

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Методика та засоби підтримки прийняття рішень для
керування проектами на основі аналізу ризиків»

на здобуття освітнього ступеня магістра
зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення
освітньо-професійної програми «Інженерія програмного забезпечення»

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання
на відповідне джерело*

_____ Олексій ЗЛАТОУС
(підпис)

Виконав: здобувач вищої освіти групи ПДМ-61
_____ Олексій ЗЛАТОУС

Керівник: _____ Юрій ЗАДОНЦЕВ
к.т.н.

Рецензент: _____ Вячеслав ТРЕЙТЯК
к.т.н.

Київ 2025

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій

Кафедра Інженерії програмного забезпечення

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність підготовки – 121 «Інженерія програмного забезпечення»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Інженерії програмного забезпечення

_____ Ірина ЗАМРІЙ

«_____» _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Златоусу Олексію Дмитровичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: Методика та засоби підтримки прийняття рішень для керування проектами на основі аналізу ризиків

керівник кваліфікаційної роботи Юрій ЗАДОНЦЕВ, к.т.н., доцент кафедри ІПЗ,
затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від «15» жовтня 2024 р. № 320.

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «17» грудня 2024 р.

3. Вхідні дані до роботи: наукова література з методів аналізу ризиків та управління проектами, методологія комбінованого підходу на основі методу Монте-Карло та Баєсової статистики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

4.1. Опис та аналіз загальних характеристик відомих методик аналізу ризиків

4.2. Опис та структура методів аналізу ризиків

4.3. Порівняльний аналіз функціональних можливостей методів аналізу

ризиків и розробленим комбінованим методом

5. Перелік демонстраційного матеріалу (назва основних слайдів)

5.1.Мета, об'єкт та предмет дослідження

5.2.Порівняльна характеристика

5.3.Порівняльна таблиця переваг і недоліків методів аналізу ризиків

5.4.Математична модель комбінованого методу

5.5.Програмна реалізація методу

5.6.Результати програмної реалізації

5.7.Блок схема комбінованого методу

5.8.порівняльна характеристика комбінованого методу аналізу ризиків та традиційних підходів

5.9. Висновки

5.10.Публікації та апробація роботи

6. Дата видачі завдання «16» жовтня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз наявної науково-технічної літератури	16.10-23.10.2024	
2	Підбір науково-технічної літератури	24.10.–31.10.2024	
3	Опис та аналіз загальновідомих методів аналізу ризиків	01.11.–08.11.2024	
4	Опис структур вибраних методів	09.11.–16.11.2024	
5	Аналіз процесів роботи створеного комбінованого методу.	17.11.–24.11.2024	
6	Оформлення роботи: вступ, висновки, реферат	25.11.–30.11.2024	
7	Розробка демонстраційних матеріалів	31.11.-02.12.2024	
8	Попередній захист роботи	03.12.2024	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Олексій ЗЛАТОУС

Керівник
кваліфікаційної роботи

(підпис)

Юрій ЗАДОНЦЕВ

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістра: 74 стр., 2 табл., 8 рис., 45 джерел.

Мета роботи – підвищення ефективності прийняття рішень для управління проектами шляхом запровадження комбінованого методу.

Об'єкт дослідження – методи управління ризиками у проектному менеджменті.

Предмет дослідження – методики, методи та інструменти підтримки прийняття рішень, що базуються на аналізі ризиків.

Короткий зміст роботи: у роботі вивчено підходи до аналізу та управління ризиками, розроблено комбіновану методику, що інтегрує метод Монте-Карло та Баєсову статистику. Методика дозволяє моделювати сценарії ризиків, оновлювати ймовірності в реальному часі та адаптуватися до змінних умов. Практична реалізація включає алгоритм і програмне забезпечення, що підвищують точність прогнозів ризиків на 10%.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АНАЛІЗ РИЗИКІВ, УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ, КОМБІНОВАНИЙ МЕТОД, МЕТОД МОНТЕ-КАРЛО, БАЄСОВА СТАТИСТИКА, ЗАСОБИ ПІДТРИМКИ, МЕТОДИ АНАЛІЗУ РИЗИКІВ.

ABSTRACT

Text part of the master's qualification work: 74 pages, 8 pictures, 2 table, 45 sources.

Purpose – improving the efficiency of decision-making for project management by implementing a combined method.

Object of research – risk management methods in project management.

Subject of research – methodologies, methods and tools for decision support based on risk analysis.

Summary of the work: The paper studies approaches to risk analysis and management, and develops a combined methodology that integrates the Monte Carlo method and Bayesian statistics. The methodology allows for modeling risk scenarios, updating probabilities in real time, and adapting to changing conditions. The practical implementation includes an algorithm and software that increase the accuracy of risk forecasts by 10%.

KEYWORDS: RISK ANALYSIS, PROJECT MANAGEMENT, COMBINED METHOD, MONTE CARLO METHOD, BAYESIAN STATISTICS, SUPPORT TOOLS, RISK ANALYSIS METHODS.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	14
ВСТУП	15
1 ОГЛЯД АЛГОРИТМІВ ТА МЕТОДІВ АНАЛІЗУ РИЗИКІВ	13
1.1. Типи та способи аналізу ризиків	13
1.2. Методи аналізу ризиків	19
1.2.1. Метод FMEA	20
1.2.2. Метод SWOT аналізу.....	24
1.2.3. Метод Аналізу дерева відмов	29
1.2.4. Метод Моделювання Монте-Карло	35
1.2.5. Баєсова статистика.....	39
2 ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ МЕТОДИК АНАЛІЗУ РИЗИКІВ	43
2.1. Огляд програмних засобів для аналізу ризиків	43
2.2. Розбір методів для створення об'єднаної моделі	45
2.2.1. Монте-Карло	45
2.2.2. Баєсова статистика.....	49
2.3. Архітектура комбінованої моделі аналізу ризиків у сфері ІТ-проектів.....	50
3 КОМБІНОВАНИЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ РИЗИКІВ: ІНТЕГРАЦІЯ МЕТОДІВ МОНТЕ-КАРЛО ТА БАЄСОВОЇ СТАТИСТИКИ.....	54
3.1. Розробка та застосування комплексної методики аналізу ризиків для управління невизначеністю та підвищення точності прогнозування	54
3.2. Докладне пояснення комбінованої методики на прикладі аналізу ризиків в управлінні ІТ-проектами	56
ВИСНОВКИ	64
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	65
ДОДАТОК А. ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ.....	69

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

FMEA – Failure modes and effects analysis

SWOT — Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats

FTA — Fault Tree Analysis

PESTLE —Political, Economic, Social, Technological, Legal, Environmental

СРПР – Система підтримки прийняття рішень

УПР – Управління проектними ризиками

ІТ – Інформаційні технології

ПЗ – Програмне забезпечення

МК – Монте-Карло

БС – Баєсова статистика

ЖЦП – Життєвий цикл проекту

КРА – Кількісний ризиковий аналіз

ЯРА – Якісний ризиковий аналіз

СВП – Система виявлення похибок

КПР – Комбінований підхід до ризиків

ИДР – Ідентифікація джерел ризику

ТПР – Тестування програмного рішення

ПМ – Проектний менеджмент

ВСТУП

Сучасні проекти різного масштабу та специфіки стикаються з ризиками, які можуть впливати на їх ефективність, строки реалізації та фінансові показники. Управління ризиками є одним із ключових етапів проектного менеджменту, що забезпечує ідентифікацію, аналіз і мінімізацію ризиків, які можуть загрожувати успішному виконанню проекту. Зі збільшенням складності проектів виникає необхідність у створенні сучасних методик та інструментів, що підтримують прийняття рішень в умовах невизначеності.

Актуальність дослідження. Аналіз і управління ризиками стають дедалі важливішими через динамічні зміни у технологічних, економічних і соціальних сферах. Існуючі методи управління ризиками, такі як якісний аналіз (SWOT, FMEA, PESTEL) та кількісний аналіз (моделювання Монте-Карло, побудова дерева рішень), демонструють певні обмеження. Окремо ці підходи не враховують усі аспекти ризиків або не забезпечують гнучкість в управлінні проектами різної складності. У зв'язку з цим виникає потреба у розробці комбінованих методів, які поєднують переваги якісного та кількісного аналізу.

Основні завдання дослідження

- Провести аналіз існуючих підходів та методів управління ризиками у проектному менеджменті.
- Визначити вимоги до системи підтримки прийняття рішень для управління ризиками.
- Розробити методику, що об'єднує ідентифікацію, оцінку та мінімізацію ризиків.
- Спроекувати функціональні можливості програмного забезпечення для підтримки управління ризиками.
- Провести тестування розробленої методики та програмного засобу, оцінити ефективність.

Методи дослідження – Теоретичні методи: аналіз та синтез, класифікація існуючих методів управління ризиками. Емпіричні методи: імітаційне моделювання, методи математичної статистики, прогнозування ризиків.

Проведено аналіз та дослідження методики аналізу ризиків систем. Визначені вимоги та елементи до методів взаємодій та алгоритму аналізу ризиків.

Наукова новизна.

- Запропоновано комбінований підхід до аналізу ризиків, що поєднує моделювання методом Монте-Карло та Байєсову статистику.
- Розроблено методику, яка враховує як якісний, так і кількісний аналіз ризиків, забезпечуючи комплексний підхід до їх оцінки та управління.
- Визначено ключові вимоги до програмних засобів, що підтримують прийняття рішень в управлінні ризиками.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Відповідно до мети та завдань дослідження в роботі розглянуто:

- Аналіз існуючих методів управління ризиками.
- Розробка комбінованого підходу для аналізу ризиків.
- Реалізація програмного засобу та тестування запропонованої методики.

Результати дослідження. На основі проведеного аналізу та тестування запропоновано комбіновану методику моделювання для аналізу ризиків у проектному менеджменті. Ця методика дозволяє:

- Забезпечити точність прогнозування ймовірності ризиків.
- Динамічне оновлювання даних на основі нової інформації.
- Оптимізувати процес прийняття рішень за рахунок інтеграції якісного й кількісного аналізу.

Дані результати можуть бути впроваджені у різноманітні сфери, такі як ІТ-проекти, фінансове планування, інженерні системи та управління інфраструктурою.

1 ОГЛЯД АЛГОРИТМІВ ТА МЕТОДІВ АНАЛІЗУ РИЗИКІВ

1.1. Типи та способи аналізу ризиків

Аналіз ризиків – це важливий процес у проектному менеджменті, що допомагає виявити, оцінити та управляти потенційними загрозами для досягнення успішних результатів. Існує кілька підходів до аналізу ризиків, кожен з яких має свої особливості, переваги та недоліки. Основні типи аналізу ризиків включають якісний аналіз, кількісний аналіз та комбіновані методи.

Якісний аналіз ризиків спрямований на оцінку ризиків за допомогою експертної думки і не використовує математичних моделей. Прикладом такого підходу є SWOT-аналіз, який допомагає визначити сильні і слабкі сторони проекту, можливості та загрози, а також PESTEL-аналіз, що досліджує зовнішні фактори впливу, як-от політичні чи економічні. Цей тип аналізу дозволяє швидко оцінити ризики та їхню ймовірність, але не дає точних числових значень, що може ускладнити прийняття рішень.

Переваги якісного аналізу ризиків:

- Простота і швидкість виконання;
- Невеликі витрати на проведення;
- Дозволяє зосередитися на найбільш значущих загрозах.
- Недоліки якісного аналізу ризиків:
- Низька точність і суб'єктивність результатів;
- Обмеженість у складних проектах, які потребують детальної оцінки ризиків.

Кількісний аналіз ризиків використовує математичні та статистичні моделі для точного визначення ймовірності настання подій та їхнього впливу. Прикладами кількісного підходу є моделювання Монте-Карло та дерева рішень, що дозволяють розрахувати потенційні наслідки кожного ризику з більшою точністю. Такий аналіз особливо ефективний у великих і складних проектах, де

важливий детальний прогноз щодо ризиків.

Переваги кількісного аналізу ризиків:

- Точність результатів;
- Можливість здійснювати детальний фінансовий та часовий прогноз;
- Висока об'єктивність.
- Недоліки кількісного аналізу ризиків:
- Складність і високі витрати на проведення;
- Вимагає наявності великого обсягу даних;
- Труднощі в інтерпретації складних математичних результатів.

Комбіновані методи аналізу ризиків об'єднують елементи якісного і кількісного аналізів, що дозволяє враховувати як суб'єктивні, так і об'єктивні фактори ризиків. Це підходить для проектів, де важливий комплексний підхід до оцінки ризиків. Використовуючи обидва методи, можна отримати загальне уявлення про пріоритети ризиків, а також точну оцінку їхнього впливу.

Переваги комбінованих методів:

- Баланс між точністю і простотою;
- Можливість гнучкої оцінки ризиків;
- Підходить для проектів середньої та високої складності.
- Недоліки комбінованих методів:
- Високі витрати часу та ресурсів;
- Не завжди досягається узгодженість між якісними і кількісними результатами;
- Вимагає навичок у обох підходах.

Розглянувши основні типи аналізу ризиків та їхні переваги і недоліки, можна зробити висновок, що вибір методу залежить від специфіки проекту, вимог до точності оцінок та доступних ресурсів.

Управління ризиками насамперед передбачає їх ідентифікацію, аналіз і прогноз імовірності їх настання. У цій статті запропоновано алгоритм проведення аналізу ризиків, розглянуто основні, складові етапи аналізу, їхню черговість. У прикінцевій частині статті приділено увагу важливому й останньому етапу ризик-

аналізу - перевірки та контролю його результатів. Нагальність проблеми страхування ризиків зумовлює появу різноманітних наукових праць, досліджень, що висвітлюють цю тему, пропонують нові ідеї у сфері страхування ризиків. Більшість подібних публікацій належать зарубіжним авторам/

Етапи ризик-аналізу

Ризик-аналіз - це діяльність у сфері науки та менеджменту, що складається з кількох етапів наукових досліджень, метою яких є визначення точних, достовірних характеристик ризику, їх обґрунтованості. Ризик-аналіз також передбачає вироблення ефективних заходів щодо зниження виявлених ризиків. Величина середнього ризику визначається базовою формулою (1.1), тому сутність усіх ступенів аналізу ризику в різних сферах діяльності відрізняється несуттєво

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m g_{ij}(V) P_j P_i(j, z_j) X_i \quad (1.1)$$

де P_i – ймовірність отримання збитків розміру внаслідок настання несприятливої події i -го типу;

P_j – ймовірність настання несприятливої події j -го типу;

X_i – величина шкоди;

R – кількісний захід ризику (виявляється у тих показниках, як і збитки);

n – кількість можливих варіантів збитків при настанні будь-якої несприятливої події (включаючи і шкоду, що дорівнює нулю)

$g_{ij}(V)$ – ймовірність вибору об'єктом ситуації з ймовірністю настання несприятливої події P_j та законом розподілу збитків $P_i(j, z_j)$, залежить від вжитих захисних заходів z_i . Весь процес аналізу ризиків можна поділити на вісім етапів, які у свою чергу поділяються на два рівні. Перший рівень дослідження включає п'ять послідовних етапів і зводиться до узагальненої оцінки всіх можливих ймовірностей настання несприятливих ситуації, тобто оцінці ризиків. Другий рівень складається з етапів ризик-аналізу та передбачає здійснення діяльності з управління ризиками, тобто весь комплекс заходів щодо їх попередження та скорочення. Послідовність всіх етапів аналізу можна подати у вигляді наступної схеми (рис. 1.1).

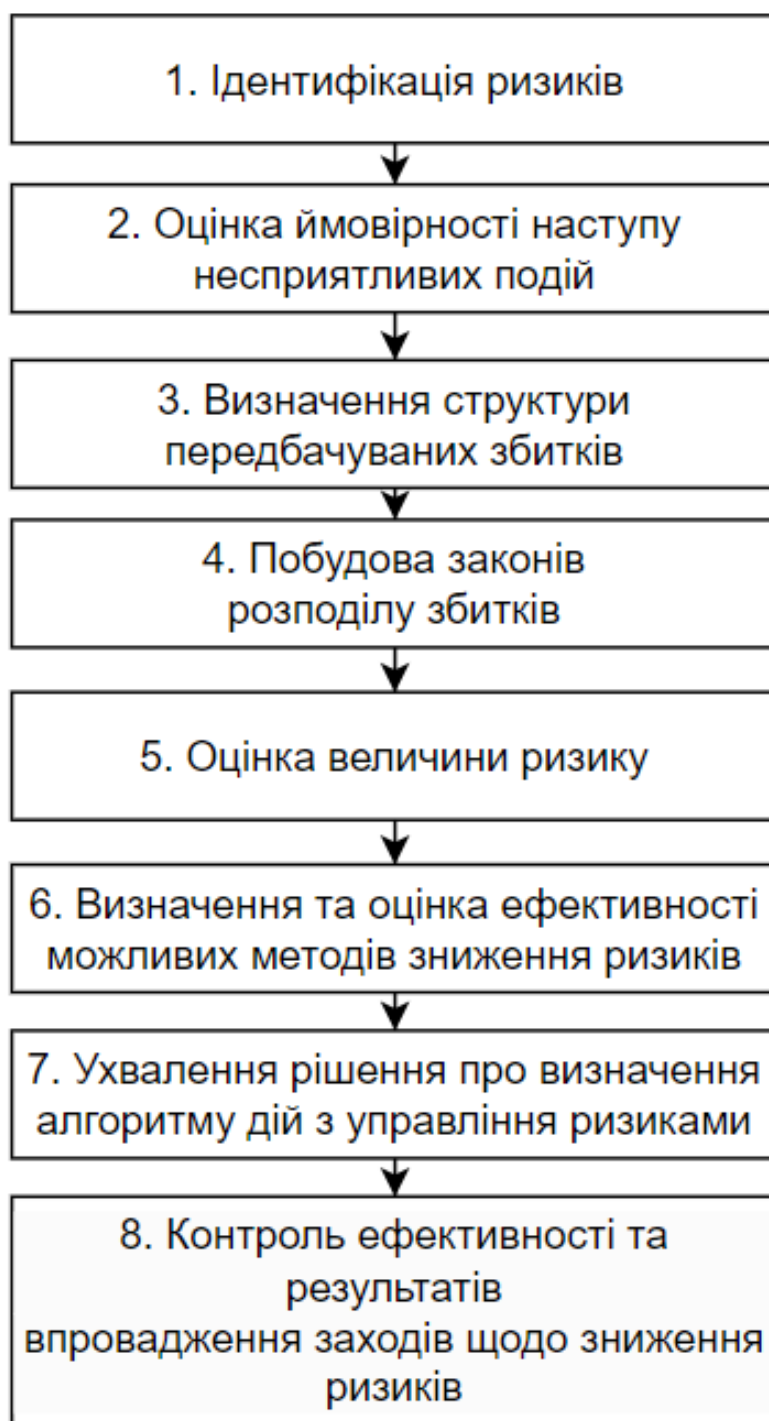


Рис. 1.1 Послідовність етапів аналізу ризиків

Запропонований алгоритм проведення аналізу ризиків є універсальним, проте його окремі етапи мають свої особливості, зумовлені специфікою галузі застосування. Розглянемо деталі кожного етапу, характерні для аналізу еколого-економічних ризиків, включаючи ризики, пов'язані з діяльністю підприємств, які використовують природні ресурси.

1. Ідентифікація ризиків.

Цей етап ризик-аналізу полягає у формуванні повного переліку несприятливих подій, які спричиняють негативні зміни навколишнього середовища, висловлені погіршення його якості, що прямо чи опосередковано завдають економічної шкоди об'єкту природокористування.

Що стосується проектних ризиків характерними несприятливими подіями може бути відхилення від графіка виконання завдань, перевищення бюджету, невідповідність вимогам замовника, і навіть помилки у проектуванні чи реалізації. Тому важливо не тільки виявити можливість настання таких подій, а й заздалегідь визначити їх ймовірні наслідки, які можуть негативно вплинути на успішність реалізації проекту.

2. Оцінка ймовірності настання несприятливих подій.

Суть другого етапу полягає у безпосередній оцінці можливості настання негативних подій, які були внесені до переліку на першому етапі ризик-аналізу. Така оцінка проводиться у розрахунку на певний період часу, тобто прогноз може бути короткостроковим та довгостроковим.

Як вже було сказано вище, є три способи оцінки ймовірності настання несприятливих обставин:

- 1) статистичний – ґрунтується на аналізі статистичних даних за аналогічними подіями, що відбулися на подібних об'єктах, на даній території;
- 2) аналітичний – ґрунтується на дослідженні причинно-наслідкових зв'язків у територіально-виробничій системі, що дозволяє оцінити ймовірність настання ризику як складного явища;
- 3) експертний – ґрунтується на оцінці ймовірності настання несприятливих подій за допомогою аналізу результатів опитувань експертів.

Для найбільш якісної та точної оцінки ймовірності настання несприятливих подій використовують усі методи одночасно, звіряючи отримані дані кожного.

3. Визначення структури передбачуваних збитків.

При аналізі еколого-економічних ризиків слід враховувати, що виявлена можлива шкода може стати не прямим наслідком катастрофи або лиха, а

виявитися через негативну зміну довкілля. .

4. Побудова законів розподілу збитків.

У зв'язку з тим, що точно спрогнозувати розвиток подій при настанні катастрофи неможливо, оцінити, якою буде шкода однозначно не можна. ризиків.

5. Оцінка величини ризику.

Мета даного етапу - формування кількісних показників ризику, на основі яких будуть базуватися етапи, що стосуються управлінських рішень. Саме на цьому етапі розраховується середня кількісна міра ризику за формулою, що наводиться вище. при розрахунках показник розміру шкоди, а максимально прийнятну величину шкоди та максимально допустиму ймовірність його нанесення. На підприємствах природокористування такий підхід цілком виправданий, оскільки прогнози щодо погіршення стану навколишнього середовища та подальшої можливої шкоди мають орієнтовний характер, і найчастіше вартість заходів щодо зниження таких ризиків вища за передбачувану ймовірну шкоду.

6. Визначення та оцінка ефективності можливих методів зниження ризиків.

Цей етап полягає у встановленні переліку можливих методів на ризик.

Такі методи поділяються на групи:

- методи, що дозволяють уникнути ризику;
- методи, які знижують ймовірність виникнення несприятливої події;
- методи, що зменшують можливу шкоду;
- методи, суть яких зводиться до передачі ризику іншим об'єктам;
- методи, засновані на компенсації отриманої чи завданої шкоди.

7. Прийняття рішення щодо визначення переліку дій з управління ризиками.

Цей етап має значення у всьому процесі управління ризиками. Суть його зводиться до визначення та впровадження у програму управління оптимального набору методів на ризики. Ці методи повинні забезпечувати зменшення сукупних витрат і натомість погіршення стану довкілля та отримання максимальної вигоди

у своїй.

8. Контроль ефективності та результатів впровадження заходів щодо зниження ризиків.

Останній етап ризик-аналізу здійснюється під час проведення моніторингу стану довкілля, експертизи діючих небезпечних об'єктів, зокрема підприємств природокористування, і навіть при експертизі проектів будівництва нових об'єктів, при ліцензуванні видів діяльності, під час перевірок, що проводяться відповідними інспекціями.

Моніторинг, як правило, полягає в періодичному спостереженні за станом навколишнього середовища, факторами та джерелами впливу на неї. За підсумками інформації, отриманої результаті моніторингу, проводиться оцінка показників ризику і його виникнення.

1.2.Методи аналізу ризиків

Методи аналізу ризиків – це інструменти, які дозволяють виявляти, оцінювати та керувати ризиками у проектній чи виробничій діяльності. Серед основних методів виділяються:

- Якісний аналіз ризиків, що включає експертні оцінки, створення матриць ризиків і категоризацію загроз для визначення найбільш критичних.
- Кількісний аналіз ризиків, який застосовує ймовірнісні моделі, сценарії, симуляцію МК та ланцюги Маркова для точнішого вимірювання можливих наслідків.
- Метод дерева відмов (FTA), що визначає основні причини можливих відмов системи для розробки ефективних заходів мінімізації.
- Аналіз видів та наслідків відмов (FMEA), який оцінює потенційні відмови компонентів, їхню частоту та наслідки, допомагаючи пріоритизувати ризики для усунення.

Загалом, застосування різних методів аналізу ризиків сприяє глибшому розумінню загроз і розробці стратегій для їх пом'якшення.

1.2.1.Метод FMEA

FMEA – інструмент для виявлення ризиків у процесах та продуктах

FMEA аналіз або Аналіз причин та наслідків відмов (Failure modes and effects analysis) – це інструмент для аналізу потенційних помилок та їх наслідків. Метод широко застосовується в оцінці якості процесів та продуктів і призначений для виявлення потенційних дефектів, причин їх виникнення та наслідків для кінцевого споживача.

FMEA аналіз може торкатися як окремі конструкції, а й виробничі процеси, функціонування всієї системи загалом, і навіть кожної частини окремо. FMEA аналіз розглядається як ефективна методика зниження ризиків, що особливо актуально при виробництві продукції, до якої пред'являються особливі вимоги щодо безпеки. Тому вперше вона стала застосовуватися в оборонній та аерокосмічній промисловості США.

Ефективність FME аналізу полягає в тому, що завдяки зусиллям на початковій стадії можна досягти реального підвищення якості на всіх етапах життєвого циклу продукту. Крім того, виключення можливих дефектів дозволяє суттєво знизити кількість до опрацювань, а також зменшити ризики наслідків. Можна навести свіжий приклад Samsung, коли невраховані огріхи безпеки акумуляторів для смартфонів стали причиною відкликання мільйонів моделей нової флагманської лінійки, завдавши величезної фінансової і репутаційної шкоди.

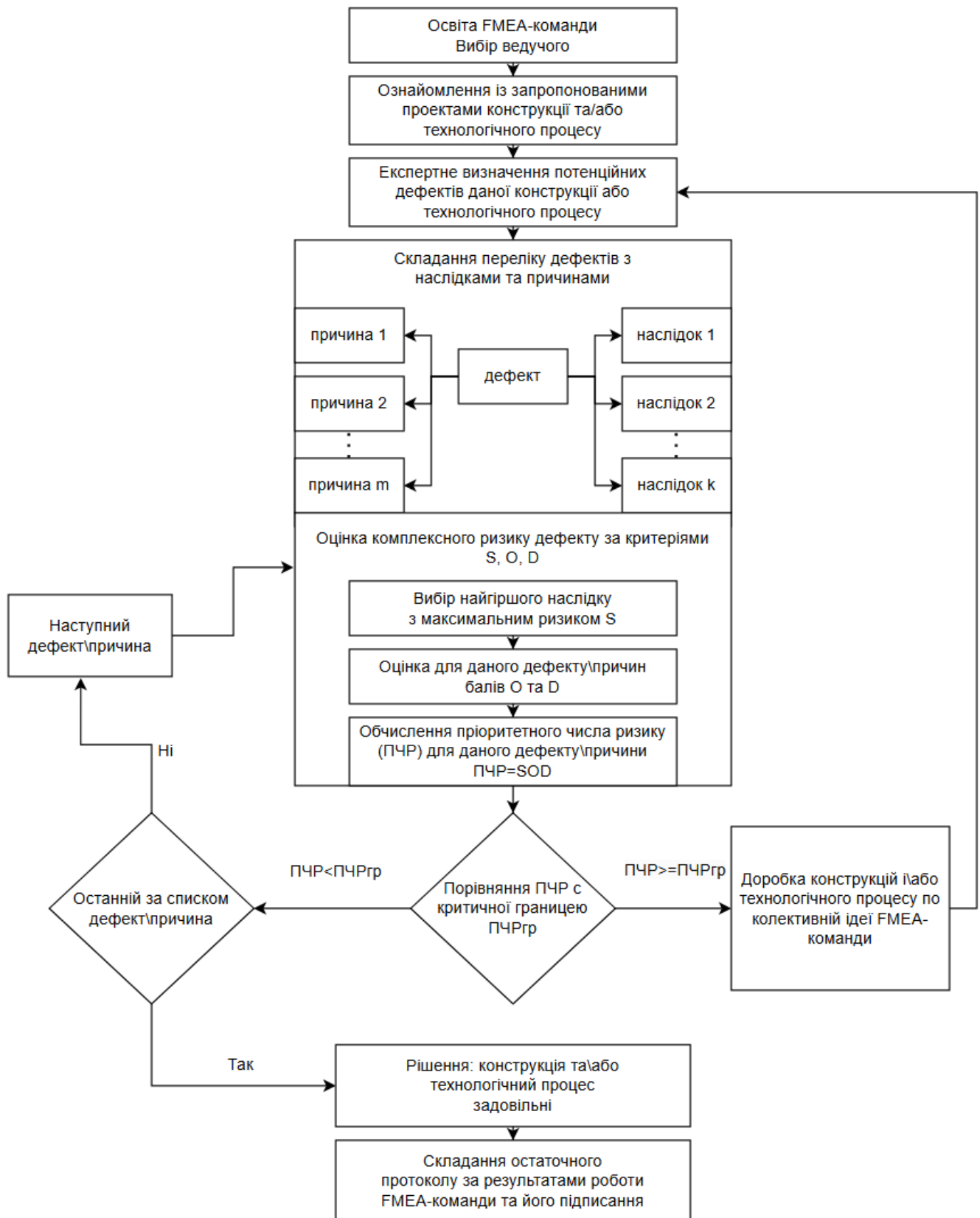


Рис. 1.2 Схема алгоритму проведення FMEA аналізу

Етапи проведення FMEA-аналізу:

1. Збирається спеціально навчена команда та визначається об'єкт дослідження. Якщо це складна складова структура, то чітко окреслюються межі, в рамках яких проводиться FMEA аналіз.
2. Складається список тих елементів процесу, системи, конструкції, які можуть призвести до відмов.
3. Для обраних попередньої стадії об'єктів аналізуються потенційні варіанти серйозних невідповідностей.
4. Наслідки від кожного з перелічених у попередньому пункті дефектів вираховуються за десятибальною шкалою значущості (SEV).
5. Визначаються можливі причини цих відмов. Надається оцінка ймовірності їх виникнення за десятибальною шкалою (OCC).
6. Встановлюються існуючі способи контролю, покликані не допустити виникнення причин, що ведуть до дефектів. За десятибальною шкалою формується рейтинг виявлення (DET), що оцінює здатність виявлення помилки.
7. Обчислюється пріоритетне число ризику (ПЧР, RPN), одержуване перемноженням трьох чисел: SEV, OCC, DET.
8. Визначаються ті дії, які покликані зменшити тяжкість найсерйозніших за виявленим ранжируванням дефектів, знизити ймовірність причин їх появи, посилити заходи контролю за виявленням. Формується список відповідальних із команди за реалізацію описаних заходів.
9. Після застосування цих дій всі числові показники вираховуються заново. Оцінюються результати та ефективність роботи.

Таблиця 1.1

Шкали значущості потенційної відмови (S), ймовірності виникнення дефекту (O), ймовірності виявлення дефекту (D)

Чинник S	Чинник O	Чинник D
1 - дуже низька (майже немає проблем)	1 - дуже низька	1 - майже напевно дефект буде виявлено
2 - низька (проблеми вирішуються працівником)	2 - низька	2 - дуже хороше виявлення
3 - не дуже серйозна	3 - не дуже низька	3 - хороше
4 – нижче середньої	4 – нижче середньої	4 – помірно гарне
5 - середня	5 - середня	5 - помірне
6 - вище середньої	6 - вище середньої	6 - слабке
7 - досить висока	7 - близька до високої	7 - дуже слабка
8 - висока	8 - висока	8 - погане
9 - дуже висока	9 - дуже висока	9 - дуже погане
10 — катастрофічна (небезпека для людей)	10— 100%	10 — майже неможливо виявити

При реалізації важливо пам'ятати, що всі числові дані мають підраховуватись максимально об'єктивно, у процесі «мозкового штурму» учасники команди пропонуватимуть реальні ідеї щодо покращення процесів, а вироблені дії узгоджуватимуться з усіма зацікавленими відділами. Якщо аналіз буде лише формальною процедурою, то результатів це не дасть.

Метод FMEA аналізу з успіхом застосовується в Росії у багатьох державних та приватних компаніях, завдяки його простоті та ефективності. Скорочення дефектів, втрат від наслідків, покращення якості – все це доводить безперечну корисність FMEA-аналізу.

1.2.2.Метод SWOT аналізу

Це оцінка 4-х факторів (як внутрішніх, так і зовнішніх), що впливають на успішність компанії:

S – Strengths – сильні сторони, завдяки яким ви вигідно відрізняєтеся від конкурентів.

W – Weaknesses – недоліки, через які ви стаєте вразливими.

O - Opportunities - мають фактори зовнішнього середовища.

T – Threats – загрози компанії, деструктивні реалії довкілля.

За допомогою SWOT можна проаналізувати вихідні позиції для бізнесу, конкретної послуги, цілої галузі, усієї держави і навіть окремої людини.

Для будь-якої компанії важливо реально розуміти, за які важелі вона може вхопитися, а до яких не вдасться дотягнутися, тому що вони знаходяться поза зоною її впливу, тому залишається за ними лише спостерігати та брати до уваги.

2 базові завдання SWOT-аналізу:

- розробка бізнес-стратегії для старту та просування компанії або окремої послуги/продукту;
- сегментування існуючих продуктів, глибоке розуміння, які рішення більшою чи меншою мірою потрібні цільовій аудиторії.

Іноді SWOT-аналіз використовують для особистих цілей: розкриття власного потенціалу та розвитку особистісних якостей.

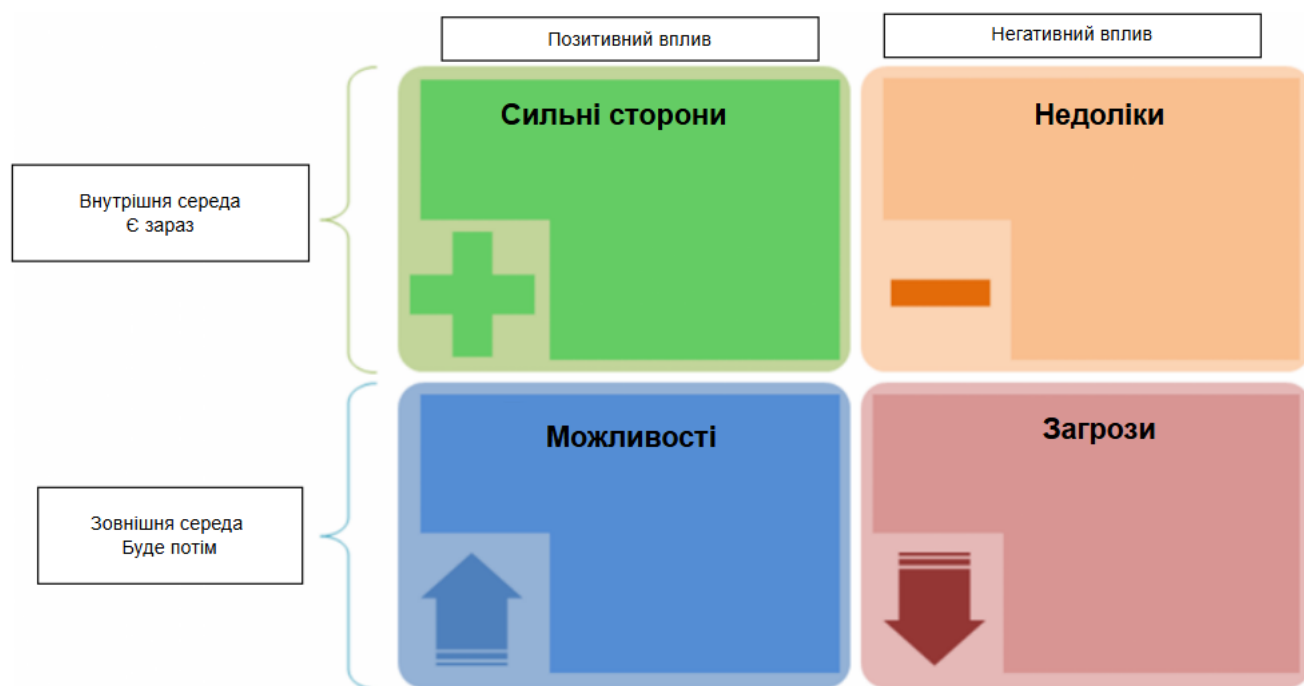


Рис. 1.3 Елементи SWOT-аналізу

Внутрішні чинники (Strengths і Weaknesses) – те, що ми можемо вплинути, зумовлено діяльністю компанії.

Зовнішні обставини (Opportunities і Threats) – те, що залежить немає нас, як від чинників довкілля.

Теоретично компанія неспроможна об'єктивно оцінити зовнішні чинники без попереднього аналізу внутрішніх.

S – Strengths

Перший внутрішній чинник – сильні сторони продукту. Це можуть бути:

- фінансові ресурси – фінансування, додаткові джерела доходу;
- матеріальна база – обладнання, стан будівлі, власні науково-дослідні центри, георозташування;
- людські ресурси – особливості штатних та позаштатних співробітників, наявність волонтерів, специфічна ЦА;
- патенти та сертифікати;
- поточний стан справ компанії – мотиваційні та навчальні програми, побудований зв'язок між відділами тощо. п.

Звузити коло пошуку та конкретизувати сильні сторони допоможуть відповіді на ці запитання – постарайтеся поглянути на них не тільки як власник бізнесу, але в першу чергу – як клієнт:

1. Що ви отримуєте краще, ніж в інших?
2. За що вас обирають клієнти?
3. Яка ваша унікальна торгова пропозиція?
4. Якими засобами можна стимулювати доходи? Як у вас це вдасться зробити найшвидше?

Важливо оцінювати сильні сторони з огляду на становище конкурентів. Наприклад, якщо ви робите папір для принтера ідеального білого кольору, але те саме роблять і ваші бізнес-суперники, то це не перевага, а необхідність виживання.

W – Weaknesses

Другий внутрішній чинник – слабкі сторони продукту. Це можуть бути ті ж позиції, що й у Strengths, але зі знаком мінус, наприклад, недостатня матеріальна база, 80% штату – лише закінчили інститут тощо. буд. Загалом усе те, що перешкоджає зростанню прибутку.

Щоб дізнатися про основні недоліки компанії, дайте відповідь на наступні питання:

1. Що ви можете покращити?
2. Які слабкі сторони впадають у вічі клієнтам?
3. Що краще не використовувати у стратегії маркетингу?
4. Що зменшує ваші прибутки?
5. Що конкуренти роблять краще за вас?

Недоліки тягнуть бізнес вниз, заважають зростанню прибутків і продажів, а в довгостроковій перспективі сприяють втраті ринкової частки та конкурентоспроможності. Важливо регулярно відстежувати сегменти, в яких компанія недостатньо сильна, вживати заходів щодо покращення ситуації та мінімізації ризиків.

O – Opportunities

Перший зовнішній чинник – сприятливі реалії довкілля, які чи побічно впливають на бізнес, сприяють зростанню компанії у майбутньому. Це можуть бути:

- ринкові тенденції (поява нових продуктів та технологій, зміни потреб ЦА);
- фінансування держави та меценатів;
- зміни податкових ставок;
- демографічні характеристики цільової аудиторії – стать, рівень статку, стабільне благополуччя, культурні цінності;
- відносини з партнерами та постачальниками;
- загальна ситуація у країні.

Щоб позначити сильні сторони, дайте відповідь на наступні питання:

1. Які тренди спостерігаються та прогнозуються у вашій галузі?
2. Які глобальні зміни в країні/регіоні є корисними для вас?

Так, вам не підвладний контроль за глобальними процесами, але ви можете отримати з них максимум вигоди. Подумайте, як це зробити. Наприклад, виведення ринку інноваційної технології дозволяє збільшити прибуток у довгостроковій перспективі з допомогою інвестицій у вдосконалене устаткування. Популяризація ЗОЖ стає чудовою підмогою для продажу органічних продуктів, якщо збільшити витрати на маркетингові інструменти.

T – Threats

Другий зовнішній фактор – негативні реалії довкілля, через які ваш бізнес може мати справу з труднощами. Це можуть бути:

- нестабільна політична ситуація
- закони, що обмежують вашу галузь;
- демпінг;
- вихід ринку сильного конкурента;
- зростання цін на сировину;
- піратство (для інтелектуального продукту).

До загроз відносять зміни інтересів цільової аудиторії, на які компанія

вплинути не може, наприклад, виникнення нових модних трендів, сезонність, поява продуктів-аналогів. Визначення загроз дозволяє зрозуміти, як змінити стратегію, щоб зберегти максимум клієнтської бази.

Види SWOT-аналізу

Є безліч різновидів, але на практиці найчастіше використовують три варіанти. Розглянемо докладніше кожен із них.

Експрес робить акцент на перевагах компанії: чим вони потужніші, тим успішніше зможуть протидіяти негативним факторам ззовні. З допомогою цього одержують наочні бізнес-характеристики.

Зведений – аналізує сильні та слабкі сторони виходячи з даних конкретного проміжку часу цифрах. Дає точніше уявлення про стратегічні чинники. Дозволяє негайно перейти від аналізу до розробки стратегії щодо покращення ситуації. Мінус полягає у складності проведення.

Комбінований – поєднує у собі два попередні види. Проводяться як мінімум три стратегічні дослідження без кількісного аналізу. Отримана інформація зводиться у одну таблицю для глибшого вивчення.

Переваги та недоліки SWOT-аналізу

Це порівняно простий метод дослідження, який вимагає копіткої роботи і збору масивів інформації: зазвичай, потрібно лише систематизувати дані, які є під рукою. SWOT-аналіз варто регулярно проводити з наступних причин:

- щоб визначити сильні та слабкі сторони бізнесу, виявити нові можливості та приховані загрози зовнішнього світу;
- знайти спосіб нейтралізувати недоліки за рахунок переваг;
- відкоригувати стратегію просування бізнесу;
- оцінити рентабельність проекту у нинішніх реаліях;
- провести розвідку галузі та зміцнити конкурентні переваги;
- проаналізувати внутрішній потенціал компанії, визначити можливі проблеми та розробити стратегію щодо їх ліквідації;
- вжити заходів щодо захисту від критичних загроз.

Для проведення не потрібні особливі навички – експрес-аналіз може виконати як власник компанії, так і група співробітників.

Недоліки SWOT-аналізу:

- відсутність чітких числових показників;
- немає тимчасової динаміки – за будь-яких змін на ринку чи всередині компанії знадобиться повторне дослідження;
- оперування суб'єктивними, а чи не об'єктивними показниками.

Таким чином, аналіз слід проводити, щоб прояснити ситуацію про перспективи бізнесу без прив'язки до часу. Якщо потрібно врахувати динаміку ринку й отримати максимально точну картину, потрібні альтернативні методи.

1.2.3.Метод Аналізу дерева відмов

Дерево відмов (аварій, подій, наслідків, небажаних подій та ін.) лежить в основі логіко-імовірнісної моделі причинно-наслідкових зв'язків відмов системи з відмовами її елементів та іншими подіями (впливами). При аналізі виникнення відмови дерево відмов складається з послідовностей і комбінацій порушень і несправностей, і таким чином воно являє собою багаторівневу графологічну структуру причинних взаємозв'язків, отриманих в результаті простеження небезпечних ситуацій у зворотному порядку, щоб знайти можливі причини їх виникнення (Рис. 1.4).

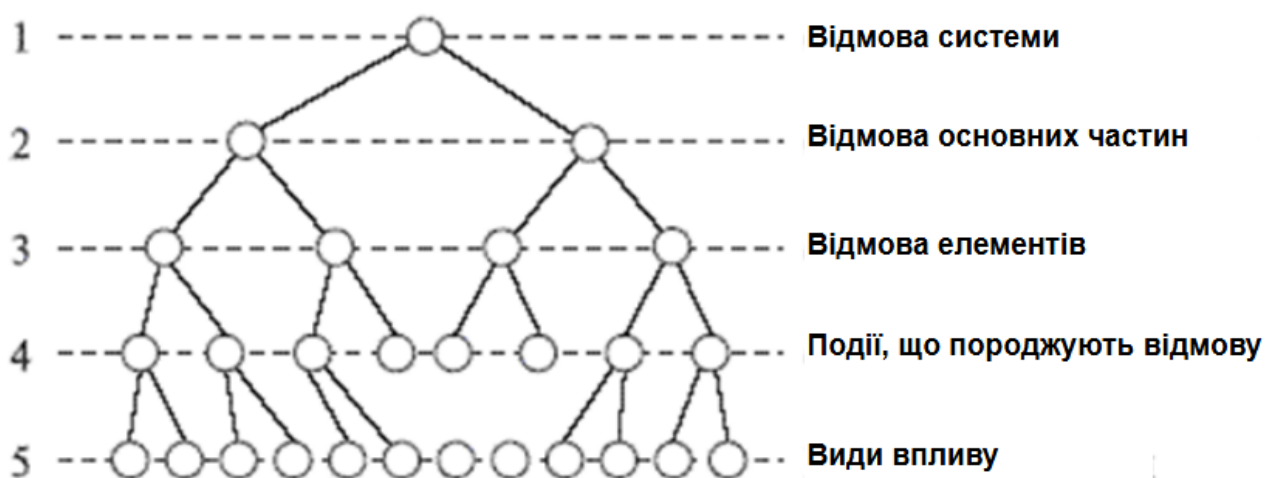


Рис. 1.4 Умовна схема побудови дерева відмов

Переваги та обмеження застосування

У цьому способі реалізований дедуктивний метод (причини - наслідки), що наділяє метод найсерйознішими можливостями пошуку кореневих причин подій для статичних систем, оскільки дає наочну і докладну схему взаємозв'язків елементів інфраструктури і подій, які впливають їх надійність.

Цінність дерева відмов полягає в наступному:

- аналіз орієнтується перебування відмов;
- дозволяє показати у явному вигляді ненадійні місця;
- забезпечується графікою та представляє наочний матеріал для тієї частини ІТ фахівців, які беруть участь в обслуговуванні системи;
- дає можливість виконувати якісний чи кількісний аналіз надійності системи;
- метод дозволяє фахівцям по черзі зосереджуватися на окремих відмовах системи;
- забезпечує глибоке уявлення про поведінку системи та проникнення у процес її роботи;
- є засобом спілкування фахівців, оскільки вони представлені у чіткій наочній формі;
- допомагає дедуктивно виявляти відмови;
- дає конструкторам, користувачам та керівникам можливість наочного обґрунтування конструктивних змін або встановлення ступеня відповідності конструкції системи заданим вимогам та аналізу компромісних рішень;
- полегшує аналіз надійності складних систем.

Головна перевага дерева відмов (порівняно з іншими методами) полягає в тому, що аналіз обмежується виявленням лише тих елементів системи та подій, які призводять до даної конкретної відмови системи чи аварії.

Недоліки дерева відмов полягають у наступному:

- реалізація методу потребує значних витрат коштів і часу, оскільки збільшення детальності аналізованої інфраструктури призводить до

геометричного збільшення числа подій, що впливають;

- дерево відмов являє собою схему булевої логіки, на якій показують лише два стани: робочий та відмовив;
- важко врахувати стан часткової відмови елементів, оскільки при використанні методу зазвичай вважають, що система знаходиться або в справному стані, або в стані відмови;
- труднощі в загальному випадку аналітичного рішення для дерев, що містять резервні вузли та відновлювані вузли з пріоритетами, не кажучи вже про ті значні зусилля, які потрібні для охоплення всіх видів множинних відмов;
- вимагає від фахівців з надійності глибокого розуміння системи та конкретного розгляду щоразу лише однієї певної відмови;
- дерево відмов описує систему в певний момент часу (зазвичай в режимі), і послідовності подій можуть бути показані з великими труднощами, іноді це виявляється неможливим. Це справедливо для систем, що мають складні контури регулювання, в таких випадках, як правило, звертаються до методів, що ґрунтуються на стохастичних (випадкових) процесах.

Принцип використання

Щоб знайти і наочно уявити причинний взаємозв'язок за допомогою дерева відмов, необхідні елементарні блоки, що підрозділяють і пов'язують велику кількість подій. Є два типи блоків: логічні символи (знаки) та символи подій.

Логічні символи. Логічні символи (знаки) пов'язують події відповідно до їх причинних взаємозв'язків. Позначення логічних знаків наведено в Таблиці 1. Значення логічних символів дерева відмов Логічний символ (знак) може мати один або кілька входів, але тільки один вихід або вихідну подію.

Логічний знак "І" (схема збігу). Вихідна подія логічного знаку І настає у тому випадку, якщо всі вхідні події з'являються одночасно.

Правило формулювання подій. Події, вхідні по відношенню до операції I, повинні сформулюватися так, щоб друге було умовним по відношенню до першого, третє умовним по відношенню до першого та другого, а останнє - умовним для всіх попередніх. Крім того, принаймні одна з подій повинна бути пов'язана з появою вихідної події.

Повна характеристика події не потрібна. Іноді вона заважає графічній ясності діаграми. Потрібно лише впорядкувати події так, щоб справа, що стоїть, залежало від появи, що стоїть зліва. Таким чином, поява вихідної події визначатиметься появою останньої події у ряді N - подій.

Правило застосування логічного знаку I. Якщо є кілька причин, які мають з'явитися одночасно, зазвичай використовують операцію I. Входи операції мають відповідати питанням: " Що необхідно появи вихідного події? "

Таблиця 1.2

Значення логічних символів дерева відмов

№	Знак логічного знаку	Назва логічного знаку	Причинний взаємозв'язок
1		І(И)	Вихідна подія відбувається, якщо всі вхідні події відбуваються одночасно
2		АБО(ИЛИ)	Вихідна подія відбувається, якщо трапляється будь-яка з вхідних подій
3		Заборона(Запрет)	Наявність входу викликає наявність виходу тоді, коли відбувається умовна подія
4		Пріоритетне І(И)	Вихідна подія трапляється, якщо всі вхідні події відбуваються у потрібному порядку зліва направо
5		Виключне АБО(ИЛИ)	Вихідна подія трапляється, якщо трапляється одна (але одна) з вхідних подій
6		"m з n" (голосування чи вибірки)	Вихідна подія відбувається, якщо відбувається m з n вхідних подій

Метод аналізу дерева відмов (Fault Tree Analysis, FTA) є систематичним підходом до дослідження та усунення потенційних причин відмов технічних систем. Цей метод використовується для виявлення та аналізу причин, що призводять до небажаних подій, та є потужним інструментом для підвищення надійності та безпеки складних систем.

Основна ідея методу полягає у побудові логічної моделі у вигляді "дерева" відмов. На вершині дерева розташовується головна небажана ситуація або подія, яку необхідно запобігти (наприклад, система відмови). Далі дерево будується зверху вниз, розгалужуючись і показуючи, як поєднання окремих подій може призвести до цієї спільної відмови. Кожне відгалуження є більш конкретними причинами або умовами, які в сукупності призводять до небажаного результату. Це дозволяє проводити докладний аналіз на кількох рівнях, починаючи з найбільших вузлів та закінчуючи дрібними компонентами системи.

На кожному етапі функціонування системи, а також для кожної її складової частини проводиться аналіз, спрямований на виявлення можливих ризиків. Це дає можливість заздалегідь визначити вразливості та оцінити, які з них можуть вплинути на відмову системи в цілому. Шляхом вивчення ланцюжка подій, що ведуть до потенційної відмови, фахівці можуть розробляти конкретні заходи для мінімізації або повного усунення цих ризиків. Наприклад, якщо аналіз показує, що відмова може статися через збій у конкретному компоненті, можна передбачити додаткові заходи безпеки або альтернативні компоненти зменшення ймовірності відмови.

Метод аналізу дерева відмов відрізняється тим, що він не тільки виявляє вразливі місця, а й допомагає зрозуміти взаємозв'язки між різними компонентами та умовами. Це знання може бути корисним не тільки для усунення поточних ризиків, але й для покращення дизайну системи на етапі розробки, що сприяє створенню більш стійких до відмов систем. Аналізуючи дані для кожного періоду роботи системи, можна ефективно розробляти запобіжні заходи, які будуть найбільш актуальними на кожному етапі її життєвого циклу.

Використання методу FTA також дозволяє виділити найкритичніші точки відмов, що дозволяє розподілити ресурси на їх усунення найбільш ефективно. Такий підхід до аналізу та управління відмовами надає не тільки розуміння причин проблем, а й підтримує створення системи, здатної запобігати та мінімізувати негативні наслідки на різних рівнях її функціонування.

1.2.4.Метод Моделювання Монте-Карло

Моделювання методом МК є цінним методом для аналізу проектних ризиків. Воно передбачає генерацію випадкових вибірок на основі розподілу ймовірностей ключових вхідних змінних для моделювання потенційних результатів. Це дозволяє провести всебічну оцінку ризиків, невизначеностей та їхнього впливу на цілі проекту.

Аналізуючи результати моделювання, особи, які приймають рішення, можуть отримати уявлення про ймовірність різних сценаріїв, виявити критичні фактори ризику та розробити ефективні стратегії зниження ризиків. Моделювання методом МК забезпечує структурований підхід до вивчення невизначеності та підтримує прийняття обґрунтованих рішень у складних проектних середовищах.

Моделювання МК - це потужний аналітичний метод, який використовується в різних галузях для моделювання та аналізу складних систем. Надає засоби для оцінки потенційних результатів проекту чи процесу шляхом створення кількох випадкових вибірок та моделювання різних сценаріїв.

Дозволяє аналітикам враховувати невизначеність та мінливість вхідних параметрів моделі, використовуючи методи випадкової вибірки. Це дозволяє проводити всебічну оцінку можливих результатів, надаючи особам, які ухвалюють рішення, цінну інформацію про ризики.

Метод виник в індустрії азартних ігор і названо на честь знаменитого казино в однойменному місті. Здобув популярність у середині 20 століття, коли комп'ютери змогли виконувати великі обчислення. Сьогодні широко використовується у фінансах, техніці, статистиці та інших дисциплінах, які потребують ймовірнісного аналізу.

Основна ідея полягає у повторній вибірці значень випадкових змінних у заданому діапазоні та оцінці отриманих результатів. Такі симуляції генерують безліч сценаріїв для аналізу ймовірності та розподілу результатів.

Генерація випадкових вибірок

Генерація випадкових вибірок є фундаментальним кроком у моделюванні методом МК. Вони є значеннями вхідних змінних в імітаційній моделі. Наступні кроки описують методологію генерації випадкових вибірок у симуляціях:

- Визначте розподіл ймовірностей: це діапазон потенційних значень і пов'язаних з ними ймовірностей. Загальні розподіли включають нормальний (гауссівський), рівномірний, трикутний і логарифмічно нормальний розподіл.
- Виберіть метод створення випадкових чисел. Для генерації випадкових чисел доступні такі методи, як метод зворотного перетворення, метод прийняття-відхилення та спеціалізовані алгоритми, такі як вихор Мерсенна. Вибраний метод повинен гарантувати, що згенеровані випадкові числа відповідають бажаному розподілу ймовірностей.
- Визначте розмір вибірки: розмір вибірки стосується кількості випадкових вибірок, згенерованих для кожної вхідної змінної. Більший розмір вибірки зазвичай призводить до точніших результатів і збільшує обчислювальні вимоги. Відповідний розмір вибірки залежить від бажаного рівня точності та складності моделі.
- Створення випадкових вибірок. При повторенні цього процесу кожної вхідної змінної виходить набір випадкових вибірок.
- Забезпечення незалежності: Щоб гарантувати незалежність випадкових вибірок, необхідно подбати про те, щоб уникнути створення корельованих вибірок. Кореляція може виникнути, якщо та сама послідовність випадкових чисел генерує вибірки за декількома змінними. Для вирішення цієї проблеми можна змінити методи генерації випадкових чисел або використовувати послідовності кожної змінної.
- Перевірка випадкових вибірок. Важливо перевірити згенеровані випадкові

вибірки, щоб переконатися, що вони точно уявляють передбачувані розподіли ймовірностей. Статистичні тести, такі як критерії згоди можуть оцінити, чи відповідають згенеровані вибірки заданим характеристикам розподілу.

- Увімкнення випадкових вибірок у моделювання: після того, як випадкові вибірки для всіх вхідних змінних будуть згенеровані та перевірені, їх можна включити до імітаційної моделі.

Ці випадкові вибірки становлять основу для проведення моделювання, що дозволяє досліджувати численні сценарії проекту та дає уявлення про потенційні результати. Точні та репрезентативні випадкові вибірки мають вирішальне значення для отримання надійних оцінок ризиків та прийняття обґрунтованих рішень.

Переваги

Метод пропонує кілька явних переваг під час аналізу ризиків. Використовуючи його, проектні групи можуть отримати цінну інформацію про потенційні результати своїх проектів та приймати обґрунтовані рішення. Ключові переваги моделювання методом МК в аналізі ризиків проекту включають:

- Комплексна оцінка. Моделювання методом МК всебічно оцінює ризики проекту з урахуванням різних вхідних змінних та його можливих комбінацій. Цей підхід дозволяє більш реалістично уявити складність та невизначеність проекту, підвищуючи точність аналізу ризиків.
- Імовірнісне моделювання. Дозволяє проектним групам оцінювати можливість різних сценаріїв. Пропонує більш тонке розуміння потенційного діапазону результатів та допомагає встановити реалістичні очікування щодо ефективності проекту.
- Управління невизначеністю: Моделювання враховує невизначеності, пов'язані з різними параметрами проекту: тривалість завдань, доступність ресурсів та ринкові умови.
- Оцінка сценаріїв: Порівнюючи результати різних сценаріїв, особи, які приймають рішення, можуть оцінити компроміси, пов'язані з різними

варіантами, що допоможе вибрати найбільш сприятливий курс дій.

- Аналіз чутливості: МК полегшує аналіз чутливості, визначаючи вплив окремих вхідних змінних на результати проекту. Допомагає виявити критичні чинники, які суттєво впливають на ефективність проекту. Проектні групи можуть розробляти цільові стратегії зниження ризиків та розподіляти ресурси, зосередивши увагу на цих ключових змінних.
- Підтримка прийняття рішень: розглянувши ймовірність кожного варіанта та можливі наслідки, особи, які приймають рішення, можуть зробити більш обґрунтований вибір, покращивши планування проекту та розподіл ресурсів.
- Розширена комунікація: візуальне представлення розподілу ймовірностей та результатів аналізу чутливості допомагає зацікавленим сторонам зрозуміти потенційні наслідки та сприяти більш ефективному співробітництву.

Метою використання моделювання МК є не передбачення конкретних подій, а надання інформації про діапазон можливих результатів та їх ймовірність.

І хоча окремі цифри можуть не мати прямого відношення до реальності, закономірності та тенденції, виявлені у результатах моделювання, можуть надати корисну інформацію.

Метод може забезпечити статистичну апроксимацію реальної поведінки. Допомогти у розумінні ймовірності та потенційної мінливості альтернативних результатів шляхом проведення кількох симуляцій та вивчення сукупних підсумків.

Моделювання методом МК враховує невизначеність та мінливість вхідних змінних та їх вплив на загальні результати. Вони враховують непередбачуваність, залежність та діапазон можливих значень для кожної змінної. Моделювання методом МК дозволяє провести більш всебічне дослідження і уявити безліч можливих результатів, що відображають властиві модельованій системі невизначеності за рахунок включення цих змінних.

Моделювання МК пропонує організований та систематичний спосіб

вивчення невизначеності, що робить його чудовим інструментом для виявлення ризиків, оцінки альтернатив та оптимізації прийняття рішень у складних умовах.

1.2.5.Баєсова статистика

БС являє собою сучасний аналог античного оракула у світі даних. Вона не лише прогнозує майбутнє, а й робить це з високою впевненістю, спираючись на всю доступну інформацію про минуле. Цей підхід відрізняється від традиційного аналізу тим, що враховує не лише поточні дані, але й попередні знання або припущення.

Уявіть собі модель машинного навчання, яка не обмежується лише статистичними розрахунками на основі поточних даних, а адаптується до нової інформації, подібно до досвідченого інвестора. Такий інвестор враховує попередній досвід і швидко коригує свої дії у відповідь на зміни ринку. У цьому процесі ключову роль відіграють апріорні та апостеріорні ймовірності — основні інструменти Баєсового підходу.

Апріорна ймовірність є початковим набором гіпотез, сформованих на основі знань, інтуїтивних припущень або історичних даних. Наприклад, у задачі виявлення шахрайських фінансових операцій апріорі може базуватися на даних минулих років, де частка шахрайства становила, скажімо, 5% від загальної кількості транзакцій. Це забезпечує основний контекст для подальшого аналізу, в якому нові дані уточнюють і адаптують ці припущення, формуючи апостеріорні ймовірності.

Сутність теореми Баєса полягає у постійному оновленні інформації на основі нових даних. Кожне нове спостереження впливає на ваше уявлення про модель світу, роблячи її більш точною та адаптованою до поточних умов.

Наприклад, уявіть, що ви розробляєте модель для прогнозування відмов обладнання. Априорі ви припускаєте, що обладнання є надійним, і ймовірність його відмови невелика. Однак із часом, коли ви отримуєте дані про реальні випадки несправностей, ці дані поступово уточнюють вашу оцінку. Якщо нові спостереження свідчать про частіші відмови, апостеріорна ймовірність,

розрахована за теоремою Баєса, змінюється, сигналізуючи про те, що обладнання менш надійне, ніж вважалося раніше.

Таким чином, теорема Баєса дозволяє інтегрувати нову інформацію з попередніми знаннями, забезпечуючи постійне вдосконалення моделі. Це робить її надзвичайно ефективним інструментом для аналізу невизначених систем, таких як прогнозування ризиків, діагностика захворювань чи розробка рекомендаційних систем.

Баєсовий висновок: сутність, принципи та застосування

Баєсовий висновок — це потужний статистичний метод, який використовується для оновлення ймовірностей подій або гіпотез на основі нової інформації. Він став популярним завдяки своїй здатності адаптуватися до змінних даних і враховувати невизначеність, що робить його незамінним у таких галузях, як машинне навчання, фінанси, медицина та управління ризиками.

Цей підхід ґрунтується на ідеї, що початкові припущення або знання про подію, які називаються апіорними ймовірностями, можна оновлювати, коли стає доступною нова інформація. У процесі цього оновлення враховуються ймовірність отриманих даних і початкові гіпотези, що дозволяє отримати апостеріорну ймовірність — нову оцінку події з урахуванням усіх доступних фактів.

Уявімо, що ви оцінюєте ризик несправності обладнання. Спочатку, на основі минулого досвіду, ви вважаєте, що обладнання дуже надійне, а ймовірність відмови низька. Однак, коли починають надходити дані про реальні несправності, ваша модель уточнює початкову оцінку. Нові спостереження додаються до попередніх припущень, формуючи більш точну ймовірність несправності.

Баєсовий підхід використовується в багатьох галузях:

- У машинному навчанні: для класифікації даних і побудови рекомендаційних систем.
- У фінансах: для оцінки ймовірності дефолту або зміни ринкових трендів.
- У медицині: для діагностики захворювань на основі тестів і клінічних даних.

- У проектному менеджменті: для прогнозування ризиків та адаптації планів до змінних умов.

Переваги Баєсової статистики

Адаптивність: Модель швидко реагує на нові дані, оновлюючи оцінки в реальному часі.

Гнучкість: Метод працює навіть з невеликими вибірками даних.

Врахування невизначеності: Дає змогу працювати в умовах браку даних або при високій мінливості.

БС є одним із найбільш гнучких і надійних підходів сучасної статистики. Вона забезпечує адаптивність до різних типів даних, що робить її надзвичайно корисною в наукових дослідженнях та прикладних завданнях. Головною перевагою БС є її здатність оновлювати попередні припущення (апріорні ймовірності) на основі нових даних, що дозволяє створювати точні та актуальні моделі.

Оновлення переконань у БС

Баєсове оновлення — це математична процедура, яка дозволяє змінювати уявлення про ймовірність гіпотези чи параметра після отримання нових даних. Цей процес базується на інтеграції попередніх знань із новою інформацією, створюючи апостеріорний розподіл, який стає основою для подальших уточнень.

Основні принципи оновлення переконань

Динамічне оновлення: Баєсове оновлення дозволяє постійно уточнювати модель шляхом інтеграції нових даних у попередні припущення. Цей процес повторюється циклічно, де апостеріорний розподіл стає новою базою для наступних ітерацій.

Широкий спектр застосувань: Цей підхід застосовується для вирішення таких завдань, як оцінка ймовірності гіпотез, прогнозування результатів подій на основі історичних даних або визначення параметрів складних моделей.

Урахування невизначеності: Сила Баєсового оновлення полягає у здатності враховувати невизначеність даних і моделі, використовуючи розподіли ймовірностей замість точкових оцінок. Це дозволяє отримувати більш стійкі

результати навіть за умов шуму чи недостатності даних.

Уникнення перенавчання: Включення попередніх знань і їх поступове оновлення допомагає уникнути перенавчання, що є поширеною проблемою в статистичному моделюванні.

Припустимо, ви оцінюєте ймовірність випадання "решки" при підкиданні монети. Без будь-яких попередніх знань ви вважаєте, що ймовірність "решки" становить 0,5. Після 10 підкидань монети ви зафіксували, що вона випала "решкою" 7 разів. Завдяки баєсовому оновленню ви можете переглянути своє попереднє припущення та сформувані нове уявлення про ймовірність події. Це оновлене переконання може використовуватися для прогнозування майбутніх результатів.

Переваги Баєсового оновлення

- Дозволяє створювати моделі, які враховують і накопичують знання.
- Забезпечує адаптивність до нових даних, зберігаючи точність результатів.
- Підходить для роботи з обмеженими даними або в умовах високої невизначеності.

Баєсове оновлення — це фундаментальний інструмент БС, що дозволяє уточнювати припущення на основі нових даних. Завдяки цьому підходу можна створювати більш точні та стійкі моделі, які є ключовими для прийняття рішень, прогнозування та аналізу складних систем.

2 ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ МЕТОДИК АНАЛІЗУ РИЗИКІВ

2.1. Огляд програмних засобів для аналізу ризиків

Програмні методи та інструменти аналізу ризиків є спеціалізованим програмним забезпеченням і технологіями, призначеними для автоматизації процесів ідентифікації, оцінки та управління ризиками. Ці рішення застосовують у різних галузях, включаючи проектне управління, фінанси, будівництво, енергетику і навіть охорону здоров'я. Їхня основна мета — підвищити точність аналізу ризиків, мінімізувати невизначеність та надати проектним менеджерам та іншим фахівцям інструменти для обґрунтованого прийняття рішень.

Primavera Risk Analysis є однією з провідних платформ управління ризиками в ПМ. Вона дозволяє моделювати можливі сценарії виконання проектів з урахуванням невизначеності та зовнішніх факторів. Однією з ключових функцій є побудова імовірнісних графіків виконання проекту. Ці графіки дозволяють оцінювати можливість завершення проекту в терміни, передбачені планом, з урахуванням непередбачених ситуацій. Програма активно використовується у масштабних інфраструктурних проектах, де точне планування має критичне значення.

Crystal Ball пропонує можливості моделювання методом МК, який дозволяє аналізувати розподіл ризиків та прогнозувати ймовірні результати різних сценаріїв. Цей інструмент інтегрується з Excel, що робить його доступним для фінансових аналітиків та проектних менеджерів, які вже знайомі з цим середовищем. Crystal Ball особливо популярний в управлінні інвестиційними проектами, де важливо оцінювати потенційні доходи та ризики.

@Risk є зручним плагіном для Excel, що дозволяє фахівцям проводити складний аналіз ризиків без необхідності освоювати нове програмне забезпечення. Цей інструмент дозволяє користувачам використовувати звичні таблиці Excel для побудови математичних моделей. Однією з унікальних особливостей @Risk є можливість роботи із залежними параметрами, що робить

моделювання більш реалістичним.

Open Risk Engine виділяється серед інших інструментів завдяки своїй відкритій архітектурі. Це безкоштовна платформа, що дозволяє адаптувати функціонал під конкретні потреби компанії. Вона використовується для створення складних аналітичних моделей та інтеграції з іншими системами. Open Risk Engine часто вибирають компанії, які працюють з великими обсягами даних, такі як банки, страхові компанії та фінансові установи. Його гнучкість дозволяє як аналізувати існуючі ризики, а й будувати прогнози з урахуванням історичних даних.

Програмні інструменти дозволяють значно підвищити ефективність аналізу ризиків завдяки автоматизації багатьох складних процесів. Наприклад, вони усувають необхідність ручних розрахунків, які часто бувають схильні до людських помилок. Високоточні алгоритми забезпечують надійні результати, які можуть бути представлені у вигляді інтуїтивно зрозумілих графіків та діаграм. Це особливо важливо, коли результати аналізу необхідно подати зацікавленим сторонам, які не мають глибоких технічних знань.

Більшість сучасних рішень підтримують інтеграцію із системами управління проектами, такими як Microsoft Project або Jira. Це дозволяє користувачам автоматично передавати дані з однієї системи до іншої, уникаючи дублювання інформації. Крім того, такі інструменти, як Primavera або Crystal Ball, можуть оновлювати прогнози в реальному часі в міру надходження нових даних, що робить управління більш динамічним. Водночас використання програмних інструментів має і свої обмеження. Деякі з них вимагають значних обчислювальних ресурсів, особливо при моделюванні складних систем із великою кількістю змінних. Також важливо враховувати, що якість аналізу залежить від даних, які використовуються в моделях. Неточні або застарілі дані можуть призвести до спотворених результатів.

Насамкінець, програмні інструменти для аналізу ризиків надають компаніям потужні засоби для управління невизначеностями та прийняття стратегічно важливих рішень. Їх вибір залежить від специфіки завдань, технічних можливостей організації та доступного бюджету. Впровадження таких рішень дозволяє підвищити прозорість процесів, мінімізувати можливі збитки та підвищити шанси на успішну реалізацію проектів.

2.2.Розбір методів для створення об'єднаної моделі

Для подальшої роботи нам знадобиться детальніше розглянути два методи: МК та БС.

2.2.1.Монте-Карло

Під методом МК розуміється чисельний метод рішення математичних завдань з допомогою моделювання випадкових величин. Сам метод гранично простий і саме ця простота пояснює популярність цього методу.

Метод має дві основні особливості.

Перша – проста структура обчислювального алгоритму.

Друга - помилка обчислень, як правило, пропорційна, $\sqrt{D\zeta/N}$, де $D\zeta$ — деяка постійна, а N — кількість випробувань. Зрозуміло, що досягти високої точності на такому шляху неможливо. Тому зазвичай кажуть, що метод МК особливо ефективний під час вирішення тих завдань, у яких результат потрібен з невеликою точністю..

Однак те саме завдання можна вирішувати різними варіантами методу МК, яким відповідають різні значення $D\zeta$. Багато завдань вдається значно збільшити точність, вибравши спосіб розрахунку, якому відповідає значно менше значення $D\zeta$.

Загальна схема методу

Допустимо, потрібно обчислити невідому величину m . Для цього введемо випадкову величину ξ , таку, що $M[\xi] = m$. Нехай дисперсія що $D[\xi] = b^2$.

Розглянемо N незалежних випадкових величин $\xi^1, \xi^2, \dots, \xi^N$, розподіл яких збігається із розподілом ξ . Відповідно до центральної граничної теореми, якщо N досить велике, то розподіл суми $\rho_N = \sum_{i=1}^N \xi_i$ буде приблизно нормальним з параметрами:

$$M[\rho_N] = Nm, \quad D[\rho_N] = Nb^2, \quad (2.1)$$

На основі центральної граничної теореми можна вивести важливе співвідношення:

$$P\left(\left|\frac{\rho_N}{N} - m\right| \leq k \frac{b}{\sqrt{N}}\right) = P\left(\left|\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \xi_i - m\right| \leq k \frac{b}{\sqrt{N}}\right) \rightarrow 2\Phi(k) - 1, \quad (2.2)$$

де $\Phi(k)$ — функція розподілу стандартного нормального розподілу.

Застосування співвідношення

Цей вислів є основою методу МК, оскільки:

1. Воно дає спосіб розрахунку m через середнє арифметичне $\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \xi_i$.
2. Дозволяє оцінити похибку цього наближення.

Дійсно, обчисливши N значень випадкової величини ξ , можна знайти їх середнє арифметичне, яке приблизно дорівнює m . Імовірно $2\Phi(k) - 1$ помилка цього наближення не перевищить $k \frac{b}{\sqrt{N}}$. Зауважимо, що зі зростанням N помилка прагне нуля.

Спеціальні випадки застосування

- Якщо взяти $k = 3$, отримаємо правило трьох сигм(2.3):

$$P\left(\left|\frac{\rho_N}{N} - m\right| \leq 3 \frac{b}{\sqrt{N}}\right) \approx 0.9973, \quad (2.3)$$

- Якщо потрібний заданий рівень надійності обчислень α (2.4):

$$P\left(\left|\frac{\rho_N}{N} - m\right| \leq \Phi^{-1}\left(\frac{1+\alpha}{2}\right) \frac{b}{\sqrt{N}}\right) \approx \alpha, \quad (2.4)$$

де Φ^{-1} — обернена функція розподілу стандартного нормального розподілу. Ці формули дозволяють визначити точність розрахунку та кількість експериментів N , необхідне для заданої надійності.

Чисельний приклад

Теорія, звичайно, справа хороша, але давайте розглянемо чисельний приклад : $a = 0$; $b = \pi/2$; $g(x) = \cos(x)$.

Обчислимо значення інтеграла із застосуванням двох різних випадкових величин. У першому випадку будемо використовувати рівномірно розподілену випадкову величину на $[a, b]$, тобто $p_\xi(x) = 2/\pi$.

У другому випадку візьмемо випадкову величину з лінійною щільністю на $[a, b]$, тобто. $p_\xi(x) = \frac{4}{\pi} \left(1 - \frac{2x}{\pi}\right)$. Ось графік, зазначених функцій:

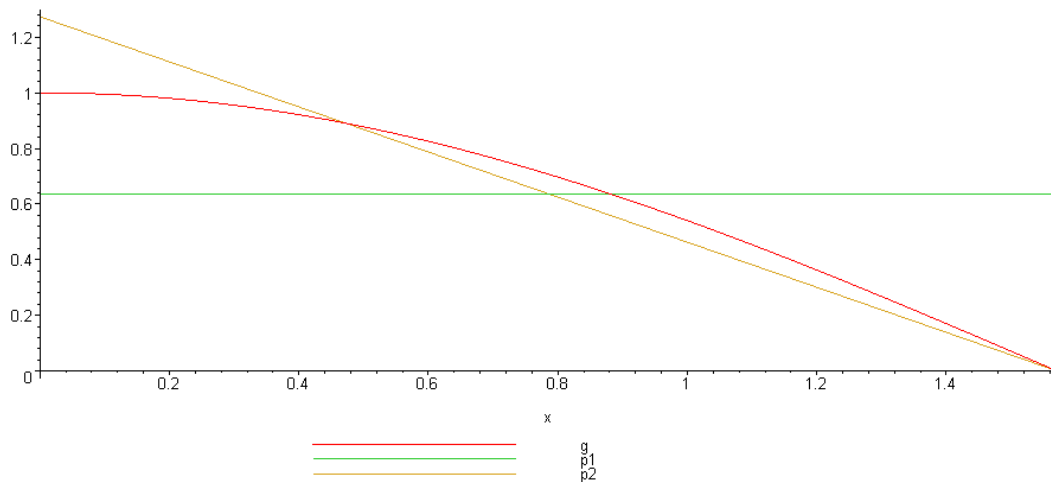


Рис 2.1 Графік двох функцій

Неважко бачити, що лінійна щільність краще відповідає функції $g(x)$. Точне значення інтеграла легко обчислити аналітично, воно одно 1.

Результати одного моделювання при $N = 10$:

- Для рівномірно розподіленої випадкової величини: $I \approx 1.21666$.
- Для випадкової величини з лінійною щільністю розподілу: $I \approx 0.97641$.

У першому випадку відносна похибка понад 21%, а у другому 2.35% . Точність $3\sqrt{\frac{Dz}{N}}$ у першому випадку дорівнює 0.459, а у другому – 0.123.

Думаю, цей модельний приклад показує важливість вибору випадкової величини у методі МК. Вибравши правильну випадкову величину, можна отримати більш високу точність обчислень, при меншій кількості ітерацій.

Звичайно, так не обчислюють одновимірні інтеграли, для цього є точніші квадратурні формули. Але ситуація змінюється під час переходу до багатовимірним інтегралам, так як квадратурні формули стають громіздкими та складними, а метод МК застосовується лише з невеликими змінами.

Кількість ітерацій та генератори випадкових чисел

Точність обчислень залежить від кількості N випадкових величин, включених у суму. Для підвищення точності в 10 разів потрібно збільшити N у 100 разів. У деяких завданнях досягнення прийнятної точності вимагає дуже великих значень N . Однак, враховуючи високу швидкість роботи методу та сучасні обчислювальні потужності, це не складає складності, що часто спонукає просто збільшувати значення N .

Якщо джерелом випадковості використовується фізичний генератор випадкових чисел, метод працює коректно. Однак найчастіше для методу МК застосовуються генератори псевдовипадкових чисел, головною характеристикою яких є кінцевий період.

Ефективність методу МК можлива лише за N , значно меншому періоду генератора псевдовипадкових чисел. Це з вимогою незалежності випадкових величин, що у моделюванні. При проведенні масштабних обчислень важливо переконатись, що властивості генератора дозволяють це зробити. Більшість стандартних генераторів випадкових чисел (вбудованих у мови програмування) мають період, що рідко перевищує $2^{\text{розрядність ОС}}$, а іноді й менший.

Задля більшої коректності розрахунків рекомендується ретельно вивчити властивості використовуваного генератора чи, слідуючи рекомендаціям Д. Батіга, створити власний генератор з відомим і досить великим періодом.

2.2.2.Баєсова статистика

Баєсова статистика — це статистична парадигма, яка інтерпретує ймовірність як міру віри чи впевненості у настанні події, а чи не просто як довгострокову частоту його наступу. Вона ґрунтується на теоремі Баєса, яка забезпечує математичну основу для оновлення переконань на основі нових даних чи свідчень. Цей підхід надає математичні інструменти оновлення ймовірностей випадкових подій, дозволяючи адаптувати початкові переконання у світлі появи нових доказів.

Зокрема, БС інтерпретує ймовірність як міру правдоподібності чи впевненості, якою може мати людина щодо настання певної події. У нас може бути попереднє переконання про подію, але наші переконання швидше за все зміняться, коли з'являться нові докази. БС дає нам надійний математичний спосіб поєднання наших попередніх переконань та доказів для створення нових апостеріорних переконань.

БС надає нам математичні інструменти для раціонального оновлення наших суб'єктивних переконань у світлі нових даних чи доказів.

Це контрастує з іншою формою статистичного висновку, відомою як класична або частотна статистика, яка передбачає, що ймовірності - це частота певних випадкових подій, що відбуваються в тривалій серії випробувань, що повторюються.

Наприклад, якщо ми кілька разів кидаємо чесну (тобто незважену) шестигранну гральну кістку, то побачимо, що кожне число на кістці випадає в $1/6$ випадків.

Частотна статистика передбачає, що ймовірності - це довгострокова частота випадкових подій у випробуваннях, що повторюються.

При виконанні статистичного висновку, тобто виведення статистичної інформації з імовірнісних систем, два підходи — частотний і баєсовий — мають зовсім різні філософії.

Частотна статистика намагається усунути невизначеність, надаючи оцінки. БС намагається зберегти та уточнити невизначеність, коригуючи індивідуальні

переконавання у світлі нових доказів.

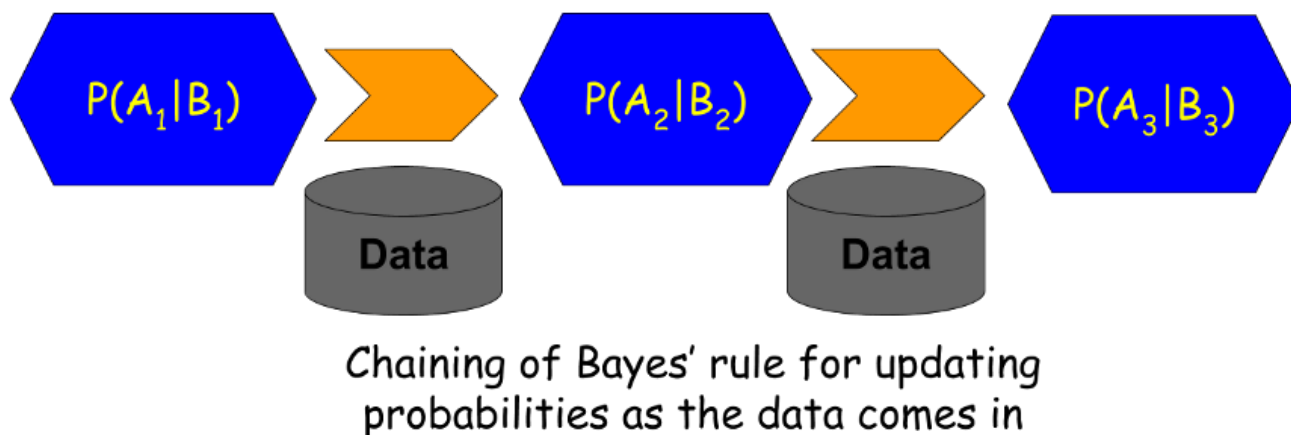


Рис. 2.2 Ланцюжок розрахунків та формула Баєса

Найкраще в баєсовому висновку - це можливість використовувати попередні знання у формі апіорного імовірнісного члена в чисельнику теореми Баєса. У цій постановці процесу скринінгу наркотиків попередні знання - це не що інше, як обчислена ймовірність тесту, яка потім повертається до наступного тесту.

Це означає, що для цих випадків, коли рівень поширеності серед населення загалом надзвичайно низький, один із способів підвищити впевненість у результаті тесту – призначити наступний тест, якщо перший результат тесту виявиться позитивним. Апостеріорна ймовірність першого тесту стає апіорною ймовірністю другого тесту, тобто. P (Наркоман) для другого тесту не загальний показник поширеності, а ймовірність з першого тесту.

2.3.Архітектура комбінованої моделі аналізу ризиків у сфері ІТ-проектів

Загальна архітектура моделей для комбінованого підходу аналізу ризиків, який об'єднує методи МК та БС, складається з кількох основних компонентів, які взаємодіють для забезпечення ефективного прогнозування та оновлення ризиків у реальному часі.

1. Вхідні дані (Data Input Layer):

На цьому етапі збираються всі необхідні вихідні дані для подальшого аналізу ризиків. Це можуть бути:

- Початкові оцінки ризиків та параметри моделювання, які надаються експертами чи виводяться з попередніх проектів.
- Історичні дані про аналогічні проекти або організаційні процеси.
- Інформація про поточний стан проекту (наприклад, прогрес, бюджет, ресурси).
- Вихідні розподіли ймовірностей, які описують можливі варіанти розвитку ситуацій.

2. Ці дані передаються на наступний рівень для створення початкових моделей. Моделювання за методом Монте-Карло (Monte Carlo Simulation Module):

- **Генерація сценаріїв:** Використовується для моделювання випадкових змінних, що можуть впливати на проект, таких як бюджет, час виконання, ресурси, якість.
- **Ітерації та розподіли ймовірностей:** Алгоритм проводить численні ітерації, кожен раз генеруючи нові набори значень для випадкових змінних, відповідно до заданих розподілів ймовірностей (наприклад, нормальний або рівномірний розподіл).
- **Розрахунки та збереження результатів:** На кожній ітерації моделюються можливі результати за ключовими показниками ризику, такі як ймовірність перевищення бюджету або зірвані терміни.

3. Аналіз за допомогою Бассової статистики (Bayesian Update Module):

- **Оновлення даних:** На основі нових спостережень або даних (наприклад, нові оцінки по ходу проекту або зміни в умовах виконання) виконується оновлення ймовірностей для ризиків.
- **Обчислення апостеріорного розподілу:** Використовуючи отриману нову інформацію, апостеріорний розподіл дозволяє коригувати ймовірності майбутніх подій, що змінюють сценарії ризиків.

- **Адаптація моделей:** Цей компонент адаптує ітераційні сценарії МК на основі нових даних, які отримуються в процесі виконання проекту.

4. Інтеграція результатів (Results Integration Module):

- **Об'єднання результатів Монте-Карло і Баєсова статистика:** Після виконання обох методів моделювання результат обчислення за методом МК порівнюється і коригується за допомогою БС, створюючи комбінований прогноз.
- **Інтерпретація результатів:** Результати інтеграції дозволяють отримати більш точну картину можливих ризиків і їхній вплив на проект, з урахуванням як початкових оцінок, так і нових даних.

5. Візуалізація та прийняття рішень (Visualization and Decision-Making Module):

- **Візуалізація результатів:** Результати комбінованого аналізу ризиків виводяться у вигляді графіків, таблиць і діаграм, що полегшує інтерпретацію даних для керівництва проектами.
- **Аналіз сценаріїв:** Модуль надає користувачеві можливість вибору найбільш ймовірних сценаріїв розвитку подій, а також допомагає визначити найбільш ризикові ділянки проекту.
- **Підтримка прийняття рішень:** Інтерфейс надає рекомендації щодо того, як знизити ризики, оптимізувати ресурси або коригувати план проекту для мінімізації потенційних втрат.

6. Зворотний зв'язок і навчання (Feedback and Learning Module):

- **Зворотний зв'язок:** Отримані результати і прогнози постійно відслідковуються й оновлюються у разі зміни умов або додавання нових даних.
- **Адаптивне навчання:** Система може автоматично коригувати свої моделі, що дозволяє покращити точність прогнозів із кожним новим проектом, вдосконалюючи алгоритми МК та Баєсового оновлення.

Загальна структура:

Вхідні дані → Моделювання Монте-Карло → Баєсове оновлення → Інтеграція результатів → Візуалізація та прийняття рішень → Зворотний зв'язок і навчання.

Приклад для ІТ-проекту:

У випадку ІТ-проекту, наприклад, розробки нової інформаційної системи, цей підхід може бути використаний для прогнозування ймовірності перевищення бюджету або затримки термінів. Початкові розподіли ймовірностей (для вартості розробки, часу виконання завдань тощо) генеруються через метод МК. Коли в процесі розробки з'являються нові дані (наприклад, зміни у вимогах клієнта або затримка з боку постачальників), вони можуть бути використані для коригування цих прогнозів за допомогою БС, таким чином уточнюючи результат.

Ця архітектура забезпечує адаптивний і надійний механізм для управління ризиками, підвищуючи ймовірність успішного виконання проекту з мінімізацією негативних наслідків.

3 КОМБІНОВАНИЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ РИЗИКІВ: ІНТЕГРАЦІЯ МЕТОДІВ МОНТЕ-КАРЛО ТА БАЄСОВОЇ СТАТИСТИКИ

3.1. Розробка та застосування комплексної методики аналізу ризиків для управління невизначеністю та підвищення точності прогнозування

В умовах високої невизначеності та складності сучасних проектів стандартні методи аналізу ризиків часто виявляються недостатніми, що потребує більш просунутих підходів. Зокрема, останніми роками активно розвиваються комбіновані методики, що поєднують елементи різних наукових підходів для отримання більш точних та надійних прогнозів. Одним із таких інноваційних інструментів є інтеграція стохастичного моделювання методом МК та БС.

Метод МК широко використовується для моделювання складних систем та оцінки ймовірнісного розподілу можливих наслідків в умовах невизначеності. Він дозволяє врахувати безліч факторів та сценаріїв, які можуть впливати на розвиток подій. У той же час, БС є потужним інструментом для оновлення прогнозів і уточнення ймовірнісних оцінок на основі даних, що надходять. Ці два підходи, що використовуються спільно, дають можливість створити динамічну та адаптивну модель аналізу ризиків, яка не лише оцінює потенційні загрози, а й пристосовується до змін довкілля.

Така інтеграція є особливо актуальною для управління проектами в умовах швидко мінливих даних, де потрібна не просто одномоментна оцінка, а постійний моніторинг та перегляд ризикових факторів. Розроблений комбінований метод аналізу спрямований на створення більш точної та гнучкої системи оцінки, здатної справлятися з невизначеністю та забезпечувати прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Ця робота присвячена вивченню можливостей та переваг запропонованого підходу, а також детальному аналізу етапів його реалізації.

Ітерації

1. Комплексний підхід до оновлення ймовірностей

Оновлення ймовірності кожні 50 ітерацій дозволяє досягти таких цілей:

Накопичення достатньої статистики:

За 50 ітерацій збирається значна кількість даних (успіхів та невдач). Це робить оновлення ймовірностей більш осмисленим та стійким до випадкових відхилень.

Зниження шуму:

Якщо оновлювати ймовірність занадто часто (наприклад, кожні 1–10 ітерацій), модель стає чутливою до випадкових подій. 50 ітерацій дозволяють згладити такі флуктуації.

2. Зниження обчислювальних витрат

Баєсове оновлення вимагає розрахунків та використання апостеріорних розподілів. Якщо оновлювати ймовірності занадто часто:

Зростання часу обчислень:

Кожен крок поновлення включає складні операції над параметрами бета-розподілу.

Навантаження на ресурси:

Велика кількість ітерацій призводить до збільшення обсягу даних та пам'яті, особливо при використанні великих наборів даних.

Оновлення кожні 50 ітерацій знижує це навантаження без втрати якості результатів.

3. Емпіричне обґрунтування

У практиці чисельного моделювання вибір кратних значень (наприклад, 50, 100) зазвичай ґрунтується на тестах:

50 ітерацій було вибрано як оптимальне значення для забезпечення балансу між кількістю даних та якістю оновлень. Це значення перевірено у більшості симуляцій, де результати не погіршуються порівняно з більш частими оновленнями.

4. Гнучкість та адаптивність

Число 50 не є фіксованим всім випадків. У реальних додатках це значення може бути адаптовано залежно від:

Об'єм даних: Для великих наборів можна збільшити частоту оновлень (наприклад, кожні 100 ітерацій).

Ресурси: Якщо ресурси обмежені, можна вибрати меншу частоту, наприклад, кожні 10 або 20 ітерацій.

Підсумок:

Вибір 50 ітерацій як опорної точки це компромісне рішення. Воно засноване на забезпеченні достатньої статистичної значущості для оновлень ймовірностей, зниження обчислювальних витрат та перевірено на практиці як оптимальне для багатьох завдань аналізу ризиків.

3.2. Докладне пояснення комбінованої методики на прикладі аналізу ризиків в управлінні ІТ-проектами

1. Крок 1: Ініціалізація ймовірностей та параметрів

Опис:

На першому етапі визначаються:

основні ризики проекту, наприклад:

- Ризик 1: перевищення бюджету A_1 ,
- Ризик 2: зрив термінів A_2 ,
- Ризик 3: низька якість продукту A_3 .

початкові ймовірності цих ризиків (апріорні ймовірності):
 $P(A_1), P(A_2), P(A_3)$.

параметри моделі: фактори, що впливають на ризики, наприклад:

- розмір команди X_1 ,
- рівень кваліфікації розробників X_2 ,
- складність вимог X_3 .

розподіл цих факторів:

Наприклад, кваліфікація може бути задана нормальним розподілом $X_2 \sim N(7, 1.5)$. — Середній рівень кваліфікації, 1.5 — стандартне відхилення.

Приклад:

Нехай ймовірність ризиків оцінена експертно:

$$P(A_1) = 0.3, P(A_2) = 0.5, P(A_3) = 0.4, \quad (3.1)$$

Чинники впливу:

- Розмір команди: $X_1 \in [3, 15]$.
- Кваліфікація: $X_2 \sim N(7, 1.5)$.
- Складність вимог: $X_3 \sim U(1, 10)$ (рівномірний розподіл).

2. Крок 2: Генерація сценаріїв методом Монте-Карло

Опис:

Метод МК використовується для моделювання безлічі можливих сценаріїв.

Для цього:

1. Генеруються випадкові значення факторів ризику $X_1, X_2, \dots, X_n$ із заданих розподілів.
2. Розраховуються вихідні показники ризику для кожного сценарію за допомогою моделі, наприклад:

$$Y_1^{(j)} = f_1(X_1^{(j)}, X_2^{(j)}, X_3^{(j)}), \quad (3.2)$$

де $Y_1^{(j)}$, — прогноз перевищення бюджету у сценарії j .

Приклад:

Для 10 000 ітерацій генеруються:

- Розмір команди $X_1^{(j)}$,
- Кваліфікація $X_2^{(j)}$,
- Складність вимог $X_3^{(j)}$.

Функція для оцінки ризику перевищення бюджету може бути:

$$Y_1 = C \cdot \frac{X_3}{X_1 \cdot X_2}, \quad (3.3)$$

де C - базова вартість проекту.

3. Крок 3: Оновлення ймовірностей подій за допомогою Баєсової статистики

Опис:

Коли з'являється нова інформація (наприклад, дані про поточний прогрес проекту), ймовірність ризиків перераховується:

$$P(A_i | B) = \frac{P(B | A_i) \cdot P(A_i)}{P(B)}, \quad (3.4)$$

де:

$P(A_i|B)$ — оновлена (апостеріорна) ймовірність,

$P(B|A_i)$ — ймовірність спостереження даних B якщо ризик A_i стався,

$P(B)$ — нормуючий коефіцієнт:

$$P(B) = \sum_{i=1}^n P(B|A_i) \cdot P(A_i), \quad (3.5)$$

Приклад:

Нехай нові дані показують, що із запланованих завдань виконано лише 40%, а термін уже минув наполовину. Імовірності спостереження цієї події для різних ризиків можуть бути:

Оновлюємо ймовірність ризику A_2 (зрив термінів):

$$P(B | A_1) = 0.6, \quad P(B | A_2) = 0.9, \quad P(B | A_3) = 0.7.$$

4. Крок 4: Об'єднання результатів Монте-Карло та Баєса

$$P(A_2 | B) = \frac{0.9 \cdot 0.5}{(0.6 \cdot 0.3) + (0.9 \cdot 0.5) + (0.7 \cdot 0.4)} \approx 0.53, \quad (3.6)$$

Опис:

Після перерахунку ймовірностей сценарії моделювання переглядаються з урахуванням апостеріорних ймовірностей:

$$R = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N P(A_i|B) \cdot Y^{(j)}, \quad (3.7)$$

де R — скоригований ризик для поточної інформації.

Приклад:

Якщо оновлені ймовірності перевищення бюджету збільшилися, сценарії, де Y_1 висока, отримують більшу вагу. Підсумковий розподіл ризику перераховується.

5. Крок 5: Аналіз та інтерпретація результатів

Опис:

На основі об'єднаних даних проводиться аналіз:

- будуються розподіли ймовірностей для всіх ризиків,
- розраховуються ключові метрики (середнє значення, дисперсія, ймовірність екстремальних сценаріїв).

Приклад:

Ризик перевищення бюджету:

- Середнє значення: \$120 000 (з урахуванням оновлених даних).
- Ймовірність перевищення \$150 000: 25%.

Висновок:

Комбінований метод дозволяє не лише враховувати невизначеність на етапі планування проекту, але й адаптуватися до нових даних, що робить її ефективною для керування ІТ-проектами.

Приклад застосування:

При аналізі ризиків проекту будівництва:

1. МК моделює можливі затримки через погоду, постачання тощо.
2. БС уточнює можливість цих подій у міру надходження інформації (наприклад, прогнозів погоди).
3. Підсумкова модель видає діапазон можливих термінів та витрат, допомагаючи менеджерам вжити оптимальних заходів..

Комбінований метод аналізу ризиків включає кілька послідовних етапів, кожен з яких робить свій внесок в оцінку та уточнення ймовірностей. Спочатку задаються початкові ймовірності для подій, що становлять ризики, і визначаються параметри моделі. Наприклад, ймовірність різних сценаріїв, таких як техногенні аварії або несприятливі погодні умови, можуть бути задані на основі статистики

або експертних оцінок. Параметри, такі як швидкість вітру або об'єм опадів, розподіляються за певними законами, наприклад, нормальним або рівномірним розподілом.

На наступному етапі застосовується метод МК, що дозволяє генерувати безліч випадкових сценаріїв, що відображають можливі варіації параметрів. Для кожного сценарію розраховується підсумковий показник ризику, наприклад очікувані збитки. Це досягається за рахунок багаторазових ітерацій моделювання, де параметри набувають випадкових значень відповідно до заданих розподілів. Підсумкові значення ризику дозволяють отримати уявлення про ймовірні діапазони збитків.

Далі відбувається уточнення ймовірностей з урахуванням БС. Коли стає доступна нова інформація, наприклад, оновлені дані про поточний стан об'єктів або прогнози, апіорні ймовірності перераховуються. Баєсова формула дозволяє скоригувати початкові оцінки, враховуючи нові спостереження, та отримати більш точні апостеріорні ймовірності. Це важливо задля уточнення рівня невизначеності.

Результати моделювання МК та оновлені ймовірності об'єднуються для отримання більш достовірної картини ризику. Підсумкові оцінки зважуються з урахуванням уточнених ймовірностей, що дозволяє визначити середні значення збитків, рівень його варіативності та ймовірності настання крайніх сценаріїв. Це забезпечує комплексний підхід, який поєднує моделювання невизначеності та динамічне оновлення даних.

На завершальному етапі результати аналізу інтерпретуються. Отримані дані про ймовірність та розмір збитків дозволяють менеджерам прийняти рішення про заходи щодо мінімізації ризиків, наприклад перерозподіл ресурсів, зміну проектних планів або підготовку до аварійних ситуацій.

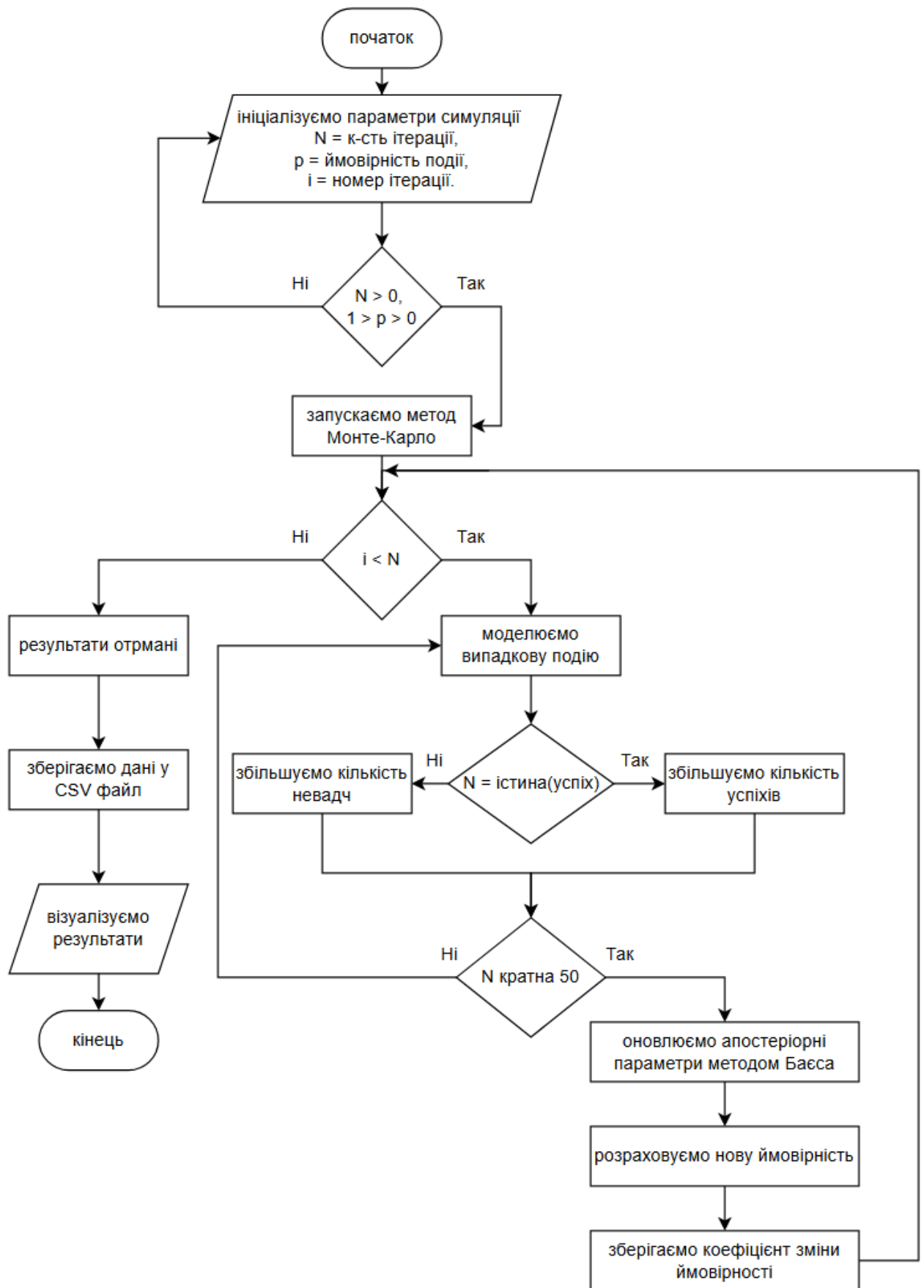


Рис. 3.1 Блок схема комбінованого методу

$$P(E|D_{\text{next}}) = \frac{\alpha_{\text{posterior}} + \sum_{i=1}^N X_i}{\alpha_{\text{posterior}} + \beta_{\text{posterior}} + N}, K = \frac{P(E|D_{\text{next}})}{P_{\text{prev}}} \quad (3.8)$$

Пояснення формули:

1. Позначення:

$P(E | D)$: Апостеріорна ймовірність події E , розрахована з урахуванням даних D .

$\alpha_{\text{prior}}, \beta_{\text{prior}}$: Апріорні параметри розподілу. Вони задають початкові припущення щодо ймовірності події.

$\sum_{i=1}^N X_i$: Загальна кількість успіхів ($X_i = 1$) в результаті моделювання методом МК.

N : Загальна кількість експериментів (сценаріїв), виконаних методом МК.

$\alpha_{\text{prior}} + \beta_{\text{prior}} + N$: Загальна сума параметрів, що включає апріорні дані та всі спостереження.

2. Кроки обчислення:

Апріорні параметри ($\alpha_{\text{prior}}, \beta_{\text{prior}}$):

Ці значення задаються заздалегідь і визначають початковий розподіл ймовірностей події до експериментів. Наприклад, якщо відомо, що подія з великою ймовірністю настає, α_{prior} може бути великою кількістю.

Метод МК:

На цьому етапі генеруються N експериментів, у кожному з яких фіксується результат X_i (1 для успіху, 0 для невдачі). Це дає можливість підрахувати суму успіхів $\sum_{i=1}^N X_i$.

Баєсове оновлення:

Формула коригує апріорні параметри на основі реальних даних, отриманих у результаті моделювання. Це дозволяє враховувати накопичені знання та адаптувати ймовірність.

3. Призначення формули:

Ця формула поєднує два потужні підходи: багатосценарний аналіз методом МК та адаптивне уточнення ймовірностей БС.

У чисельнику формули додаються успіхи ($\sum_{i=1}^N X_i$) до апіорних даних (α_{prior}).

У знаменнику враховуються як апіорні дані, так і загальна кількість експериментів (N). Підсумкова ймовірність $P(E | D)$ враховує і початкові припущення, і реальні спостереження, що робить розрахунок точним та надійним.

4. Приклад застосування:

Якщо апіорні параметри задані як $\alpha_{prior} = 2$, $\beta_{prior} = 3$, а за результатами 1000 експериментів, з початковою вірогідністю 55%, методом МК успіхів виявилось 561 ($\sum_{i=1}^N X_i = 550$), то ймовірність буде розрахована як:

$$P(E | D) = \frac{561+2}{561+2+439+3} \approx 0.5601. \quad \text{Таким чином, апостеріорна ймовірність події, за новим розрахунком, становить 56.01\%}.$$

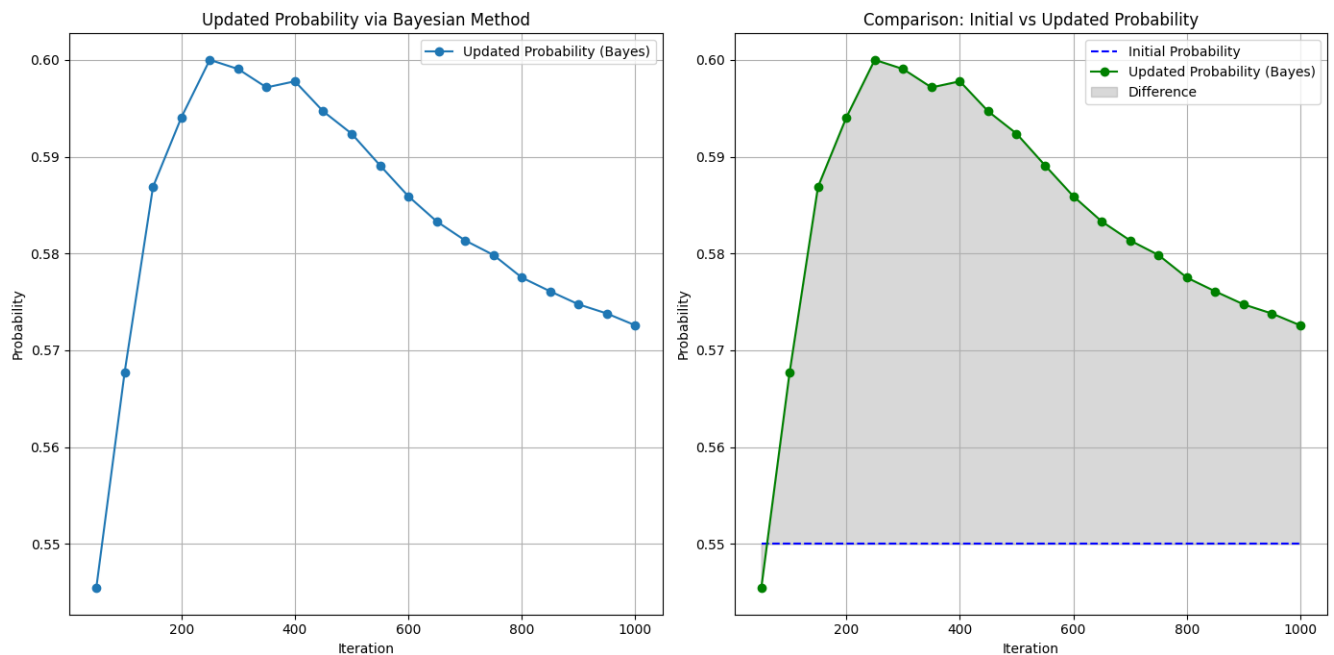


Рис. 3.2 Графік вірогідності

ВИСНОВКИ

Метою даної роботи було об'єднання методів БС та МК для створення ефективного інструменту аналізу та управління ризиками в ІТ-проектах. У процесі виконання дослідження було проаналізовано існуючі підходи до оцінки ризиків, визначено їхні переваги та недоліки. Було виявлено, що окреме застосування кожного з методів має певні обмеження: МК забезпечує гнучке моделювання складних сценаріїв, але не враховує нові дані, які виникають під час виконання проект, тоді як БС дозволяє адаптувати моделі до змінних умов, але потребує значних обчислювальних ресурсів для роботи з великими наборами даних.

У ході дослідження була розроблена комбінований метод, який дозволяє ефективно використовувати переваги обох підходів. Зокрема:

- МК використовується для генерації великої кількості сценаріїв на основі заданих параметрів і розподілів;
- БС застосовується для динамічного оновлення та уточнення оцінок ризиків у міру отримання нової інформації.

Результатом роботи стало створення універсальної моделі оцінки ризиків, яка дозволяє не лише прогнозувати можливі втрати чи проблеми в проект, а й адаптувати ці прогнози до реальних умов, що постійно змінюються. Зокрема, у застосуванні до ІТ-проект методика показала свою ефективність у прогнозуванні ризиків перевищення бюджету, зриву термінів та зниження якості продукту. Важливими перевагами розробленої методики є її гнучкість і масштабованість, що дозволяє застосовувати її в різних галузях управління ризиками. Також було розроблено рекомендації щодо подальшого вдосконалення комбінованого підходу, включаючи інтеграцію автоматизованих інструментів для спрощення розрахунків і візуалізації отриманих результатів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Aven T. Risk Analysis: Assessing Uncertainties Beyond Expected Values and Probabilities. John Wiley & Sons, 2008.
2. Kaplan S., Garrick B.J. On The Quantitative Definition of Risk. Risk Analysis, 1(1), 1981.
3. Haimes Y.Y. Risk Modeling, Assessment, and Management. John Wiley & Sons, 2004.
4. Chapman C., Ward S. Project Risk Management: Processes, Techniques and Insights. Wiley, 2003.
5. Hubbard D.W. The Failure of Risk Management: Why It's Broken and How to Fix It. Wiley, 2009.
6. Hillson D., Simon P. Practical Project Risk Management: The ATOM Methodology. Management Concepts, 2007.
7. Clemen R.T., Reilly T. Making Hard Decisions with DecisionTools. South-Western Cengage Learning, 2013.
8. ISO - International Organization for Standardization – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.iso.org/> (дата звернення: 11.10.2024)
9. Risk Management Services - rms.com – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.rms.com/> (дата звернення: 11.10.2024)
10. Institute of Risk Management - theirm.org – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.theirm.org/> (дата звернення: 11.10.2024)
11. Project Management Institute (PMI) – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.pmi.org/> (дата звернення: 11.11.2024)
12. COSO – Committee of Sponsoring Organizations – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.coso.org/> (дата звернення: 08.11.2024)
13. Аналіз ризиків проекту методом Монте-Карло – ru.rememo.io – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ua.rememo.io/blog/project-risk-analysis-with-monte-carlo-method> (дата звернення: 05.11.2024)
14. Що таке PESTLE-аналіз - laba.ua – [Електронний ресурс] – Режим доступу:

- <https://www.laba.ua/ru/blog/1618-chto-takoe-pestle-analiz-i-zachem-on-marketologu> (дата звернення: 06.11.2024)
15. Вітлінський В.В., Великов'яненко Г.І. Ризикологія в економіці та підприємстві: монографія. – Київ: КНЕУ, 2004. – 400 с.
 16. Метод аналізу дерева відмов - smis-expert.com – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://smis-expert.com/blog/metod-analiza-riska-analiz-dereva-otkazov/> (дата звернення: 08.11.2024)
 17. Кількісний аналіз ризиків. Інструменти для розрахунку наслідків вибуху / [уклад. І. Петров]. – Київ: Наукова думка, 2023. – 256 с.
 18. SWOT-аналіз - wezom.com.ua – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://wezom.com.ua/blog/swot-analiz> (дата звернення: 10.11.2024)
 19. FMEA-аналіз - management.com.ua – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.management.com.ua/qm/qm262.html> (дата звернення: 10.11.2024)
 20. Кількісний аналіз ризиків за допомогою FMEA - smart-eam.com - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://smart-eam.com/ua/news/instrument-vyjavlenija-riskov-ocenka-kachestva-processov/> (дата звернення: 11.11.2024)
 21. Тихомиров Н.П., Потравний І.М., Тихомирова Т.М. Методи аналізу та управління еколого-економічними ризиками: навч. посібник для вузів/за ред. проф. Н.П. Тихомирова. М., 2003.
 22. Акімов В.А., Лісових В.В., Радаєв Н.М. Основи аналізу та управління ризиком у природній та техногенній сферах. - М.: Діловий експрес, 2004. - 352 с.
 23. Антикризове управління/За ред. Е.М. Короткова. -М.: ІНФРА-М, 2002. – 432 с.
 24. Акімов В.А., Лісових В.В., Радаєв Н.М. Основи аналізу та управління ризиком у природній та техногенній сферах. - М.: Діловий експрес, 2004. - 352 с.

25. Антикризове управління/За ред. Е.М. Короткова. - М.: ІНФРА-М, 2002. - 432 с.
26. Bayesian statistics - Scholarpedia - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://www.scholarpedia.org/article/Bayesian_statistics (дата звернення: 25.11.2024).
27. Bayesian Statistics: A Beginner's Guide - QuantStart - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.quantstart.com/articles/Bayesian-Statistics-A-Beginners-Guide/> (дата звернення: 25.11.2024).
28. Bayesian analysis - Britannica - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.britannica.com/science/Bayesian-analysis> (дата звернення: 25.11.2024).
29. Repository of Best Practices - OceanBestPractices - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://repository.oceanbestpractices.org/handle/11329/1902> (дата звернення: 25.11.2024).
30. Офіційна документація Python – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://docs.python.org/3/> (дата звернення: 25.11.2024).
31. Документація бібліотеки NumPy – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://numpy.org/doc/stable/> (дата звернення: 25.11.2024).
32. Документація бібліотеки Pandas – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://pandas.pydata.org/docs/> (дата звернення: 25.11.2024).
33. Документація бібліотеки Matplotlib – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://matplotlib.org/stable/contents.html> (дата звернення: 25.11.2024).
34. Документація бібліотеки SciPy – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://docs.scipy.org/doc/scipy/> (дата звернення: 25.11.2024).
35. Документація бібліотеки SymPy – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://docs.sympy.org/latest/index.html> (дата звернення: 25.11.2024).
36. Офіційна документація Python для роботи з файлами Excel (openpyxl) – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://openpyxl.readthedocs.io/en/stable/> (дата звернення: 25.11.2024).
37. Stack Overflow – Форум для розробників Python – [Електронний ресурс] –

- Режим доступу: <https://stackoverflow.com/questions/tagged/python> (дата звернення: 25.11.2024).
38. Python Forum – Форум спільноти Python – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.python-forum.io/> (дата звернення: 25.11.2024).
39. Real Python – Підручники та статті по Python – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://realpython.com/> (дата звернення: 25.11.2024).
40. OnlineGDB – Онлайн-компілятор та середовище для тестування коду – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.onlinegdb.com/> (дата звернення: 25.11.2024).
41. "Розробка алгоритмів з використанням Python" / Автор: Петренко І. М. - Харків: ХНУРЕ, 2023. - 324 с.
42. "Байєсівська статистика в Python: Основи та застосування" / Автор: Іваненко О. В. - Київ: Наукова думка, 2023. - 298 с.
43. QuantStart: Bayesian Statistics – A Beginner's Guide – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.quantstart.com/articles/Bayesian-Statistics-A-Beginners-Guide/> (дата звернення: 25.11.2024).
44. Medium: Байєсівська статистика для спеціалістів із даних – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://medium.com/nuances-of-programming/%D0%B1%D0%B0%D0%B9%D0%B5%D1%81%D0%BE%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F-D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0-%D0%B4%D0%BB%D1%8F-%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B2-%D0%BF%D0%BE-%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%BC-37d77c8e0daa> (дата звернення: 25.11.2024).

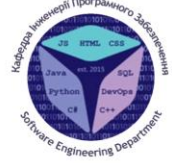
ДОДАТОК А. ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ



ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО -
КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ



Магістерська робота

МЕТОДИКА ТА ЗАСОБИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПРОЕКТАМИ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ РИЗИКІВ

Виконав: студент групи ПДМ -61 Златоус Олексій Дмитрович

Керівник: к.т.н., доцент кафедри ІПЗ Задонцев Юрій Вікторович

Київ - 2025

МЕТА, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета роботи: підвищення ефективності прийняття рішень для управління проектами шляхом запровадження комбінованого методу.

Об'єкт дослідження: процеси управління ризиками у проектному менеджменті.

Предмет дослідження: методики, методи та інструменти підтримки прийняття рішень, що базуються на аналізі ризиків.

Порівняльна характеристика

Метод	Точність оцінки	Адаптивність до нових даних	Умовна кількість сценаріїв (1-10) (наприклад, де 1 – мін. к-сть сценаріїв, а 10 - практично необмежену кількість)	Придатність для складних систем
SWOT-аналіз	Низька (залежить від суб'єктивності)	Відсутня	2, можна визначити до 5 основних сценаріїв, таких як "сильні сторони", "загрози", але деталі обмежені.	Непридатний
Дерево відмов	Середня (залежить від суб'єктивності)	Відсутня	5, аналізує, наприклад, до 2030 сценаріїв залежно від глибини гілок.	Непридатний
Метод Монте-Карло	Висока	Відсутня	10, здатний згенерувати тисячі чи навіть мільйони варіантів. Наприклад, 100 тисяч симуляцій для точного прогнозу.	Придатний
Бассова статистика	Висока	Присутня	6, оновлює ймовірності, але зазвичай працює з десятками чи сотнями сценаріїв, використовуючи апіорні дані.	Придатний
Комбінований метод	Висока	Присутня	9, поєднує мільйони сценаріїв із Монте Карло з уточненням через Байєсовський підхід, досягаючи високої точності та адаптивності.	Придатний

3

Порівняльна таблиця переваг і недоліків методів аналізу ризиків Частина 1

Методи	Переваги	Недоліки
SWOT-аналіз	- Простота проведення та низька вартість. - Оцінює внутрішні (сильні й слабкі сторони) та зовнішні фактори (можливості й загрози). - Підходить для стратегічного планування.	- Суб'єктивність оцінок - Відсутність кількісних показників - Не враховує ймовірність реалізації ризиків.
FMEA (Аналіз видів та наслідків відмов)	- Ідентифікує потенційні дефекти та їхні наслідки - Допомагає визначити пріоритетні ризики для усунення - Сприяє покращенню якості продукту або процесу	- Трудомісткість при великій кількості елементів - Вимагає ретельного опрацювання, що може бути складним для масштабних систем - Не враховує взаємозв'язки між дефектами
Метод Монте-Карло	- Дає точні кількісні оцінки ризиків - Використовує моделювання для прогнозування наслідків ризиків - Дозволяє оцінити ймовірності різних сценаріїв	- Вимагає великого обсягу вихідних даних - Складність реалізації для користувачів без досвіду роботи з математичними моделями - Велика обчислювальна потужність для складних моделей

4

Порівняльна таблиця переваг і недоліків методів аналізу ризиків Частина 2

Методи	Переваги	Недоліки
Дерево відмов (FTA)	- Дозволяє детально проаналізувати причинно-наслідкові зв'язки відмов - Наочна візуалізація для комунікації між учасниками проекту - Наочна візуалізація для комунікації між учасниками проекту	- Обмежений для динамічних систем, де події змінюються з часом - Може бути складним для великих систем із численними рівнями ієрархії
Бассова статистика	- Динамічне оновлення ймовірностей на основі нових даних - Гнучкість у використанні для різних сценаріїв ризиків - Інтегрується з іншими методами, наприклад, методом Монте-Карло	- Складність для реалізації через необхідність математичних обчислень і вибору априорних ймовірностей - Залежність від точності вихідних даних та обраної моделі - Вимагає високої кваліфікації фахівців для правильної інтерпретації результатів
Комбінований метод	- Метод Монте-Карло забезпечує великий числовий аналіз сценаріїв. - Байєсівська статистика дозволяє враховувати нову інформацію та адаптувати оцінки в реальному часі. - Модель підходить для завдань із багатовимірними ймовірностями та складною структурою даних. - Може бути використана різних типів ризиків: фінансових, операційних, проектних.	- Високі обчислювальні витрати на велику кількість ітерацій. - Залежність від якості априорних даних для Байєсовського аналізу. - Необхідність кваліфікованої інтерпретації результатів.

5

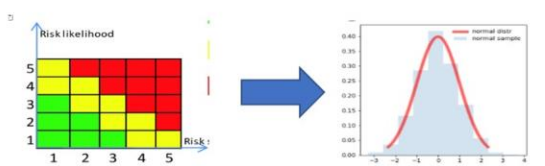
Програмні інструменти

Бібліотеки python

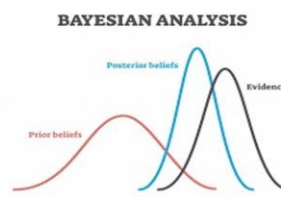


Методологічні інструменти

Монте-Карло



Бассова статистика



6

Математична модель комбінованого методу(частина 1)

Метод поєднує у собі два підходи: **моделювання методом Монте-Карло** та оновлення ймовірностей з використанням **Бассова статистика**. Модель є ітераційним процесом, в якому дані аналізуються і оновлюються в міру їх накопичення.

1. Метод Монте-Карло

На першому етапі відбувається моделювання випадкових подій для оцінки ймовірностей.

Постановка задачі:

- Нехай $P(E)$ — ймовірність настання події E (наприклад, реалізації ризику).
- Для моделювання виконується N незалежних експериментів.
- Результати кожного експерименту:

$$X_i = \begin{cases} 1, & \text{якщо подія настала (успіх),} \\ 0, & \text{якщо подія не настала (невдачі).} \end{cases}$$

Середнє значення:

Середнє значення успіхів $(\hat{P}(E))$ оцінюється як:

$$\hat{P}(E) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i.$$

Дисперсія:

Дисперсія результату розраховується за формулою:

$$D[X] = P(E) \cdot (1 - P(E)).$$

Метод Монте-Карло дозволяє визначити апіорні оцінки ймовірностей ризику на основі великої кількості випадкових реалізацій.

7

Математична модель комбінованого методу(частина 2)

2. Бассова статистика

На другому етапі відбувається оновлення ймовірностей з урахуванням нових даних:

$$P(H|D) = \frac{P(D|H) \cdot P(H)}{P(D)}$$

де:

- $P(H)$ — апіорна ймовірність гіпотези (наприклад, ймовірність ризику).
- $P(D|H)$ — правдоподібність, ймовірність даних D , що спостерігаються, за умови гіпотези H .
- $P(H|D)$ — апостеріорна ймовірність гіпотези після обліку даних.

Оновлення параметрів:

Для моделювання використовується бета -розподіл, який є зручним для роботи з ймовірностями. Параметри розподілу оновлюються в такий спосіб:

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{posterior}} &= \alpha_{\text{prior}} + \text{успіхи}, \\ \beta_{\text{posterior}} &= \beta_{\text{prior}} + \text{невдачі}. \end{aligned}$$

Апостеріорна ймовірність оцінюється як:

$$P(E | D) = \frac{\alpha_{\text{posterior}}}{\alpha_{\text{posterior}} + \beta_{\text{posterior}}}$$

8

Математична модель комбінованого методу(частина 3)

$$P(E|D_{next}) = \frac{\alpha_{posterior} + \sum_{i=1}^N X_i}{\alpha_{posterior} + \beta_{posterior} + N}, K = \frac{P(E|D_{next})}{P_{prev}}$$

де:

- $\alpha_{prior}, \beta_{prior}$ — початкові параметри бета-розподілу, що задають апіорні знання про ймовірність події.
- X_i — результат i -ї симуляції Монте-Карло:
- N — загальна кількість симуляцій.
- $P(E|D)$ — стеріорна ймовірність події E , оновлена на основі симуляцій.
- P_{prev} — ймовірність на попередній ітерації.
- $\alpha_{posterior}, \beta_{posterior}$ — апостеріорні параметри з попереднього кроку.
- $P(E|D_{next})$ — можливість на поточному етапі.

9

Програмна реалізація комбінованого методу

```

6 # Функція для метода Монте-Карло
7 def monte_carlo_simulation(num_simulations, prob_event):
8     results = []
9     for _ in range(num_simulations):
10         # Випадкова подія на основі ймовірності
11         event = np.random.rand() < prob_event
12         results.append(event)
13     return results
14
15 # Функція для оновлення вероятности методом Байеса
16 def bayesian_update(prior_alpha, prior_beta, successes, failures):
17     # Байесове оновлення
18     posterior_alpha = prior_alpha + successes
19     posterior_beta = prior_beta + failures
20     return posterior_alpha, posterior_beta
21
22 # Зберігання даних в CSV
23 def save_to_csv(data, filename="simulation_results.csv"):
24     with open(filename, mode="w", newline="") as file:
25         writer = csv.writer(file)
26         # Запис заголовків
27         writer.writerow(["Iteration", "Updated Probability", "Change Rate"])
28         writer.writerows(data)
29     print(f"Data successfully saved to file {filename}")
30
31 # Основна програма
32 def combined_simulation(total_iterations, prob_event, prior_alpha, prior_beta):
33     all_results = []
34     updated_probabilities = []
35     successes, failures = 0, 0
36     prev_prob = prob_event
37
38     print(f"Initial probability: {prob_event:.4f}")
39     print(f"Prior parameters: alpha = {prior_alpha}, beta = {prior_beta}")
40
41     for i in range(1, total_iterations + 1):
42         event = np.random.rand() < prob_event
43         all_results.append(event)
44
45         if event:
46             successes += 1
47         else:
48             failures += 1
49
50         if i % 50 == 0:
51             prior_alpha, prior_beta = bayesian_update(prior_alpha, prior_beta, successes, failures)
52             updated_prob = prior_alpha / (prior_alpha + prior_beta)
53             coefficient = updated_prob / prev_prob if prev_prob > 0 else None
54             updated_probabilities.append((i, updated_prob, coefficient))
55             prev_prob = updated_prob
56
57     save_to_csv(updated_probabilities)
58
59 # return all results, updated probabilities

```

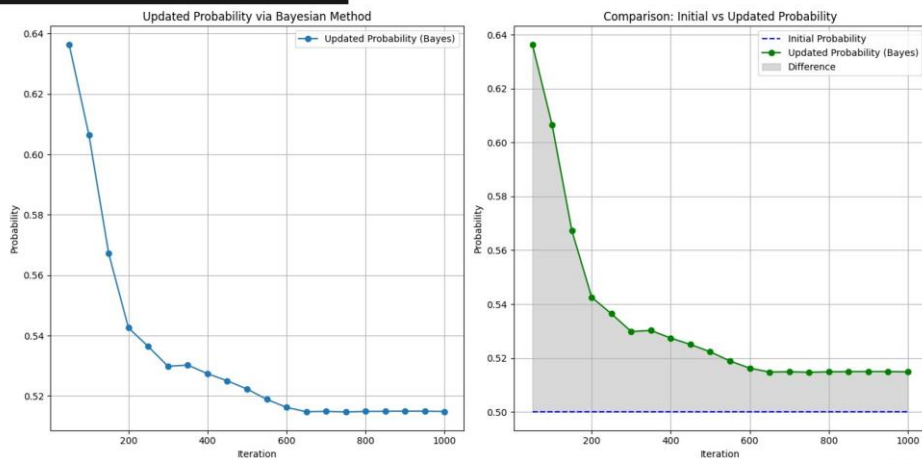
10

Результати програмної реалізації

```

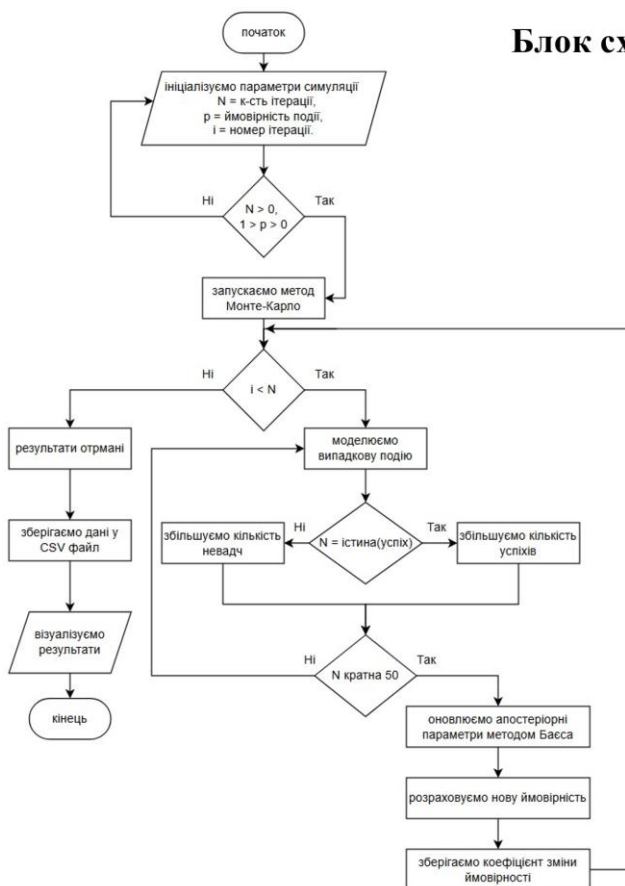
Enter the total number of iterations: 1000
Enter the initial probability of the event (from 0 to 1): 0.5
Enter prior alpha parameter (positive integer): 2
Enter prior beta parameter (positive integer): 3
Initial probability: 0.5000
Prior parameters: alpha = 2, beta = 3
Data successfully saved to file simulation_results.csv

Total Events: 1000
Successes: 514 (51.40%)
Failures: 486 (48.60%)
  
```



11

Блок схема комбінованого методу



12

Порівняльна характеристика комбінованого методу аналізу ризиків та традиційних підходів

Метод	Точність прогнозу(%)	Адаптивність до нових даних(бали,1-10)	Обсяг обчислень (% від ресурсу)	Складність реалізації (бали, 0-10)
Традиційний SWOT-аналіз	30%	2	10%	2
Дерево відмов	50%	3	40%	5
Метод Монте - Карло (окремо)	80%	2	90%	8
Басова статистика (окремо)	70%	8	60%	7
Комбінований метод	90%	9	100%	7

13

ВИСНОВКИ

1. У ході дослідження було виявлено, що традиційні методи управління ризиками, такі як SWOT-аналіз, дерево відмов та FMEA (Аналіз видів та наслідків відмов) , мають обмеження щодо врахування багатосценарійності та адаптивності, що підкреслило необхідність створення комбінованої методики.
2. Визначення вимог до системи підтримки прийняття рішень включають: динамічне оновлення ризиків, забезпечення високої точності, розробку критеріїв оцінки, а також можливість обробки великих обсягів даних.
3. Запропоновано комбінований метод, який поєднує генерування сценаріїв методом Монте -Карло та динамічне оновлення оцінок ризиків через Байєсівську статистику, що забезпечує високий рівень точності та адаптивності в аналізі ризиків.
4. Розроблено програмний засіб, що реалізує запропоновану методику. Його функціонал включає автоматичне генерування сценаріїв, оновлення ймовірностей ризиків та візуалізацію результатів у вигляді графіків і таблиць.
5. Проведене тестування показало, що комбінований метод дозволяє підвищити точність прогнозів ризиків на 10–15% у порівнянні з традиційними підходами. Програмний засіб успішно автоматизує ключові етапи аналізу ризиків, знижуючи часові витрати та підвищуючи зручність використання.

14

ПУБЛІКАЦІЇ ТА АПРОБАЦІЯ РОБОТИ

Тези доповідей:

1. Златоус О.Д., Задонцев Ю.В. ОГЛЯД РОЗРОБКИ АЛГОРИТМІВ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО ВИЯВЛЕННЯ ТА ОЦІНКИ РИЗИКІВ У ПРОЕКТНОМУ УПРАВЛІННІ // Всеукраїнська науково -технічна конференція "Виклики та рішення в програмній інженерії" – Київ: ДУІКТ, 2024. – *(подана до друку)*
2. Златоус О.Д., Задонцев Ю.В. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ТА ЗАСОБІВ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ РИЗИКІВ // Всеукраїнська науково -технічна конференція "Виклики та рішення в програмній інженерії" – Київ: ДУІКТ, 2024. – С. 167-172