

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра інформаційно-обчислювальних систем і управління

СИМОНІК Денис Федорович

**Модель оцінювання ризиків прийняття рішень в проєктах
розробки програмного забезпечення / Model for Risk
Assessment in Decision-Making in Software Development
Projects**

спеціальність: 122 - Комп'ютерні науки
освітньо-професійна програма - Управління проєктами

Кваліфікаційна робота

Виконав студент групи КНУПм-21
Д. Ф. Симонік

Науковий керівник:
к.е.н., доцент Г. М. Гладій

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту:
«___» _____ 20___ р.
Завідувач кафедри
_____ М.П. Комар

ТЕРНОПІЛЬ - 2023

Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра інформаційно-обчислювальних систем і управління
Освітній ступінь «магістр»
спеціальність: 122 – Комп'ютерні науки
освітньо-професійна програма – Комп'ютерні науки

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ М.П. Комар
« ____ » _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Симонік Денис Федорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи

Модель оцінювання ризиків прийняття рішень в проектах розробки програмного забезпечення / Model for Risk Assessment in Decision-Making in Software Development

керівник роботи к.е.н., доцент Г. М. Гладій

затверджені наказом по університету від 8 грудня 2022 року № 491.

2. Строк подання студентом закінченої кваліфікаційної роботи 1 грудня 2023 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: завдання на кваліфікаційну роботу студента, наукові статті, технічна література.

4. Основні питання, які потрібно розробити

- уточнити поняття ризику в контексті розробки програмного забезпечення;
- сформулювати набір ризиків у процесі прийняття рішень при розробці програмних продуктів;
- виявити критерії оцінювання ризику та їх важливість;
- розробити багатокритеріальну модель оцінювання ризиків на основі комбінації методів fuzzy DEMATEL та TOPSIS;
- провести апробацію розробленої моделі оцінювання ризиків на прикладі конкретного проекту.

5. Перелік графічного матеріалу у роботі

- графічна модель ризику;
- основні типи ризиків при розробці ПЗ;
- логічний процес аналізу ризику;
- підходи до оцінювання ризиків.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 8 грудня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Теоретичні засади оцінювання ризиків у програмній інженерії	12.2022 р. – 03.2023 р.	
2	Методологічні основи створення моделі оцінювання ризиків прийняття рішень в проєктах розробки пз	03.2023 р. – 05.2023 р.	
3	Експериментальне дослідження моделі оцінювання ризиків прийняття рішень	05.2023 р. – 11.2023 р.	
4	Повне завершення та представлення кваліфікаційної роботи на кафедрі	01.12.2023 р.	

Студент _____ Д.Ф. Симонік
підпис

Керівник роботи _____ к.е.н., доцент Г. М. Гладій
підпис

РЕЗЮМЕ

Кваліфікаційна робота на тему «Модель оцінювання ризиків прийняття рішень в проєктах розробки програмного забезпечення» на здобуття освітнього ступеня «Магістр» зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» освітньої програми «Управління проєктами» написана обсягом в 84 сторінки і містить 16 ілюстрацій, 19 таблиць, 1 додаток та 43 використаних джерел.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка моделі оцінювання ризиків при прийнятті рішень на засадах багатокритеріального підходу.

Методи досліджень: експертне оцінювання, багатокритеріальне прийняття рішень, нечітка логіка, математичного моделювання.

Результати дослідження: уточнено поняття ризику в контексті розробки програмного забезпечення; сформовано набір ризиків у процесі прийняття рішень при розробці програмних продуктів; виявлено критерії оцінювання ризику та їх важливість; розроблено багатокритеріальну модель оцінювання ризиків на основі комбінації методів fuzzy DEMATEL та TOPSIS; проведено апробацію розробленої моделі оцінювання ризиків на прикладі конкретного проєкту.

Результати роботи можуть успішно застосовуватися в різних галузях, де важливо ефективно управляти ризиками при створенні програмних продуктів.

Ключові слова: УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ, МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ, ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ, FUZZY DEMATEL, TOPSIS, БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНЕ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ.

ABSTRACT

Qualification work on the topic «Model for Risk Assessment in Decision-Making in Software Development» for Master's degree on speciality 122 «Computer Science» educational and professional program "Project Management" is written on 84 pages and it contains 16 figures, 19 tables , 1 annex and 43 sources.

The purpose of this qualification work is to develop a risk assessment model for decision-making based on a multi-criteria approach.

Research methods: expert evaluation, multi-criteria decision-making, fuzzy logic, mathematical modeling.

Research results: the concept of risk in the context of software development has been clarified; a set of risks was formed in the decision-making process during the development of software products; risk assessment criteria and their importance are identified; a multi-criteria risk assessment model was developed based on a combination of fuzzy DEMATEL and TOPSIS methods; the developed risk assessment model was tested on the example of a specific project.

The results of the work can be successfully applied in various industries, where it is important to effectively manage risks when creating software products.

Keywords: PROJECT MANAGEMENT, RISK ASSESSMENT MODEL, DECISION MAKING, FUZZY DEMATEL, TOPSIS, MULTI-CRITERIAL DECISION MAKING.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ У ПРОГРАМНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ	10
1.1 Аналіз ризиків прийняття рішень в проєктах розробки ПЗ.....	10
1.2 Основні підходи до оцінювання ризиків прийняття рішень в проєктах розробки ПЗ.....	18
1.3 Огляд моделей оцінювання ризиків прийняття рішень в проєктах розробки ПЗ.....	27
Висновки до розділу 1.....	33
2 МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ПРОЄКТАХ РОЗРОБКИ ПЗ	34
2.1 Методи багатокритеріального прийняття рішень при оцінюванні ризиків проєкту.....	34
2.2 Комбінований метод FUZZY DEMATEL-TOPSIS	39
2.3 Розробка моделі оцінювання проєктних ризиків	48
Висновки до розділу 2.....	52
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ.....	54
3.1 Вибір критеріїв для оцінювання ризиків розробки ПЗ.....	54
3.2 Реалізація експерименту з моделлю оцінювання ризику.....	58
3.3 Рекомендації з використання комбінованого методу FUZZY DEMATEL-TOPSIS.....	75
Висновки до розділу 3.....	77
Висновки.....	78
Список використаних джерел.....	80
Додаток А. Копія публікацій автора.....	85

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. В сучасному світі розробка програмного забезпечення стала ключовим елементом для багатьох сфер життя. Незалежно від того, чи мова йде про технологічні інновації, бізнес-процеси чи вдосконалення повсякденного життя, програмне забезпечення відіграє важливу роль у забезпеченні ефективності та конкурентоспроможності. В такому контексті тема "Модель оцінювання ризиків прийняття рішень в проєктах розробки програмного забезпечення" стає вельми актуальною та визначальною.

Проєкти розробки програмного забезпечення нерідко стикаються з великою складністю, починаючи від визначення вимог і закінчуючи випуском продукту. У такому середовищі виникає безліч ризиків, які можуть впливати на успішність проєкту. Важливість врахування цих ризиків в процесі прийняття рішень не може бути переоцінена.

Однією з основних причин актуальності даної теми є те, що ризики можуть виникнути на будь-якому етапі життєвого циклу проєкту. Це може бути пов'язано з технічними аспектами розробки, змінами у вимогах користувачів, або навіть з економічними факторами. Ефективна модель оцінювання ризиків допомагає розробникам і менеджерам забезпечити більшу стійкість до невизначеності та забезпечити успішне завершення проєкту.

Зокрема, управління ризиками стає критично важливим для забезпечення високої якості та надійності програмного забезпечення. Ризики можуть впливати на функціональність, безпеку та продуктивність програми. Тому розробка моделей, які ефективно враховують ці аспекти, є настільки важливою для успіху проєктів.

Зрештою, розвиток технологій та швидкі зміни в індустрії вимагають постійного адаптування. Модель оцінювання ризиків дозволяє розробникам та менеджерам бути готовими до нових викликів, швидко реагувати на зміни у технологічному оточенні та забезпечувати стабільність проєктів у невизначеному середовищі.

Отже, дослідження та вдосконалення моделей оцінювання ризиків у проєктах

розробки програмного забезпечення є важливим напрямком, який сприяє стабільності, якості та успіху в цій важливій сфері.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка моделі оцінювання ризиків при прийнятті рішень на засадах багатокритеріального підходу.

Об'єктом дослідження є процес оцінювання проектних ризиків, а **предметом дослідження** – методи оцінювання ризиків у проектах розробки програмного забезпечення.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

- уточнити поняття ризику в контексті розробки програмного забезпечення;
- сформуванати набір ризиків у процесі прийняття рішень при розробці програмних продуктів;
- виявити критерії оцінювання ризику та їх важливість;
- розробити багатокритеріальну модель оцінювання ризиків на основі комбінації методів fuzzy DEMATEL та TOPSIS;
- провести апробацію розробленої моделі оцінювання ризиків на прикладі конкретного проекту.

Методи дослідження: вирішення зазначених завдань проводилося на засадах експертного оцінювання, багатокритеріального прийняття рішень, нечіткої логіки, математичного моделювання.

Наукова новизна дослідження – розроблено комбіновану модель оцінювання ризиків при прийнятті проектних рішень із врахуванням багатокритеріальності та нечіткої інформації.

Практична значимість дослідження полягає в тому, що отримані результати дадуть змогу відобразити загальний ступінь ризику кожної альтернативи при прийнятті рішень в проектах розробки програмного забезпечення.

Апробація і публікації результатів.

Результати дослідження доповідалися автором на V Міжнародній студентській науковій конференції «ДІДЖИТАЛІЗАЦІЯ НАУКИ ЯК ВИКЛИК СЬОГОДЕННЯ» (8 грудня 2023 р., м. Суми.) і міжнародній науковій конференції

«Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення» (м. Тернопіль, Україна – м. Ополе, Польща, 07 грудня 2023 р.), та опубліковані в матеріалах вказаних конференцій (див. додаток А).

1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ У ПРОГРАМНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ

1.1 Аналіз ризиків прийняття рішень в проєктах розробки ПЗ

Розробка програмного забезпечення є складним та динамічним процесом, що вимагає не лише технічних знань, але й ефективного управління ризиками. У наш час, коли швидкість технологічних змін безперервно зростає, а вимоги до програмних продуктів стають все більш високими, вивчення ризиків прийняття рішень у проєктах розробки ПЗ стає критично важливим завданням.

Ризик-менеджмент[1] є важливою складовою будь-якого проєкту чи бізнес-процесу, і особливо важливим в контексті розробки програмного забезпечення. Дізнатися, як долати невизначеність, адаптуватися до змін, та запобігати можливим проблемам, є ключем до успішного впровадження проєктів та досягнення їхніх цілей.

Першим кроком у ризик-менеджменті є ідентифікація можливих ризиків[23]. Це включає в себе усвідомлення всіх факторів, які можуть вплинути на проєкт. Це може бути технічні аспекти, вимоги користувачів, зміни в зовнішньому середовищі, та багато іншого. Ідентифікація ризиків створює основу для подальшого аналізу та управління.

Другий етап – аналіз ризиків. Це включає в себе визначення ймовірності виникнення ризиків та їхнього впливу на проєкт[24]. Цей процес дозволяє визначити, які ризики є найбільш критичними та які вимагають найбільше уваги. Аналіз ризиків також допомагає визначити можливі стратегії управління для кожного ризику.

Після ідентифікації та аналізу ризиків настає час розробляти стратегії управління. Це включає в себе визначення того, як будуть управлятися та мінімізовані впливи ризиків. Серед стратегій можуть бути прийняття заходів для зменшення ймовірності виникнення ризиків, трансфер ризиків (наприклад, за допомогою страхування), або прийняття ризиків з урахуванням їхнього впливу.

Останнім кроком є впровадження стратегій та постійний моніторинг ризиків.

Ситуації можуть змінюватися, нові ризики можуть виникати, або існуючі можуть змінювати свій характер. Таким чином, важливо постійно оцінювати ефективність стратегій та вчасно адаптувати їх для максимального контролю над ситуацією.

Ризик-менеджмент є важливою складовою сучасного управління організаціями, оскільки допомагає ідентифікувати, оцінювати та керувати ризиками, що впливають на досягнення цілей. Він включає в себе систематичний підхід до ідентифікації та аналізу ризиків, розробку стратегій зменшення ризиків, а також контроль та моніторинг ризиків упродовж всього процесу управління. Його метою є забезпечення стійкості та витривалості організації шляхом зниження негативних наслідків ризиків та використання можливостей, що виникають у результаті керованої експозиції до ризиків.

Однією з основних теоретичних основ ризик-менеджменту[2] є розуміння природи ризиків. Ризик визначається як ймовірність настання певної події та її вплив на досягнення цілей. У контексті ризик-менеджменту, ризики можна класифікувати на внутрішні (пов'язані з організацією, її процесами та ресурсами) та зовнішні (пов'язані з економічними, політичними, природними та іншими зовнішніми факторами). Розуміння цієї класифікації дозволяє організаціям належним чином ідентифікувати та аналізувати ризики, що впливають на них.

Ризик-менеджмент у програмному забезпеченні - це важливий і необхідний елемент для досягнення успіху проєктів[36]. Його теоретичні основи визначаються систематичним підходом до ідентифікації, аналізу, планування та впровадження стратегій управління ризиками. Ефективний ризик-менеджмент забезпечує гнучкість та витривалість у проєктах, дозволяючи їм ефективно протистояти викликам невизначеності та змін в динамічному середовищі програмної розробки.

Щоб пояснити концепцію "ризик", розглянемо, що таке ситуація ризику. У різних аспектах нашого повсякденного життя, виробництва та інших сферах діяльності кожна особа нерідко стикається із ситуаціями, де відсутнє чітке рішення, але необхідно обрати один із кількох варіантів рішень, які мають різний ризик втілення. Акт розуміння особою того, що вона зіткнулася із ситуацією ризику, можна назвати "усвідомленням ризику". Це важливий елемент, який пов'язує

існуючу ситуацію ризику і конкретну ризиковану дію, оскільки усвідомлення суті ситуації ризику дозволяє особі вибрати шлях і реалізувати один із доступних альтернативних варіантів дій (рис.1.1).



Рисунок 1.1 – Графічна модель ризику

У контексті проєктів розробки програмного забезпечення (ПЗ), ризик – це ймовірність того, що можуть виникнути події чи обставини, які негативно вплинуть на досягнення цілей проєкту[25]. Ризики можуть виникати на будь-якому етапі розробки та експлуатації програмного продукту. Управління ризиками є ключовим аспектом управління проєктами, оскільки воно допомагає проєктним командам визначати, оцінювати, пом'якшувати та контролювати ці потенційні ризики, щоб забезпечити виконання проєкту.

Існує кілька основних видів ризиків у проєктах розробки ПЗ (рис.1.2).

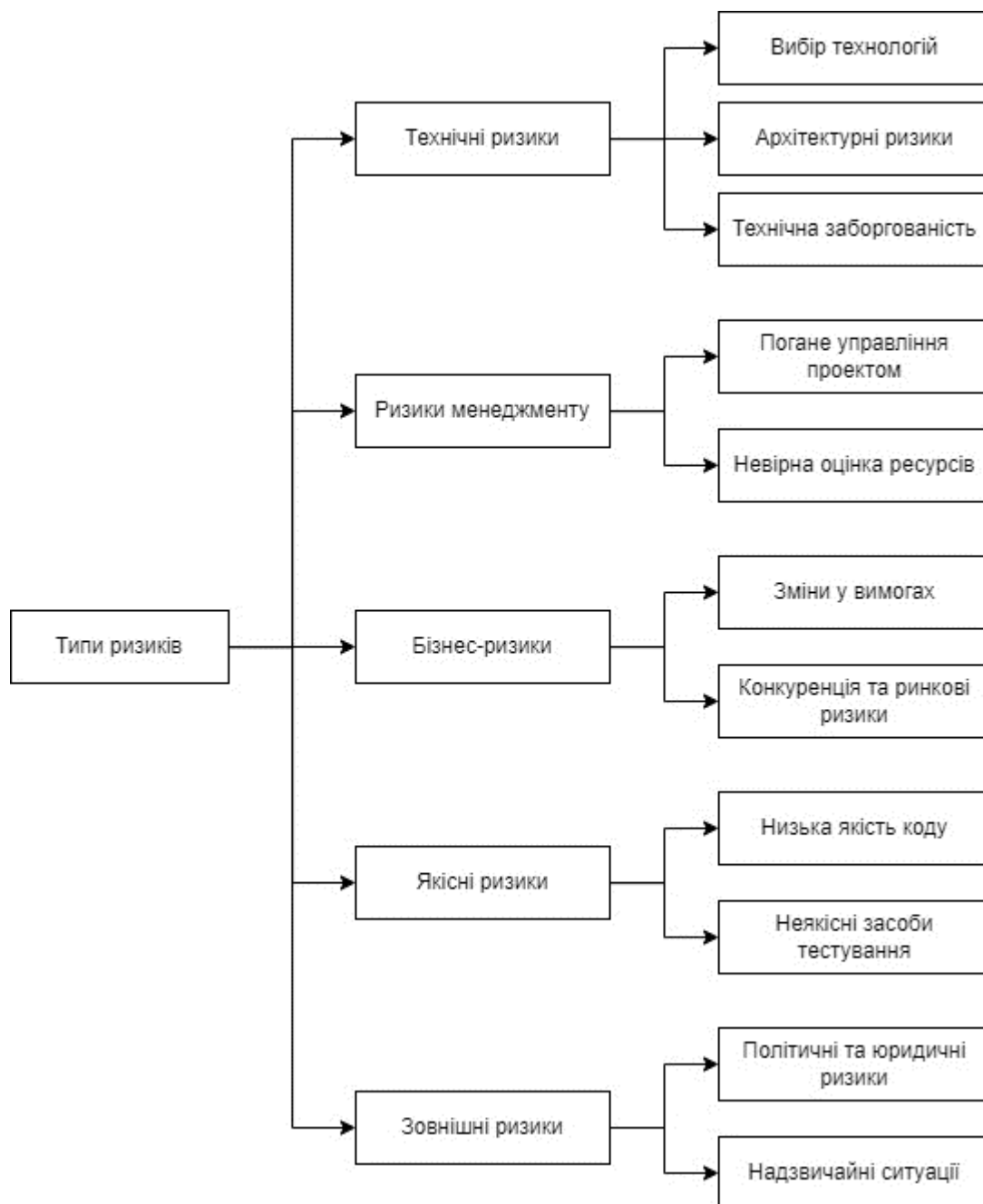


Рисунок 1.2 – Основні типи ризиків при розробці ПЗ

Ризики в проєктах розробки програмного забезпечення (ПЗ) є невід'ємною складовою процесу розробки та впровадження ПЗ[3]. Ризик можна визначити як можливий негативний результат або подію, яка може вплинути на досягнення цілей проєкту. У контексті розробки ПЗ, ризики можуть виникати на кожному етапі проєкту та впливати на різні аспекти, такі як якість продукту, вартість, графік, ресурси і задоволення замовника[38].

Технічні, менеджментові, якісні та бізнес-ризики можуть виникнути у будь-якому проєкті, і їхнє своєчасне визначення дозволяє розробникам та менеджерам

уникнути чи пом'якшити їхні наслідки. Здатність адаптуватися до змін, швидко реагувати на виклики та планувати стратегії управління ризиками стає критичною для досягнення успішних результатів.

Ризики прийняття рішень в проєктах розробки програмного забезпечення визначається комплексністю факторів, які впливають на кожен етап цього процесу. У реалізації програмних проєктів, від визначення вимог до підтримки, знаходяться множинні чинники невизначеності та обмеження, які відображаються на прийнятті рішень.

Спробувати сформулювати повністю чіткі вимоги на етапі визначення є завданням, що нерідко виявляється вкрай складним. Невизначеність та неповнота інформації є постійним атрибутом цього етапу та стають ключовими джерелами ризику, оскільки вони породжують потенційні розходження в інтерпретації завдань та обмежують раціональність прийнятих рішень.

На етапі проєктування виникає ризик технічних труднощів, оскільки намагаємося забезпечити оптимальну архітектуру та вибрати технічні рішення, враховуючи вимоги та обмеження. Також вирішується питання вибору технологій, де невдалий вибір може призвести до проблем та недоліків у подальшій експлуатації.

Етап реалізації включає в себе ризики, пов'язані з низькою якістю коду та можливими затримками у виконанні завдань. Тут часовий тиск може виявитися особливою загрозою, бо прискорений термін виконання завдань може вплинути на якість та безпеку програмного продукту.

Етап впровадження необхідно розглядати у контексті ризиків інтеграції та можливих труднощів, які виникають у реальному середовищі. Це стає джерелом додаткових викликів, адже тестування в умовах реального застосування може розкривати раніше невидимі аспекти.

На етапі підтримки ризики пов'язані з безпекою, можливістю обслуговування та оновленнями. Врахування цих ризиків є вирішальним у плануванні довгострокового функціонування програмного продукту.

Ефективний аналіз ризику при прийнятті рішень[4] включає в себе

ідентифікацію ризиків та можливі джерела ризику в ситуаціях, де приймається рішення, оцінювання ризиків за їх ймовірністю та наслідками, управління ризиками (рис.1.3). Гнучкий і гібридний підхід до оцінювання ризиків може бути важливим інструментом для досягнення успіху у проєктах розробки програмного забезпечення, оскільки він дозволяє краще враховувати різноманітність ризиків та адаптуватися до змін у ході проєкту.

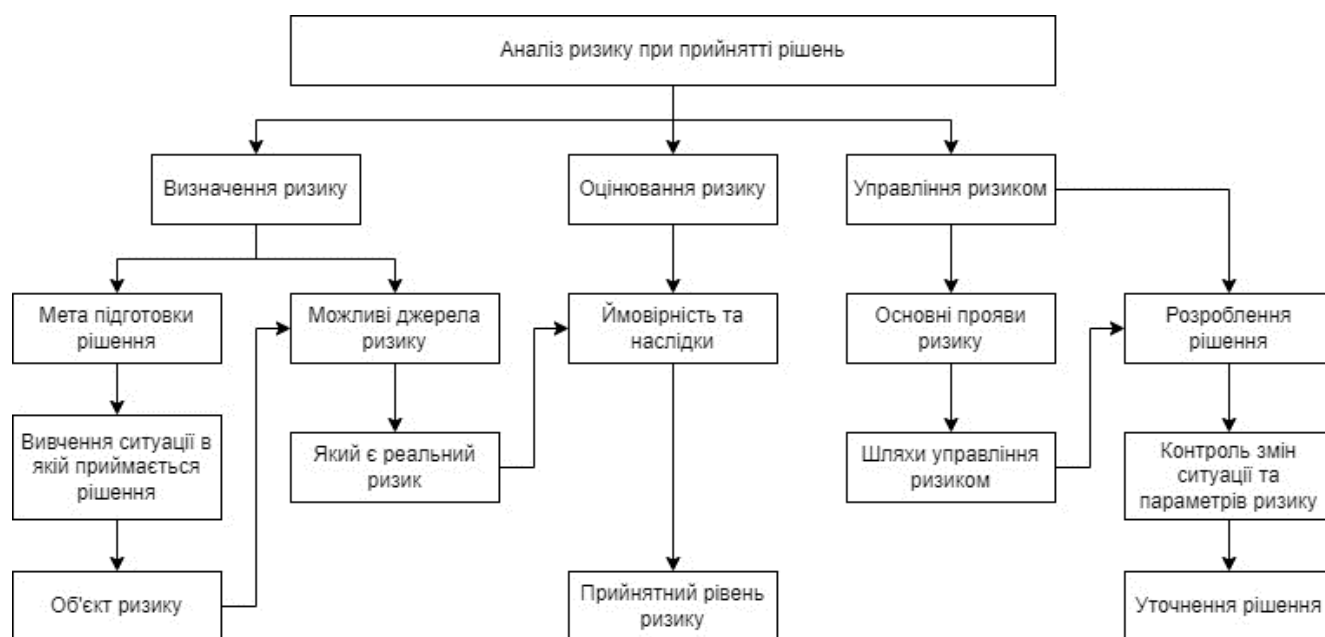


Рисунок 1.3 – Логічний процес аналізу ризику

Кожен проєкт, протягом свого повного життєвого циклу, супроводжується ризиками, що ставлять перед особою, яка приймає рішення, завдання з керування проєктом у умовах несприятливих обставин.

Чинник ризику – це конкретний аспект, умова або подія, яка може викликати негативні наслідки або впливати на досягнення мети чи успішне завершення проєкту чи задачі. Це щось, що може стати причиною виникнення ризикованої ситуації. Чинники ризику[5] можуть бути різноманітними і включати в себе технічні, економічні, соціальні, природні чи людські аспекти, які можуть вплинути на успішність проєкту чи прийняття рішень.

Ризик виникає, коли на проєкт впливають різноманітні чинники, проте важливо зауважити, що наявність впливу чиннику не завжди призводить до негативних наслідків. Давайте розглянемо чинники ризику наведені в таблиці 1.1,

які з'являються на різних етапах проекту розробки програмного забезпечення.

Таблиця 1.1 – Чинники ризику на різних етапах проекту

Фаза проекту	Чинник ризику
Ініціація проекту	Недостатня чіткість щодо бізнес-цілей і вимог клієнта. Фінансові ризики, пов'язані з обсягом інвестицій у проект.
Планування проекту	Зміни у вимогах клієнта або графіку проекту. Технічні ризики, пов'язані з вибором технологій і архітектури.
Виконання проекту	Проблеми з командною роботою та конфлікти в команді. Затримки у розробці, пов'язані зі складністю завдань або відсутністю необхідних знань у команді.
Тестування і якість	Виявлення дефектів або низької якості продукту під час тестування. Нездатність відповісти на вимоги щодо якості та відмови відповідно до графіку.
Реліз і впровадження	Проблеми із забезпеченням безперервності роботи (доступність) продукту. Проблеми з міграцією або інтеграцією нового ПЗ з існуючими системами.
Підтримка і обслуговування	Ризики, пов'язані з оновленнями та безпекою продукту. Ризики, пов'язані зі змінами у вимогах або еволюцією технологій.
Завершення проекту	Ризики, пов'язані з закриттям проекту, такі як розпуск команди або низька прибутковість проекту. Ризики, пов'язані зі збереженням і архівуванням даних та розробкою документації

Для успішного управління проектом важливо ідентифікувати ці чинники ризику, оцінити їх вплив та ймовірність, розробити стратегії управління ризиками

і включити ці стратегії до плану проєкту. Для кожного проєкту ризики можуть бути різними, тому важливо провести детальний аналіз на початковому етапі і контролювати їх протягом всього процесу виконання проєкту.

При прийнятті рішень у процесі розробки програмного забезпечення (ПЗ), існують різноманітні ризики, які можуть впливати на якість, терміни та успішність проєкту. Ось опис деяких з них:

1) Невизначені або змінні вимоги. Ризик полягає у неповноті або непрозорості вимог до програмного продукту. Зміни вимог під час розробки можуть призвести до затримок та переробок.

2) Технічні труднощі. Технічні ризики включають непередбачені труднощі під час реалізації конкретної функціональності або використання нових технологій, що може призвести до затримок та втрати ресурсів.

3) Вибір архітектури та технологій. Неправильний вибір архітектури або технологій може призвести до проблем у подальшому розвитку, масштабуванні та обслуговуванні продукту.

4) Низька якість коду. Недостатній контроль якості коду та відсутність тестування можуть призвести до появи помилок та збоїв у програмному продукті.

5) Недостатній бюджет та ресурси. Недостатній бюджет або обмежені ресурси можуть вплинути на розробку, тестування та впровадження продукту.

6) Зміни у складі команди. Втрата ключових членів команди, зміни в командному складі або низький рівень командної згуртованості можуть вплинути на продуктивність та якість роботи.

7) Несумісність з іншими системами. Проблеми інтеграції та несумісність з іншими системами можуть виникнути при роботі програмного продукту в середовищі реального застосування.

8) Відсутність або неякісний план управління ризиками. Відсутність чіткого плану управління ризиками може призвести до невдалого керування непередбачуваними ситуаціями та втратою контролю.

9) Неочікувані зміни в бізнес-вимогах. Зміни стратегій бізнесу, ринкові зміни або нові конкуренти можуть вимагати швидкої адаптації та зміни

пріоритетів.

10) Відмова від користувачів. Неприйняття або відмова від продукту користувачами через несумісність із сподіваннями чи низькою якістю може стати серйозним ризиком.

Ефективне управління цими ризиками включає в себе попередню ідентифікацію, оцінку, розробку стратегій управління та постійний моніторинг.

1.2 Основні підходи до оцінювання ризиків прийняття рішень в проєктах розробки ПЗ

Багато досліджень було проведено в галузі оцінювання ризиків прийняття рішень в проєктах розробки програмного забезпечення. Ці дослідження виконувались в галузі управління проєктами, інженерії програмного забезпечення, інформаційної безпеки та багатьох інших областях. Дослідники, вчені, академічні установи і компанії працюють над розробкою методології, моделей та інструментів для управління ризиками в проєктах розробки ПЗ.

Оцінювання ризиків в проєктах[6] розробки програмного забезпечення (ПЗ) – важлива частина процесу управління проєктом. Цей процес допомагає ідентифікувати потенційні проблеми та визначати, які ризики є найбільш важливими для проєкту. Нижче подано деякі методи та підходи до оцінювання ризиків. Дослідження цих методів дозволить зрозуміти їх суть, переваги та недоліки, а також визначити їх ефективність у роботі з ризиками у цій галузі.

Підходи до оцінювання ризиків - це загальні стратегії або методології, які команда проєкту використовує для оцінювання ризиків прийняття рішень в процесі розробки програмного забезпечення[37]. Нижче наведено опис деяких з найпоширеніших підходів до оцінювання ризиків прийняття рішень у проєктах розробки програмного забезпечення:

— SWOT-аналіз (аналіз сильних сторін, слабких сторін, можливостей та загроз) Цей метод використовується для ідентифікації внутрішніх сильних та слабких сторін проєкту розробки програмного забезпечення, а також зовнішніх

можливостей та загроз, які можуть впливати на проєкт (рис.1.4). SWOT-аналіз допомагає виявити потенційні ризики та розробити стратегії для їх управління[7].

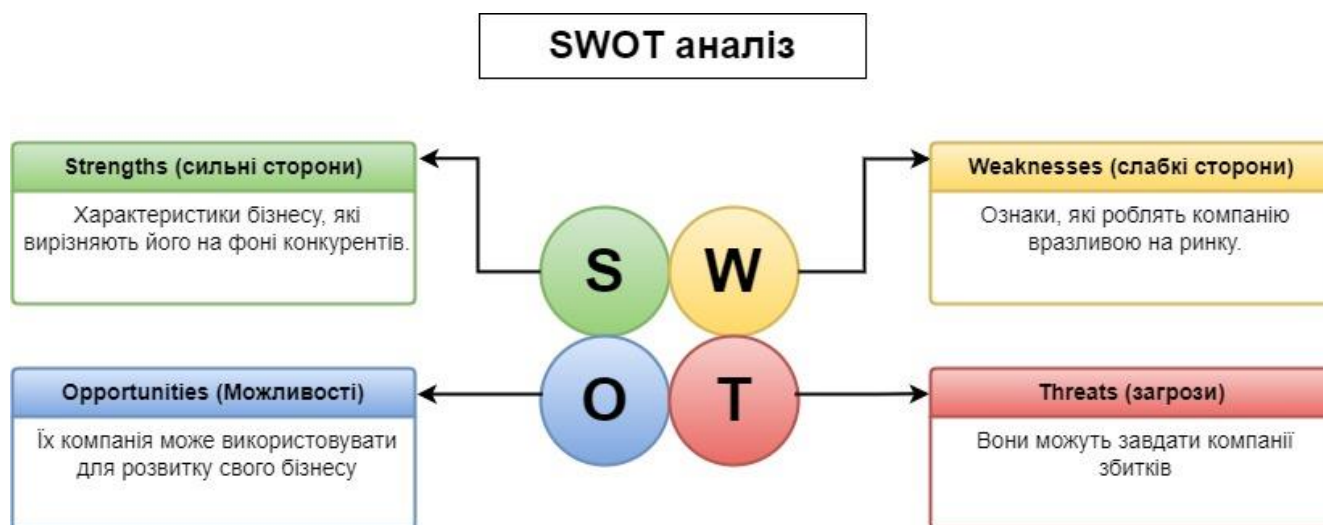


Рисунок 1.4 – SWOT-аналіз

Перший етап аналізу SWOT - ідентифікація сильних сторін[26]. У контексті розробки ПЗ це може включати в себе наявність висококваліфікованої команди розробників, застосування передових технологій та наявність ефективних процесів розробки. Оцінка цих сильних сторін дозволяє проєктній команді максимізувати використання своїх ресурсів та можливостей.

Другий аспект аналізу SWOT - визначення слабких сторін. В контексті розробки ПЗ це може включати в себе відсутність деяких навичок у членів команди, технічні обмеження або проблеми з управлінням процесами. Ретельний аналіз слабких сторін дозволяє розробити стратегії для їхнього подолання та зменшення ризиків.

Третій аспект аналізу SWOT - виявлення можливостей. У сфері розробки ПЗ це може бути пов'язано з ринковим попитом на нові технології, зростанням індустрії чи змінами у законодавстві[27]. Визначення цих можливостей дозволяє проєктній команді адаптувати свій підхід та максимізувати вигоди від зовнішніх факторів.

Четвертий елемент аналізу SWOT - ідентифікація загроз. У контексті розробки ПЗ це може включати в себе конкуренцію, технологічні зміни або нестабільність ринку. Розпізнання цих загроз дозволяє команді розробників

адаптувати свій план та прийняти активні заходи для зменшення негативних впливів.

Аналіз SWOT виявляється важливим та дієвим інструментом для управління ризиками та прийняття рішень у проектах розробки програмного забезпечення (ПЗ).

— Аналіз ризиків за допомогою дерева рішень. Цей метод використовує деревоподібну структуру для візуалізації ризиків та можливих варіантів розвитку подій (рис.1.5). Кожна гілка дерева представляє окремий ризик, а рішення приймаються на основі його наслідків та ймовірності виникнення[8]. Аналіз ризиків за допомогою дерева вирішень дозволяє оцінити вплив ризиків на проєкт та знайти оптимальні стратегії управління ними.

Дерево рішень – це графічний метод представлення послідовності подій та рішень в контексті прийняття рішень у умовах невизначеності. Воно використовується для моделювання різних сценаріїв розвитку подій та оцінює ймовірність кожного з них.

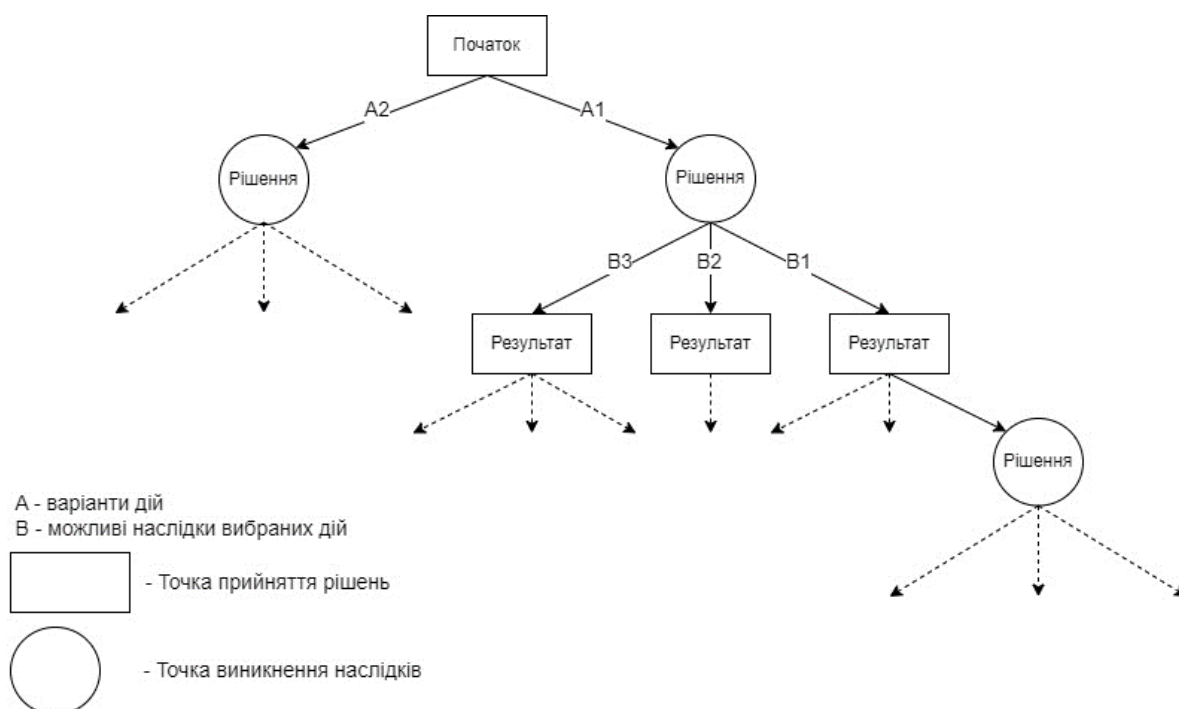


Рисунок 1.5 – Загальний вигляд дерева рішень

Дерево рішень складається з вузлів, які представляють події чи рішення, і гілок, які вказують на зв'язок між ними[28]. Кожен вузол має ймовірнісні та вартісні

оцінки, що відображають ймовірність виникнення події та її можливий вплив.

У процесі аналізу ризиків за допомогою дерева рішень визначаються ключові ризикові події, які можуть впливати на успішність проекту розробки ПЗ. Це можуть бути технічні труднощі, затримки у графіку, зміни вимог, фінансові труднощі тощо.

Дерево рішень дозволяє моделювати різні сценарії виникнення ризикових подій та їхніх наслідків. Кожен сценарій має вагу, що відображає ймовірність виникнення, та вартість, яка характеризує можливий вплив на проєкт.

На основі інформації, отриманої від експертів та аналізу історії схожих проєктів, проводиться оцінка ймовірності виникнення кожного ризику та вартості його впливу на проєкт.

З урахуванням результатів аналізу дерева рішень команда проєкту розробляє стратегії для управління ризиками. Це може включати в себе прийняття додаткових заходів з підготовки до можливих подій, резервування ресурсів, або розробку альтернативних планів дій.

Використання дерева рішень для аналізу ризиків у проєктах розробки ПЗ виявляється ефективним та системним підходом[29]. Цей метод дозволяє команді проєкту враховувати різноманітність можливих сценаріїв, надає інструмент для прийняття обґрунтованих рішень та забезпечує зменшення невизначеності, що є ключовим для успішної реалізації проєктів розробки ПЗ.

— Аналіз впливу та імовірності (Матриця ризику). Цей підхід базується на оцінці впливу та імовірності виникнення ризиків (рис.1.6). Вплив оцінюється відносною шкалою (наприклад, від 1 до 5), а імовірність виникнення ризику відображається у відсотках або ймовірнісних категоріях (наприклад, низька, середня, висока). Шляхом множення впливу на імовірність для кожного ризику отримуються значення ризиків, які допомагають визначити їх пріоритетність та розробити план дій для їх управління[9].

Вплив				
Високий	3	4	5	
Середній	2	3	4	
Низький	1	2	3	
	Низька	Середня	Висока	Ймовірність

Рисунок 1.6 – Матриця ризику

Оцінювання ризиків шляхом використання матриць впливу та ймовірності базується на теорії ймовірнісного управління. Згідно з цим підходом, ризик можна розглядати як продукт ймовірності виникнення події та впливу цієї події на проєкт.

Основним етапом аналізу є створення матриць, в яких визначаються різні ризикові події та їх характеристики. Ймовірність виникнення події визначається на основі аналізу історичних даних, експертних оцінок чи статистичних розрахунків. Вплив ризикової події може бути кількісно оцінений за допомогою шкали, де кожному можливому варіанту присвоюється числова оцінка.

Завдяки матрицям впливу та ймовірності, ризики можуть бути класифіковані на категорії в залежності від їхнього потенційного впливу та ймовірності виникнення. Ця класифікація дозволяє приділяти пріоритетну увагу та ресурси тим ризикам, які можуть мати найбільший вплив на проєкт.

На основі результатів аналізу впливу та ймовірності команда проєкту може розробити стратегії управління ризиками. Для пріоритетних ризиків можуть бути розроблені плани реагування, а для менш критичних ризиків - стратегії прийняття ризику або їхньої мінімізації.

— Метод Монте-Карло. Цей метод базується на статистичному моделюванні та симуляції великої кількості можливих сценаріїв (рис.1.7). Він дозволяє оцінити ймовірність виникнення ризиків та їх вплив на проєкт розробки програмного забезпечення[10]. Техніка Монте-Карло дозволяє проводити аналіз

ризиків у складних проєктах з багатьма невизначеностями та взаємозв'язками між ризиками.

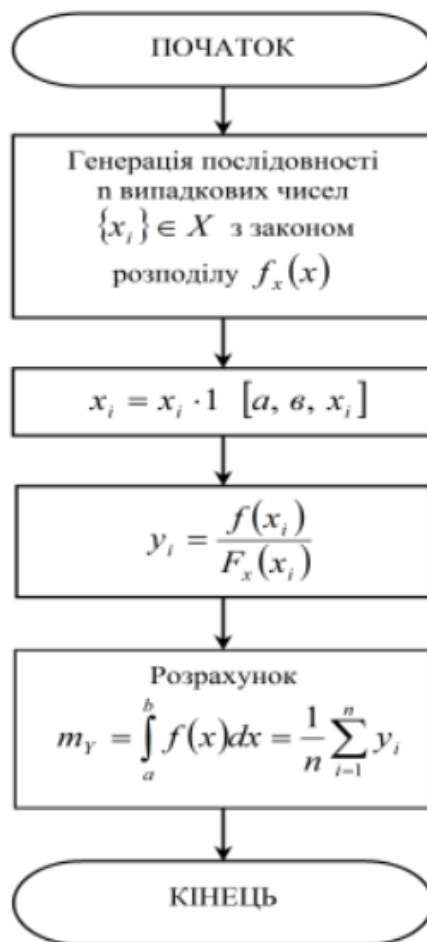


Рисунок 1.7 – Алгоритм методу Монте-Карло

Метод Монте-Карло базується на випадковому моделюванні та чисельних методах для розв'язання задачі чи аналізу системи. Цей метод отримав свою назву від казино Монте-Карло, де випадкові числа часто використовуються в азартних іграх. В контексті розробки програмного забезпечення, Метод Монте-Карло використовується для моделювання невизначеності та оцінки ризиків.

Основний принцип полягає у випадковому виборі значень параметрів системи з відомим або ймовірнісним розподілом[30]. Далі, за допомогою чисельних експериментів з великою кількістю ітерацій, отримують статистичні дані про систему. Це дозволяє отримати ймовірнісні розподіли результатів та визначити ризики та невизначеності.

У проєктах розробки програмного забезпечення, Метод Монте-Карло може

використовуватися для різноманітних завдань, таких як оцінка тривалості проєкту, визначення бюджету, аналіз критичних шляхів та оцінка ризиків. Моделювання можливих сценаріїв та їхніх ймовірних наслідків надає команді проєкту інструмент для кращого управління невизначеністю та прийняття обґрунтованих рішень.

Щоб використати Метод Монте-Карло в проєкті розробки ПЗ, спершу потрібно визначити параметри системи, які мають стохастичну природу. Далі, створюють математичну модель, яка враховує ці параметри та їхні ймовірнісні розподіли. Після цього проводять чисельні експерименти, використовуючи випадкові значення параметрів, та аналізують отримані результати.

Метод Монте-Карло дозволяє враховувати різноманітні аспекти невизначеності та ризиків у проєктах розробки ПЗ. Однак, він не позбавлений обмежень, таких як потреба у великій кількості ітерацій для отримання стабільних результатів та важкість управління великим обсягом даних.

— Метод аналізу вагових коефіцієнтів. Є одним з найпоширеніших методів прийняття рішень в умовах невизначеності. Він дозволяє враховувати різні фактори і їх вагомість для визначення оптимального рішення. Цей метод може бути застосований в різних сферах, включаючи управління проєктами програмного забезпечення.

Метод аналізу вагових коефіцієнтів[11] передбачає визначення ваги кожного фактору або ризику, що може впливати на успішність проєкту. Ця вага визначається на основі його значущості та важливості для виконання поставлених завдань. Основні принципи визначення вагових коефіцієнтів включають:

1) Експертна оцінка: Визначення вагових коефіцієнтів може ґрунтуватися на експертних оцінках членів команди проєкту або фахівців в сфері розробки ПЗ.

2) Історичні дані: Використання попередніх проєктів та їхніх результатів для визначення ваги ризиків та факторів впливу.

3) Аналіз документації: Поглиблений аналіз проєктної документації для ідентифікації ключових елементів, які визначають успішність проєкту.

Процес визначення вагових коефіцієнтів розпочинається зі складання списку факторів чи ризиків, які можуть впливати на проєкт. Далі проводиться оцінка

кожного з них відповідно до їхньої важливості. Цю оцінку можна провести за допомогою балів, рейтингів чи інших шкал. Після отримання оцінок проводиться нормалізація, щоб забезпечити взаємну сумісність різних вагових коефіцієнтів.

Отримані вагові коефіцієнти використовуються для призначення кожному ризику або чиннику ваги впливу. Це дозволяє визначити, які аспекти проєкту мають найбільший вплив та важливість. При виникненні ризикованих ситуацій команда проєкту може визначити стратегії втручання на основі визначених вагових коефіцієнтів.

Метод аналізу вагових коефіцієнтів має свої переваги, такі як систематизація та структурування оцінювання ризиків. Однак, він також може мати обмеження, пов'язані з суб'єктивністю експертних оцінок та обмеженим застосуванням в умовах великої невизначеності.

Ці підходи оцінювання ризиків в програмних проєктах є лише декількома з багатьох доступних підходів. Кожен з них має свої переваги та обмеження, і їх вибір залежить від специфіки проєкту та вимог.

У підсумку, різні підходи до оцінювання ризиків у проєктах програмного забезпечення є важливою складовою процесу управління проєктами. Їх використання допомагає виявити потенційні проблеми та прийняти зважені рішення в умовах ризику, що сприяє успішному завершенню проєкту. Розуміння та застосування цих методів дозволяє команді проєкту зменшити ризики та досягти більш високої якості програмного забезпечення.

Оцінювання ризиків є ключовим етапом управління проєктом або діяльністю, спрямованою на досягнення конкретних цілей. Основні критерії оцінювання ризиків детально розглядають різні аспекти ймовірності та впливу, що дозволяє здійснити інформоване прийняття рішень та раціонально розподілити ресурси. Давайте розглянемо ці критерії[31].

1) Ймовірність виникнення ризику: Ймовірність визначає, наскільки ймовірно ризик станеться. Це може базуватися на історичних даних, експертних оцінках чи статистичних моделях. Наприклад, якщо ризик пов'язаний із технічним вдосконаленням, оцінка ймовірності може бути високою, якщо схожі проєкти

раніше зазнали подібних труднощів.

2) Вплив ризику на проєкт: Вплив оцінює, наскільки суттєво ризик вплине на проєкт у випадку його виникнення. Великий вплив може означати значні затримки, вартісні перевищення або навіть припинення проєкту. Цей критерій допомагає визначити, на які аспекти проєкту слід зосередити увагу при розробці стратегій управління ризиками.

3) Можливість виявлення ризику: Цей критерій вказує на те, наскільки легко можна виявити ризик. Якщо є ефективні механізми моніторингу та контролю, які роблять ризик видимим, то можливість виявлення є високою. Якщо ризик важко виявити або він невидимий, може бути складно вжити заходів для його управління.

4) Сприятливість (чи несприятливість) впливу: Деякі ризики можуть мати позитивний вплив на проєкт. Цей критерій визначає, чи є вплив ризику сприятливим чи несприятливим. Наприклад, можливість взяти виклик технологічного інноваційного ризику може призвести до конкурентної переваги.

5) Часова важливість: Для багатьох проєктів важливий аспект – це час. Часова важливість оцінює, наскільки ризик може вплинути на графік виконання проєкту. Наприклад, втрата ключового члена команди може вплинути на терміни виконання завдань.

6) Фінансова важливість: Цей критерій визначає, наскільки ризик може вплинути на фінансовий бюджет проєкту. Фінансова важливість може включати витрати на вирішення проблеми або втрати, пов'язані з непередбачуваними подіями.

Залежно від результатів оцінювання цих критеріїв, розробляються стратегії управління ризиками. Це може включати уникнення ризику, прийняття ризику, зменшення ймовірності або впливу, трансфер ризику або прийняття альтернативних шляхів дії.

Ці основні критерії служать основою для проведення оцінки ризиків у різних контекстах. Специфіка оцінки ризику може відрізнитися залежно від сфери діяльності та використовуваних методологій. Організації можуть прийняти встановлені рамки та стандарти для забезпечення систематичного та ефективного

проведення оцінки ризиків.

1.3 Огляд моделей оцінювання ризиків прийняття рішень в проєктах розробки ПЗ

Моделі оцінювання ризиків прийняття рішень[12] - це більш конкретні і систематизовані методи або рамки, які визначають конкретні кроки, етапи та процедури для оцінювання ризиків прийняття рішень. Моделі надають певний стандартизований набір інструкцій, які команда проєкту може використовувати для конкретизації процесу управління ризиками

Давайте розглянемо деякі з моделей оцінювання ризиків прийняття рішень в проєктах розробки програмного забезпечення більш детально:

Модель ISO 31000[13] визначає сучасний стандарт для управління ризиками у всіх видів організацій, включаючи проєкти розробки програмного забезпечення (ПЗ). Ця модель базується на принципах, що охоплюють весь цикл управління ризиками, починаючи від ідентифікації ризиків та завершуючи їхнім спостереженням та переглядом в ході реалізації проєктів. На рисунку 1.8 зображений процес управління ризиком ISO 31000[32].

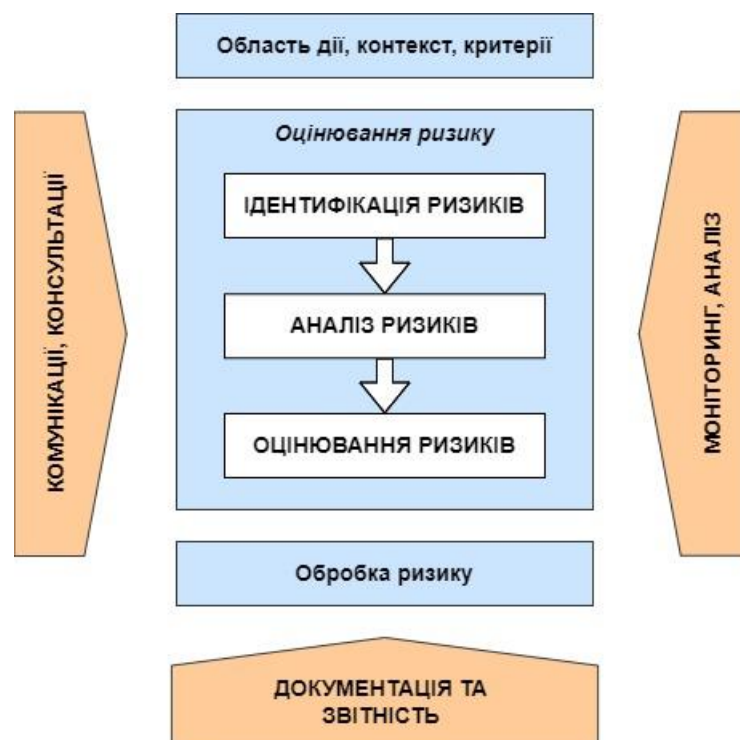


Рисунок 1.8 – Процес управління ризиком

Ключові принципи моделі ISO 31000, які визначають суть ефективного управління ризикам:

- 1) Інтегрований — ризик-менеджмент є невід'ємною частиною діяльності організації;
- 2) Структурований та всеосяжний — структурований та комплексний підхід до ризик-менеджменту призводить до узгоджуваних та порівнянних результатів;
- 3) Адаптований — структура та процес ризик-менеджменту взаємодіють та адаптуються з урахуванням зовнішнього та внутрішнього контексту організації, пов'язаного з її завданнями;
- 4) Інклюзивний — відповідне та своєчасне залучення зацікавлених сторін дозволяє враховувати їх знання, погляди та думки. Це призводить до підвищення обізнаності та обґрунтованості ризик-менеджменту;
- 5) Динамічний — ризики можуть виникати, змінюватись чи зникати у міру зміни зовнішнього та внутрішнього контексту організації. Ризик-менеджмент передбачає, виявляє, визнає та реагує на ці зміни та події відповідним чином та своєчасно;
- 6) Заснований на найкращій доступній інформації — як вхідні дані для процесу ризик-менеджменту застосовуються історичні та фактичні дані, а також прогнози очікування. Ризик-менеджмент явно враховує будь-які обмеження та невизначеності, пов'язані з наявними даними та очікуваннями. Інформація, що використовується, повинна бути актуальною, ясною і доступною для зацікавлених сторін;
- 7) Що враховує людські та культурні фактори — людська поведінка та культура істотно впливають на всі аспекти ризик-менеджменту на кожному рівні та етапі;
- 8) Принцип постійного вдосконалення — ризик-менеджмент постійно вдосконалюється завдяки навчанню та накопиченню досвіду.

Модель визначає три основні процеси управління ризиками:

- Оцінка ризиків. Включає ідентифікацію ризиків, оцінку їхнього

потенційного впливу та ймовірності.

- Обробка ризиків. Здійснюється вибір та застосування стратегій обробки ризиків, що включають у себе управління, уникання, передачу або прийняття ризиків.

- Спостереження та перегляд. Охоплює систематичний аналіз ефективності обробки ризиків та оновлення стратегій відповідно до змін у контексті організації.

Модель ISO 31000 виявляється невід'ємною складовою ефективного управління ризиками у проєктах розробки програмного забезпечення та інших організаційних контекстах. Принципи та процеси цієї моделі допомагають створити систему управління ризиками, яка адаптується до змін в середовищі та забезпечує ефективну реакцію на потенційні небезпеки. ISO 31000 виступає не лише як стандарт управління ризиками, але й як стратегічний інструмент, спрямований на досягнення стійкого розвитку та успіху в умовах невизначеності та змін.

Модель управління ризиками COSO ERM (Enterprise Risk Management)[14], розроблена Комітетом спонсорів організацій Тредвей (Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission), є визнаною та впливовою моделлю для систематичного та інтегрованого підходу до управління ризиками на рівні організації. Ця модель спрямована на створення ефективної системи управління ризиками, яка підтримує досягнення стратегічних цілей та забезпечує стійкість підприємства у змінному оточенні.

Модель COSO ERM базується на декількох ключових принципах, що надають стратегічну та системну основу для управління ризиками в організації[33]:

- Інтеграція в організаційний процес. Важливість інтеграції управління ризиками в стратегічний та операційний процеси організації, щоб забезпечити їхню взаємодію та відповідність між різними рівнями діяльності.

- Орієнтація на цінність. Акцент на тому, щоб управління ризиками вносило цінність для досягнення стратегічних цілей, а не було лише процедурою з виконання формальних вимог.

- Контекст та оцінка ризиків. Визнання важливості адаптації управління

ризиками до конкретного контексту організації та проведення систематичної оцінки ризиків.

Модель включає п'ять взаємопов'язаних компонентів, що спільно сприяють ефективному управлінню ризиками:

1) Інтегрована оточення управління. Забезпечення наявності структури та культури, які сприяють інтеграції управління ризиками в повсякденні ділові практики.

2) Оцінка ризиків. Систематичне визначення та оцінка ризиків, включаючи їхній потенційний вплив на стратегічні та операційні цілі.

3) Визначення діяльності управління ризиками. Створення політик та процедур, які спрямовані на управління та впровадження стратегій контролю ризиків.

4) Інформаційний та комунікаційний звіт. Забезпечення системи звітності та комунікацій, яка дозволяє ефективно обмінюватися інформацією про ризики між усіма рівнями організації.

5) Моніторинг. Проведення систематичного моніторингу та оцінювання ефективності системи управління ризиками та її відповідності стратегічним цілям.

Модель COSO ERM надає численні переваги, такі як підвищення стійкості підприємства, сприяння взаємодії між різними діловими функціями та покращення прийняття стратегічних рішень. Однак, викликами може бути складність впровадження та відсутність однозначної методики для оцінювання ризиків.

Дана модель визначає важливі структурні та концептуальні складові для ефективного управління ризиками на рівні організації. Її впровадження може сприяти створенню гнучкої та відповідальної системи управління ризиками, яка підтримує досягнення стратегічних та операційних цілей.

RiskIT є важливою моделлю управління ризиками в галузі інформаційних технологій, розробленою організацією ISACA[15]. Ця модель визначає комплексний підхід до ідентифікації, оцінки та управління ризиками, пов'язаними з використанням інформаційних технологій у великих організаціях.

Модель RiskIT базується на декількох ключових принципах, які дозволяють

ефективно управляти ризиками в інформаційних технологіях:

— Інтеграція з управлінням ІТ. RiskIT ставить перед собою завдання інтегрувати управління ризиками безпеки інформації в загальний стратегічний процес управління ІТ організації.

— Визначення відношень між ризиками та цілями. Модель акцентує на визначенні та зрозумінні взаємозв'язків між ризиками та стратегічними цілями організації, допомагаючи забезпечити відповідність між діяльністю ІТ та бізнес-цілями.

— Оцінка та вимірювання ризиків. RiskIT пропонує конкретні методи для оцінювання ризиків та їх впливу на бізнес-процеси, що надає можливість керувати ризиками на основі конкретних даних.

Модель RiskIT визначає етапи застосування для успішного управління ризиками в галузі інформаційних технологій:

1) Оцінка відповідності: Визначення, наскільки управління ризиками в ІТ відповідає стратегічним цілям організації.

2) Визначення ризиків та цілей: Виявлення ризиків та визначення їх впливу на досягнення стратегічних цілей.

3) Оцінка ризиків: Використання методів оцінювання ризиків для визначення ймовірності та впливу ризиків.

4) Оцінка впливу на цілі: Аналіз того, як ризики можуть впливати на стратегічні цілі та діяльність ІТ.

5) Планування та впровадження стратегій управління ризиками: Розробка та впровадження стратегій для зменшення впливу ризиків та вдосконалення управління ними.

Потрібно відзначити, що модель RiskIT допомагає підвищити ефективність управління ризиками в інформаційних технологіях, але вона також має свої обмеження, такі як суб'єктивність оцінок та необхідність регулярного оновлення стратегій.

Модель RiskIT є потужним інструментом для управління ризиками в галузі інформаційних технологій, який сприяє взаємодії між діяльністю ІТ та

стратегічними цілями організації, забезпечуючи збалансований підхід до управління ризиками на всіх рівнях.

Оптимізація моделі оцінювання ризиків прийняття рішень в проєктах розробки програмного забезпечення важлива для підвищення ефективності управління ризиками та досягнення успішних результатів проєкту. Ось кілька способів оптимізації цих моделей:

1. Збирання та аналіз даних. Забезпечте систематичний збір та аналіз історичних даних про ризики з попередніх проєктів розробки ПЗ. Використовуйте статистику для визначення частоти та впливу ризиків на проєкти.

2. Класифікація ризиків. Розділіть ризики на категорії (технічні, менеджерські, зовнішні, внутрішні) та визначте їх характеристики. Це допоможе більш ефективно аналізувати та управляти ризиками.

3. Визначення ймовірності та впливу. Встановіть систему оцінювання ймовірності виникнення ризику та його впливу на проєкт. Використовуйте числові значення для кожного ризику.

4. Розробка математичних моделей. Створіть математичні моделі для оцінки загального ризику проєкту на основі ймовірності та впливу окремих ризиків. Використовуйте методи, такі як методика Монте-Карло, для проведення симуляцій ризиків.

5. Використання інформаційних технологій. Використовуйте спеціалізовані програми для моделювання ризиків та аналізу сценаріїв. Враховуйте автоматизацію процесів збору та аналізу даних про ризики.

6. Постійне оновлення моделі. Періодично переглядайте та оновлюйте модель оцінювання ризиків, враховуючи нові дані та вивчені уроки з попередніх проєктів. Змінюйте параметри оцінювання при необхідності.

7. Залучення команди та стейкхолдерів. Включіть всіх учасників проєкту до процесу оцінки та управління ризиками. Спільна робота команди може призвести до кращого розуміння ризиків та вивчення нових стратегій їх управління.

8. Навчання та розвиток. Забезпечте навчання персоналу з питань ризик-менеджменту та використання моделі оцінювання ризиків. Постійно підвищуйте

свій рівень знань та навичок у цій області.

Оптимізація моделі оцінювання ризиків в проєктах розробки програмного забезпечення вимагає систематичного та професійного підходу. Вона допомагає покращити управління ризиками та забезпечити більшу впевненість у прийнятті рішень в контексті проєкту.

Висновки до розділу 1

1. У розділі було розглянуто ключові аспекти ризик-менеджменту в сфері розробки програмного забезпечення, логічний процес аналізу ризиків, важливість регулярного аналізу ризиків на різних етапах проєкту, щоб вчасно реагувати на зміни у середовищі та уникати негативних наслідків для успішності проєкту.

2. Розглянуті основні підходи оцінювання ризиків прийняття рішень в проєктах розробки програмного забезпечення, такі як SWOT-аналіз, дерева рішень, матриця ризику, метод Монте-Карло, метод аналізу вагових коефіцієнтів, а також основні критерії оцінювання ризиків.

3. Проведено аналіз і огляд ключових моделей оцінювання ризиків прийняття рішень в проєктах розробки програмного забезпечення (ПЗ). Розглянуті моделі, такі як ISO 31000, COSO ERM та RiskIT, представляють собою важливі інструменти для ефективного управління ризиками в галузі інформаційних технологій. Також розглянуті шляхи оптимізації моделей оцінювання ризиків.

2 МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ПРОЄКТАХ РОЗРОБКИ ПЗ

2.1 Методи багатокритеріального прийняття рішень при оцінюванні ризиків проекту

Багатокритеріальне прийняття рішень (БКПР) - це метод прийняття рішень, який враховує і оцінює рішення за допомогою кількох критеріїв чи чинників одночасно[16]. У контексті прийняття рішень, де існують різні аспекти чи цілі, цей підхід дозволяє враховувати різноманітність чинників та їхній вплив на обране рішення. На рисунку 2.1 зображено структуру багатокритеріального методу прийняття рішень.

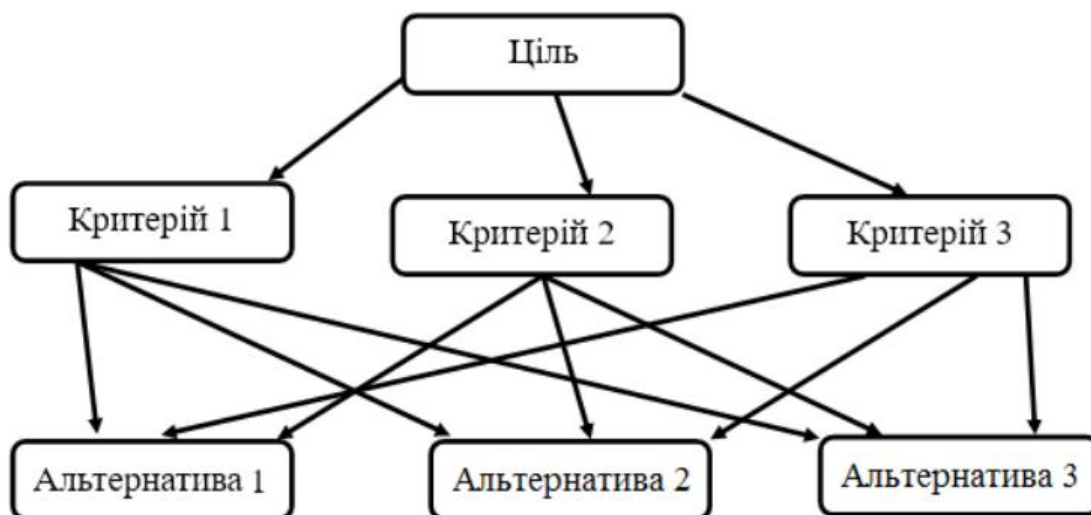


Рисунок 2.1 – Загальна структура багатокритеріального прийняття рішення

У контексті управління ризиками проекту, використання методів багатокритеріального прийняття рішень є ключовим аспектом для об'єктивного та систематичного оцінювання ризиків. Ці методи надають можливість враховувати різноманітні критерії та їх вагомість, що допомагає приймати обґрунтовані та ефективні рішення в умовах невизначеності та змін. Розглянемо основні методи багатокритеріального прийняття рішень при оцінюванні ризиків проекту:

Метод аналізу ієрархій (МАІ) відіграє ключову роль у багатокритеріальному прийнятті рішень[17], особливо в контексті управління ризиками проекту. Цей

метод, розроблений Томасом Сааті, став популярним інструментом для систематичного оцінювання та прийняття рішень у великій кількості галузей, включаючи інженерію, менеджмент та науку.

Основні принципи методу аналізу ієрархій:

1) Розбиття на ієрархію. МАІ використовує ієрархічну структуру, де проблема розбивається на більш прості задачі та елементарні критерії.

2) Порівняння за парами. Експерти порівнюють пари елементів на кожному рівні ієрархії, присвоюючи їм числові значення, що відображають їхню відносну важливість.

3) Створення матриць порівнянь. На основі порівнянь формується матриця, яка відображає попарні відношення між елементами на кожному рівні ієрархії.

4) Обчислення ваг кожного елемента. Застосовуються математичні операції для обчислення ваг кожного елемента, враховуючи експертні оцінки та відносні важливості.

5) Контроль на консистентність. Перевіряється консистентність експертних відповідей, і у випадку необхідності здійснюється коригування для уникнення протиріччя.

Послідовність кроків використання методу аналізу ієрархій в оцінюванні ризиків проєкту зображено на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Кроки використання методу аналізу ієрархій

Розглянемо детальніше кожен крок:

Крок 1. Ідентифікація ризиків. МАІ дозволяє розглядати проєкт як ієрархічну структуру, визначаючи основні критерії та задачі, пов'язані з ризиками.

Крок 2. Порівняння ризиків. Експерти порівнюють ризики за різними критеріями, такими як ймовірність, вплив, стратегічне значення тощо.

Крок 3. Визначення ваг ризиків. Застосовуються операції МАІ для

визначення ваг кожного ризику, що допомагає встановити їхню відносну важливість.

Крок 4. Прийняття рішень. На основі обчислених ваг ризиків можна приймати обґрунтовані рішення щодо пріоритетів управління ризиками.

Метод аналізу ієрархій є потужним інструментом управління ризиками проєкту розробки ПЗ, дозволяючи систематично та об'єктивно враховувати різні аспекти та важливості ризиків. Його успішна реалізація вимагає врахування специфічних умов проєкту та активної участі кваліфікованих експертів для досягнення оптимальних результатів у управлінні ризиками.

Метод ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la REalité) є багатокритеріальним методом прийняття рішень розроблений Жаном Клодом Рой в 1960-х роках, цей метод став ефективним інструментом для вирішення завдань, пов'язаних із вибором оптимальних альтернатив в умовах невизначеності та багатокритеріальності[18].

Основні принципи методу ELECTRE:

1) Порівняння за кожним критерієм. У методі ELECTRE кожна альтернатива порівнюється за кожним критерієм відносно інших альтернатив.

2) Визначення ваг критеріїв. Критерії вагаються залежно від їхнього впливу на остаточне рішення. Ваги визначаються експертами або на підставі аналізу важливості кожного критерію.

3) Побудова матриці відносних ваг. Створюється матриця, в якій визначаються відносні ваги кожної альтернативи порівняно з іншими альтернативами за кожним критерієм.

4) Визначення підтримки та відмови. Для кожної альтернативи визначається, які альтернативи отримують відмову, а які підтримку за кожним критерієм.

5) Визначення остаточного рангу. Спільний ранг для кожної альтернативи визначається на підставі суми вагованих відмов та підтримок.

Застосування методу ELECTRE в оцінці ризиків проєкту включає кілька ключових кроків, що допомагають систематично та об'єктивно вирішити завдання

управління ризиками. Нижче подано основні кроки застосування методу ELECTRE:

Крок 1. Визначення критеріїв. Ідентифікація та визначення критеріїв, за якими будуть оцінюватися ризики проєкту. Це може включати ймовірність виникнення ризиків, величину можливих втрат, строкові аспекти та інші фактори.

Крок 2. Вагові коефіцієнти. Визначення вагових коефіцієнтів для кожного критерію, які відображають їхню важливість в контексті конкретного проєкту. Ваги можуть визначатися експертами або шляхом консенсусу в команді.

Крок 3. Побудова матриці відносних ваг. Створення матриці відносин, в якій експерти порівнюють кожен ризик за кожним критерієм відносно інших. Для кожної пари ризиків визначається, який з них важливіший за кожним з критеріїв.

Крок 4. Визначення підтримок та відмов. Визначення того, які ризики отримують підтримку, а які відмову за кожним критерієм. Це може включати порогові значення, які вказують, коли ризик вважається прийнятним або неприйнятним.

Крок 5. Обчислення рангів. Обчислення остаточних рангів для кожного ризику, враховуючи ваги критеріїв та відносини підтримок та відмов. Цей крок визначає загальну ефективність кожного ризику в контексті всіх критеріїв.

Крок 6. Прийняття рішення. На основі отриманих рангів приймається рішення щодо прийняття та управління ризиками. Ризики можуть бути ранжовані за їхньою ефективністю, що допомагає визначити, які з них потребують пріоритетного управління.

Крок 7. Аналіз ризиків. Проведення аналізу ризиків, щоб визначити, наскільки зміна ваг або відносин може вплинути на остаточні рішення. Це дозволяє оцінити стабільність та надійність отриманих результатів.

Метод ELECTRE є потужним інструментом для багатокритеріального прийняття рішень у сфері управління ризиками проєктів. Його застосування дозволяє ефективно враховувати низку критеріїв та їх вплив на прийняття обґрунтованих та ефективних рішень в умовах невизначеності та ризиків.

При прийнятті рішень важливе значення має управління ризиками, оскільки

вони можуть серйозно підірвати успішність будь-якого проекту чи бізнес-процесу. З метою аналізу та оцінки ризиків існує багато методів, однак комбінація FUZZY DEMATEL (Fuzzy Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory) та TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) виявляється особливо ефективною у розгляді такої складної задачі.

FUZZY DEMATEL дозволяє структурувати та оцінювати взаємозв'язки між різними чинниками ризиків. Цей метод використовує нечіткість для врахування невизначеності в експертних оцінках[19]. Визначаючи важливість кожного чинника та взаємозв'язки між ними, FUZZY DEMATEL допомагає створити модель впливу ризиків на прийняття рішень.

TOPSIS допомагає визначити оптимальний варіант прийняття рішень, враховуючи вагомість кожного чинника ризиків та його подібність до ідеального рішення[20]. Використання TOPSIS у поєднанні з FUZZY DEMATEL дозволяє враховувати нечіткість та невизначеність в даних, що забезпечує більш реалістичні та достовірні результати.

Основною перевагою комбінованого методу є здатність об'єднати переваги обох підходів. FUZZY DEMATEL структурує взаємозв'язки, роблячи їх зрозумілими та вимірюваними, тоді як TOPSIS визначає оптимальний вибір серед різних альтернатив. Це дозволяє отримати комплексну картину впливу ризиків на можливі рішення.

Комбінований метод FUZZY DEMATEL-TOPSIS є потужним інструментом для оцінювання ризиків прийняття рішень. Його використання дозволяє ефективно моделювати та аналізувати взаємозв'язки між різними чинниками ризиків, а також визначати оптимальні рішення в умовах невизначеності та нечіткості даних. Цей підхід може бути важливим інструментом для менеджерів та приймачів рішень в управлінні проектами та бізнес-процесами, сприяючи більш обґрунтованим та успішним стратегічним вирішенням завдань у сфері управління ризиками.

2.2 Комбінований метод FUZZY DEMATEL-TOPSIS

Однією з інноваційних моделей прийняття рішень є комбінований метод Fuzzy DEMATEL та TOPSIS. Цей підхід дозволяє враховувати невизначеність та взаємозв'язки між критеріями, що робить його ефективним для складних задач, де нечіткість та взаємодія грають ключову роль.

У сучасному світі, де швидкість прийняття рішень та їх якість є важливими складовими успіху, розуміння та використання методів багатокритеріального аналізу стає необхідністю. Це дозволяє не тільки ефективно вирішувати завдання, але й забезпечує раціональне використання ресурсів та оптимальний розвиток проєктів та підприємств.

Методи Fuzzy DEMATEL та TOPSIS володіють спільним набором та відмінностями у їхній структурі та підходах. Обидва методи призначені для вирішення багатокритеріальних завдань і використовують експертні оцінки у форматі вхідних даних. У них подібна структура лінгвістичних термінів, але числове представлення відрізняється[21].

Найбільш відзначеною різницею між ними є спосіб оцінки експертів. Експерти, які використовують метод Fuzzy DEMATEL, оцінюють критерії попарно, зосереджуючись тільки на їхніх відносинах, а не на загальній картині. На відміну від цього, TOPSIS працює з оцінками критеріїв, враховуючи загальний контекст.

Однак ускладнення полягає в тому, як поєднати метод Fuzzy DEMATEL із TOPSIS, оскільки вони використовують різні підходи до оцінювання. Перевага комбінованого методу DEMATEL-TOPSIS полягає у здатності зберігати переваги обох методів, дозволяючи враховувати попарні відносини між критеріями з методу Fuzzy DEMATEL і одночасно враховувати загальний контекст та числове представлення з методу TOPSIS.

Основною перевагою є можливість проведення додаткового аналізу причино-наслідкових зв'язків при формуванні критеріїв. Метод TOPSIS, орієнтований на знаходження оптимального рішення, обмежується в наданні

додаткової інформації щодо критеріїв. У порівнянні з цим, fuzzy DEMATEL у результаті обчислень надає два набори даних, які розглядають критерії як причини та наслідки, оцінюючи їхню ступінь важливості. Саме ця додаткова інформація, яка може бути врахована в методі TOPSIS, може значно покращити процес пошуку оптимального рішення.

Метод DEMATEL, розроблений у Лабораторії випробувань та оцінки рішень програмою науки та людських справ Інституту меморіалу Батле в Женеві між 1972 та 1976 роками, використовується для аналізу та вирішення складних та взаємопов'язаних проблемних груп. DEMATEL є одним із інструментів багатокритеріального прийняття рішень і може перетворювати якісні конструкції на кількісний аналіз.

Метод DEMATEL широко використовується для розкриття структури складної проблематики. Його мета полягає в перетворенні взаємозв'язків між критеріями та причинно-наслідковими вимірами складної системи в зрозумілу структурну модель. В процесі вимірювання проблеми DEMATEL може чітко визначити причинно-наслідкові зв'язки між критеріями.

Цей метод надає можливість чітко визначити причинно-наслідкові зв'язки між критеріями при вимірюванні проблеми і відображає основну концепцію контекстуального взаємозв'язку між елементами системи, де числові значення відображають силу впливу.

Fuzzy DEMATEL знаходить своє застосування в багатьох дослідженнях, враховуючи той факт, що оцінка переваг за допомогою людського судження часто є неявною та важко вираженою числовими значеннями. Тепер розглянемо та проаналізуємо метод Fuzzy DEMATEL.

Крок 1: Визначення мети прийняття рішення.

Процес прийняття рішень включає в себе визначення цілей рішення, збір відповідної інформації, створення розширеного набору альтернатив, оцінку альтернатив з точки зору переваг та недоліків, вибір оптимальної альтернативи та контроль результатів для досягнення поставлених цілей рішення.

Крок 2: Розробка критеріїв оцінки та нечіткої лінгвістичної шкали.

На цьому етапі визначаються критерії, які будуть об'єктом дослідження. Лінгвістичні змінні отримують значення, визначені у їхньому наборі термінів - мовних визначень. У рамках дослідження розглядаються такі лінгвістичні змінні, як відсутність впливу, дуже низький вплив, низький вплив, великий вплив і дуже сильний вплив.

Крок 3: Створення нечіткої матриці прямого зв'язку.

Нечітка матриця прямого зв'язку (Fuzzy Direct Relation Matrix) - це інструмент, що використовується в нечіткій логіці та теорії нечітких множин для відображення ступенів взаємозв'язку або впливу між елементами. Основна ідея полягає в тому, що кожен елемент матриці оцінюється числовим значенням в діапазоні від 0 до 1, де 0 вказує на відсутність взаємозв'язку, а 1 - на максимальний взаємозв'язок. Значення між 0 і 1 відображає ступінь впливу чинника на інший.

Ця матриця може використовуватися для моделювання нечітких відносин між різними аспектами системи, і вона дозволяє враховувати невизначеність та нечіткість взаємодії. Чим більше значення в матриці, тим більше впливу відзначено між відповідними елементами.

Застосування нечіткої матриці прямого зв'язку дозволяє проводити аналіз та приймати рішення в умовах невизначеності та неоднозначності, що є важливим в контексті управління ризиками та прийняття стратегічних рішень в складних системах.

Щоб визначити модель зв'язків між n критеріями, спочатку генерується матриця $n \times n$. Вплив елемента в кожному рядку на елемент у кожному стовпці цієї матриці можна представити нечітким числом. Якщо використовуються висновки кількох експертів, всі експерти повинні заповнити матрицю. середнє арифметичне всіх думок експертів використовується для створення матриці прямого зв'язку z .

$$z = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & \tilde{z}_{n1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{z}_{1n} & \cdots & 0 \end{bmatrix}; \quad (2.1)$$

Крок 4: Отримання нормалізованої нечіткої матриці прямого відношення

Після створення матриці прямого відношення на попередньому етапі, ми переходимо до процесу нормалізації цієї матриці. Нормалізовану матрицю прямого

відношення можна отримати за допомогою формул.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{r} = \left(\frac{l_{ij}}{r}, \frac{m_{ij}}{r}, \frac{u_{ij}}{r} \right), \quad (2.2)$$

$$r = \max_{i,j} \left\{ \max_i \sum_{j=1}^n u_{ij}, \max_j \sum_{i=1}^n u_{ij} \right\}, \quad i, j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}; \quad (2.3)$$

Отримання нормованої матриці нечітких прямих відношень X відбувається шляхом поділу матриці нечітких прямих зв'язків на r . На кроці 5 здійснюється процес отримання нечіткої матриці повних відношень.

Крок 5: Обчислення нечіткої матриці загального співвідношення

Нечітку матрицю загального співвідношення можна обчислити за такою формулою:

$$\tilde{T} = \lim_{k \rightarrow +\infty} (\tilde{x}^1 \oplus \tilde{x}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{x}^k); \quad (2.4)$$

Якщо кожен елемент нечіткої матриці загального відношення виражається як $\tilde{t}_{ij} = (l_{ij}^{\prime\prime}, m_{ij}^{\prime\prime}, u_{ij}^{\prime\prime})$, його можна обчислити таким чином:

$$[l_{ij}^{\prime\prime}] = x_l \times (I - x_l)^{-1}, \quad (2.5)$$

$$[m_{ij}^{\prime\prime}] = x_m \times (I - x_m)^{-1}, \quad (2.6)$$

$$[u_{ij}^{\prime\prime}] = x_u \times (I - x_u)^{-1}; \quad (2.7)$$

Іншими словами, спочатку обчислюється обернена нормалізована матриця, потім вона віднімається з матриці I , і, нарешті, нормалізована матриця множиться на результуючу матрицю.

Крок 6: Дефазифікація в чіткі значення

Дефазифікація – це процес або метод перетворення нечіткого значення у чітке, конкретне значення. У нечіткій логіці чи нечітких системах, значення може бути виражене у вигляді нечіткої множини, яка представляє ступінь належності елементів до певного набору.

Дефазифікація використовується для того, щоб отримати конкретне, чітке значення або результат із нечіткого висновку чи вказівки. Цей процес дозволяє зробити рішення або висновок більш зрозумілим і придатним для подальшого застосування в чіткому контексті чи системі

Формули які будуть використанні для дефазифікації:

$$l_{ij}^n = \frac{(l_{ij}^t - \min l_{ij}^t)}{\Delta_{min}^{max}}, \quad (2.8)$$

$$m_{ij}^n = \frac{(m_{ij}^t - \min l_{ij}^t)}{\Delta_{min}^{max}}, \quad (2.9)$$

$$u_{ij}^n = \frac{(u_{ij}^t - \min l_{ij}^t)}{\Delta_{min}^{max}}, \quad (2.10)$$

$$\Delta_{min}^{max} = \max u_{ij}^t - \min l_{ij}^t; \quad (2.11)$$

Розрахунок верхньої та нижньої меж нормованих значень:

$$l_{ij}^s = \frac{m_{ij}^n}{(1 + m_{ij}^n - l_{ij}^n)}, \quad (2.12)$$

$$u_{ij}^s = \frac{u_{ij}^n}{(1 + u_{ij}^n - l_{ij}^n)}; \quad (2.13)$$

Результатом є чіткі значення.

Обчислення загальних нормалізованих чітких значень:

$$x_{ij} = \frac{[l_{ij}^s(1-l_{ij}^s)+u_{ij}^s \times u_{ij}^s]}{[1-l_{ij}^s+u_{ij}^s]}, \quad (2.14)$$

Крок 7: Встановлення порогового значення

Для розрахунку матриці внутрішніх зв'язків необхідно отримати порогове значення. Відповідно, частковими зв'язками нехтують, і будують карту мережових взаємозв'язків (NRM). У NRM відображаються лише ті відносини, значення яких у матриці T перевищують порогове значення. Щоб обчислити порогове значення для зв'язків, достатньо обчислити середні значення матриці T. Після визначення порогової інтенсивності всі значення в матриці T, які менші за порогове значення, встановлюються рівними нулю, тобто причинно-наслідкові згадане вище відношення не розглядається.

Крок 8: Остаточний результат і створення діаграми причинно-наслідкових зв'язків

Наступним кроком є визначення суми кожного рядка та кожного стовпця T. Суму рядків (D) і стовпців (R) можна обчислити наступним чином:

$$D = \sum_{j=1}^n T_{ij}, \quad (2.15)$$

$$R = \sum_{i=1}^n T_{ij}; \quad (2.16)$$

Тоді значення $D+R$ і DR можна обчислити за допомогою D і R , де $D+R$ представляють ступінь важливості чинника i у всій системі, а DR представляють чистий вплив чинника i на систему.

Сума рядків і стовпців у нечіткій матриці загальних відношень позначається як вектор D і вектор R відповідно. Сума цих векторів горизонтально, утворюючи вектор "Визначеність", який представляє важливість критерію шляхом додавання D до R .

Метод TOPSIS, який використовує техніку упорядкування переваг за подібністю до ідеального рішення, належить до класу методів прийняття рішень за багатьма критеріями. Його розробили Чай-Лай Хванг та Юан у 1981 році. Заснований на концепції того, що найкраща альтернатива повинна мати найменшу геометричну відстань від позитивного ідеального рішення (PIS) і найбільшу відстань від ідеального негативного рішення (NIS).

TOPSIS є методом компенсаційного агрегування, при цьому припущенням є те, що критерії є величинами монотонного збільшення або зменшення. Зазвичай під час використання цього методу потрібна нормалізація значень. Метод TOPSIS дозволяє знаходити компроміси між критеріями в ситуаціях, коли неможливо виділити один найкращий результат. Це забезпечує створення більш реалістичної моделі прийняття рішень, порівняно з методами, що ґрунтуються на жорстких обмеженнях.

Крок 1: Оцінювання критеріїв та альтернатив

Для проведення оцінки альтернатив та критеріїв за допомогою методу TOPSIS використовуються заздалегідь визначені лінгвістичні терміни. Зазвичай значення цих термінів розташовані в інтервалі від 1 до 9, з вибором інтервалів між термінами таким чином, щоб забезпечити однорідну щільність оцінок.

Використовуючи терміни лінгвістики, оцінки критеріїв та альтернатив, виражені мовно, будуть конвертовані в числові оцінки у формі трикутних чисел

Крок 2: Обчислення середніх значень критеріїв та альтернатив

Для виконання усереднення оцінок слід використовувати наступну формулу:

$$AV_{ci} = \frac{c_{i1} + c_{i2} + \dots + c_{in}}{n}; \quad (2.17)$$

де AV_{ci} – середнє значення i -того критерію; n – кількість експертів; i – номер критерію.

Крок 3: Нормалізація значень

Нормалізація значень це процес приведення числових даних до стандартного формату чи шкали, зазвичай для полегшення порівняння та обробки даних. Цей процес може бути важливим у контексті аналізу даних, статистики та інших областей, де однорідність та стандартизація даних є ключовими.

Основна мета нормалізації полягає у приведенні різних шкал та діапазонів значень до однорідної шкали, зазвичай від 0 до 1, але це може бути інший стандартизований діапазон. Це допомагає уникнути впливу величини та одиниць вимірювання на аналіз та моделі.

Нормалізація значень є ключовою для ефективності методу TOPSIS. Тому важливо здійснити нормалізацію середніх значень, отриманих на попередньому етапі.

Для нормалізації можна використовувати наступну формулу.

$$r_{ij}(x) = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad i = 1, \dots, m ; j = 1, \dots, n; \quad (2.18)$$

Крок 4: Створення матриці зважених альтернатив

Суть матриці зважених альтернатив полягає в тому, щоб структурувати та оцінювати різні варіанти або альтернативи з урахуванням набору критеріїв, причому кожен критерій має свою вагу в оцінці

Для сформування матриці зважених альтернатив потрібно перемножити нормовані значення альтернатив на середні оцінки критеріїв.

$$v_{ij}(x) = w_j r_{ij}(x) \quad i = 1, \dots, m ; j = 1, \dots, n; \quad (2.19)$$

Створення матриці зважених альтернатив є ключовим етапом у нашому дослідженні, оскільки саме для оцінювання альтернатив використовуються значення критеріїв, розраховані за методом TOPSIS. Таким чином, необхідність внесення змін у цей параметр за допомогою даних, отриманих під час розрахунків методу fuzzy DEMATEL, стає очевидною.

Крок 5: Визначення позитивного ідеального та негативного ідеального рішення

Позитивне ідеальне рішення є тим варіантом (або набором параметрів), який максимально задовольняє всі критерії максимізації чи мінімізації в задачі прийняття рішень. Це вектор, що складається з найкращих значень кожного критерію, які можливі для даної задачі. Отже, позитивне ідеальне рішення відображає ідеалізований стан, який ми б хотіли досягти для кожного критерію.

Негативне ідеальне рішення, навпаки, є тим варіантом (або набором параметрів), який мінімізує чи максимізує всі критерії в задачі прийняття рішень. Це вектор, який представляє найгірші значення для кожного критерію. Таке рішення ілюструє найменш прийнятний стан для кожного критерію.

Метою методу TOPSIS є обчислення ступеня відстані кожної альтернативи від позитивних і негативних ідеалів. Тому на цьому кроці позитивні та негативні ідеальні розчини визначаються за наступними формулами.

$$A^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+), \quad (2.20)$$

$$A^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-), \quad (2.22)$$

$$v_j^+ = \{(max v_{ij}(x) | j \in j_1), (min v_{ij}(x) | j \in j_2)\} \quad i = 1, \dots, m, \quad (2.23)$$

$$v_j^- = \{(min v_{ij}(x) | j \in j_1), (max v_{ij}(x) | j \in j_2)\} \quad i = 1, \dots, m; \quad (2.24)$$

j_1 і j_2 позначають негативний і позитивний критерії відповідно.

Крок 6: Обчислення відстані кожної альтернативи до ідеальних рішень

Основна мета обчислення відстані полягає в тому, щоб визначити, наскільки кожна альтернатива віддалена від ідеального стану. Для цього використовується метрика відстані, така як Евклідова відстань або Манхеттенська відстань, що вимірює різницю між показниками альтернатив та ідеальними значеннями.

Ключова ідея полягає в тому, що альтернативи, які мають меншу відстань до ідеального рішення, будуть більш перевагою, оскільки вони більше відповідають заданим критеріям. З іншого боку, альтернативи з більшою відстанню до ідеального рішення вважаються менш привабливими.

Метод TOPSIS ранжирує кожну альтернативу на основі відносного ступеня близькості до позитивного ідеалу та відстані від негативного ідеалу. Таким чином, на цьому кроці розрахунок відстаней між кожною альтернативою та позитивним і негативним ідеальними рішеннями отримується за допомогою наступних формул.

Для визначення відстані кожної альтернативи використовується формула геометричної відстані:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n [v_{ij}(x) - v_j^+(x)]^2} \quad , \quad i = 1, \dots, m, \quad (2.25)$$

де d_i^+ - відстань альтернативи до ідеального позитивного значення;

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n [v_{ij}(x) - v_j^-(x)]^2} \quad , \quad i = 1, \dots, m; \quad (2.26)$$

Відстань альтернативи від ідеального негативного значення позначається як d_i^- .

Крок 7: Обчислення коефіцієнтів схожості для кожної альтернативи

На цьому кроці відносний ступінь близькості кожної альтернативи до ідеального рішення виходить за такою формулою. Якщо відносний ступінь близькості має значення, близьке до 1, це означає, що альтернатива має коротшу відстань від позитивного ідеального рішення і більшу відстань від негативного ідеального рішення.

$$C_i = \frac{d_i^-}{(d_i^+ + d_i^-)} \quad , \quad (2.27)$$

де C_i - коефіцієнти схожості для i -тої альтернативи; d_i^+ та d_i^- - відстані i -тої альтернативи до ідеальних рішень.

Процес визначення вагових коефіцієнтів для критеріїв або факторів є важливою частиною методів прийняття рішень, таких як TOPSIS та FUZZY DEMATEL. Для оцінки критеріїв ризику та впливу цих критеріїв на альтернативи будемо використовувати метод експертних оцінок

2.3 Розробка моделі оцінювання ризиків

Розробка моделі оцінювання ризиків є ключовим етапом в управлінні проєктами та бізнес-процесами, спрямованими на ефективне управління невизначеністю та можливостями. Цей процес вимагає систематичного та структурованого підходу, який дозволяє ідентифікувати, аналізувати, оцінювати та ефективно управляти потенційними ризиками.

Розробка моделі оцінювання ризиків у проєктах розробки програмного забезпечення — це важливий етап, який передбачає систематичний та виважений підхід до визначення, аналізу та керування потенційними негативними впливами та можливостями. Цей процес вимагає не лише технічних знань, а й глибокого розуміння контексту проєкту, врахування інтересів стейкхолдерів та активного взаємодії з усіма учасниками. На рисунку 2.3 зображено загальний підхід моделей до оцінювання ризиків.



Рисунок 2.3 – Загальний підхід до моделей оцінювання ризиків

Початок розробки моделі оцінювання ризиків визначається чіткими цілями та завданнями, що передбачає модель. Визначення області застосування та масштабів моделі є ключовим, оскільки воно створює фундамент для подальших рішень та дій.

Ідентифікація стейкхолдерів виявляє ключових учасників, чії інтереси та очікування можуть впливати на ризики. Цей етап вимагає вивчення думок та поглядів усіх стейкхолдерів, починаючи від команди розробки і закінчуючи замовниками та користувачами.

Створення інвентарю можливих ризиків включає систематичне визначення потенційних загроз та можливостей, які можуть виникнути протягом життєвого циклу проєкту. Цей етап базується на аналізі попередніх проєктів, експертних висновках та аналізі внутрішнього та зовнішнього середовища.

Класифікація ризиків є важливим етапом, спрямованим на структурування та групування ризиків за спільними характеристиками чи характерами. Це дозволяє ефективніше керувати та аналізувати їх в подальшому.

Оцінка ймовірності та впливу є ключовим елементом, який визначає ступінь серйозності та можливого впливу ризиків на проєкт. Використання якісних та кількісних методів дозволяє об'єктивно оцінити ймовірність виникнення та наслідки.

Визначення критеріїв оцінювання встановлює об'єктивні метрики, за якими будуть оцінюватися ризики. Це може включати фінансові параметри, строкові показники, вплив на якість та інші ключові аспекти.

Розробка стратегій управління ризиками передбачає визначення конкретних заходів та дій для зменшення ймовірності виникнення чи впливу ризиків, а також стратегії їхнього викорінення чи передачі.

Створення системи моніторингу та контролю дозволяє визначити ефективні механізми для постійного відстеження ризиків та вчасного реагування на можливі зміни.

Оцінка та аналіз ефективності є невід'ємною частиною розробки моделі,

оскільки вона дозволяє періодично оцінювати та оптимізувати стратегії управління ризиками з урахуванням змін в середовищі.

Документація та комунікація є невід'ємним елементом управління ризиками. Систематична документація та ефективна комунікація з усіма стейкхолдерами забезпечують спільне розуміння та сприяють успішній реалізації стратегій управління ризиками.

Отже, розробка моделі оцінювання ризиків у проєктах розробки програмного забезпечення — це ретельно продуманий ітеративний процес, що враховує специфіку проєкту, інтереси стейкхолдерів та вимоги ринку для досягнення ефективного управління ризиками.

Так як розробка програмного забезпечення є складним та динамічним процесом, який часто супроводжується численними труднощами та ризиками перед початком розробки моделі оцінювання ризиків при прийнятті рішень слід ретельно дослідити цю галузь.

Один із ключових чинників ризику в розробці програмного забезпечення - це технічні складнощі[40]. Нові технології, нестабільність платформ, невизначені вимоги замовників можуть впливати на технічну сторону проєкту та його успішне завершення. Важливо визначити та детально проаналізувати ці чинники на етапі планування проєкту.

Ще одним чинником ризику є недостатня комунікація. Відсутність чіткого спілкування між командою розробників, керівниками та замовниками може вести до неправильного розуміння вимог, затримок у виконанні завдань та непередбачених змін у проєкті. Ефективне визначення чинників ризику у сфері комунікацій може запобігти багатьом непорозумінням та помилкам.

Також, велике значення має людський фактор. Відключення розробників, конфлікти в команді, втрата ключових фахівців можуть суттєво вплинути на хід проєкту. Передбачення можливих проблем у міжособистісних відносинах та вжиття заходів для їх управління є важливою частиною стратегії ризик-менеджменту.

Зміни вимог - це ще один частий чинник ризику. У розробці програмного

забезпечення вимоги можуть змінюватися через внутрішні чи зовнішні фактори, що може призвести до перегляду графіку, бюджету та інших аспектів проєкту. Важливо вести системний моніторинг змін вимог та реагувати на них вчасно.

Для ефективного визначення чинників ризику важливо використовувати аналітичні та експертні методи. SWOT-аналіз, аналіз причинно-наслідкових зв'язків, експертні опитування - це лише деякі інструменти, які можуть допомогти у виявленні та оцінці ризиків.

Визначення чинників ризику в проєктах розробки програмного забезпечення є процесом, який вимагає системності, глибокого розуміння галузі та досвіду. Правильно виявлені ризики та розроблені стратегії їх управління сприяють успішному завершенню проєкту та досягненню поставлених цілей.

Процес прийняття рішень керівниками та проєктними командами невіддільний від визначення та оцінювання вагомості кожного чинника, який впливає на рішення.

Спочатку, необхідно ідентифікувати всі чинники, що впливають на прийняття рішення. Це може бути різноманітність від технічних аспектів та фінансових показників до соціальних та етичних вимог. Далі, слід провести аналіз кожного чинника з погляду його вагомості для успішного втілення проєкту або досягнення цілей.

В контексті розробки програмного забезпечення виникає необхідність розробки моделі оцінювання ризиків, яка б не тільки ідентифікувала потенційні небезпеки, але й надавала інструментарій для прийняття обґрунтованих рішень. Розглянемо ключові аспекти розробки моделі в контексті проєктів розробки програмного забезпечення.

Перший ключовий аспект полягає в тісній інтеграції моделі оцінювання ризиків зі стратегічним плануванням проєкту. Це включає в себе аналіз взаємозв'язків між ризиками та стратегічними цілями, а також вироблення стратегій управління ризиками, які спрямовані на досягнення стратегічних завдань.

Ефективна модель повинна передбачати ідентифікацію ризиків на ранніх етапах проєкту. Це дозволяє команді проєкту вчасно реагувати та приймати

превентивні заходи щодо потенційних проблем, ще до того, як вони можуть суттєво вплинути на виконання проєкту.

Модель повинна враховувати різноманітність ризиків, що можуть виникнути в розробці програмного забезпечення[39]. Це включає технічні ризики, бізнес-інноваційні аспекти, людські фактори та зовнішні впливи. Такий підхід дозволяє створити повні та деталізовані стратегії управління ризиками.

Важливо визначити методи оцінювання ймовірності виникнення ризиків та їхнього впливу на проєкт. Модель повинна надавати конкретні інструменти для об'єктивної оцінки цих параметрів, що дозволяє отримувати надійні дані для прийняття рішень.

Модель повинна забезпечувати систематизацію та нормалізацію даних щодо ризиків та їх оцінок. Це допомагає уникнути суб'єктивності та забезпечує консистентність в оцінках різних учасників проєкту.

Модель має передбачати постійний моніторинг ризиків на всіх етапах життєвого циклу проєкту. Постійне оновлення стратегій та пристосування до нових умов є необхідною умовою успішного управління ризиками.

Модель повинна сприяти ефективній взаємодії з різними стейкхолдерами проєкту, зокрема експертами. Це дозволяє отримати різні точки зору та значно покращує об'єктивність в оцінці ризиків.

Усі ці аспекти разом формують комплексний підхід до розробки моделі оцінювання ризиків в контексті проєктів розробки програмного забезпечення. Враховуючи ці ключові аспекти, ми можемо побудувати модель, яка не лише ідентифікує ризики, але й допомагає ухвалювати обґрунтовані рішення, підвищуючи успішність та стабільність проєктів у сфері розробки ПЗ.

Висновки до розділу 2

1. Досліджено методи багатокритеріального прийняття рішень для оцінювання ризиків проєкту та визначено, що такий підхід дозволяє ефективно враховувати різні аспекти, метод аналізу ієрархій розкриває ієрархічну структуру

ризиків, а метод ELECTRE враховує неоднозначність у прийнятті рішень, враховуючи якісні та кількісні аспекти ризиків.

2. Комбінація методу FUZZY DEMATEL-TOPSIS надає комплексний підхід до оцінювання ризиків, враховуючи як кількісні, так і якісні аспекти. Це робить метод особливо ефективним для проєктів розробки ПЗ, де ризики можуть мати різні форми та виявлятися у різних аспектах проєкту.

3. Проаналізовано ключові аспекти розробки моделі оцінювання ризиків у контексті прийняття рішень в проєктах розробки програмного забезпечення. Успішна модель оцінювання ризиків повинна бути гнучкою, адаптованою до конкретних умов проєкту, і забезпечувати систематизацію процесу управління ризиками, сприяючи прийняттю інформованих рішень та підвищенню стабільності проєктів розробки ПЗ.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

3.1 Вибір критеріїв для оцінювання ризиків розробки ПЗ

Вибір критеріїв для оцінювання ризиків розробки програмного забезпечення (ПЗ) є ключовим етапом у процесі управління ризиками[22]. Важливість цього вибору полягає в тому, що правильно обрані критерії визначають чинники, які мають найбільший вплив на успішність проєкту. Розробка програмного забезпечення визначає конкурентоспроможність та ефективність бізнес-процесів, вибір критеріїв для оцінювання ризиків у цій сфері є важливим завданням, для ефективного управління ризиками важливо ретельно визначити та обґрунтувати ці критерії оцінювання. Вибір відповідних критеріїв визначає, які аспекти мають великий вплив на успішність проєкту. Дане завдання вимагає системного підходу, що враховує усі аспекти, що можуть впливати на успішність розробки програмного продукту.

Одним із ключових принципів вибору критеріїв для оцінювання ризиків у розробці програмного забезпечення є орієнтація на важливість та вплив окремих аспектів на загальний результат проєкту. Під час цього вибору, слід враховувати наступні аспекти:

1) Стратегічні цілі проєкту. Визначення стратегічних цілей розробки програмного забезпечення є важливим етапом. Критерії повинні відображати ті аспекти ризиків, які можуть найбільше завдати шкоди досягненню стратегічних цілей.

2) Технічні вимоги: Розгляд технічних вимог до програмного продукту та процесу його розробки. Оцінка технічних аспектів може включати в себе складність архітектури, використання нових технологій, та інші технічні параметри.

3) Середовище розробки: Аналіз оточення розробки, включаючи умови співпраці в команді, наявність необхідних ресурсів та інфраструктури. Ризики, пов'язані з комунікацією, ресурсами та іншими аспектами робочого середовища,

можуть суттєво впливати на успіх проєкту.

4) Вимоги до якості: Розгляд вимог до якості програмного продукту, включаючи вимоги до надійності, ефективності та безпеки. Ризики, пов'язані з невдоволенням клієнтів, можуть бути критичними для успіху проєкту.

5) Етапи життєвого циклу проєкту: Врахування етапів життєвого циклу проєкту та визначення ризиків, які можуть бути актуальними на кожному етапі. Ризики можуть суттєво змінюватися від етапу концепції до розгортання програмного продукту.

6) Оцінка досвіду команди: Аналіз досвіду та кваліфікацій команди розробників. Ризики, пов'язані з недостатнім досвідом або нестачею знань у певних технологіях, можуть впливати на ефективність та якість розробки.

Врахування цих принципів у виборі критеріїв для оцінювання ризиків дозволяє створити комплексну та збалансовану систему, що враховує специфіку кожного проєкту. Вибір відповідних критеріїв для оцінювання ризиків стає ключовим етапом у мінімізації можливих негативних впливів та забезпеченні успішності проєкту з розробки програмного забезпечення.

Нижче у таблиці 3.1 подано невеликий перелік критеріїв оцінювання ризиків розробки ПЗ, які допоможуть у визначенні потенційних небезпек та виробленні стратегій управління ними.

Таблиця 3.1 – Критерії оцінювання ризиків та їх опис

Критерій оцінювання ризиків	Опис
Ймовірність виникнення	Ймовірність того, що конкретний ризик стане актуальним. Визначається ймовірністю його виникнення.
Вплив на безпеку	Спроможність ризику вплинути на безпеку програмного продукту та взагалі на інформаційну систему.
Вплив на графік	Можливі наслідки ризику на виконання графіку розробки.
Вплив на бюджет	Фінансові наслідки ризику та його вплив на загальний бюджет проєкту.
Вплив на стабільність	Можливість ризику викликати проблеми з надійністю та стабільністю системи.

Продовження таблиці 3.1	
Можливість виявлення ризику	Легкість або складність виявлення ризику в ранній стадії розробки.
Ступінь досвіду команди	Рівень професійності та досвіду команди розробників.
Масштабованість системи	Здатність системи до масштабування та адаптації до зростання обсягів роботи.
Зміни в специфікаціях	Частота та обсяг змін у вимогах та специфікаціях проєкту.
Частота змін вимог	Регулярність внесення змін у вимоги до програмного продукту.
Потреба в навчанні користувачів	Ступінь, до якого нововведення може вимагати додаткового навчання користувачів.
Витрати на підтримку	Фінансові витрати, пов'язані з підтримкою та обслуговуванням продукту.
Витрати на тестування	Вартість та обсяги тестування для виявлення та управління ризиками.
Відомість технологій розробки	Знання та досвід команди використовуваних технологій розробки.

Слід зазначити, що критеріїв оцінювання ризиків є дуже багато, тому варто звернути увагу на те, що правильно обрані критерії дозволяють краще визначити потенційні небезпеки та їх вплив на проєкт, в той час як неправильно обрані критерії оцінювання ризиків можуть призвести до неповного або неточного виявлення потенційних загроз для проєкту. Це може призвести до невірної розподілу ресурсів, недооцінки серйозних ризиків або, навпаки, переоцінки менш важливих аспектів.

Неправильний вибір критеріїв може призвести до таких проблем, як[34]:

1. Невірний пріоритет ризиків. Може виникнути ситуація, коли менш важливі ризики отримують непропорційно велику увагу, тоді як більш серйозні проблеми залишаються непоміченими.
2. Неспроможність виявлення ключових ризиків. Неправильні критерії можуть призвести до втрати уваги до ключових аспектів, які можуть вплинути на успішне завершення проєкту.
3. Невірне призначення ресурсів. Може статися так, що ресурси

призначаються для управління ризиками, які не мають значущого впливу на проєкт.

4. Втрата часу та енергії. Неправильні обрані критерії можуть призвести до зайвого аналізу та планування аспектів, які не є важливими для успішного завершення проєкту.

При виборі критеріїв слід враховувати особливості конкретного проєкту[36], його область застосування та учасників. Зазвичай найважливішими критеріями вважають: ймовірність виникнення ризику, можливий вплив на графік, вартість та вплив на якість продукту. Ці критерії обирають через їх важливість у контексті управління ризиками в процесі розробки програмного забезпечення

Ймовірність виникнення ризику є основним показником, який дозволяє передбачити можливі проблеми та визначити ступінь їх ймовірності. Цей критерій допомагає визначити на які аспекти слід звернути особливу увагу та які заходи потрібно прийняти для зменшення ризиків.

Вплив на графік – це ще один критерій, який визначає можливий вплив на весь графік проєкту. Враховуючи терміновість та обмежені ресурси, ефективне управління часом є ключовим для успішного завершення проєкту.

Вартість – це фінансовий аспект, який безпосередньо впливає на бюджет проєкту. Визначення потенційних витрат та вартості реагування на ризики є критичним для ефективного фінансового планування та забезпечення стійкості проєкту.

Вплив на якість продукту – цей критерій важливий, оскільки вказує на можливі наслідки ризиків для якості розроблюваного продукту. Забезпечення високої якості продукту є головною метою будь-якого проєкту, тому важливо попереджати ризики, які можуть вплинути на його якість.

Ці чотири ключові критерії створюють комплексний підхід до оцінювання ризиків у процесі розробки програмного забезпечення, дозволяючи збалансувати технічні, фінансові та якісні аспекти проєкту для досягнення його успішної реалізації.

3.2 Реалізація експерименту з моделлю оцінювання ризику

Компанія "TechInnovate Solutions " – розробник програмного забезпечення для фінансового сектору, розпочала роботу над новим та амбіційним фінансовим продуктом, який мав привернути увагу клієнтів та підняти компанію на новий рівень конкурентоспроможності.

В процесі розробки інноваційного програмного забезпечення, яке об'єднує електронне банківське обслуговування, інвестиційні рішення та персоналізовані фінансові інструменти, стикається з несподіваною проблемою.

На перших етапах розробки, команда розробників працювала над ізольованими частинами системи, використовуючи сучасні технології та кращі практики. Проте, коли настав час інтеграції та тестування, стало очевидним, що існуюча архітектура не здатна ефективно узгоджувати всі компоненти продукту. З'ясувалося, що велика монолітна архітектура перешкоджає ефективній інтеграції та масштабуванню. При спробі забезпечити взаємодію різноманітних функцій та сервісів, виникли проблеми зі сумісністю та ефективністю.

Ситуація стала викликом для команди розробників та керівництва компанії. Було важко передбачити ці проблеми на ранніх етапах розробки, оскільки вони виникли при спробі об'єднати різноманітні компоненти системи та забезпечити їх взаємодію.

У такій ситуації важливо прийняти правильне рішення для виправлення архітектурних недоліків та продовження успішного виконання проєкту. Тут розглянемо декілька альтернативних шляхів вирішення цієї проблеми:

Реінжиніринг технічної архітектури. Компанія може взяти на себе завдання реінжинірингу технічної архітектури, зробити аудит існуючої системи, і виконати необхідні зміни та оптимізації для врахування нових вимог. Переваги та недоліки даної альтернативи відображенні у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Переваги, недоліки та ризики альтернативи реінжинірингу технічної архітектури

Переваги	Недоліки	Ризики
Можливість адаптувати існуючу систему до нових вимог	Реінжиніринг може вимагати значного часу та зусиль.	Затримки в часі: Реінжиніринг може вимагати більше часу, ніж передбачалося, особливо якщо потрібно вносити суттєві зміни.
Використання більш ефективних технологій та підходів.	Зміни в архітектурі можуть викликати проблеми стабільності.	Втрата стабільності: Зміни в архітектурі можуть призвести до непередбачених проблем стабільності та безпеки.
Зменшення технічного боргу та полегшення майбутнього обслуговування.	Розробка та впровадження нової архітектури може бути витратною.	Великі витрати: Розробка та впровадження нової архітектури може бути дорогим заходом.

Використання мікросервісної архітектури. Мікросервісна архітектура є підходом до розробки програмного забезпечення, при якому великий за обсягом додаток розбивається на невеликі, автономні та незалежні мікросервіси. Кожен мікросервіс функціонує незалежно, має свою власну базу даних та може бути розгорнутий окремо. Використання мікросервісної архітектури має численні переваги та може бути застосоване в різних областях індустрії. Замість великої монолітної системи, компанія може розглянути перехід на цей альтернативний варіант для вирішення. Це може полегшити масштабування та розвиток. Переваги та недоліки даної альтернативи відображенні у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Переваги, недоліки та ризики альтернативи використання мікросервісної архітектури

Переваги	Недоліки	Ризики
Здатність ефективно масштабувати окремі частини системи.	Підтримка та управління великою кількістю мікросервісів може бути важкою.	Складне управління: Управління великою кількістю мікросервісів може бути складним та витратним.
Зручне керування різними частинами функціональності.	Зміна архітектури може вимагати значних витрат.	Вартість переходу: Зміна архітектури може вимагати значних витрат на навчання та розробку.
Помилки в одному сервісі не впливають на інші.	Зменшення простоти розробки та розгортання.	Системні проблеми: Можливість виникнення труднощів у роботі всієї системи через проблеми з інтеграцією між сервісами.

Використання технологій хмарних обчислень. Використання технологій хмарних обчислень є важливою стратегією для підвищення ефективності, гнучкості та доступності інформаційних систем. Хмарні обчислення дозволять компанії та зосередитися на своїх бізнес-задачах, надаючи високий рівень інфраструктурної та сервісної підтримки. За використанням ресурсів хмарних обчислень, компанія може отримати гнучкість та високий рівень масштабованості, щоб враховувати зростаючі вимоги до обчислювальної потужності та зберігання даних. Переваги та недоліки даної альтернативи вирішення проблеми відображенні у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Переваги, недоліки та ризики альтернативи використання технологій хмарних обчислень

Переваги	Недоліки	Ризики
Здатність легко масштабувати ресурси в залежності від потреб.	Невпевненість у стабільності та безпеці хмарних платформ.	Залежність від постачальника: Висока залежність від хмарних постачальників, що може вплинути на доступність та продуктивність.
Швидка адаптація до змін в обчислювальних потребах.	Потреба в стійкому та швидкому Інтернет-з'єднанні.	Проблеми безпеки: Збільшений ризик порушення конфіденційності та безпеки даних в хмарних середовищах.
Платіть лише за фактичне використання ресурсів.	Довготривалі витрати можуть перевищити вартість власної інфраструктури.	Вартість на довгий термін: Непередбачувані витрати на тривалий період, які можуть перевищити витрати на власну інфраструктуру.

Аутсорсинг або використання сторонніх рішень: Компанія може розглянути можливість використання сторонніх рішень або аутсорсингу частини розробки, особливо, якщо вони потребують спеціалізованої експертизи. Переваги та недоліки даної альтернативи відображенні у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Переваги, недоліки та ризики альтернативи аутсорсингу або використання сторонніх рішень

Переваги	Недоліки	Ризики
Забезпечення доступу до експертної компетентності.	Зовнішні постачальники можуть не завжди відповідати стандартам та очікуванням компанії.	Втрата контролю: Втрата контролю над розробкою та обслуговуванням може виникнути при використанні сторонніх рішень.
Оплата лише за використання зовнішніх ресурсів.	Зростає ризик втрати конфіденційної інформації або порушення безпеки.	Проблеми безпеки: Збільшений ризик порушення конфіденційності та безпеки даних.
Можливість швидко впроваджувати нові функціональності.	Можливість труднощів у інтеграції зовнішніх рішень з існуючими системами.	Несподівані витрати: Додаткові витрати можуть виникнути при взаємодії з зовнішніми постачальниками.

Ці альтернативи дозволяють компанії обрати оптимальний шлях для вирішення проблеми з розробкою проєкту, враховуючи конкретні потреби, ресурси та стратегічні цілі компанії.

Для аналізу ризиків та проведення оцінки, ми використали метод експертних оцінок. Експертне оцінювання полягає в оцінці параметрів процесів чи об'єктів, які неможливо прямо виміряти. Такий підхід використовує професійний досвід фахівців або експертної групи.

Початок розробки будь-якої системи експертних оцінок передбачає вибір лінгвістичних термінів, за якими експерти будуть оцінювати альтернативи та критерії. На жаль, через використання комбінації двох різних методів для вирішення багатокритеріальних задач ми не можемо використати один універсальний набір термінів, оскільки лінгвістичні терми, що використовуються в методах DEMATEL та TOPSIS, мають не лише різні області значень, а й розрізняються за інформаційним навантаженням. На рисунку 3.1 показано набір лінгвістичних термів для попарного порівняння критеріїв ризику.

Code	Linguistic terms	L	M	U
1	No influence	0	0	0.25
2	Very low influence	0	0.25	0.5
3	Low influence	0.25	0.5	0.75
4	High influence	0.5	0.75	1
5	Very high influence	0.75	1	1

Рисунок 3.1 – Лінгвістичні терміни

Таким чином, експертам було запропоновано провести попарну оцінку п'яти обраних критеріїв. Оскільки під час виконання магістерської роботи не вдалося залучити провідних експертів для оцінки альтернатив, довелося використовувати послуги програмістів-початківців. В ході оцінки альтернатив було запропоновано певні критерії для оцінки ризиків, а саме:

- 1) Ймовірність виникнення. Визначає, наскільки ймовірно цей ризик може

статися протягом виконання проєкту. Ймовірність може бути визначена як висока, середня, або низька, або виражатися у відсотках та інших числових значеннях.

2) Вплив на безпеку. Визначає, як великою є загроза для безпеки в разі виникнення ризику. Вплив на безпеку може бути визначений на основі можливості виникнення проблем, пов'язаних із захистом даних, конфіденційністю, доступом до системи, та іншими аспектами, що впливають на безпеку.

3) Вплив на графік. Визначає, як швидко та в якій мірі ризик може вплинути на графік виконання проєкту. Це може включати в себе затримки, перегляд термінів виконання завдань, і можливий вплив на інші аспекти, такі як вчасність поставок та завершення етапів проєкту.

4) Вплив на бюджет. Визначає, як ризик може вплинути на фінансовий бюджет проєкту. Вплив на бюджет може включати в себе додаткові витрати, реалокатацію ресурсів, або навіть перевищення заздалегідь визначеного фінансового обсягу.

5) Вплив на стабільність. Визначає, наскільки сильно ризик може вплинути на стабільність проєкту або системи. Вплив на стабільність може включати в себе можливість виникнення помилок, нестабільності в роботі системи, або інші чинники, що можуть порушити нормальний хід роботи.

Оцінка ризиків за цими критеріями допомагає проєктній команді приймати обґрунтовані рішення. Збалансована оцінка ймовірності та впливу дозволяє визначити, на які ризики слід звертати особливу увагу і розробляти ефективні заходи з їх управління. Врахування цих критеріїв при оцінці ризиків дозволяє здійснювати більш об'єктивну та збалансовану оцінку потенційних ризиків для проєкту.

Кожен із фахівців заповнив таблицю порівнянь для методу fuzzy DEMATEL. Нижче представлено заповнену таблицю від одного з п'яти експертів. Дивитись рисунок 3.2.

	Ймовірність ...	Вплив на бе...	Вплив на гр...	Вплив на бю...	Вплив на ст...
Ймовірність виникнення		4	4	5	4
Вплив на безпеку	4		4	4	5
Вплив на графік	4	4		5	4
Вплив на бюджет	5	4	5		4
Вплив на стабільність	3	2	3	3	

Рисунок 3.2 – Оцінювання критеріїв першим експертом

Етапи нечіткого методу DEMATEL:

Крок 1: Створення нечіткої матриці прямого зв'язку

Етап створення нечіткої матриці прямого зв'язку у нечіткому методі DEMATEL передбачає визначення взаємозв'язків між різними елементами системи чи процесу на основі нечітких даних, які відображають ступінь впливу одного елемента на інший. У таблиці 3.6 вказано матрицю прямого зв'язку, яка є такою ж, як і матриця попарного порівняння експертів.

Таблиця 3.6 – Матриця прямого зв'язку

Критерій впливу	Ймовірність	Безпека	Графік	Бюджет	Стабільність
Ймовірність	(0.000,0.000,0.000)	(0.400,0.650,0.900)	(0.450,0.700,0.950)	(0.200,0.450,0.650)	(0.100,0.200,0.450)
Безпека	(0.450,0.700,0.950)	(0.000,0.000,0.000)	(0.200,0.450,0.700)	(0.500,0.750,1.000)	(0.600,0.850,0.950)
Графік	(0.450,0.700,0.950)	(0.250,0.500,0.750)	(0.000,0.000,0.000)	(0.400,0.650,0.850)	(0.400,0.650,0.900)
Бюджет	(0.200,0.450,0.650)	(0.400,0.650,0.900)	(0.500,0.750,0.950)	(0.000,0.000,0.000)	(0.500,0.750,1.000)
Стабільність	(0.050,0.150,0.400)	(0.500,0.750,0.900)	(0.350,0.600,0.850)	(0.500,0.750,0.900)	(0.000,0.000,0.000)

Нечітка шкала - це спосіб представлення ступенів нечіткості чи ваги в межах нечіткого множинного підходу. Нечіткі шкали дозволяють виразити нечіткі або

розмиті концепції на числових або кількісних шкалах, що полегшує моделювання неоднозначності та невизначеності. У таблиці 3.7 показано нечітку шкалу, використану в моделі.

Таблиця 3.7 – Нечітка шкала

Code	Linguistic terms	L	M	U
1	No influence	0	0	0.25
2	Very low influence	0	0.25	0.5
3	Low influence	0.25	0.5	0.75
4	High influence	0.5	0.75	1
5	Very high influence	0.75	1	1

Крок 2: Нормалізуйте нечітку матрицю прямого зв'язку

Нечітка матриця прямого зв'язку в нечіткій логіці та методології нечітких систем є інструментом для визначення взаємозв'язків між різними елементами системи або факторами. Ця матриця використовується на етапі аналізу та моделювання нечітких відносин, що дозволяє оцінити ступінь впливу одного елемента на інший, таблиця 3.8.

Таблиця 3.8 – Нормована нечітка матриця прямого зв'язку

Критерій впливу	Ймовірність	Безпека	Графік	Бюджет	Стабільність
Ймовірність	(0.000,0.000, 0.000)	(0.111,0.181,0.250)	(0.125,0.194,0.264)	(0.056,0.125,0.181)	(0.028,0.056,0.125)
Безпека	(0.125,0.194, 0.264)	(0.000,0.000,0.000)	(0.056,0.125,0.194)	(0.139,0.208,0.278)	(0.167,0.236,0.264)
Графік	(0.125,0.194, 0.264)	(0.069,0.139,0.208)	(0.000,0.000,0.000)	(0.111,0.181,0.236)	(0.111,0.181,0.250)
Бюджет	(0.056,0.125, 0.181)	(0.111,0.181,0.250)	(0.139,0.208,0.264)	(0.000,0.000,0.000)	(0.139,0.208,0.278)
Стабільність	(0.014,0.042, 0.111)	(0.139,0.208,0.250)	(0.097,0.167,0.236)	(0.139,0.208,0.250)	(0.000,0.000,0.000)

Крок 3: Обчисліть нечітку матрицю загального співвідношення

Нечітка матриця загального співвідношення (Fuzzy Total Relation Matrix) є інструментом в нечіткій логіці та теорії нечітких систем, який використовується для визначення ступеня взаємозв'язку між елементами або об'єктами у системі, таблиця 3.9.

Таблиця 3.9 – Нечітка матриця загального співвідношення

Критерій впливу	Ймовірність	Безпека	Графік	Бюджет	Стабільність
Ймовірність	(0.047,0.225, 1.848)	(0.152,0.417,2. 283)	(0.163,0.424, 2.291)	(0.110,0.384,2. 227)	(0.088,0.323,2.1 50)
Безпека	(0.166,0.439, 2.352)	(0.082,0.349,2. 432)	(0.132,0.454, 2.592)	(0.206,0.529,2. 635)	(0.228,0.535,2.5 80)
Графік	(0.162,0.421, 2.277)	(0.135,0.442,2. 517)	(0.068,0.314, 2.342)	(0.170,0.479,2. 520)	(0.169,0.465,2.4 84)
Бюджет	(0.109,0.381, 2.261)	(0.174,0.486,2. 588)	(0.193,0.499, 2.594)	(0.080,0.345,2. 378)	(0.203,0.506,2.5 52)
Стабільність	(0.068,0.292, 2.007)	(0.190,0.473,2. 353)	(0.151,0.435, 2.340)	(0.197,0.486,2. 346)	(0.078,0.308,2.1 08)

Крок 4: Дефазифікація в чіткі значення

Дефазифікація – процес перетворення нечіткої вибірки або нечіткої множини в чіткі числові значення або категорії. В нечіткій логіці, коли результат виражається нечітким числом (функцією належності), дефазифікація дозволяє знайти конкретне числове значення або точку в реальному числовому просторі. У таблиці 3.10 відображений результат дефазифікування.

Таблиця 3.10 – Чітка матриця загального відношення

Критерій впливу	Ймовірність	Безпека	Графік	Бюджет	Стабільність
Ймовірність	0.507	0.734	0.741	0.698	0.637
Безпека	0.754	0.7	0.804	0.873	0.87
Графік	0.73	0.785	0.659	0.817	0.8
Бюджет	0.694	0.831	0.843	0.69	0.843
Стабільність	0.586	0.789	0.756	0.799	0.618

Крок 5: Встановлення порогового значення

Чітка матриця загальних взаємозв'язків з урахуванням порогового значення представляє собою інструмент для визначення ступеня взаємозв'язку між різними елементами чи факторами в системі, де відносини вважаються чіткими, а не нечіткими. Порогове значення використовується для визначення, чи вважається взаємозв'язок достатньо сильним, щоб враховуватися.

У цьому дослідженні порогове значення дорівнює 0.7420.742

Усі значення в матриці T, менші за 0.7420.742, встановлюються рівними нулю, тобто причинно-наслідковий зв'язок, згаданий вище, не враховується. Модель значущих відносин представлена в наступній таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Чітка матриця загальних взаємозв'язків з урахуванням порогового значення

Критерій впливу	Ймовірність	Безпека	Графік	Бюджет	Стабільність
Ймовірність	0	0	0	0	0
Безпека	0.754	0	0.804	0.873	0.87
Графік	0	0.785	0	0.817	0.8
Бюджет	0	0.831	0.843	0	0.843
Стабільність	0	0.789	0.756	0.799	0

Крок 6: Остаточний результат і створення діаграми причинно-наслідкових зв'язків

У таблиці 3.12 показано кінцевий результат, де R (Relevance - Значущість) визначає, наскільки один елемент є значущим для іншого. Позитивне значення вказує на позитивну взаємозалежність, тоді як негативне - на негативну. D (Causality - Причинність) визначає, наскільки один елемент впливає на інший. Позитивне значення показує, що перший елемент впливає на другий позитивно, а негативне - негативно.

D+R (Total Effect - Загальний Ефект) представляє суму значень D та R для визначення загального ефекту взаємодії між елементами системи.

D-R (Net Causality - Чиста Причинність) визначає чистий ефект причинності, віднімаючи R з D. Це дозволяє визначити чистий вплив, не залежний від значущості.

Таблиця 3.12 – Остаточний вихід

	R	D	D+R	D-R
Ймовірність виникнення	3.27	3.318	6.588	0.048
Вплив на безпеку	3.84	4.002	7.842	0.162
Вплив на графік	3.805	3.792	7.597	-0.013
Вплив на бюджет	3.878	3.901	7.779	0.023
Вплив на стабільність	3.768	3.549	7.318	-0.219

На наступному рисунку 3.3 показано модель значущих відносин. Цю модель можна представити у вигляді діаграми, в якій значення (D+R) розміщені на горизонтальній осі, а значення (D-R) на вертикальній осі. Положення та взаємодія кожного чинника з точкою в координатах (D+R, D-R) визначаються системою координат.

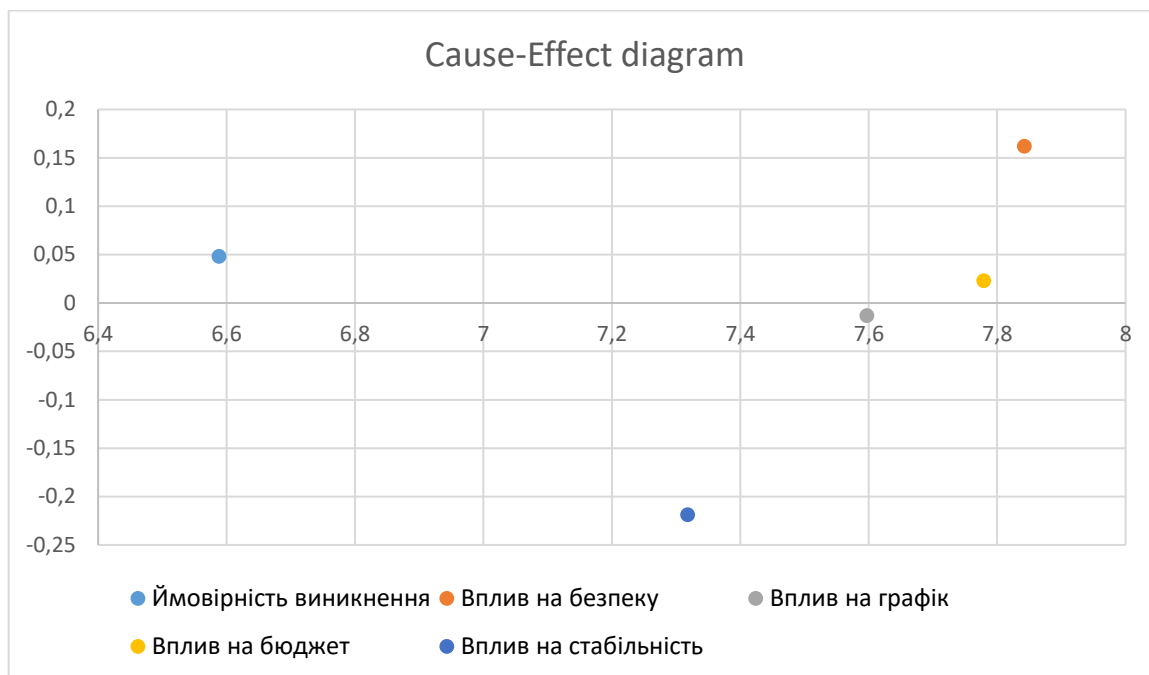


Рисунок 3.3 – Причинно-наслідкова діаграма

Крок 7: Інтерпретація результатів

Відповідно до діаграми та таблиці вище, кожен фактор можна оцінити на основі таких аспектів:

— Горизонтальний вектор ($D + R$) представляє ступінь важливості між кожним фактором у всій системі. Іншими словами, ($D + R$) вказує як на вплив чинника і на всю систему, так і на вплив інших факторів системи на фактор. за ступенем важливості «Вплив на безпеку» займає перше місце, а «Вплив на бюджет», «Вплив на графік», «Вплив на стабільність» та «Ймовірність виникнення» – на наступних місцях.

— Вертикальний вектор (DR) представляє ступінь впливу чинника на систему. Загалом, позитивне значення DR представляє причинно-наслідкову змінну, а негативне значення DR представляє ефект. У цьому дослідженні Ймовірність виникнення, Вплив на безпеку, Вплив на бюджет розглядаються як причинна змінна, Вплив на графік, Вплив на стабільність розглядаються як ефект.

TOPSIS як один із методів MCDM враховує як відстань кожної альтернативи від позитивного ідеалу, так і відстань кожної альтернативи від негативної ідеальної точки. Іншими словами, найкраща альтернатива повинна мати найкоротшу

відстань від позитивного ідеального рішення (PIS) і найбільшу відстань від негативного ідеалу.

У цьому дослідженні є 5 критеріїв і 4 альтернативи, які ранжируються на основі методу TOPSIS. На рисунку 3.4 відображено критерії оцінювання та їх важливість.

	name	type	weight
1	Ймовірність виникнення ризиків	-	6.588
2	Вплив ризиків на безпеку	-	7.842
3	Вплив ризиків на графік	-	7.597
4	Вплив ризиків на бюджет	-	7.779
5	Вплив ризиків на стабільність	-	7.318

Рисунок 3.4 – Критерії та їх важливість

У наступній таблиці 3.13 показано оцінену експертами матрицю рішень

Таблиця 3.13 – Матриця рішень

	Ймовірність виникнення ризиків	Вплив ризиків на безпеку	Вплив ризиків на графік	Вплив ризиків на бюджет	Вплив ризиків на стабільність
Рейнжиніринг технічної архітектури	5	6	7	8	7
Використання мікросервісної архітектури	6	6	6	8	7
Використання технологій хмарних обчислень	7	8	6	7	6
Аутсорсинг або використання сторонніх рішень	8	9	5	7	5

Етапи методу TOPSIS :

КРОК 1: Нормалізація матриці рішень

У наступній таблиці 3.14 показано нормалізовану матрицю рішень.

Таблиця 3.14 – Нормалізована матриця рішень.

	Ймовірність виникнення ризиків	Вплив ризиків на безпеку	Вплив ризиків на графік	Вплив ризиків на бюджет	Вплив ризиків на стабільність
Реінжиніринг технічної архітектури	0.379	0.407	0.579	0.532	0.555
Використання мікросервісної архітектури	0.455	0.407	0.497	0.532	0.555
Використання технологій хмарних обчислень	0.531	0.543	0.497	0.466	0.476
Аутсорсинг або використання сторонніх рішень	0.606	0.611	0.414	0.466	0.397

КРОК 2: Обчисліть зважену нормалізовану матрицю рішень.

У наступній таблиці 3.15 показано зважену нормалізовану матрицю рішень.

Таблиця 3.15 – Нормалізована матриця рішень.

	Ймовірність виникнення ризиків	Вплив ризиків на безпеку	Вплив ризиків на графік	Вплив ризиків на бюджет	Вплив ризиків на стабільність
Реінжиніринг технічної архітектури	2.497	3.194	4.401	4.14	4.062
Використання мікросервісної архітектури	2.997	3.194	3.772	4.14	4.062
Використання технологій хмарних обчислень	3.496	4.259	3.772	3.622	3.482
Аутсорсинг або використання сторонніх рішень	3.995	4.791	3.144	3.622	2.902

КРОК 3: Визначте позитивний ідеальний та негативний ідеальні рішення.

У наведеній нижче таблиці 3.16 показано як позитивні, так і негативні ідеальні значення.

Таблиця 3.16 – Нормалізована матриця рішень.

	Позитивний ідеал	Негативний ідеал
Ймовірність виникнення ризиків	2.497	3.995
Вплив ризиків на безпеку	3.194	4.791
Вплив ризиків на графік	3.144	4.401
Вплив ризиків на бюджет	3.622	4.14
Вплив ризиків на стабільність	2.902	4.062

КРОК 4: дистанція від позитивних і негативних ідеальних рішень

Метод TOPSIS ранжирує кожну альтернативу на основі відносного ступеня близькості до позитивного ідеалу та відстані від негативного ідеалу. Таким чином,

на цьому кроці розрахунок відстаней між кожною альтернативою та позитивним і негативним ідеальними рішеннями отримується за допомогою наступних формул.

У наступній таблиці 3.17 показано відстань до позитивних і негативних ідеальних значень.

Таблиця 3.17 – Відстань до позитивних і негативних ідеальних значень.

	Відстань до позитивного ідеалу	Відстань до негативного ідеалу
Реінжиніринг технічної архітектури	1.788	2.19
Використання мікросервісної архітектури	1.503	1.986
Використання технологій хмарних обчислень	1.692	1.238
Аутсорсинг або використання сторонніх рішень	2.19	1.788

КРОК 5: Розрахувати відносний ступінь близькості альтернатив до ідеального рішення

На цьому кроці відносний ступінь близькості кожної альтернативи до ідеального рішення виходить за такою формулою. Якщо відносний ступінь близькості має значення, близьке до 1, це означає, що альтернатива має коротшу відстань від позитивного ідеального рішення і більшу відстань від негативного ідеального рішення.

У наступній таблиці 3.18 показано відносний ступінь близькості кожної альтернативи до ідеального рішення та її рейтинг.

Таблиця 3.18 – Значення C_i та рейтинг

Альтернативи	C_i	Ранг
Реінжиніринг технічної архітектури	0.551	2
Використання мікросервісної архітектури	0.569	1
Використання технологій хмарних обчислень	0.423	4
Аутсорсинг або використання сторонніх рішень	0.449	3

На наступному рисунку 3.5 показано значення близькості кожної альтернативи до ідеального рішення (C_i).

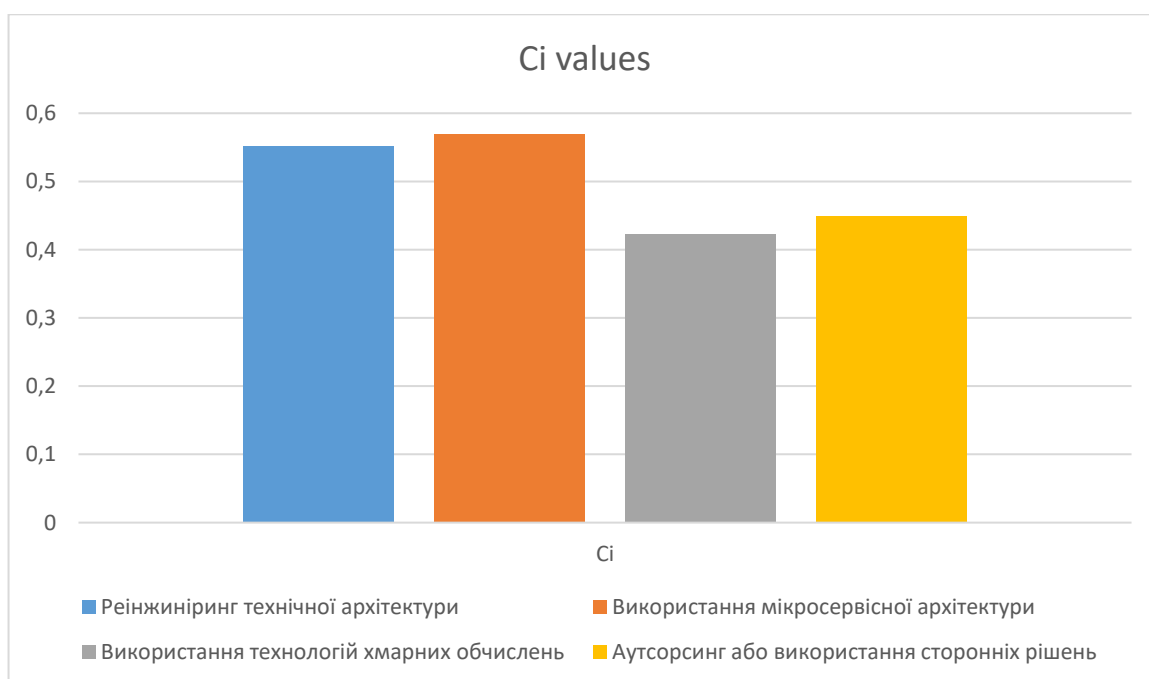


Рисунок 3.5 – Значення близькості кожної альтернативи до ідеального рішення

За результатами розрахунків отримали наступне:

1. Реінжиніринг технічної архітектури (0.551).
2. Використання мікросервісної архітектури (0.569).
3. Використання технологій хмарних обчислень (0.423).
4. Аутсорсинг або використання сторонніх рішень (0.449).

За отриманими результатами видно, що реінжиніринг технічної архітектури та використання мікросервісної архітектури є більш безпечний з точки зору ризикованості порівняно з іншими альтернативами, оскільки вони мають більші значення ступеня близькості до ідеального рішення. Отже, ці дві альтернативи

можуть бути розглянуті як більш відповідні для прийняття рішення у виборі архітектурного рішення, зокрема враховуючи їх найменшу ризикованість.

3.3 Рекомендації з використання комбінованого методу FUZZY DEMATEL-TOPSIS

Ефективне управління ризиками та прийняття рішень стають визначальними факторами для досягнення успіху в різноманітних галузях. У цьому контексті виокремлюється комбінований метод FUZZY DEMATEL-TOPSIS, який поєднує в собі два потужних інструменти - FUZZY DEMATEL для аналізу взаємозалежності критеріїв ризиків та TOPSIS для визначення оптимальних рішень.

Рекомендації щодо використання цього комбінованого методу є ключовим етапом для забезпечення високого рівня точності та об'єктивності в оцінюванні ризиків та виборі раціональних стратегій. Перш за все, важливо провести детальний аналіз потенційних ризиків та визначити взаємозалежність між різними критеріями, що впливають на прийняття рішень. Застосування FUZZY DEMATEL дозволяє уникнути втрати важливої інформації через врахування нечіткості та невизначеності.

Fuzzy DEMATEL визначається своєю спроможністю моделювати взаємозв'язки та впливи між різними чинниками у нечіткому середовищі. Рекомендації для використання цього методу:

— Чітке визначення чинників. Чітко визначте критерії ризиків, такі як ймовірність впливу, вплив на безпеку, та вплив на бюджет тощо.

— Експертний внесок. Залучіть кваліфікованих експертів для оцінки важливості та взаємозалежності критеріїв. Експертний внесок є ключовим елементом для точності та достовірності результатів DEMATEL.

— Неоднозначність та нечіткість. Враховуйте неоднозначність у взаємозв'язках, що є властиві розробці ПЗ, використовуючи нечіткі лінгвістичні змінні.

— Оцінка впливу. Ретельно аналізуйте матрицю впливу, яка визначає

ступінь взаємозалежності між критеріями. Це допомагає вам зрозуміти, які аспекти ризиків мають найбільший вплив на інші.

На другому етапі, використання TOPSIS надає можливість визначити оптимальні рішення, враховуючи як якість, так і відстань від ідеального та анти-ідеального рішень. Перед використанням цього етапу, рекомендується визначити ваги критеріїв, враховуючи їх відносний вплив на загальний результат.

TOPSIS є методом порівняння та визначення оптимального рішення в умовах невизначеності. Для його ефективного використання важливо дотримуватися таких рекомендацій:

- Чітке формулювання критеріїв. Визначення чітких та конкретних критеріїв оцінювання ризиків, таких як терміни виконання, вартість та технічна складність.

- Нормалізація даних. Забезпечення нормалізації даних для ефективного порівняння ризикованих альтернатив.

При комбінації цих методів важливо:

- Узгодженість параметрів. Забезпечити узгодженість параметрів та показників між двома методами для запобігання втраті інформації.

- Аналіз чутливості. Виконати аналіз чутливості для визначення впливу нечіткості та вагових коефіцієнтів на кінцевий результат.

- Інтерпретація результатів. Детально інтерпретувати отримані результати для прийняття обґрунтованих рішень.

Важливим аспектом є також врахування експертного оцінювання та забезпечення його об'єктивності. Залучення кваліфікованих експертів для оцінки параметрів та визначення ваг критеріїв є ключовим етапом успішної реалізації методу. Комунікація з експертами, узгодження критеріїв та уточнення значень є необхідними кроками для забезпечення високої достовірності результатів.

Використання комбінованого методу Fuzzy DEMATEL і TOPSIS в оцінюванні ризиків прийняття рішень у розробці програмного забезпечення виявляється потужним інструментом. Його впровадження може сприяти зменшенню невизначеності та підвищенню об'єктивності в процесі управління

ризиками, що має стратегічне значення для успіху проєктів розробки ПЗ.

Комбінований метод FUZZY DEMATEL-TOPSIS, застосований з урахуванням вищезгаданих рекомендацій, виявиться потужним інструментом для ефективного управління ризиками та прийняття обґрунтованих стратегічних рішень. Його застосування вимагає системного та ретельного підходу для забезпечення високої якості аналізу та вибору оптимальних рішень в умовах невизначеності та динамічності сучасного бізнес-середовища.

Висновки до розділу 3

1. Проведено аналіз та вибір критеріїв для оцінювання ризиків у проєктах розробки програмного забезпечення. Встановлено та обґрунтовано підходи до визначення критеріїв, які є основою оцінювання ризиків прийняття рішень у контексті розробки програмного забезпечення.

2. Здійснено експериментальне дослідження моделі оцінювання ризиків при прийнятті рішень за використання комбінованого методу fuzzy DEMATEL-TOPSIS. Аналіз отриманих результатів підтвердив ефективність комбінованого методу, вказуючи на його здатність до точної і обґрунтованої оцінки ризиків при прийнятті рішень.

3. Запропоновані рекомендації вказують на важливість експертної участі та ретельний вибір критеріїв оцінювання ризиків.

ВИСНОВКИ

1. У роботі були розглянуті ключові аспекти управління ризиками в області розробки програмного забезпечення. Проаналізовано логічний процес аналізу ризиків, виділено важливість регулярного моніторингу ризиків на різних етапах проєкту для своєчасного реагування на зміни в оточенні та уникнення негативних наслідків для успішного завершення проєкту.

2. Розглянуті основні підходи до оцінювання ризиків прийняття рішень в контексті проєктів розробки програмного забезпечення. детально розглянуті методи: SWOT-аналіз, дерева рішень, матриця ризику, метод Монте-Карло, метод аналізу вагових коефіцієнтів.

3. Особливий акцент був зроблений на аналізі та огляді моделей оцінювання ризиків прийняття рішень в галузі розробки програмного забезпечення. Розглянуто моделі ISO 31000, COSO ERM та RiskIT як інструменти для ефективного управління ризиками в інформаційних технологіях, а також визначено шляхи оптимізації цих моделей з метою покращення їх ефективності та відповідності конкретним умовам проєкту.

4. Досліджено методи багатокритеріального прийняття рішень для оцінювання ризиків у проєктах. Встановлено, що цей підхід дає змогу ефективно враховувати різноманітні аспекти прийняття рішень.

5. Запропоновано комбінований метод FUZZY DEMATEL-TOPSIS, який реалізує комплексний підхід до оцінювання ризиків, враховуючи якісні та кількісні аспекти. Цей метод виявився особливо ефективним для проєктів розробки програмного забезпечення, де ризики можуть набувати різних форм та проявлятися у різних аспектах проєкту.

6. Проведено аналіз та відбір критеріїв для оцінювання ризиків у проєктах розробки програмного забезпечення. Особлива увага була приділена визначенню та обґрунтуванню підходів до визначення критеріїв, які становлять основу для оцінювання ризиків прийняття рішень у контексті розробки програмного забезпечення.

7. Проведено експериментальне дослідження моделі оцінювання ризиків при прийнятті рішень з використанням комбінованого методу fuzzy DEMATEL-TOPSIS. Аналіз отриманих результатів підтвердив ефективність його використання, що вказує на його практичне застосування.

8. Запропоновано рекомендації, які відображають специфіку прийняття рішень в процесі розробки програмних продуктів, акцентують важливість експертної оцінки ризиків і вказують на важливість ретельного вибору критеріїв для оцінювання ризиків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мостенська, Т. Л., Скопенко Н. С. Ризик-менеджмент як інструмент управління господарським ризиком підприємства. *Вісник Запорізького національного університету. Економічні науки*. 2010. № 3. С.72–79.
2. Галіч М., Михайлов А. Теоретичні засади ризику та ризик-менеджменту. *Науковий вісник [Одеського національного економічного університету]*. 2015. № 12. С.61-71.
3. Галенко, Н. І., Фісун, М. Т. Моделі ризиків у проєктах зі створення програмного забезпечення. *Наукові праці [Чорноморського державного університету імені Петра Могили]. Сер.: Комп'ютерні технології*. 2009. № 93. С.91-98
4. Шурда, К. Е. Методи якісного та кількісного аналізу ризиків. *Збалансоване природокористування*. 2020. №4. С.64-72.
5. Акименко, А. М. Ідентифікація ризиків програмного проєкту. *Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія “Технічні науки”:* наук. зб.–Чернігів: ЧДТУ. 2011. №53. С.170-176.
6. Башинська, І. О., Макарець, Д. О., Башинская, И. А., Макарец, Д. О. Управління ризиками в проєктах. *Економіка. Фінанси. Право*. 2017. № 5(2). С.38-40
7. Шляхта, О. М. SWOT-аналіз як інструмент стратегічного менеджменту підприємства. *Економічний простір*. 2012. №68. С.301-309.
8. Myles, A. J., Feudale, R. N., Liu, Y., Woody, N. A., Brown, S. D. An introduction to decision tree modeling. *Journal of Chemometrics: A Journal of the Chemometrics Society*. 2004. №18(6). P.275-285.
9. Рудь Н. Використання матриці ризику в управлінні інноваційним проєктом. *Економічний форум*. 2022 №1(3). С.79-88.
10. Kroese, D. P., Brereton, T., Taimre, T., Botev, Z. I. Why the Monte Carlo method is so important today. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*. 2014 №6(6). P.386-392.

11. Медиковський, М. О., Шуневич, О. Б. Дослідження ефективності методів визначення вагових коефіцієнтів важливості. *ВІСНИК*. 2010 №3. С.240-245.
12. Babenko, V., Lomovskykh, L., Oriekhova, A., Korchynska, L., Krutko, M., Koniaieva, Y. Features of methods and models in risk management of IT projects. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*. 2019. №7(2). P.629-636.
13. Barafort, B., Mesquida, A. L., Mas, A. ISO 31000-based integrated risk management process assessment model for IT organizations. *Journal of Software: Evolution and Process*. 2019. №31(1). P.19-84.
14. Moeller, R. R. . *COSO enterprise risk management: understanding the new integrated ERM framework*. Canada: John Wiley & Sons. 2007. 352 p.
15. Vincent, N. E., Higgs, J. L., Pinsker, R. E. IT governance and the maturity of IT risk management practices. *Journal of Information Systems*. 2017 №31(1). P.59-77.
16. Aruldoss, M., Lakshmi, T. M., Venkatesan, V. P. A survey on multi criteria decision making methods and its applications. *American Journal of Information Systems*, 2013. №1(1). P.31-43.
17. Жигаревич, О. К. Метод аналізу ієрархій. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. 2013. №(13). P.14-20.
18. Шкаберина Г. Ш., Товбис Е. М. Застосування методу ранжирування багатокритеріальних альтернатив (ELECTRE) для завдання вибору старости навчальної групи. *Освітні ресурси та технології*. 2014. №1(4). С.92-97.
19. Lin, K. P., Tseng, M. L., Pai, P. F. Sustainable supply chain management using approximate fuzzy DEMATEL method. *Resources, Conservation and Recycling*. 2018. №128. P.134-142.
20. Chakraborty, S. TOPSIS and Modified TOPSIS: A comparative analysis. *Decision Analytics Journal*. 2022. №2(2). 100021.
21. Gayathri, C., Kamala, V., Gajanand, M. S., Yamini, S. Analysis of operational and financial performance of ports: an integrated fuzzy DEMATEL-TOPSIS approach. *Benchmarking: An International Journal*. 2022. №29(3). P.1046-1066.
22. Чунарьова, А. В., Пархоменко, І. І., Сашук, І. І. Аналіз підходів та

програмних рішень оцінки і контролю інформаційних ризиків в комп'ютеризованих системах. *Вісник Інженерної академії України*. 2014 №2. С.138-142.

23. Федулова, І. В. Ідентифікація ризиків як складова ризик-менеджменту. *Інтелект XXI*. 2016. №4. С.29-45.

24. Проскура, В. Ф., Білак, Р. Г. Методологічні підходи до управління ризиками. *Економіка і суспільство*. 2017. №9. С.599-607.

25. McManus, J. *Risk management in software development projects*. Routledge. 2012. 192 p.

26. von Kodolitsch, Y., Bernhardt, A. M., Robinson, P. N., Kölbel, T., Reichenspurner, H., Debus, S., Detter, C. Analysis of strengths, weaknesses, opportunities, and threats as a tool for translating evidence into individualized medical strategies (I-SWOT). *Aorta*. 2015 №3(03). P.98-107.

27. Hosseini, S. S., HAMIDI, M., Ghorbanian Rajabi, A., Sajjadi, S. N. Identification of strengths, weaknesses, opportunities and threats for talent identification in iran championship sport and its bottlenecks and challenges. *Sport Management Journal*. 2013 №5(2). P.29-54.

28. Rai, K., Devi, M. S., Guleria, A. Decision tree based algorithm for intrusion detection. *International Journal of Advanced Networking and Applications*. 2016 №7(4). P.28-34.

29. Hu, Y., Zhang, X., Ngai, E. W. T., Cai, R., Liu, M. Software project risk analysis using Bayesian networks with causality constraints. *Decision Support Systems*. 2013. №56. P.439-449.

30. Hammersley, J. *Monte Carlo methods*. Springer Science & Business Media. 2013. 178 p.

31. Hussein, B. A., Klakegg, O. J. Measuring the impact of risk factors associated with project success criteria in early phase. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2014. №119. P.711-718.

32. Стрельбіцька, Н. Є., Боднар, Д. І. Інтегрований ризик-менеджмент—сучасний підхід до управління ризиками. *Управління проєктами та розвиток*

виробництва. 2011 №4. С.111-118.

33. Дуднева, Ю. Е., Антипцева, О. Ю., Обиденнова, Т. С. Ризик-менеджмент: інтегрований підхід до організації. *Економіка і суспільство*. 2019 №20. С.229-236.

34. Коломієць, С. А. Нечітка модель оцінки ризику невдалого виконання іт-проєкту. *Young*. 2017. №51(11). С.1059-1062.

35. Chowdhury, A. A. M., Arefeen, S. Software risk management: importance and practices. *IJCIT, ISSN*, 2011. P.2078-5828.

36. Приходько, С. Б., Пухалевич, А. В. Інформаційна технологія для оцінювання тривалості проєктів з розробки програмного забезпечення. *Проблеми інформаційних технологій*. 2016. №1. С.81-87.

37. Данченко, О. Б. Огляд сучасних методологій управління ризиками в проєктах. *Управление проектами и развитие производства*. 2014. №1(49). С.16-25.

38. Гожий, В. Нечіткий когнітивний аналіз ризиків при тестуванні програмного забезпечення. *Вісник Національного університету Львівська політехніка. Комп'ютерні науки та інформаційні технології*. 2015. №826. С.372-379.

39. Данілова, Е. І. Методологія ризик-орієнтованого підходу до управління економічною безпекою підприємства. *Modern economics*. 2018. №12. С.61-68.

40. Поремський, Ю. В., Яровенко, А. О. ОГЛЯД ПРОБЛЕМ ПЛАНУВАННЯ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ. *Сборник научных трудов SWorld*. 2012. №7(2). С.79-81.

41. Гладій Г. М., Симонік Д. Ф. Багатокритеріальні методи прийняття рішень в проєктах розробки програмного забезпечення. *Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення*. 2023. №83.

42. Симонік Д. Ф. Модель оцінювання ризиків прийняття рішень в проєктах розробки програмного забезпечення. *Діджиталізація науки як виклик сьогодення*. 2023

43. Комар М. П., Саченко А. О., Васильків Н. М., Гладій Г. М., Турченко І. В. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи з освітньо-

професійної програми «Управління проєктами» спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» за другим (магістерським) рівнем вищої освіти. – Тернопіль: ЗУНУ, 2021. – 32 с.