершений або настільки малий, що йому не має сенсу привласнювати розмір
$\frac{1}{2}$	Служить для позначення розмірів крихітних елементів
1, 2, 3	Служать для позначення розмірів дрібних елементів
5, 8, 13	Служать для позначення розмірів середніх елементів. Для багатьох команд елемент розміром 13 виявляється найбільшим з тих, що плануються в спринті. Тому вони розбивають елементи, крупніші за 13, на ряд дрібніших елементів
20, 40	Служать для позначення розмірів великих елементів (наприклад, історій на рівні Фічі або теми)
100	Служить для позначення розміру дуже великої Фічі або Епіка
∞ (нескінченність)	Служить для позначення елемента настільки великого розміру, що йому навіть не потрібно привласнювати число
? (знак питання)	Ця карта просить у Власника продукту додаткових роз'яснень. Деякі члени команди користуються цією картою для відмови від оцінювання поточного елемента, як правило, тому, що вони настільки відсторонені від нього, що навіть не уявляють, як його оцінювати. Якщо відмовлятися від оцінювання ще допускається, то відмовлятися від участі в оцінюванні можна! Отже, якщо хтось не вважає для себе можливим дати оцінку, це не дає йому право ухилятися від обговорення або відповідальності за допомогу команді дійти згоди в оцінках
	Ця карта служить для позначення необхідності, на думку члена команди, зробити перерву на чашку чаю або кави (можливо, з бутербродом)

При плануванні експертної оцінки доцільним є визначення тих правил та методів обробки думок експертів, які будуть використовуватися при аналізі результатів. Ця процедура є вкрай важливою на етапі планування, оскільки

нехтування нею може призвести до неможливості подальшого якісного аналізу отриманих результатів. Експертна оцінка, яку здійснює спеціально підібраним склад висококваліфікованих експертів (від 7 до 15 осіб). Після проведення власне експертної оцінки здійснюється групування та зведення матеріалів експертизи, що відповідає ана-логічним вимогам щодо проведення статис-тичного чи соціологічного дослідження.

Якщо ж для висловлення думки експерти використовували кількісні параметри (бальну шкалу), то для розрахунку узагальненої думки здійснюється розрахунок середніх величин. Якщо склад експертів однорідний, то розраховується проста середня арифметична (M):

$$M = \frac{\sum V}{N},$$

де V — індивідуальна думка кожного експерта;

Σ — знак суми;

n — кількість експертів.

Якщо ж склад експертів є неоднорідним (різний рівень знань і умінь), то з-поміж експертної групи визначаються провідні фахівці, думка яких стосовно певних питань є більш значимою. Кожному з експертів у таких випадках присвоюється ваговий коефіцієнт (K). При опрацюванні результатів експертної оцінки на прикладі впровадження системи моніторингу стану здоров'я населення на рівні первинної медико-санітарної допомоги було використано шкалу ваги експертів (табл. 2.8).

Таблиця 2.8 - Коефіцієнт вагомості (K) експертів

Посада	Без ступеня	Кандидат наук	Доктор наук
Асистент	1,0	1,5	—
Старший викладач	1,25	1,75	-
Доцент	—	2,0	4,0
Професор	—	3,0	5,0

При цьому для отримання узагальненої думки стосовно окремого питання вираховується зважена середня арифметична (M):

$$M = \frac{\sum K \cdot V}{n}$$

де V — індивідуальна думка кожного експерта; K — ваговий коефіцієнт; \sum — сума; n — кількість експертів.

Абсолютні показники сформульованих критеріїв мають визначати експерти, виражаючи свою оцінку за кожним критерієм таким чином: цілком неефективний, неефективний, малоефективний, ефективний або високоефективний. При цьому за ідеал (еталонний абсолютний показник критерію) найраціональніше вибирати одиницю. Тобто за допомогою кваліметричних методів такі якісні параметри, як фактори та критерії, перетворюються у кількісні показники (коефіцієнти).

Шкала оцінки коефіцієнтів значущості

Таблиця 2.8 – Приклад визначення коефіцієнту значущості критеріїв

Цілком неефективний	неефективний	малоефективний	ефективний	високоефективний
0	0,25	0,5	0,75	1

Для проведення анкетного опитування складається оцінювальний лист та шкала оцінки. При цьому обов'язково окрім, самого ризику або ймовірності появи ризикової ситуації, передбачається оцінка ваги впливу кожного фактора на показники.

Таблиця 2.9 – Приклад оцінка ваги впливу кожного фактора на показники

Подія/дія/операція	Вага (В)	Оцінка (Р)					Підсумкова оцінка (В*Р)
		1	2	3	4	5	

Метод рангової кореляції реалізується в три етапи.

На першому етапі визначають систему рангів, привласнюють ранги факторам і для кожного фактору обчислюють суму рангів. Потім фактори упорядковують по убутанню суми рангів. Для кожного фактору визначають середнє значення рангу (сума ділиться на кількість експертів), це число характеризує колективну думку про значущість фактору.

На другому етапі, вже маючи розподіл факторів за їх значимістю перевіряють міру узгодженості думок експертів - чи досить, вона висока. Для цієї мети служать різні коефіцієнти рангової кореляції (парної або множинної). Якщо коефіцієнт рангової кореляції свідчить про високу міру узгодженості, то дослідження закінчене і робиться висновок про те, які фактори найсильніше впливають на процес, які роблять найменшу дію, а також приймаються організаційні рішення по посиленню позитивного впливу факторів і усуненню негативних дій. Якщо коефіцієнт рангової кореляції свідчить про низьку міру узгодженості експертів, то слід знову вивчити фактори, збільшити число експертів або визнати відсутність спрямованого впливу факторів.

На третьому етапі встановлюють значущість самих коефіцієнтів рангової кореляції, тобто перевіряють, чи можна довіряти набутим значенням і висновкам. Для цього використовують статистичні критерії Пірсона і Стюдента.

Припускаємо, що найбільший ранг привласнюється найістотнішому фактору. Досліджується п факторів ризику. Два експерти (чи дві групи експертів) висловили своє судження про вплив цих факторів на процес за допомогою системи рангів, що представлено в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10. Ранги оцінки факторів ризику

Номер фактору	1	2	...	N
Ранг експерта 1				
Ранг експерта 2				
Ранг експерта n				

Для кожного фактору слід знайти суму рангів, упорядкувати фактори по спаданню цих сум і знайти середнє значення рангів. Для оцінки узгодженості думок двох (груп) експертів можна використовувати критерій Спірмена і критерій Кендалла. Для застосування критерію Спірмена розраховують коефіцієнт Спірмена по формулі:

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - x_i')^2}{n \cdot (n^2 - 1)}$$

де n – кількість факторів;

x_i - ранги першого експерту;

x_i' - ранги другого експерту.

Значущість коефіцієнту Спірмана перевіряється за допомогою t -статистики: за рівнем значущості α і числу ступенів свободи $q = n - 2$ з таблиці Стюдента слід знайти табличне значення t_{kp} . Обчислюють значення критичної точки за формулою:

$$T_{kp} = t_{kp} \sqrt{\frac{1 - \rho^2}{n - 2}}$$

Якщо $|\rho| > T_{kp}$, то ранговий зв'язок є значним, і коефіцієнту рангової кореляції можна довіряти. Інакше експеримент має бути повторений при скоректованому наборі факторів і експертів.

Для застосування критерію Кендалла ранги одного експерта розташовують в порядку зростання, ранги другого експерта переносять відповідно. Для кожного елементу другого ряду підраховують число рангів, що його перевершують і розташованих за цим елементом. Підсумовуючи отримані числа, знаходять величину R . Коефіцієнт Кендалла знаходять за формулою:

$$\tau = \frac{4R}{n \cdot (n - 1) - 1}$$

Для перевірки значущості коефіцієнту Кендалла обчислюють значення критичної точки за формулою

$$T_{kp} = Z_{kp} \sqrt{\frac{2 \cdot (2n + 5)}{9n \cdot (n - 1)}}$$

де $\Phi(Z_{kp}) = \frac{1-\alpha}{2}$. При $\alpha = 0.05$ маємо $\Phi(Z_{kp}) = 0,475$, тому $Z_{kp} = 1,96$, тоді

$$T_{kp} = 1,96 \sqrt{\frac{2 \cdot (2n + 5)}{9n \cdot (n - 1)}}$$

Якщо $|\tau| > T_{kp}$, то ранговий зв'язок є значним, і коефіцієнту рангової кореляції можна довіряти. Інакше потрібен додатковий експеримент.

Коефіцієнти рангової кореляції Спірмена і Кендалла змінюються на відрізку $[-1; 1]$. Якщо вони дорівнюють 1, то думки експертів повністю співпадають. Якщо значення коефіцієнтів ρ і T дорівнюють -1, то думки експертів (груп експертів) прямо протилежні. Якщо значення коефіцієнтів ρ і τ дорівнюють нулю, то думки експертів (груп експертів) неузгоджені. Шкалу для коефіцієнтів рангової кореляції наведено в таблиці 2.11.

Якщо вести мову про перевагу певного з коефіцієнтів рангової кореляції, то слід мати на увазі, що коефіцієнт Спірмена має велику потужність, тобто сильніше виявляє міру узгодженості думок експертів.

Таблиця 2.11 - Шкала для коефіцієнтів рангової кореляції:

Величина коефіцієнту	Градація рівня узгодженості
(0; 0,2)	думки практично неузгоджені
(0,2; 0,4)	слабка узгодженість думок
(0,4; 0,6)	помітна узгодженість думок
(0,6; 0,8)	хороша узгодженість думок
(0,8; 0,9)	сильна узгодженість думок
(0,9; 1)	дуже висока узгодженість, думки практично співпадають

Важливим для практики є вивчення думок багатьох експертів. Результати будуть тим точніше, чим більше експертів бере участь в дослідженні процесу. Проте не завжди можливо використовувати будь-яку кількість експертів.

Приклад. Простого експертного оцінювання.

Таблиця 2.11 – Приклад оцінок Експертом 1

Характеристики (критерії проекту)	Вага (B')	Варіанти проекту			Інтегральна оцінка		
		A	B	C	$A1 = A * B'$	$B1 = B * B'$	$C1 = C * B'$
Ризик збільшення кошторисної вартості проекту	0,25	40	60	90	10	15	22,5
Ризик несвоєчасного завершення робіт	0,05	10	10	10	0,5	0,5	0,5
Науково-технічний ризик	0,35	30	50	70	10,5	17,5	24,5
Ризики комерційної пропозиції	0,15	50	50	50	7,5	7,5	7,5
Економічний ризик	0,2	20	80	80	4	16	16
Усього	1	150	250	300	32,5	56,5	71

Далі робиться ще таличка з оцінками другого експерта і табличка оцінок «Колективом експертів». Потім будується Зведена таблиця експертної оцінки.

Таблиця 2.12 – Приклад оцінок Експертом 1

Експертна оцінка ризиків проекту (експерт 2)

Характеристики (критерії проекту)	ВАГ	Варіанти проекту			Інтегральна оцінка		
		A	B	C	A	B	C
Ризик збільшення кошторисної вартості проекту	0,3	40	60	90	12	18	27
Ризик несвоєчасного завершення робіт	0,1	10	20	20	1	2	2
Науково-технічний ризик	0,3	30	50	50	9	15	15
Ризики комерційної пропозиції	0,1	50	50	50	5	5	5
Економічний ризик	0,2	40	80	80	8	16	16
Усього	1	170	260	290	35	56	65

Таблиця 2.13 - Зведена таблиця експертної оцінки

Експерти	ВАГА	Варіанти проекту		
		A	B	C
Експерт 1	0,4	32,5	56,5	71
Експерт 2	0,3	35	56	65
Колектив експертів	0,3	42	57	71
Усього	1	109,5	169,5	207

На основі даних з таблиці 2.13 робиться висновок, відносно того, який з проектів більш привабливий.

4. Зміст звіту

1. Титульна сторінка виконаної практичної роботи.
2. Постановка завдання.
3. Мета роботи.
4. Опис процесу роботи.
5. Таблиці з результатами.
6. Висновки з роботи.
7. Відповіді на контрольні запитання (парний варіант дає відповіді на парні запитання, непарний варіант дає відповіді непарні запитання).

5. Контрольні запитання та завдання:

1. Назвіть групи методів експертних оцінок.
2. Які ви знаєте випадки використання методу експертних оцінок?
3. Опишіть один із методів експертних оцінок.
4. Назвіть основні принципи ділової гри «Planning Poker».
5. Порівняйте два методи експертних оцінок на прикладі конкретного дослідження.
6. Назвіть метрики, пов'язані з якістю ПЗ.
7. У чому полягає розрахунок імовірності настання події?
8. Назвіть методи експертних оцінок, які призначені для розрахунку значення похибки під час розрахунку ймовірності.
9. Охарактеризуйте модель якості програмного забезпечення.
10. Назвіть характеристики якості ПЗ.

3 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ КОНСТРУЮВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Мета роботи: отримання практичних навичок в процесі використання методів опису для підтвердження або визначення показників якості ПЗ.

1. Постановка мети

Вивчити відомості з теми роботи, провести дослідження ймовірнісно-статистичним методом і проаналізувати результат роботи.

2. Порядок виконання роботи

1. Вивчити теоретичний матеріал.

2. Виконати завдання з пункту 3. «Завдання».

3. Зробити висновки з роботи.

4. Оформити звіт (не більше 20 ст.) щодо виконання роботи та здати викладачеві в друкованому або в електронному вигляді (за узгодженням із викладачем).

5. Відповіді на контрольні запитання (парний варіант дає відповіді на парні запитання, непарний варіант дає відповіді непарні запитання).

3. Завдання

Завдання роботи полягає в дослідженні ймовірнісно-статистичних методів опису в прикладній статистиці. Для цього пропонується провести експеримент для підтвердження або визначення показників якості ПЗ.

1. Відповідно до роботи з практичної роботи №2 та теми в рамках якої проходить дослідження (можливо тема майбутнього диплому, тема курсового проєкту, тема що вам цікава, і т.д і т.п.), опишіть послідовність дій яку необхідно виконати при проектуванні.

2. Описати режими в яких може працювати ПЗ відповідно до теми з пункту 2. Описати способи організації зберігання даних (зобразити графічно. Сервер, клієнт, ієрархія зберігання даних на комп'ютері/сервері/ хмарні технології).

3. Побудувати таблиці з ролями та повноваженнями користувачів. Ґрунтуючись на функціональних можливостях системи виділити всі можливі ролі користувачів (наприклад, «Адміністратор», «Модератор», «Активні доброзичливці», «Скаржник»). Результати внести в таблиці.

4. Виконати розрахунок ергономічності та якості ПЗ з точки зору користувача. Скласти матрицю структурування функції якості.

5. Зробити висновки щодо отриманих результатів.

4. Теоретичний матеріал

Характеристики якості ПЗ:

Функціональність (Functionality) – визначається здатністю ПЗ вирішувати завдання, які відповідають зафіксованим і очікуваним потребам користувача, при заданих умовах використання ПЗ. Тобто ця характеристика відповідає за те, що ПЗ працює справно і точно, функціонально сумісно, відповідає стандартам галузі і захищене від несанкціонованого доступу.

Надійність (Realizability) – здатність ПЗ виконувати необхідні завдання в визначених умовах протягом заданого проміжку часу або вказану кількість операцій. Атрибути цієї характеристики – це завершеність і цілісність всієї системи, здатність самостійно і коректно відновлюватися після збоїв в роботі, стійкість до відмов.

Зручність використання (Usability) – можливість легкого розуміння, вивчення, використання і привабливості ПЗ для користувача.

Ефективність (Efficiency) – здатність ПЗ забезпечувати необхідний рівень продуктивності відповідно до виділених ресурсів, часу й інших визначених умов.

Зручність супроводу (Maintainability) – легкість, з якою ПЗ може аналізуватися, тестуватися, змінюватися для виправлення дефектів, для реалізації нових вимог, для полегшення подальшого обслуговування та адаптуватися іменованому оточенню.

Портативність (Portability) – характеризує ПЗ з точки зору легкості його перенесення з одного оточення (software / hardware) в інше.

Модель якості програмного забезпечення.

На сьогодні найбільш поширена і найчастіше використовується багаторівнева модель якості програмного забезпечення, подана в наборі стандартів ISO 9126.

На верхньому рівні виділено шість основних характеристик якості ПЗ, кожен з яких визначають набором атрибутів, що мають відповідні метрики для подальшої оцінки (див. рис. 3.1).

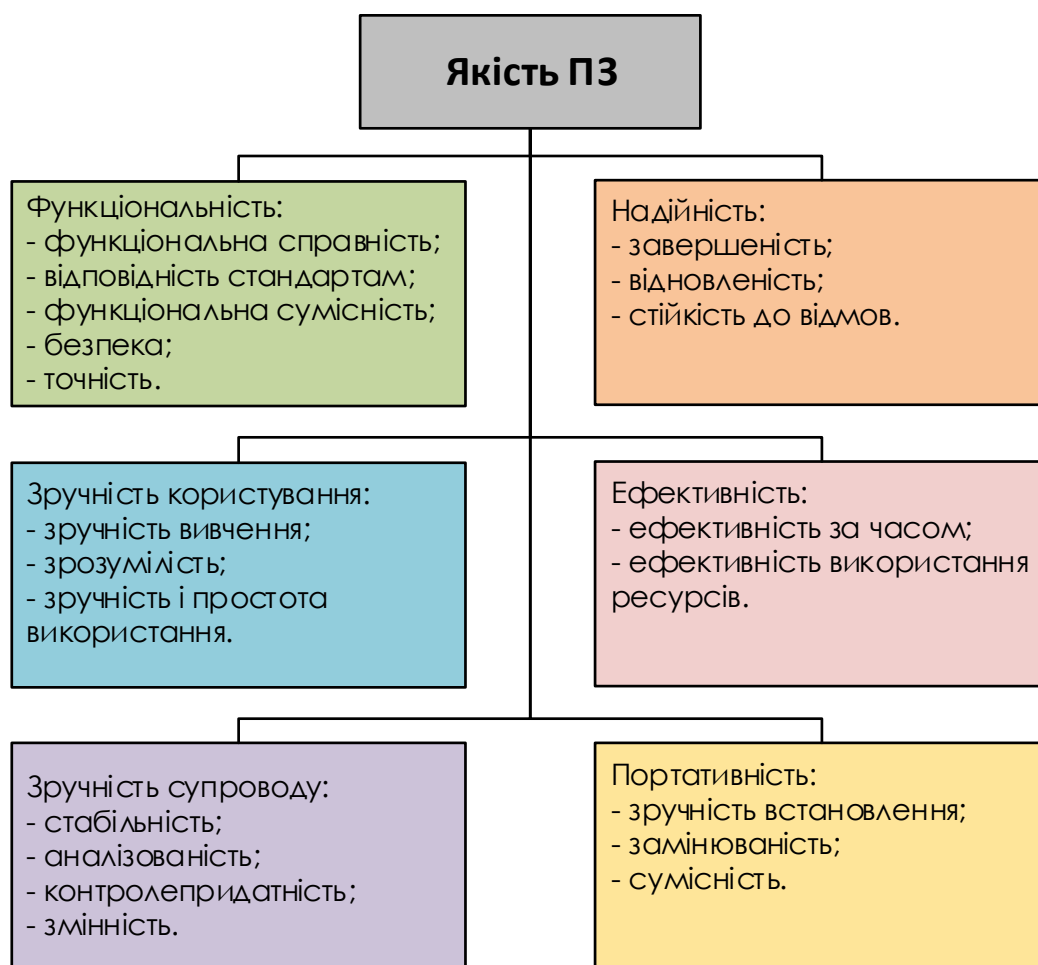


Рисунок 3.1 – Модель якості програмного забезпечення (ISO 9126-1)

Якість одержуваного ПЗ залежить від кваліфікації розробників, склад яких неоднорідний через яскраво виражену спеціалізацію. У кожному великому проекті є аналітики, які ставлять задачі, системні програмісти, які готують

інструментарій для програмістів прикладних, група тестування ПЗ, технічні фахівці зі встановлення і супроводу готових систем.

Професійні виробники програмних продуктів давно вже змогли переконатися, що найкращий спосіб поліпшити програму – це удосконалити процеси її створення. За останні десять років розроблено (і реалізовано) безліч концепцій удосконалювання зазначених процесів.

Наступний рис. 3.2 відображає основні етапи, необхідні для оцінювання якості програмного забезпечення.

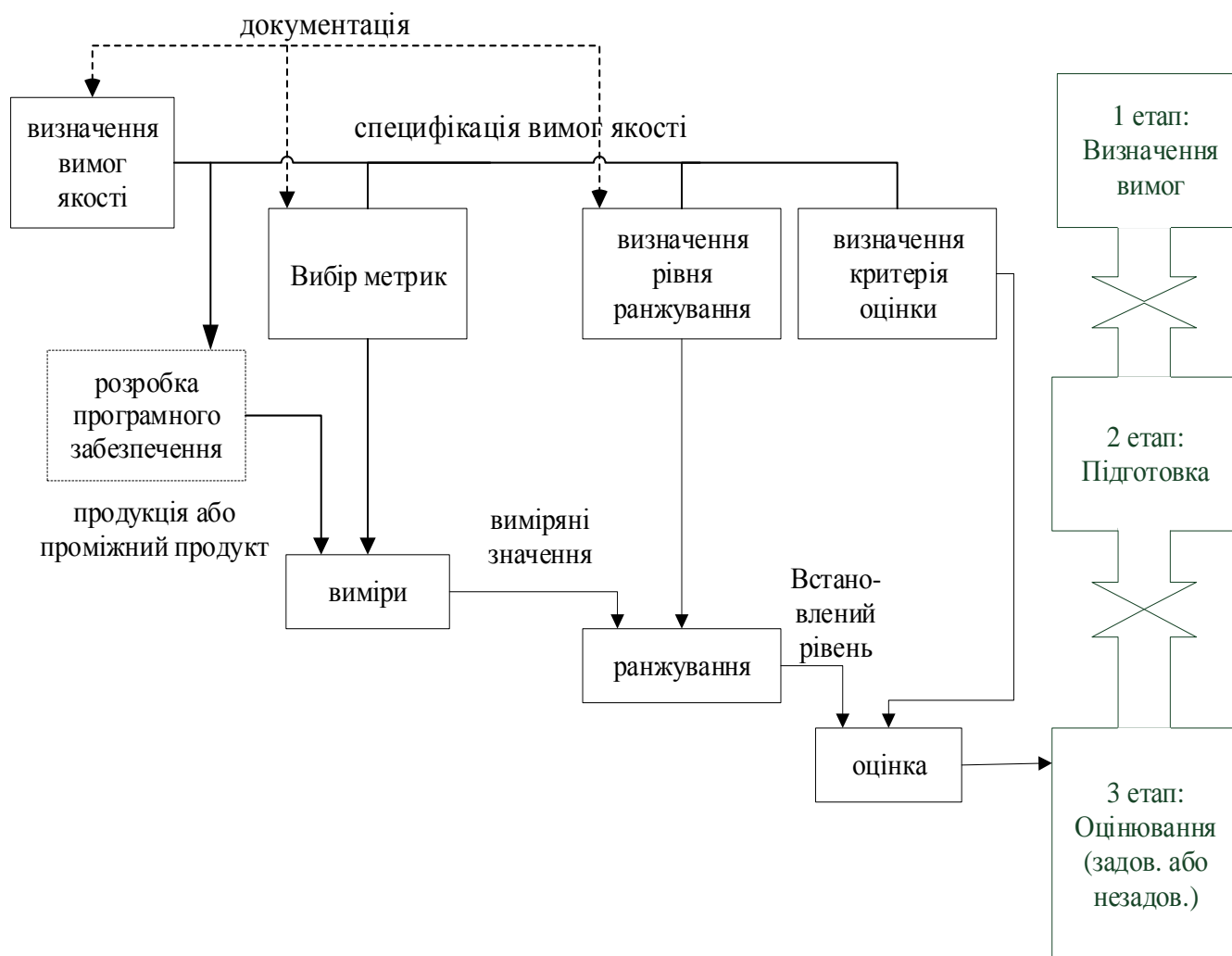


Рисунок 3.2 – Модель процесу оцінювання

Процес оцінювання складається з трьох стадій: встановлення (визначення) вимог до якості, підготовка до оцінювання і процедура оцінювання. Даний процес може застосовуватися в будь-якій зручній фазі життєвого циклу для кожного компонента програмної продукції.

Сьогодні Німецький національний дослідницький центр з інформаційних технологій (GMD) завершує роботу над проектом SCOPE*PROCEPT, що охоплює інформаційні моделі процесів створення ПЗ, зокрема методи оцінки якості на основі метрик. До складу SCOPE*PROCEPT входить кілька компонентів, що відповідають різним аспектам діяльності із створення програм: специфікація процесів програмування і тестування (ProcePT). Цей компонент призначений для вироблення специфікацій і тестування технологічних процесів, що використовуються у проекті. Розробка процесів ведеться за спадною схемою, починаючи з рівня загальної моделі процесу. Далі шляхом ітераційних уточнень автоматично створюється комплект необхідних документів: різноманітні довідники щодо проекту, опису типів діяльності; переліки продуктів, що будуть створені в проекті, відповідні діаграми і схеми; інжиніринг моделей якості. Суть його у визначенні моделі якості для відповідного проекту з використанням методів оцінки якості; передбачає вбудовування цієї моделі в існуючі технологічні і бізнес-процеси; вимірювання характеристик (метрик) ПЗ. Можна подати у вигляді своєрідного пробного стенда, на якому досліджуються кількісні характеристики програм; інтегроване середовище для вимірювання характеристик компіляторів; моделювання процесів виробництва ПЗ. Цей компонент призначений для оцінки якості процесів розробки, причому на основі кількісних показників.

Таблиця 3.1 – Ролі користувачів системи

№	Роль	Опис
1		
....		

Приклади повноважень: «Зареєструватися в системі », « Надіслати повідомлення », « Додати користувача ». Результати внести в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Повноваження користувачів

	Повноваження	Опис
.		

Матриця ролей / повноважень. На основі табл. 3.1 і 3.2. скласти матрицю ролей (див. табл. 3.3) і повноважень, що відображає доступність тих чи інших можливостей системи в залежності від ролі користувача.

Таблиця 3.3 – Матриця ролей і повноважень

	Роль 1	Роль 2	...	Роль N
Повноваження 1	X	X		X
Повноваження 2	X		X	X
Повноваження 3	X			
.....	X	X		
Повноваження N	X			X

Розглянемо процес вибору, як деякий проект. Всі роботи за цим проектом можна розділити на три фази: планування вибору, підготовка вибору, здійснення вибору.

Під час першої фази здійснюється детальне планування всіх ресурсів, формування проектної групи (на базі ініціативної групи або під керівництвом ініціатора проекту), розподіл ролей.

Під час другої фази формуються цілі впровадження та вимоги до ПЗ, розробляються критерії порівняння, визначається клас ПЗ.

І на останній фазі ви визначаєте вимоги до постачальників і вивчаєте їх можливості, організовуєте презентації ПЗ, розробляєте і здійснюєте запити на комерційну пропозицію, проводите аналіз надійшли комерційних пропозицій.

Результатом першої фази є розширений план робіт по вибору, який включає в себе і уточнені рамки проекту (бюджетні та тимчасові). Результатом другої фази - обраний програмний продукт або декілька продуктів одного

класу. І результатом робіт останньої фази - комерційна пропозиція від постачальника (постачальників).

Аналітики пропонують звернути увагу на наступні вимоги при виборі ПЗ ВІ:

- підтримка завдань «людина-людина» і зручність інтерфейсу користувача;
- підтримка організаційної структури та рольових груп;
- можливість перепризначення завдань, оперативного втручання в процес і обробки виняткових ситуацій;
- можливість управління логікою процесу з робочого місця користувача; зручність використання і адміністрування;
- присутність графічних засобів розробки моделей бізнес-процесу;
- підтримувані архітектури та стандарти;
- продуктивність і масштабованість;
- здатність обслуговувати численні, тривалі і розподілені процеси;
- зрозумілий інтерфейс настройки і можливість мінімальної участі ІТ-фахівців у впровадженні та підтримці;
- можливість інформування в реальному часі за відхиленнями показників процесу;
- підтримка сервіс-орієнтованої архітектури (SOA - Service Oriented Architecture);
- присутність шаблонів бізнес-процесів, на підставі яких можуть бути розроблені нові процеси;
- невисока сукупна вартість володіння.

Визначення вагових показників діючих осіб. Всі діючі особи системи діляться на три типи: прості, середні і складні. Проста діюча особа представляє зовнішню систему з чітко визначеним програмним інтерфейсом (API).

Середня діюча особа представляє або зовнішню систему, що взаємодіє з даною системою за допомогою протоколу подібним до TCP / IP, або особистість, що користується текстовим інтерфейсом (наприклад, ASCII терміналом).

Складна діюча особа представляє особистість, що користується графічним інтерфейсом (GUI). Підрахована кількість діючих осіб кожного типу множиться на відповідний ваговий коефіцієнт, потім обчислюється загальний ваговий показник А.

Таблиця 3.4 – Вагові коефіцієнти дійових осіб

Тип діючої особи	Ваговий коефіцієнт
проста	1
середня	2
складна	3

Як приклад розглянемо систему реєстрації для навчального закладу:

Таблиця 3.5 – Типи дійових осіб

Діюча особа	Тип
Студент	Складна
Професор	Складна
Реєстратор	Складна
Розрахункова система	Проста
Каталог курсів	Проста

Таким чином, загальний ваговий показник дорівнює:

$$A = 2 * 1 + 3 * 3 = 11,$$

Визначення вагових показників варіантів використання. Всі варіанти використання діляться на три типи: прості, середні і складні, в залежності від кількості транзакцій в потоках подій (основних і альтернативних). В даному випадку під транзакцією розуміється атомарна послідовність дій, яка виконується повністю або скасовується.

Підрахована кількість варіантів використання кожного типу множиться на відповідний ваговий коефіцієнт, потім обчислюється загальний ваговий показник UCP (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Вагові коефіцієнти варіантів використання

Тип варіанта використання	Описання	Ваговий коефіцієнт
Простий	3 або менше транзакцій	5
Середній	Від 4 до 7 транзакцій	10
Складний	Більше 7 транзакцій	15

Інший спосіб визначення складності варіантів використання полягає в підрахунку кількості класів аналізу, що беруть участь в їх реалізації (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 – Вагові коефіцієнти варіантів використання

Тип варіанта використання	Описання	Ваговий коефіцієнт
Простий	Менше 5 класів	5
Середній	Від 5 до 7 класів	10
Складний	Більше 10 класів	15

Для системи реєстрації складність варіантів використання визначається наступним чином:

Таблиця 3.8 – Складність варіантів використання

Варіант використання	Тип
Увійти в систему	Простий
Зареєструватися на курси	Середній
Переглянути таблиць успішності	Простий
Обрати курс для викладання	Середній
Проставити оцінки	Простий
Вести інформацію про професорів	Простий
Вести інформацію про студентів	Простий
Закрити реєстрацію	Середній

Таким чином, загальний ваговий показник дорівнює:

$$UCP = 5 * 5 + 10 * 3 = 45.$$

В результаті отримуємо показник UUCP (unadjusted use case points):

$$UUCP = 4 + UC = 56.$$

Визначення технічної складності проекту. Технічна складність проекту (TCF - technical complexity factor) обчислюється з урахуванням показників технічної складності (табл. 3.9).

Таблиця 3.9 – Показники технічної складності

Показник	Описання	Вага
T1	Розподілена система	2
T2	Висока продуктивність (пропускна здатність)	1
T3	Робота кінцевих користувачів в режимі онлайн	1
T4	Складна обробка даних	1
T5	Повторне використання коду	1
T6	Простота встановлення	0,5
T7	Простота використання	0,5
T8	Переносимість	2
T9	Простота внесення змін	1
T10	Паралелізм	1
T11	Спеціальні вимоги до безпеки	1
T12	Безпосередній доступ до системи зі сторони зовнішніх користувачів	1
T13	Спеціальні вимоги до навчання користувачів	1

Кожному показнику присвоюється значення T1 в діапазоні від 0 до 5 (0 означає відсутність значимості показника для даного проекту, 5 - високу значимість). Значення TCF обчислюється за такою формулою:

$$TCF = 0,6 + (0,01 * (\sum T_i \text{Ваг} a_i)).$$

Обчислимо TCF для системи реєстрації (табл. 3.10).

$$TCF = 0,6 + (0,01 * 40) = 1,0$$

Функція якості – це абір характеристик і властивостей, притаманних продукції і роблять її необхідної споживачеві. Одним з інструментів визначення функція якості є побудова матриці розгортання функцій якості (QFD).

Побудова матриці QFD. Матриця складається з стовпців - технічні характеристики продукту, і рядків - споживчі чинники вибору.

Таблиця 3.10 – Показники технічної складності системи реєстрації

Показник	Вага	Значення	Значення з урахуванням ваги
T1	2	4	8
T2	1	3	3
T3	1	5	5
T4	1	1	1
T5	1	0	0
T6	0,5	5	2,5
T7	0,5	5	2,5
T8	2	0	0
T9	1	4	4
T10	1	5	5
T11	1	3	3
T12	1	5	5
T13	1	1	1
Σ			40

Алгоритм складання QFD:

Крок 1. По горизонталі ми виписуємо інженерні характеристики, які реально є у нашого продукту (легкість, розмір, ергономічність, форма, колір і т.д).

Крок 2. Залежно від того, як інженерні характеристики взаємодіють один з одним, присвоюємо їм «+» - якщо підсилюють один одного, «-» - якщо послаблюють, «=» - якщо характеристики і фактори вибору ніяк один з одним не взаємодіють.

Далі заповнюємо лівий стовпець матриці:

Крок 3. По вертикалі виписуємо фактори вибору продукту (або продуктів конкурентів), які виробляють споживачі (найбільше в смартфонах / планшетах я ціную ...)

Крок 4. В залежності від важливості факторів вибору присвоюємо факторамвес таким чином, щоб в сумі все характеристики продукту давали 1.

І працюємо з безпосередньо її вмістом:

Крок 5. Інженерним характеристикам присвоюємо ваги «1», «3» або «9», в залежності від того, наскільки вони пов'язані з клієнтської цінністю.

Крок 6. Перемножуємо ваги факторів вибору і інженерних характеристики продукту на їх перетині.

Крок 7. Вибираємо в якості найбільш значущих чинників ті, де показники при перемножуванні виявилися вище за інших.

QFD допомагає зрозуміти не тільки те, які характеристики продукту найбільш важливі, він також дозволяє зрозуміти, яке ПЗ найбільш задовольняє потребам замовника застосування адаптивної матриці трасування (ADTM), що дозволяє зв'язати вимоги до ПЗ з програмними артефактами (вихідним кодом) та надає можливість простежити відповідні зміни.

Для перевірки складених функціональних та нефункціональних вимог щододаної веб-орієнтованої системи, потрібно скласти матриці залежностей для кожного із функціональних та нефункціональних вимог оремо, відповідно до користувацьких вимог.

Вважаючи, що всі вимоги чітко ідентифіковані і пронумеровані, можна сконструювати матрицю **залежностей вимог** (requirements dependency matrix) (або **матрицю взаємодії** (interaction matrix вимог)). У стовпці і рядку заголовка перераховані впорядковані ідентифікатори вимог, як показано в табл. 3.12.

Матриця залежності вимог являє собою простий, але ефективний метод виявлення протиріч перекриттів, коли кількість вимог щодо невелика. В іншому випадку описаний метод все ж можна застосувати, якщо вдається згрупувати вимоги за категоріями, а потім порівняти їх окремо в межах кожної категорії.

Таблиця 3.12 – Матриця залежностей вимог

Вимога	T1	T2	T3	T4
T1	X	X	X	X
T2	Конфлікт	X	X	X
T4			X	X
T4		Перекриття	Перекриття	X

У процесах збору вимог і проектування програмно-технічних систем матриці трасування використовуються для швидкої оцінки зв'язків між артефактами проектування, такими як:

- вимоги і тести,
- замовник і релізи (спринти) *,
- вимоги і підсистеми,
- вимоги і функціональні специфікації,
- функціональні і нефункціональні вимоги,
- вимоги і моделі системи,
- варіанти використання (Use Cases) і підсистеми,
- помилки і тести,
- помилки і модулі системи.

Конкретний набір матриць трасування визначається складом проектних даних - типами використовуваних артефактів, які в свою чергу визначаються прийнятою в організації методологією збору вимог і проектування.

Для побудови матриці трасування використовується наступний підхід:

- 1) Вибираються елементи даної системи для рядків і стовпців.
- 2) При наявності зв'язку необхідного типу між елементом рядка і елементом стовпця у відповідній клітинці ставиться будь-який зручний символ.

Більш складні матриці трасування можуть відображати не тільки факт наявності зв'язку, але і її атрибути.

Приклад заповнення матриця залежності функціональних вимог від користувацьких вимог приведена в таблиці 3.12, де кожен стовпець відображає кожен користувацьку вимогу відповідно до наданого списку користувацьких вимог, та кожен рядок відповідає за функціональні вимоги даної системи.

Матриця залежності відображує зв'язок функціональних вимог до користувацьких, таким чином, що можливо переконалися в повному покритті усіх користувацьких вимог.

Також з даної матриці можна зробити висновок про зв'язок елементів матриці, що становить зв'язки «один до багатьох» та «багато до багатьох». Такі зв'язки дають змогу конструювати систему, маючи на увазі те, що при зміні одного з вимог, потрібно перевірити усі зв'язані з даним вимоги в матриці залежності.

Таблиця 3.12 – Матриця залежності функціональних вимог від користувацьких вимог

	1.3.3.1.1.	1.3.3.1.2.	1.3.3.1.3.	1.3.3.1.4.	1.3.3.1.5.	1.3.3.1.6.	1.3.3.1.7.	1.3.3.1.8.	1.3.3.1.9.	1.3.3.1.10.	1.3.3.1.11.	1.3.3.1.12.	1.3.3.2.1.	1.3.3.2.2.	1.3.3.2.3.	1.3.3.2.4.	1.3.3.2.5.	1.3.3.2.6.	1.3.3.2.7.	1.3.3.2.8.	1.3.3.2.9.
1.3.4.1.1.																	•				
1.3.4.1.2.	•																				
1.3.4.1.3.		•																			
1.3.4.1.4.			•	•																	
1.3.4.1.5.					•																
1.3.4.1.6.							•														
1.3.4.1.7.								•													
1.3.4.1.8.									•												
1.3.4.1.9.																		•			
1.3.4.2.1.																				•	
1.3.4.3.1.						•								•							
1.3.4.3.2.															•						
1.3.4.3.3.																•					

Оцінка рівня якості

Для оцінки рівня якості використовуємо існуючі, досить широко відомі розробки, які виконують деякі аналогічні функції, що надаються розробленим програмним продуктом і не задовольняють користувача по ряду причин (інтерфейс, уявлення знань, параметри і склад оброблюваних даних і ін.).

Можна розглянути гіпотетичний варіант, який має максимальну оцінку за всіма обраними показниками.

Перелік основних показників якості:

- Інтерфейс розробника;
- Подання знань;
- Підтримка виведення;
- Підтримка роботи з віддаленими РС;
- Швидкодія;
- Надійність ПЗ;
- Відмовостійкість.

Показники діляться на мінімізируемого і максимізируемое.

Минимизированого показники розраховуються за формулою (1), а максимізируемое - за формулою (2).

$$K_{ij} = \frac{P_{ij}^{\min}}{P_{ij}^{\min}} \quad (1) \quad K_{ij} = \frac{P_{ij}^{\max}}{P_{ij}^{\max}} \quad (2)$$

де K_{ij} - відносний показник і-го показника для j-го варіанта, P_{ij} - абсолютний показник і-го показника для j-го варіанта, $P_{i\text{гип}}$ - показник і-го показника для гіпотетичного варіанту.

Показниками якості привласнюють коефіцієнти вагомості b_i , при цьому

$$\sum_i b_i = 1 \quad ; \quad b_i > 0.$$

Після чого розраховують узагальнені показники якості по j-варіанту:

$$K_j^o = \sum_i K_{ij} \cdot b_i \quad (3)$$

Потім розраховуємо рівні якості нового (базового) програмного продукту в порівнянні з виробами-конкурентами (j-ми варіантами):

$$y_{j-6} = \frac{K_j^o}{K_6^o} \quad (4)$$

Узагальнений показник якості є рівнем якості розглянутого j-го варіанта до гіпотетичного.

Розрахунки узагальнених показників якості наведені в таблиці. 3.12

Таблиця 3.12 – Розрахунки показників якості

Показники			b_i	Абсолютні значення									
№	Найменування	Од. вим		1	2	3	4	1		2		3	
				P_1	P_2	P_3	P_4	K_{i1}	$K_{i1}b_i$	K_{i2}	$K_{i2}b_i$	K_{i3}	$K_{i3}b_i$
1	Інтерфейс розробника	Бал	0.15	1	1	3	3	0,3	0,04	0,3	0,04	1	0,15
2	Представлення знань	Бал	0.1	2	3	3	3	0,6	0,06	1	0,1	1	0,1
3	Підтримка виведення	Бал	0,15	1	3	5	5	0.2	0,03	0,6	0,09	1	0,15
4	Підтримка роботи Віддаленими РС	Бал	0,15	2	1	3	3	0.6	0,09	0.3	0,045	1	0,15
5	Швидкодія	Бал	0,15	3	3	2	3	1	0,15	1	0,15	0,6	0,09
6	Надійність	Бал	0,25	2	4	3	4	0.5	0,125	1	0,25	$0,75$	0,187
7	Відмовостійкість	Бал	0,05	3	5	1	5	0.6	0,03	1	0,05	0,2	0,01
Узагальнений показник якості, K_i^o									0,525		0,725		0,837

Примітки до таблиці 3.12.

1) Шкала абсолютних показників 7-бальна (1..7).

2) Варіанти (P_j):

P_1 – розроблений програмний продукт;

P_2 – пакет «Administrator»;

P_3 – гіпотетичний програмний продукт.

Рівень якості нашого продукту становить 0,837 по відношенню до гіпотетичного, тобто наш продукт має 83.7% за можливостями обробки

конкретних даних в порівнянні з гіпотетичним програмним продуктом, в той час як конкуруючі програмні продукти мають рівень якості 0,725 (72.5% від можливостей гіпотетичного) і 0,525 (52.5% від можливостей гіпотетичного). Рівень якості нашого продукту по відношенню до конкуруючих продуктів 1,15 і 1,59, отже, наш програмний продукт конкурентоспроможним.

Приклад 2. Визначення необхідних функцій якості та побудова матриці розгортання функцій якості (QFD). Оцінювання ергономічності ПС «Plag» з точки зору користувача. Крім технічного погляду на якість ПС «Plag», проведемо оцінку ергономічності з позиції користувача. Для цього аспекту якості іноді використовують термін «юзабіліті». Для того, щоб виконати дану оцінку необхідно для ПС «Plag» виділити найбільш важливі з питань, що впливають на оцінку:

- а) чи є призначений для користувача інтерфейс інтуїтивно зрозумілим? (k_1)
- б) чи є документація і наскільки вона повна? (k_2);
- в) видає програма зрозумілі повідомлення про помилки? (k_3);
- г) чи завжди програма поводить себе так як очікується? (k_4);
- д) чи завжди затримки з відповіддю програми є прийнятними? (k_5).

Після цього експертним шляхом були встановлені ранги кожного вимоги відповідно до яких були розраховані вагові коефіцієнти вимог різного виду, формула для розрахунку вагових коефіцієнтів має такий вигляд:

$$c_i = R_{c_i} * \frac{N_i}{\sum_i R_{c_i}}, \quad (5.5)$$

где R_{c_i} – ранг і-го вимоги; N_i – загальне число і-х вимог.

Таким чином, розрахувавши показник якості ПС «Plag» за формулою:

$$K = \frac{1}{N} \cdot (c_1 K_1 + c_2 K_2 + \dots + c_n K_n), \quad (5.6)$$

де K_1, K_2, \dots, K_n – ступінь виконання вимог до ПС «Plag»;

c_1, c_2, \dots, c_n – вагові коефіцієнти важливості вимог різних видів, такі, що

$$c_1 + c_2 + \dots + c_n = N. \quad (5.7)$$

Ступінь виконання висунутих вимог користувача до ПС «Plag» визначається з наступного виразу:

$$K = \frac{I}{N} \cdot \sum_{i=1}^N c_n \cdot K_n;$$

де c_n – вагові коефіцієнти основних і додаткових вимог відповідних видів, які встановлюються методом ранжирування, так щоб виконувалися наступні умови:

$$\sum_{i=1}^N c_n = N; \quad (5.8)$$

де N – кількість вимог.

Таблиця 3.13 – Експериментальні оцінки вимог користувача до ПС «Plag»

№	Характеристика	Вага	Варіант проекту					Інтегральна оцінка				
			A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Експерт №1												
1	k ₁	0,25	40	50	20	30	40	10	12,5	5	7,5	10
2	k ₂	0,1	40	30	70	40	80	4	3	7	4	8
3	k ₃	0,2	50	80	40	10	60	10	16	8	2	12
4	k ₄	0,3	30	60	40	30	50	9	18	12	9	15
5	k ₅	0,15	20	40	50	30	30	3	6	7,5	4,5	4,5
	Загалом	1						36	55,5	39,5	27	49,5
Експерт №2												
1	k ₁	0,2	60	50	65	30	40	12	10	13	6	8
2	k ₂	0,2	20	30	70	15	45	4	6	14	3	9
3	k ₃	0,2	45	50	40	10	60	9	10	8	2	12

Продовження таблиці 3.13

№	Характеристика	Вага	Варіант проекту					Інтегральна оцінка				
			A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Експерт №2												
4	k ₄	0,3	30	60	65	70	25	9	18	19,5	21	7,5
5	k ₅	0,1	70	40	25	30	15	7	4	2,5	3	1,5
	Загалом	1						41	48	57	35	38
Експерт №3												
1	k ₁	0,2	10	40	65	30	80	2	8	13	6	16
2	k ₂	0,2	80	75	90	90	95	16	15	18	18	19
3	k ₃	0,3	45	70	60	10	60	13,5	21	18	3	18
4	k ₄	0,25	55	60	20	70	25	13,75	15	5	17,5	6,2 5
5	k ₅	0,05	15	40	30	40	15	0,75	2	1,5	2	0,7 5
	Загалом	1						46	61	55,5	46,5	60
Експерт №4												
1	k ₁	0,3	40	40	65	30	70	12	12	19,5	9	21
2	k ₂	0,2	20	75	30	30	55	4	15	6	6	11
3	k ₃	0,1	45	70	60	50	20	4,5	7	6	5	2
4	k ₄	0,3	25	40	20	80	25	7,5	12	6	24	7,5
5	k ₅	0,1	35	30	30	40	15	3,5	3	3	4	1,5
	Загалом	1						31,5	49	40,5	48	43

У свою чергу, ступінь виконання методичних і організаційних вимог відповідних видів обчислюються за такою формулою:

$$K_n = \frac{T_{nm.n} - T_{nm.n}}{T_{nm.n}} ; \quad (5.9)$$

де $T_{пт.п}$, – і-е планові вимоги відповідного виду;

$T_{нт.п}$ – і-е невиконані вимоги відповідного видів.

Фрагмент оціночних таблиць експертів наведено в таблиці 3.14 під літерами А, В, С, D, Е - маються на увазі відповідно Анти, ПС «Plag», WCopyfind, Плаг-Інформ и Адвего відповідно. Визначення інтегральної оцінки представлені в таблиці 3.15.

Таблиця 3.14 – Визначення інтегральної оцінки

	Вага	А	В	С	D	Е
Експерт 1	0,3	36	55,5	39,5	27	49,5
Експерт 2	0,25	41	48	57	35	38
Експерт 3	0,2	46	61	55,5	46,5	60
Експерт 4	0,1	78,25	77,25	31,5	49	40,5
Експерт 5	0,15	34,5	38	24,5	44	48,5
Загалом	1	46,19	56,14	46,05	39,28	47,23

Найбільша інтегральна оцінка відповідає проекту В., що в свою чергу свідчить про те, що даний проект найбільш задовольняє вимогам користувача.

Таблиця 3.15 – Розрахунки узагальнених показників якості ПС «Plag»

Показники			
№ п/п	Найменування	Одиниці виміру	Коефіцієнти вагомості b_i
1	k_1	Бал	0,2
2	k_2	Бал	0,2
3	k_3	Да, нет	0,1
4	k_4	Бал	0,25
5	k_5	Бал	0,25
			1

Всі показники якості, є максимізуємими. Значення + - щодо показника 4 і сприймаємо як булево якщо є то 1 якщо немає то 0. У таблиці 3.15 наведені абсолютні значення показників якості.

Таблиця 3.15 – Абсолютні значення пропонованих вимог користувача до ПС «Plag»

Показники	Варіанти виробів													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ПС «Plag»	гіпотетичний
1	100	90	30	50	20	100	100	90	100	100	100	90	100	100
2	100	75	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100	100
3	100	20	100	100	100	100	50	0	100	100	100	50	100	100
4	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1
5	50	10	40	72	50	100	100	100	100	100	100	75	100	100

Для визначення якості використовуємо, найбільш часто вживаний метод для аналізу і планування - СФК (структурування функції якості). Заповнена матриця СФК, представлена в таблиці 3.16, є основою при розробці інформаційної технології для системи підтримки прийняття рішень ПС «Plag». Матриця СФК не тільки показує характеристики і цілі, але так само відображає взаємозв'язок з вимогами покупця і інженерними характеристиками, так само дозволяє проаналізувати вироби зі своїми конкурентами для основних вимог, висунутих до аналогічних ПЗ.

При розробці інформаційної технології, було приділено головну увагу показниками «відповідність законодавству», «доступність і зрозумілість», «надійність», «інноваційні способи розробки» і «якість супроводжуючої документації» для досягнення більшої конкуренції в порівнянні з іншим ПЗ.

Для ефективного застосування розробленої інформаційної технології при створенні системи необхідно: вивчити інноваційні способи розробки, які існують або в процесі; використовувати нормативну і законодавчу бази.

Таблица 3.16 – Матрица структурирования функций якости розглянутого ПЗ

№ п/п			Потребительские требования			Рейтинг			Инженерные характеристики											Рыночное оценивание																														
									Дизайн	Цена	Наработка на отказ	Количество дефектов	Надежность	Надежность защиты данных	Качество документации	Время сопровождения	Инновационные способы разработки	Соответствие законодательству	Доступность и понятность	Рейтинг важности для покупателя	Оценка изделий конкурентов																													
																					Наш продукт					Антиплагиат					WSorbid					Детектор					Плагиат					Плагиат-Информ				
																					Плагияризм					Возможности					Возможности					Возможности					Возможности					Возможности				
1 2 3 4 5					1 2 3 4 5					1 2 3 4 5					1 2 3 4 5					1 2 3 4 5					1 2 3 4 5					1 2 3 4 5																				
1	Независимость от языка					5	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	5	5					3					3					4					4												
2	Эргономичность интерфейса					8	⊕	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊕	8	5					4					3					2					5												
3	Достоверность выходных данных					9	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	9	4					3					4					4					3													
4	Трудоемкость обслуживания					6	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊗	⊗	⊗	⊗	6	4					2					5					2					4													
5	Защита данных от повреждения					5	⊕	⊗	⊗	⊗	⊕	⊗	⊗	⊗	⊗	5	3					3					1					3					3													
6	Конфиденциальность пользовательских данных					6					⊕			⊗	⊗	6	3					1					1					2					2													
7	Качество сопровождающей документации					8	⊕					⊕			⊕	8	4					3					2					4					2													
8	Качество сопровождения во время эксплуатации					6	⊕	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊕	6	4					4					3					3					3													
9	Актуальность (минимум в течении года)					5	⊗	⊕					⊗	⊕	5	5					4					5					5					5														
10	Интуитивность освоения					7	⊕	⊗				⊗			⊕	7	4					2					3					1					5													
11	Соответствие законодательным нормам					9		⊕				⊗		⊕	9	4					3					1					3					1														
12	Цена					7	⊕	⊗	⊗	⊗	⊕	⊕	⊗	⊕	⊗	7	1					3					2					4					3													
			Цели			120	303	80	84	113	99	130	64	142	113	136	Показатели качества					310						237						219						248						262				
13	Техническая реализуемость (баллы, по пятибалльной системе)					3	2	4	2	5	2	5	2	4	5	4	5 – полностью соответствует																																	
14	Скорректированная цель					360	606	320	168	565	198	650	128	568	565	544	5 – полностью соответствует																																	

⊕	Сильная связь (5 - баллов)
⊗	Средняя связь (3 - балла)
⊗	Слабая связь (1 - балл)

5 – полностью соответствует
4 – соответствует практически во всем
3 – в основном соответствует
2 – соответствует отчасти
1 – не соответствует ожиданиям

№ п/п	Потребительские требования	Рейтинг	Инженерные характеристики											Рейтинг важности для покупателя
			Дизайн	Цена	Наработка на отказ	Количество дефектов	Надежность	Надежность защиты данных	Качество документации	Время сопровождения	Инновационные способы разработки	Соответствие законодательству	Доступность и понятность	
1	Независимость от языка	5	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	5
2	Эргономичность интерфейса	8	⊕	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊕	8
3	Достоверность выходных данных	9	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	9
4	Трудоемкость обслуживания	6	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	6
5	Защита данных от повреждения	5	⊕	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	5
6	Конфиденциальность пользовательских данных	6	⊕	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	6
7	Качество сопровождающей документации	8	⊕	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊕	8
8	Качество сопровождения во время эксплуатации	6	⊕	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊕	6
9	Актуальность (минимум в течении года)	5	⊗	⊕	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊕	5
10	Интуитивность освоения	7	⊕	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊕	7
11	Соответствие законодательным нормам	9	⊕	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊕	9
12	Цена	7	⊕	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊕	7
13	Техническая реализуемость (баллы, по пятибалльной системе)		120	303	80	84	113	99	130	64	142	113	136	
14	Скорректированная цель		360	606	320	168	565	198	650	128	568	565	544	

⊕	Сильная связь (5 - баллов)
⊗	Средняя связь (3 - балла)
⊗	Слабая связь (1 - балл)

Рисунок 3.3 – Фрагмент першої частини таблиці 3.16

Рыночное оценивание																															
Наш продукт						Оценка изделий конкурентов																									
Плагиаризм					Возможности	Антиплагиат					Возможности	WCopyfind					Возможности	Детектор Плагиата					Возможности	Плагиат-Информ					Возможности		
1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
					5						3						3						4						4		
					5						4						3						5						4	2	5
					4						3						4						4						2	4	3
					4						2						5						3						1	2	4
					3						3						1						3						3	3	3
					3						1						1						2						2	2	2
					4						3						2						3						3	4	3
					4						4						3						5						5	1	5
					4						2						3						1						3	3	1
					4						3						1						3						2	4	3
Показатели качества					310						237						219						248						262		

5 – полностью соответствует
 4 – соответствует практически во всем
 3 – в основном соответствует
 2 – соответствует отчасти
 1 – не соответствует ожиданиям

Рисунок 3.4 – Фрагмент другої частини таблиці 3.16

Таблиця 3.17 – Розрахунок рівня якості ПС «Plag» в порівнянні з аналогами

Показники				1	2	3	4	5
Абсолютні значення показників	Варіанти виробів	1	K_i	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50
			$K_i \cdot b$	0,20	0,20	0,10	0,00	0,13
		2	K_i	0,90	0,75	0,20	0,00	0,10
			$K_i \cdot b$	0,18	0,15	0,02	0,00	0,03
		3	K_i	0,30	1,00	1,00	0,00	0,40
			$K_i \cdot b$	0,06	0,20	0,10	0,00	0,10
		4	K_i	0,50	1,00	1,00	1,00	0,72
			$K_i \cdot b$	0,10	0,20	0,10	0,25	0,18
		5	K_i	0,20	1,00	1,00	1,00	0,50
			$K_i \cdot b$	0,04	0,20	0,10	0,25	0,13
		6	K_i	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
			$K_i \cdot b$	0,20	0,20	0,10	0,00	0,25
		7	K_i	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00
			$K_i \cdot b$	0,20	0,20	0,05	0,25	0,25
		8	K_i	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
			$K_i \cdot b$	0,20	0,20	0,10	0,00	0,25
		9	K_i	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
			$K_i \cdot b$	0,20	0,20	0,10	0,00	0,25
		10	K_i	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
			$K_i \cdot b$	0,20	0,20	0,10	0,00	0,25
		11	K_i	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
			$K_i \cdot b$	0,20	0,20	0,10	0,25	0,25
		12	K_i	0,90	0,99	0,50	0,00	0,75
			$K_i \cdot b$	0,18	0,20	0,05	0,00	0,19
		ПС «Plag»	K_i	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
			$K_i \cdot b$	0,20	0,20	0,10	0,25	0,25
		Гіпотетичний	K_i	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
			$K_i \cdot b$	0,20	0,20	0,10	0,25	0,25

На основі проведеного аналізу, був зроблений висновок, що в інформаційних технологіях для систем виявлення закономірностей, реалізовані спеціальні технології, які є частими випадками стандартних методів. Виходячи з розрахунків, комплексне якість ПС «Plag» на 17% відсотків вище, ніж у розглянутих аналогів.

Приклад 3. Визначення необхідних функцій якості та побудова матриці розгортання функцій якості (QFD) для аналізу ПЗ.

	Microsoft Dynamics					SAP Business One					JD Edwards EnterpriseOne					Sage Business Cloud X3					SYSPRO				
Рейтинг важливості для покупця	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3					5					4					5						3				
6					5					5					5						4				
7					5					5					5					5					
9					3					4					4						4				
10					5					3					4						4				
8					4					5					5						3				
5					5					3					4						4				
6					5					4					5						4				
10					5					5					3						4				
7					4					4					3						3				
8					2					3					2						2				
10					1					4					1						3				
					5					4					4						5				
					54					53					50						48				4

З даної діаграми бачимо, що для даної фірми більше всіх підходить система Microsoft Dynamics, так як має широкий спектр необхідної функціональності для виконання задач фірми. Завдяки цьому спектру більшість

процесів компанії будуть автоматизовані, що захистить дані від стороннього втручання та пошкодження цілісності та правдивості даних, також зменшить кількість помилок спричинених людським фактором. Значну перевагу має надійність використання системи, та добрий зрозумілий інтерфейс з якісною локалізацією. Ця система має гарний рівень захисту від несанкціонованого доступу, а також широкий спектр інструментів, які можна використовувати для аналітики та прогнозування.

5. Зміст звіту

1. Титульна сторінка виконаної практичної роботи.
2. Постановка завдання.
3. Мета роботи.
4. Опис процесу роботи.
5. Таблиця з результатами.
6. Висновки з роботи.

6. Контрольні запитання та завдання:

1. Наведіть приклади застосування статистичних методів аналізу даних.
2. Назвіть види діяльності у сфері статистичних методів аналізу даних.
3. Як пов'язані між собою види діяльності у сфері опису статистичних даних та аналізу даних?
4. Що є базою ймовірнісно-статистичних методів прийняття рішень?
5. Поясніть суть ймовірнісної моделі.
6. Випадковість, що вноситься в ситуацію свідомо.
7. Для чого необхідна імовірнісна модель?
8. Що таке генеральна сукупність даних?
9. Для чого використовується гра «The penny game» в різних ролях на проекті?

4 КРИТЕРІЙ ЗГОДИ. ДИСПЕРСІЙНИЙ АНАЛІЗ

Частина № 1. Перевірка гіпотези про нормальний розподіл використовуючи критерій Пірсона

Мета роботи: отримання навичок вирішення завдань на перевірку гіпотези про нормальний розподіл, використовуючи критерій Пірсона та порівняння двох середніх нормальних генеральних сукупностей.

1. Постановка мети

Вивчити відомості з теми роботи, провести дослідження гіпотез про нормальний розподіл з використанням критерію Пірсона та порівнянням двох середніх нормальних генеральних сукупностей.

2. Порядок виконання роботи

1. Вивчити теоретичний матеріал.
2. Вирішити задачу на перевірку гіпотези про нормальний розподіл.
3. Вирішити завдання про порівняння двох середніх нормальних генеральних сукупностей.

3. Завдання

Завдання 1

Перевірити, чи узгоджуються дані вибірки зі статистичної гіпотези про нормальний розподіл генеральної сукупності, з якої вилучено вибірку, наведену в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Вибірка даних

X_i	15	20	25	30	35	40	45	50	55
m_i	6	13	38	74	106	85	30	10	4

Завдання 2

Для експериментальної і контрольної груп в ході п'ятирічного експерименту читання однакових лекційних курсів і проведення практичних занять під час кореляції за роками середньої успішності груп на початок експерименту отримано таке варіювання різниці середніх проявів квазідослідницької творчої діяльності студентів за роками для дисципліни «теорія ймовірностей» (з множником 100), табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Вибірка даних

Експеримент	5	6	7	6	7	$d_s = 6.2$
Контроль	1	2	2	2	1	$d_k = 1.6$

Використовуючи t-критерій Стьюдента на одинвідсотковому рівні значущості, доведіть достовірність відмінності між середніми величинами досвіду і контролю.

4. Теоретичний матеріал

Критерії згоди – це критерії перевірки гіпотез про відповідність емпіричного розподілу теоретичному розподілу ймовірностей. Критерії згоди засновані на використанні різних заходів відстаней між аналізованим емпіричним розподілом і функцією розподілу ознаки в генеральній сукупності.

Критерії згоди діляться на два класи:

- *загальні критерії* згоди застосовні до найбільш загально сформульованої гіпотези, а саме до гіпотези про згоду спостережуваних результатів з будь-яким апіорно передбачуваним розподілом ймовірностей;
- *спеціальні критерії* згоди припускають спеціальні нульові гіпотези, які формують згоду з певною формою розподілу ймовірностей.

Критерії згоди для простих гіпотез:

- критерій згоди Пірсона;
- критерій згоди Колмогорова;

- критерій згоди хи-квадрат для складних гіпотез.

Таблиці пов'язаності:

- критерій X^2 ;
- точний критерій Фішера.

Дотепер в аналізі брала участь хоча б одна кількісна або рангова змінна.

Настав час звернутися до тестів для якісних змінних що вирішують питання, чи відповідає розподіл в популяції, з якої отримана вибірка, теоретичному розподілу (який ми самі визначаємо).

Приклад з гральною кісткою: як перевірити, чи не крива вона? Очевидно, що кидаючи її 120 разів, малоймовірно отримати рівно по 20 кидків на кожную сторону. Наскільки ж допустимі відмінності?

Народилися: 16 зелених миш і 84 рожевих.

H_0 : вибірка отримана з популяції, де співвідношення рожевих і зелених – 1:3.

H_1 : вибірка отримана з популяції, де співвідношення рожевих і зелених не дорівнює 1:3

Зауважимо, що мова йде тільки про частоти, але не про параметри розподілу.

Примітка: неприпустимо переводити частоти у відсотки в жодному з частотних критеріїв!

	рожеві	зелені	всього
O_i	84	16	100
E_i	75	25	100

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

$$df = k - 1 = 2 - 1 = 1$$

$$X^2 = \frac{(84 - 75)^2}{75} + \frac{(16 - 25)^2}{25} = 1.080 + 3.240 = 4.320$$

$$X_{cv}^2 = 3.841$$

$$4.320 \geq 3.841, \rightarrow \text{відкидаємо } H_0$$

$$p = 0.038$$

Чим більше значення X^2 , тим гірше наші дані відповідають теоретичному розподілу, тим менше p . Ці критерії варто було б називати «tests for badness of fit», критеріями незгоди.

H_0 відкинута, тобто співвідношення мишей не відповідає очікуваному. Категорій може бути будь-яка кількість.

Народилися: 152 рожевих миші з гострим хвостом; 39 рожевих з кучерявим хвостом; 53 зелених з гострим, 6 зелених з кучерявим.

H_0 : вибірка отримана з популяції, де співвідношення фенотипів – 9:3:3:1.

H_1 : вибірка отримана з популяції, де співвідношення фенотипів не дорівнює 9:3:3:1

Важливе зауваження:

У будь-яких умовах згоди H_0 гіпотеза передбачає, що форма розподілу спостерігається така ж, як теоретичного.

Тобто, коли ми шукаємо підтвердження того, що наші дані задовольняють певний розподіл, ми повинні радіти, отримавши $p \gg 0,05$!

Дисперсійний аналіз

Дисперсійний аналіз є статистичним методом аналізу результатів спостережень, що залежать від різних одночасно діючих факторів, з метою вибору найбільш значущих чинників і оцінки їх впливу на досліджуваний процес.

Методами дисперсійного аналізу встановлюється наявність впливу заданого фактора на досліджуваний процес (на вихідну змінну процесу) за рахунок статистичної обробки спостерігається сукупності вибірових даних.

Припустимо, що аналізується вплив на випадкову величину X фактора A , що вивчається на k рівнях (A_1, A_2, \dots, A_k). На кожному рівні A_i проведені n спостереження ($x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}$) випадкової величини X .

Розглянемо оцінки різних дисперсій, що виникають під час аналізу таблиці результатів спостережень. Для оцінки дисперсії, що характеризує зміну даних на рівні A_i (за рядками таблиці), маємо:

$$S_i^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{j=1}^n x_{ij}^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n x_{ij} \right)^2 \right].$$

З передумов дисперсійного аналізу випливає, що важлива рівність всіх дисперсій. За виконання цієї умови знаходимо оцінку дисперсії, що характеризує розсіювання значень x_{ij} поза впливом фактора A , за формулою:

$$S_0^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k S_i^2 = \frac{1}{k(n-1)} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 = \frac{1}{k(n-1)} \left[\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n x_{ij}^2 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k \left(\sum_{j=1}^n x_{ij} \right)^2 \right].$$

Однофакторний дисперсійний аналіз має інформативність не більшу, ніж методи множинного порівняння середніх. Інформативність дисперсійного аналізу зростає за одночасного вивчення впливу декількох чинників.

Розглянемо випадок, коли аналізується вплив одночасно двох чинників A і B .

Наведений аналіз передбачає незалежність факторів A і B . Якщо вони залежні, то взаємодія факторів $C=AB$ також є фактором, якому відповідала б своя дисперсія. Для того, щоб виділити таку взаємодію, необхідні паралельні спостереження в кожній клітині таблиці, тобто під час кожного поєднання факторів A і B на рівнях A_i і B_j відповідно необхідно не одне спостереження, а серія спостережень.

Для оцінки впливу взаємодії факторів AB обчислюємо додаткову суму:

$$Q_5 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m \sum_{v=1}^n x_{ijv}^2$$

Далі аналіз проводиться, як і раніше, з тією лише різницею, що в клітинах таблиці замість окремих значень використовується їх середні значення. Обчислюється оцінка дисперсії і перевіряється значимість взаємодії факторів:

$$f_2 = mk(n-1); \quad \frac{nS_0^2}{S_{AB}^2} > F_\alpha(f_1, f_2); \quad f_1 = (k-1)(m-1); \quad S_{AB}^2 = \frac{Q_5 - nQ_1}{mk(n-1)}.$$

Дисперсійний аналіз тісно пов'язаний з відповідним плануванням експерименту. Вдало спланований експеримент, виявляючи всі необхідні ефекти, реалізується завжди або більш точним, або менш трудомістким порівняно з непередуманим експериментом.

Якщо на результат експерименту впливають одночасно кілька чинників, то найкращий ефект дає одночасний дисперсійний аналіз всіх факторів (багатофакторний аналіз).

Методи дисперсійного аналізу дозволяють досліджувати і такий випадок, коли деякі поєднання рівнів пропущені. Такий експеримент називається дробовим факторним експериментом (ДФЕ). Планування у ході ДФЕ набуває особливо важливу роль, бо припущення поєднання рівнів не так-то просто нейтралізувати.

t -критерій Стюдента – загальна назва для класу методів статистичної перевірки гіпотез (статистичних критеріїв), заснованих на розподілі Стюдента. Найбільш часті випадки застосування t -критерію пов'язані з перевіркою рівності середніх значень у двох вибірках.

t -статистика будується зазвичай за таким загальним принципом: в чисельнику випадкова величина з нульовим математичним очікуванням (під час виконання нульової гіпотези), а в знаменнику – вибіркове стандартне відхилення цієї випадкової величини, що отримується як квадратний корінь з незмішаної оцінки дисперсії. Для застосування цього критерію необхідно, щоб вихідні дані мали нормальний розподіл. У разі застосування двовибіркового критерію для незалежних вибірок також необхідне дотримання умови рівності дисперсій. Існують, однак, альтернативи критерію Стюдента для ситуації з нерівними дисперсіями.

Вимога нормальності розподілу даних є необхідною для точного t -тесту. Однак, навіть при інших розподілах даних можливе використання t -статистики. У багатьох випадках ця статистика асимптотично має стандартний нормальний розподіл – $N(0,1)$ $\{N(0,1)\}$ $N(0,1)$, тому можна використовувати квантілі цього розподілу. Проте навіть в цьому випадку часто використовують квантілі не стандартного нормального розподілу, а відповідного розподілу Стюдента, як в точному t -тесті. Асимптотично вони еквівалентні, проте на малих вибірках довірчі інтервали розподілу Стюдента ширші й надійніші.

$$t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$$

Отримане значення t -критерію Стюдента необхідно правильно інтерпретувати. Для цього нам необхідно знати кількість досліджуваних в кожній групі (n_1 і n_2). Знаходимо число ступенів свободи f за такою формулою:

$$f = (n_1 + n_2) - 2.$$

Після цього визначаємо критичне значення t -критерію Стюдента для необхідного рівня значущості (наприклад, $p=0,05$) і при даному числі ступенів свободи f за таблицею (див. нижче).

Порівнюємо критичне і розраховане значення критерію:

- якщо розраховане значення t -критерію Стюдента дорівнює більш критичному, знайденому за таблицею, робимо висновок про статистичну значущість відмінностей між порівнюваними величинами;

- якщо значення розрахованого t -критерію Стюдента менше табличного, отже відмінності порівнюваних величин статистично не значимі.

Частина № 2. Перевірка гіпотези про нормальний розподіл з використанням критерію Пірсона

1. Постановка мети

Вивчити відомості з теми роботи, провести дослідження гіпотез про нормальний розподіл з використанням критерію Пірсона та порівняння двох середніх нормальних генеральних сукупностей.

2. Хід роботи

1. Вивчити теоретичний матеріал.
2. Вирішити завдання на перевірку гіпотези про нормальний розподіл.
3. Вирішити завдання про порівняння двох середніх нормальних генеральних сукупностей.

3. Завдання

Завдання 1: Перевірити, чи узгоджуються дані вибірки зі статистичною гіпотезою про нормальний розподіл генеральної сукупності, з якої вилучена ця вибірка, наведена в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Вибірка даних

X_i	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3
m_i	7	9	28	27	30	26	21	25	22	9	5

Завдання 2: Є 2 команди розробників, одна займається розробкою за традиційним підходом (9 осіб), друга за експериментальним (TDD) підходом (11 осіб). Після декількох спринтів розробки заміряли середній час на виконання завдання кожної людини з команди, отримані результати наведені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Отримані дані

Експер.	12	14	13	16	11	9	13	15	15	18	14	$d_1=13,636$
Традиц.	13	9	11	10	7	6	8	10	11			$d_2=9,444$

Використовуючи t -критерій Стюдента на п'ятивідсотковому рівні значущості, доведіть достовірність відмінності між середніми величинами експериментальної і контрольної груп.

Рішення 1:

Обчислимо параметри вибірки. Складемо розрахункову таблицю (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 – Розрахункова таблиця

x_i	n_i	$x_i n_i$	$(x - x_i)^2 n_i$
0,3	7	2,1	6,461
0,5	9	4,5	5,209
0,7	28	19,6	8,805
0,9	27	24,3	3,514
1,1	30	33	0,775
1,3	26	33,8	0,040
1,5	21	31,5	1,202
1,7	25	42,5	4,823
1,9	22	41,8	8,990
2,1	9	18,9	6,339
2,3	5	11,5	5,400
Сума	209	263,5	51,558

Вибіркове середнє:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i n_i = \frac{1}{209} 264,5 \approx 1,261.$$

Вибіркова виправлена дисперсія:

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum (\bar{x} - x_i)^2 n_i = \frac{1}{208} 51,558 \approx 0,248.$$

Вибіркове виправлене середнє квадратичне відхилення:

$$S = \sqrt{0,248} \approx 0,498.$$

Висунемо гіпотезу H_0 : розподіл генеральної сукупності X підпорядкований нормальному закону з параметрами $\mu = 1,261$ та $\sigma = 0,498$. Перевіримо цю гіпотезу за критерієм Пірсона при рівні значущості $\alpha = 0,05$.

Розрахуємо теоретичні частоти n_i^0 за формулою:

$$n_i^0 = \frac{nh}{s} \varphi(u_i),$$

$$\text{де } u_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s},$$

$h = 0,2$ – крок між варіантами,

$$\varphi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-u^2/2}.$$

Обчислення подаємо у вигляді таблиці (див. табл. 4.6).

Спостережуване значення критерію обчислимо за формулою:

$$\chi_{\text{спом}}^2 = \sum_{i=1}^{11} \frac{(n_i - n_i^0)^2}{n_i^0} = 15,491.$$

Таблиця 4.6 – Обчислення теоретичних частот n_i^0

x_i	u_i	$\varphi(u_i)$	n_i^0	n_i	$\frac{(n_i - n_i^0)^2}{n_i^0}$
0,3	-1,930	0,062	5,204	7	0,620
0,5	-1,528	0,124	10,422	9	0,194
0,7	-1,126	0,212	17,762	28	5,901
0,9	-0,725	0,307	25,760	27	0,060
1,1	-0,323	0,379	31,793	30	0,101
1,3	0,079	0,398	33,390	26	1,636
1,5	0,481	0,355	29,842	21	2,620
1,7	0,882	0,270	22,697	25	0,234
1,9	1,284	0,175	14,689	22	3,638
2,1	1,686	0,096	8,090	9	0,102
2,3	2,087	0,045	3,792	5	0,385
Сума					15,491

За таблицею критичних значень $\chi^2_{кр}$ при рівні значущості $\alpha = 0,05$ і числі ступенів свободи $k = l - 3 = 11 - 3 = 8$ знайдемо $\chi^2_{набл} \approx 15,507$, оскільки, нульову гіпотезу про нормальний розподіл можна прийняти при даному рівні значущості.

Рішення 2:

Загальна кількість членів вибірки: $n_1 = 11$, $n_2 = 9$.

Розрахунок середніх арифметичних: $x_{сз} = 13,636$; $y_{ср} = 9,444$.

Стандартне відхилення: $\delta_x = 2,460$; $\delta_y = 2,186$.

За формулою $\sigma_{x-y} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x)^2 + \sum (y_i - y)^2}{n_1 + n_2 - 2} * \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}$ розраховуємо

стандартну помилку різниці арифметичних середніх:

$$\sigma_{x-y} = \sqrt{\frac{60,545 + 38,222}{11 + 9 - 2} * \left(\frac{1}{11} + \frac{1}{9} \right)} = 1,053.$$

Рахуємо статистику критерію за формулою:

$$t_{элем} = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sigma_{x-y}},$$

$$t_{элем} = \frac{13,636 - 9,444}{1,053} = 3,981.$$

Табличне значення t дорівнює 2.1 за допущення можливості ризику зробити помилковий висновок в п'яти випадках зі ста (рівень значущості – 5 % або 0,05).

Відповідно, $3,9811 > 2,1$

Зміст звіту

1. Титульна сторінка виконаної практичної роботи.
2. Постановка завдання.
3. Мета роботи.
4. Опис процесу роботи.
5. Рішення задач.
6. Висновки з роботи.

Контрольні запитання та завдання

1. Що таке критерії згоди?
2. Які класи критеріїв згоди ви знаєте?
3. Що таке дисперсійний аналіз?
4. Охарактеризуйте однофакторний дисперсійний аналіз.
5. У чому відмінність однофакторного дисперсійного аналізу від двофакторного?
6. Як пов'язані дисперсійний аналіз і планування експерименту?
6. Що таке t -критерій Стюдента?
7. Як обчислити t -критерій Стюдента?
8. Як будується t -статистика?
9. Що є багатофакторним дисперсним аналізом?
10. Які існують ефекти взаємодії?

Додаток А

ПРИКЛАД ТИТУЛЬНОЇ СТОРІНКИ ЗВІТУ ПРО ВИКОНАНУ
СТУДЕНТОМ ПРАКТИЧНУ РОБОТУ

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки
Кафедра програмної інженерії

Практична робота № 1
з дисципліни «Емпіричні методи програмної інженерії»
з теми: «Використання емпіричних моделей та методів при розробці
програмного забезпечення»

Виконав
студ. гр. ПЗПІ-23-9
Петренко Микола Васильович

01 жовтня 2024 р.

Перевірила
к.т.н., доцент кафедри ПІ
Груздо І. В.

Харків 2024

Для нотаток

Електронне навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних робіт з дисципліни
«Емпіричні методи програмної інженерії»
для студентів денної та заочної форм навчання
першого (бакалавського) рівня вищої освіти
спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення,
освітня програма «Програмна інженерія»

Упорядники: ГРУЗДО Ірина Володимирівна
 НАЗАРОВ Олексій Сергійович

Відповідальний випусковий	З.В. Дудар
Редактор	Т.С. Малюк
Комп'ютерна верстка	Л.Д. Медведєва

План 2023 (друге півріччя), поз. 36

Підп. до друку 27.09.2021.	Формат 60x84 _{1/16}	Спосіб друку – ризографія
Умов. друк. арк. 4,2.	Облік. вид. арк. 3,8.	Тираж 25 прим.
Зам. № 1-36.	Ціна договірна.	

ХНУРЕ. Україна. 61166 Харків, просп. Науки, 14

Віддруковано в редакційно-видавничному
відділі ХНУРЕ
Харків, 61166, просп. Науки, 14