

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

Розробка методу та програмного засобу визначення доцільності вибору
захисних споруд

Виконав: студент 2-го курсу
групи ПІ-22м спеціальності
121 – Інженерія програмного забезпечення

Гайдаш Олег Сергійович

Керівник: к.т.н., ст. викл. каф. ПЗ Стахов О.Я.

« 07 » 06 2024 р.

Опонент: к.т.н., доц. каф. ЗІ Лукічов В.В.

« 07 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ПЗ

д.т.н. проф. Романюк О. Н.
(прізвище та ініціали)

« 10 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024

Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
Кафедра програмного забезпечення
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань 12 – Інформаційні технології
Спеціальність 121 – Інженерія програмного забезпечення
Освітньо-професійна програма – Інженерія програмного забезпечення

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ПЗ
Романюк О. Н.
« 12 » березня 2024 р.

З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Гайдашу Олегу Сергійовичу

1. Тема роботи – розробка методу та програмного засобу визначення доцільності вибору захисних споруд.

Керівник роботи: Стахов Олексій Ярославович, к.т.н., ст. викл. кафедри ПЗ, затверджені наказом вищого навчального закладу від « 11 » березня 2024 р. № 81.

2. Строк подання студентом роботи
3 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: вихідні дані являють собою показники, які допомагають ухвалити обгрунтоване рішення на основі об'єктивних метрик, до яких відносяться наступні: рейтинги захисних споруд (категорійні дані, шкала, цілі числа від 1 до 10), оцінки, що виражають загальну придатність кожної споруди згідно з ваговими критеріями (наприклад, в аналізі ієрархій АНР, в одиницях), вартісна ефективність (в гривнях або доларах, цілі числа, позитивні), оцінка вартості побудови або модернізації захисних споруд порівняно з їхньою здатністю знижувати ризики (дробні числа, позитивні), розрахунок окупності інвестицій (ROI, дробні числа, позитивні), рівень ризику (дробні числа, позитивні, від 0 до 1), кількісна оцінка потенційних ризиків для кожної споруди, яка може включати ймовірність та наслідки різних загроз (дробні числа, позитивні, від 0 до 1), максимальна кількість осіб, яка може бути безпечно розміщена в споруді в разі надзвичайної ситуації (цілі числа, позитивні), тривалість будівництва (в днях, тижнях або місяцях, цілі числа, позитивні),

очікуваний час, необхідний для побудови або модернізації захисної споруди (в днях, тижнях або місяцях, цілі числа, позитивні).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: вступ, аналіз загальної характеристики методів, методи та моделі прийняття рішень відносно доцільності, запропонований метод визначення доцільності вибору захисних споруд, розробка вимог щодо впровадження методів, розробка основних та додаткових модулів програмного засобу, тестування програмного засобу, економічна частина, висновки.

5. Перелік графічного матеріалу: вступ, аналіз загальної характеристики методів, методи та моделі прийняття рішень відносно доцільності, запропонований метод визначення доцільності вибору захисних споруд, розробка вимог щодо впровадження методів, розробка основних та додаткових модулів програмного засобу, тестування програмного засобу, економічна частина, висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-4	Стахов О. Я., к.т.н., ст. викл. кафедри ПЗ	11.03.24	6.06.24
5	Кавецький В.В., к.е.н., доц. кафедри ЕПВМ	26.04.24	10.05.24

7. Дата видачі завдання 11 березня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз моделей визначення доцільності вибору захисних споруд	12.03.2024-28.03.2024	
2	Вимоги щодо методів та моделей визначення доцільності вибору захисних споруд	29.03.2024-11.03.2024	
3	Розробка та впровадження програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд	12.03.2024-12.04.2024	
4	Тестування програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд	13.04.2024-05.06.2024	
5	Економічна частина	26.04.24-10.05.24	

Студент

Гайдаш О.С.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Стахов О. Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МЕТОДУ АНАЛІЗА	8
1.1. Обґрунтування задачі необхідності визначення доцільності вибору захисних споруд	8
1.2. Аналіз моделей визначення доцільності вибору захисних споруд	16
1.3. Проблеми впровадження моделей визначення доцільності вибору захисних споруд	27
1.4. Задачі дослідження	29
1.5. Висновки	30
2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ ВИБОРУ ЗАХИСНИХ СПОРУД..	32
2.1. Методи визначення доцільності вибору захисних споруд	32
2.2. Моделі визначення доцільності вибору захисних споруд	40
2.3. Запропонований метод визначення доцільності вибору захисних споруд...	46
2.4. Висновки	58
3 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ З ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИБОРУ ЗАХИСНИХ СПОРУД	62
3.1. Вимоги щодо розробки програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд	62
3.2. Розробка основних модулів програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд	65
3.3. Розробка додаткових модулів програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд	71
3.4. Висновки	75
4 ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ З ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИБОРУ ЗАХИСНИХ СПОРУД	78
4.1. Вимоги щодо тестування програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд	78
4.2. Тестування програмного засобу на прикладі модуля аналізу ієрархій	83
4.3. Висновки	93
5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	96
5.1. Комерційний та технологічний аудит науково-технічної розробки	96
5.2. Розрахунок узагальненого коефіцієнта якості розробки	100
5.3. Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи	102
5.4. Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором	112
5.5. Висновки до розділу	117

	3
ВИСНОВКИ	119
Список використаних джерел	126
Додаток А. Технічне завдання	132
Додаток Б. Протокол перевірки навчальної роботи	136
Додаток В. Лістинг програми	137
Додаток Г. Ілюстративний матеріал	156

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Актуальність та важливість методів і математичних моделей у визначенні доцільності вибору захисних споруд обумовлені низкою чинників [1], які відіграють ключову роль у забезпеченні безпеки, ефективності та стійкості інфраструктури в умовах різноманітних загроз та полягають в наступному.

Методи та моделі дозволяють проводити комплексний аналіз потенційних ризиків, включаючи природні катастрофи, техногенні аварії, військові конфлікти та інші загрози. Це сприяє обґрунтованому вибору споруд, здатних мінімізувати ризики та захистити життя та здоров'я людей. Ефективне використання обмежених ресурсів, включаючи фінанси, матеріали та земельні ділянки, є критично важливим в будь-який час. При цьому, математичні моделі допомагають оптимізувати розподіл ресурсів, забезпечуючи найвищу можливу ефективність захисних споруд за мінімальних витрат.

Так як умови та загрози для життя населення можуть змінюватися, тому важливо мати можливість адаптувати стратегії захисту. Методи і моделі надають інструментарій для оцінки варіантів, які можуть бути швидко адаптовані до нових умов. Сам процес прийняття рішень стосовно захисних споруд часто супроводжується великою кількістю невизначеностей та комплексних технічних даних. Тому, математичні моделі допомагають структурувати цю інформацію та наголошувати на окремі ключові фактори, що сприяє обґрунтованому вибору ефективних рішень. Такі моделі та методи дозволяють не тільки оцінити поточні потреби, але й прогнозувати майбутні вимоги до захисних споруд, що допомагає в плануванні довгострокових стратегій розвитку інфраструктури та захисту. У сукупності ці аспекти підкреслюють критичну важливість та актуальність використання методів і математичних моделей у процесі вибору та розробки захисних споруд, спрямованих на забезпечення максимального рівня безпеки та ефективності в умовах різноманітних загроз.

Наукова новизна методів і математичних моделей у визначенні доцільності вибору захисних споруд полягає в інтеграції зі штучним інтелектом та

машинним навчанням, розробкою комплексних мультикритеріальних моделей, використанням симуляційних моделей та віртуальної реальності. При цьому, досить важливими вважається розробка адаптивних моделей, які використовують алгоритми машинного навчання для прогнозування та адаптації до змінних умов загроз у реальному часі.

Використання штучного інтелекту для автоматизації аналізу великих даних, ідентифікації потенційних ризиків та оптимізації рішень щодо розміщення та конструкції захисних споруд має велике значення, так як разом з багаторівневим аналізом надає можливість розширити спектр критеріїв, включаючи економічну ефективність, екологічний вплив, соціальну значущість та технічну надійність. Розробка таких сучасних моделей, які можуть бути масштабовані та адаптовані до різноманітних умов та потреб, забезпечує широкий спектр застосувань від місцевих до глобальних проектів. Застосування симуляційних моделей та віртуальної реальності дозволяють віртуально тестувати та оцінювати ефективність захисних споруд у різних умовах та сценаріях [1,2]. Це покращує розуміння проекту та сприяє ефективному прийняттю рішень.

Таким чином, наукова новизна в цій області передбачає розвиток різних методологій оцінки ризиків, вдосконалення технік аналізу даних та постійне оновлення знань про нові загрози та технологічні можливості. Все це спрямовано на підвищення ефективності, безпеки та стійкості захисних споруд у відповідь на зростаючі виклики сучасного світу.

Мета та завдання дослідження:

Метою роботи є визначення доцільності вибору захисних споруд.

У відповідності до поставленої мети потрібно виконати такі **завдання**:

- виконати обґрунтування задачі необхідності визначення доцільності вибору захисних споруд;
- провести аналіз моделей визначення доцільності вибору захисних споруд;

- описати проблеми впровадження моделей визначення доцільності вибору захисних споруд;
- виконати аналіз загальної характеристики методів доцільності вибору захисних споруд;
- показати та описати методи та моделі визначення доцільності вибору захисних споруд;
- запропонувати метод визначення доцільності вибору захисних споруд;
- надати вимоги щодо розробки програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд;
- реалізувати програмний засіб визначення доцільності вибору захисних споруд;
- провести тестування програмний засіб визначення доцільності вибору захисних споруд;
- визначити вимоги щодо тестування програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд;
- виконано тестування програмного засобу на прикладі модуля аналізу ієрархій.

Об'єктом дослідження є процеси вибору захисних споруд.

Предметом дослідження є методи та засоби підвищення ефективності вибору захисних споруд.

Методи дослідження. У процесі дослідження використовувались: теорія метод аналізу ієрархій, методи прийняття рішень, SWOT-аналіз, PEST-аналіз, нечітка логіка, методи багатокритеріального аналізу (TOPSIS та VIKOR).

Наукова новизна одержаних результатів:

- вперше запропоновано метод визначення бальних оцінок доцільності вибору захисних споруд, особливість якого полягає у використанні експертних заключень, що не потребують складних математичних моделей і, як наслідок, дає можливість визначати оцінки (від 0.1 до 1) та порівнювати об'єкти дослідження між собою;

- вперше запропоновано метод оцінювання альтернатив, особливість якого полягає у його використанні на етапі ідентифікації та формулювання критеріїв або параметрів, за якими оцінюються альтернативи, що не потребують зайвих витрат часу та людських ресурсів для збору та аналізу інформації і, як наслідок, дає можливість структурованого та об'єктивного підходу до оцінювання різних варіантів доцільності вибору захисних споруд;

- подальшого розвитку отримав метод аналізу ієрархій, у якому, на відміну від існуючих методів прийняття рішень такими як SWOT-аналіз, PEST-аналіз, нечіткої логіки або методами багатокритеріального аналізу (наприклад, TOPSIS або VIKOR), використано динамічні моделі, що дозволило враховувати зміни у зовнішніх факторах впливу та адаптуватися до нових умов і вимог у прийнятті рішень і, як наслідок, підвищити адаптивність та актуальність варіантів у виборі захисних споруд.

Практична цінність отриманих результатів. Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що на основі отриманих в магістерській кваліфікаційній роботі теоретичних положень запропоновано алгоритм алгоритм доцільності вибору захисної споруди.

Особистий внесок здобувача. У магістерській кваліфікаційній роботі усі результати дослідження здобуті автором даної роботи самостійно. У роботі [1], опублікованій самостійно, автору належить формування постановки проблеми, мети роботи та основної частини.

Апробація матеріалів магістерської кваліфікаційної роботи. Основні положення магістерської кваліфікаційної роботи доповідалися та обговорювалися на Всеукраїнській науково-технічній конференції молодих вчених, аспірантів та студентів "Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій", (Одеса, 2024).

Публікації. Основні результати досліджень опубліковано в науковій праці у матеріалах конференції.

РОЗДІЛ 1

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МЕТОДУ АНАЛІЗА

1.1. Обґрунтування задачі необхідності визначення доцільності вибору захисних споруд

Актуальність та важливість методів і математичних моделей у визначенні доцільності вибору захисних споруд обумовлені низкою чинників [2,3], які відіграють ключову роль у забезпеченні безпеки, ефективності та стійкості інфраструктури в умовах різноманітних загроз (рис. 1.1). Розглянемо такі аспекти більш ретельно.

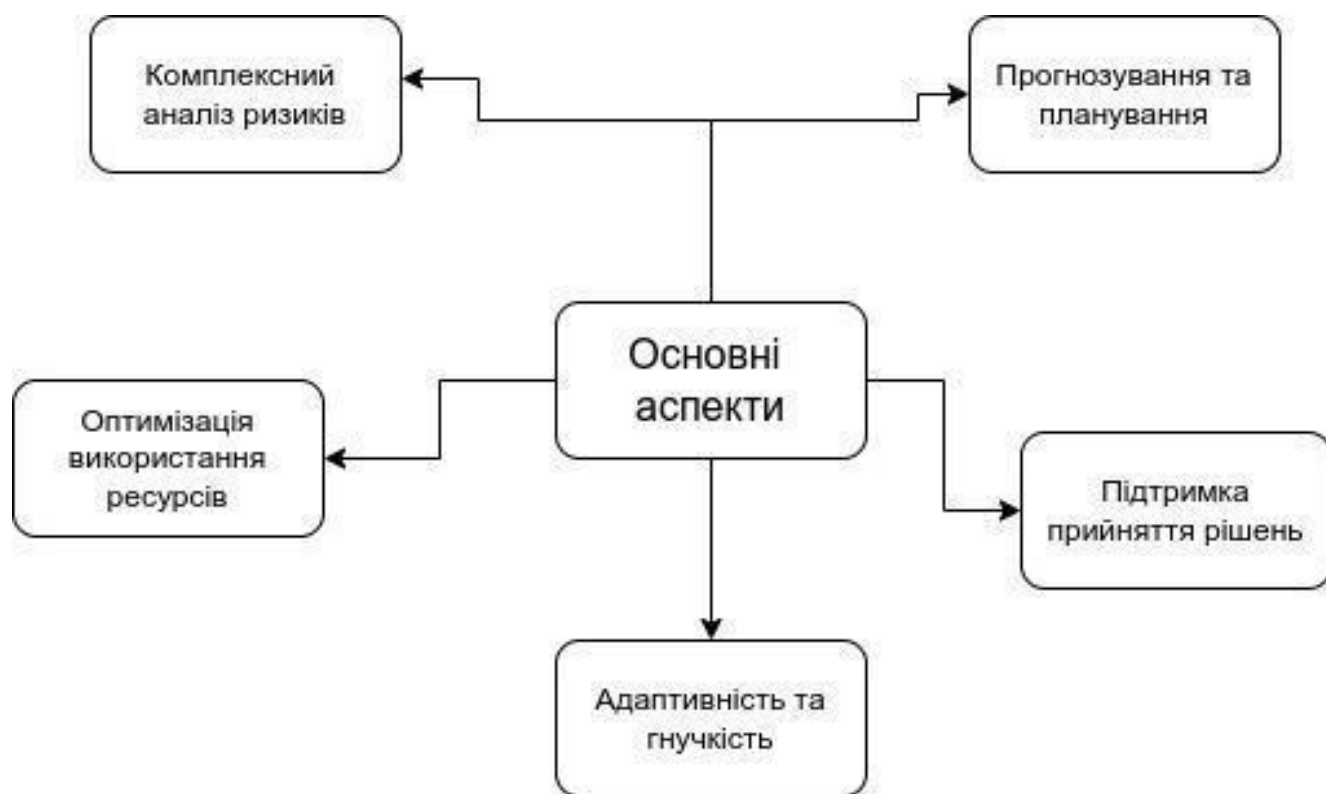


Рисунок 1.1 - Основні аспекти актуальності використання методів та моделей у визначенні доцільності вибору захисних споруд

Методи та моделі, що показані на рис. 1.1 дозволяють проводити комплексний аналіз потенційних ризиків, включаючи природні катастрофи, техногенні аварії, військові конфлікти та інші загрози. Це сприяє обґрунтованому вибору споруд, здатних мінімізувати ризики та захистити життя та здоров'я людей. Комплексний аналіз ризиків є критично важливим етапом

при визначенні доцільності вибору захисних споруд, таких як бомбосховища, укріплення або інші форми захисту цивільного населення та важливих об'єктів. Цей аналіз допомагає ідентифікувати, оцінити та пріоритизувати потенційні ризики, а також розробити стратегії для їх мінімізації або управління. Основна мета полягає в тому, щоб забезпечити, щоб споруди зможуть ефективно захистити від ідентифікованих загроз з прийнятним рівнем ризику та в межах наявного бюджету. До основних етапів комплексного аналізу ризиків належать наступні.

Першим кроком є ідентифікація усіх потенційних ризиків, які можуть вплинути на об'єкт або територію [2,4]. Це включає природні загрози (наприклад, землетруси, повені, вітри), техногенні загрози (наприклад, хімічні викиди, ядерні аварії) та людські загрози (наприклад, терористичні акти, військові конфлікти).

Після ідентифікації ризиків необхідно оцінити вразливість об'єкта або території до цих ризиків. Це включає аналіз конструкції будівель, систем життєзабезпечення, доступності евакуаційних шляхів тощо.

Далі виконується оцінка ймовірності та наслідків, де кожен ідентифікований ризик оцінюється за його ймовірністю та потенційними наслідками. Це дозволяє визначити, які ризики є найбільш критичними та потребують негайних дій для мінімізації.

Вкрай важлива є розробка стратегій мінімізації ризиків, де на основі оцінки ризиків розробляються стратегії для їх мінімізації. Це може включати вибір локації захисних споруд, вдосконалення їх конструкції для підвищення стійкості до конкретних загроз, а також планування евакуаційних маршрутів та процедур [3].

На основі аналізу ризиків та розроблених стратегій мінімізації приймається рішення щодо доцільності вибору конкретних захисних споруд. Враховуються також фактори, такі як вартість, доступність ресурсів, соціальні та екологічні наслідки.

Ефективне використання обмежених ресурсів, включаючи фінанси, матеріали та земельні ділянки, є критично важливим. Математичні моделі допомагають оптимізувати розподіл ресурсів, забезпечуючи найвищу можливу ефективність захисних споруд за мінімальних витрат. Оптимізація використання ресурсів є ключовим аспектом при визначенні доцільності вибору захисних споруд. Це процес, що вимагає балансування між необхідністю забезпечення максимального рівня захисту та обмеженнями, які накладають доступні ресурси, такі як бюджет, матеріали, земельні ресурси та людський капітал. Тому, існує декілька ключових аспектів та підходів оптимізації використання ресурсів до яких належать наступні.

Точна оцінка потреб, яка визначає те, що перед початком проектування та будівництва необхідно точно визначити, які функціональні вимоги повинна виконувати захисна споруда, включаючи її розмір, місткість, рівень захисту тощо. Це допомагає уникнути надмірних витрат на забезпечення непотрібних характеристик [4-6].

Аналіз альтернативних рішень дозволяє виконати розгляд альтернативних варіантів дизайну та матеріалів може допомогти знайти більш економічні або ефективні рішення, які все ще задовольняють основні вимоги безпеки. Використання інноваційних технологій або матеріалів може пропонувати кращі властивості за менші кошти.

Оптимізація розташування означає вибір місця розташування захисних споруд, що відіграє важливу роль у мінімізації витрат на будівництво та експлуатацію. Розташування з легким доступом до інфраструктури та ресурсів може значно знизити загальні витрати.

Ефективне проектування означає розробку ефективного дизайну, що мінімізує витрати на будівництво та експлуатацію без компромісів з безпекою, є ключовим. Це може включати оптимізацію форми та розміру споруди, використання багатофункціональних просторів та інтеграцію енергоефективних систем.

Моделювання та симуляція необхідне для використання комп'ютерного моделювання та симуляції для тестування різних аспектів проекту перед будівництвом, що може значно допомогти ідентифікувати потенційні проблеми та оптимізувати ресурси.

Економічна ефективність також дуже потрібно, так як дозволяє визначити загальну вартість проекту захисної споруди, включаючи будівництво, обладнання та експлуатацію. В цьому випадку, оцінка альтернатив виконується з метою знаходження оптимального співвідношення між вартістю та ефективністю рішення.

Оцінка раціонального використання матеріалів і технологій дозволяє визначити оптимальний вибір матеріалів, де для використання довговічних, недорогих та легкодоступних матеріалів притаманне забезпечення високого рівня захисту людини. При цьому, використовуються технологічні інновації, де виконуються новітні технології для підвищення ефективності споруди при мінімальних витратах [7].

Логістика і доступність надає можливість оптимального розміщення споруд, де вибір локацій для споруд виконується на основі аналізу доступності для потенційних користувачів та з урахуванням логістичних витрат.

При цьому, враховується мінімізація експлуатаційних витрат, де важливо визначити енергоефективність. Тому, необхідно виконувати проектування споруд з мінімізацією потреби в енергоресурсах для освітлення, вентиляції та інших потреб. Управління та обслуговування дозволяє розробити плани управління та обслуговування для зниження експлуатаційних витрат.

Створення адаптивних споруд, здатних ефективно функціонувати в різних умовах і сценаріях надає можливість розширення або модифікації споруд у майбутньому без значних додаткових витрат.

Адаптивність та гнучкість необхідні в випадках, коли умови та загрози можуть змінюватися, тому важливо мати можливість адаптувати стратегії захисту. Методи і моделі надають інструментарій для оцінки варіантів, які можуть бути швидко адаптовані до нових умов. Адаптивність та гнучкість є

ключовими аспектами при виборі та проектуванні захисних споруд, забезпечуючи їх ефективність у широкому спектрі сценаріїв та змінних умов. В загальному випадку, адаптивність та гнучкість можуть бути застосовані для підвищення доцільності вибору захисних споруд наступним чином.

Адаптивні захисні споруди можуть бути спроектовані таким чином, щоб забезпечити захист не тільки від одного типу загроз, таких як природні катастрофи, але й від інших потенційних ризиків, включаючи техногенні аварії та військові атаки. Така адаптивність передбачає можливість легкого модифікування або розширення споруд у майбутньому з мінімальними витратами та зусиллями, що дозволяє адаптуватися до змін у технологіях безпеки або до змінених потреб користувачів.

Адаптивні споруди можуть бути спроектовані так, щоб еволюціонувати у відповідь на нові знання та досвід, отриманий під час експлуатації, що підвищує їхню довгострокову вартість і ефективність. Швидке перенастроювання полягає в тому, що гнучкі захисні споруди можуть швидко перенастроюватися для виконання різних функцій або для захисту від нових або змінених загроз без потреби у значному переобладнанні. Гнучкість дозволяє ефективно використовувати простір у захисних спорудах, дозволяючи їм слугувати різним цілям в залежності від потреби – наприклад, як укриття в кризові періоди або як громадський простір у спокійні часи.

Адаптація до змін у населенні та потребах означає те, що гнучкі споруди можуть бути адаптовані для задоволення змінюваних потреб населення, зокрема з урахуванням демографічних змін або змін у паттернах використання.

Процес прийняття рішень стосовно захисних споруд часто супроводжується великою кількістю невизначеностей та комплексних технічних даних. Математичні моделі допомагають структурувати цю інформацію, виокремлюючи ключові фактори та сприяючи обґрунтованому вибору. Підтримка прийняття рішень є критично важливою у процесі вибору захисних споруд, оскільки вона дозволяє об'єктивно оцінити різні альтернативи та визначити найбільш ефективний шлях дій. Це особливо актуально у ситуаціях,

коли потрібно забезпечити захист від природних катастроф, техногенних аварій, терористичних атак чи інших загроз.

Тому, для аналізу ризиків та загроз існує аналіз потенційних ризиків, що дозволяє ідентифікувати та оцінити загрози, з якими може зіткнутися дана локація або об'єкт. Це забезпечує обґрунтовану основу для вибору захисних споруд. Визначення найбільш ефективного способу використання обмежених ресурсів, включаючи фінансування, землю та матеріали, для досягнення максимального рівня захисту [8].

Врахування важливості критеріїв дозволяє виконувати балансування пріоритетів, де визначення важливості різних критеріїв, таких як безпека, вартість, доступність здійснюється для забезпечення балансу між ними при виборі захисних споруд.

Врахування таких змінних умов які можуть бути адаптовані або модифіковані у відповідь на змінні умови або загрози забезпечує тривалу ефективність захисту.

Підтримка прийняття рішень за допомогою технологій дозволяє використовувати програмне забезпечення для моделювання сценаріїв, аналізу даних та візуалізації результатів може значно підвищити якість та швидкість прийняття рішень.

Методи прогнозування та планування дозволяють не тільки оцінити поточні потреби, але й прогнозувати майбутні вимоги до захисних споруд, що допомагає в плануванні довгострокових стратегій розвитку інфраструктури та захисту. Прогнозування та планування в якості доцільності вибору захисних споруд є важливою складовою процесу забезпечення безпеки будівель та інфраструктури. Цей процес включає в себе наступні кроки.

Аналіз ризиків, що становить перший етап полягає в ідентифікації потенційних небезпек та загроз, які можуть виникнути для будівель чи інфраструктури, таких як природні катастрофи (землетруси, повені, урагани), техногенні аварії, терористичні атаки тощо.

Оцінка впливу, що становить другий етап полягає в оцінці можливих наслідків та впливу цих ризиків на будівлі та інфраструктуру. Це включає визначення можливих збитків, втрати життів, втрати матеріальних цінностей тощо [8-10].

Вибір захисних споруд дозволяє на основі аналізу ризиків та оцінки впливу вибрати відповідні захисні споруди або системи. Це може включати в себе будівництво водоосвідомлення, підземні приміщення для тимчасового притулку в разі небезпеки, установку антивандальних або антиземлетрусних систем, а також застосування новітніх технологій для моніторингу та реагування на небезпеку.

Планування та імплементація сприяє якісному та оптимальному вибору захисних споруд, де необхідно розробити план їхнього впровадження та імплементації. Це включає в себе розробку дизайну та інженерних рішень, будівництво споруд, налаштування систем моніторингу та контролю, а також проведення навчання персоналу з питань безпеки та евакуації.

Тестування та підтримка виконується після впровадження захисних споруд, де необхідно провести тестування їхньої ефективності та готовності до реагування на небезпеку. Крім того, важливо забезпечити постійну підтримку та обслуговування споруд, а також оновлювати їх у відповідності до змін у загрозах та технологіях.

Цей процес забезпечує високий рівень безпеки та захисту для будівель та інфраструктури, що є ключовим для забезпечення стійкості та відновлюваності в разі небезпеки.

Використання визнаних методів та моделей забезпечує відповідність проектів захисних споруд сучасним стандартам безпеки та ефективності, що є ключовим фактором при забезпеченні державного та міжнародного визнання. Забезпечення відповідності стандартам є критично важливою частиною процесу вибору захисних споруд для будівель та інфраструктури. Розглянемо детальний опис процесу забезпечення відповідності стандартам.

Розуміння стандартів - це ретельне ознайомлення з відповідними національними та міжнародними стандартами, які стосуються безпеки будівельних та інфраструктурних об'єктів. Ці стандарти можуть охоплювати такі аспекти, як конструкція, матеріали, технічні вимоги, процедури тестування та інші аспекти безпеки.

Важливим кроком до аналізу вимог є встановлення стандартів. Це може включати в себе розуміння технічних характеристик, які має мати захисна споруда, процедур тестування та оцінки відповідності, вимог до документації та інші вимоги [9-11].

На основі аналізу вимог стандартів необхідно вибрати захисні споруди, які відповідають цим вимогам. Це може включати в себе вибір матеріалів, конструкцій, систем безпеки та інших параметрів, які дозволяють споруді відповідати стандартам.

Тестування та оцінка відповідності виконується після вибору захисних споруд, де повинні бути піддані тестуванню та оцінці відповідності вимогам стандартів. Це може включати в себе проведення лабораторних та польових випробувань, оцінку технічної документації та інші процедури.

Після успішного завершення тестування та оцінки відповідності захисні споруди повинні бути документально підтверджені відповідністю стандартам. Це може включати в себе видання сертифікатів відповідності, технічних звітів та іншої документації. Важливою частиною забезпечення відповідності стандартам є постійне оновлення захисних споруд та їхньої документації у відповідності до нових версій стандартів, а також забезпечення відповідності в процесі експлуатації.

У сукупності ці аспекти підкреслюють критичну важливість та актуальність використання методів і математичних моделей у процесі вибору та розробки захисних споруд, спрямованих на забезпечення максимального рівня безпеки та ефективності в умовах різноманітних загроз.

1.2. Аналіз моделей визначення доцільності вибору захисних споруд

Розробка математичних моделей для визначення доцільності вибору захисних споруд може відрізнятися залежно від конкретного контексту, типу споруди та потенційних загроз [11]. Однак, основними аспектами, які можна порівняти у таких моделях є наступні.



Рисунок 1.2 - Основні характеристики аналізу математичних моделей визначення доцільності вибору захисних споруд

Деякі моделі можуть бути спрямовані на кількісну оцінку ризиків, пов'язаних з певними загрозами (наприклад, землетрусами, повеннями, терористичними актами), тоді як інші можуть фокусуватися на якісній оцінці. Врахування ризиків у доцільності вибору захисних споруд означає систематичний аналіз та оцінку потенційних загроз і небезпек, які можуть вплинути на безпеку та функціональність цих споруд. Цей процес дозволяє ідентифікувати, аналізувати та керувати ризиками з метою мінімізації можливих

наслідків для людей та інфраструктури. Такий процес включає в себе декілька ключових аспектів до яких відносяться наступні.

Етап ідентифікація ризиків, який передбачає визначення всіх потенційних загроз, таких як природні катастрофи (землетруси, повені, урагани), техногенні аварії (вибухи, пожежі, хімічні витіки), терористичні атаки, військові конфлікти тощо. Важливо враховувати різноманітність загроз, їхню інтенсивність та ймовірність виникнення [12].

На етапі оцінки ризиків визначається потенційний вплив кожного ризику на захисні споруди та їх користувачів. Оцінка зазвичай включає аналіз ймовірності виникнення ризиків та можливих наслідків, що дозволяє пріоритезувати ризики за ступенем їх серйозності.

На основі оцінки ризиків розробляються стратегії для їх мінімізації або повного усунення. Це може включати вибір локацій для споруд, які менш схильні до певних загроз, використання конструктивних рішень, які підвищують стійкість до конкретних небезпек, а також розробку евакуаційних планів та планів дій на випадок надзвичайних ситуацій.

Також важливим є планування дій для відновлення після можливих інцидентів, включаючи відновлення споруди, евакуацію постраждалих та забезпечення невідкладної допомоги.

Процес врахування ризиків вимагає постійного моніторингу та перегляду з огляду на зміну умов та появу нових загроз. Це дозволяє оперативно адаптувати стратегії захисту та підходи до мінімізації ризиків, забезпечуючи актуальність та ефективність захисних заходів.

Врахування можливості непередбачуваних ситуацій та розробка планів для таких випадків забезпечують готовність до швидкого та ефективного реагування, що мінімізує потенційні збитки та сприяє швидкому відновленню.

Інтеграція з іншими системами безпеки є ефективними в галузі побудови захисних споруд так як це може бути значно підвищена через їх інтеграцію з іншими системами безпеки та моніторингу, такими як системи раннього

попередження, пожежогасіння, відеоспостереження тощо, що дозволяє створити комплексну систему захисту.

Залучення громадськості та зацікавлених сторін до процесу планування та розробки захисних споруд дозволяє краще враховувати потреби та очікування користувачів, підвищує обізнаність та готовність населення до дій у надзвичайних ситуаціях.

Таким чином, врахування ризиків у доцільності вибору захисних споруд є фундаментальним для забезпечення їх ефективності та надійності. Це вимагає комплексного підходу, що охоплює ідентифікацію та оцінку ризиків, розробку та впровадження стратегій мінімізації, а також постійний моніторинг та оновлення планів з огляду на зміни умов та загроз. Використання систематичних методів та інструментів підтримки прийняття рішень, інтеграція з іншими системами безпеки, а також активна участь громадськості забезпечують створення ефективних та відповідальних захисних споруд, здатних захистити життя та здоров'я людей в умовах непередбачуваних загроз.

Деякі моделі можуть враховувати технічні характеристики захисних споруд, такі як конструкція, матеріали, відстані тощо, для прогнозування їхньої ефективності. Врахування технічних параметрів у доцільності вибору захисних споруд означає аналіз та оцінку ключових характеристик та можливостей споруд, які впливають на їхню ефективність, надійність, довговічність, а також здатність забезпечити безпеку та захист в конкретних умовах. Цей процес допомагає забезпечити, що вибрані споруди відповідають всім необхідним технічним вимогам та стандартам безпеки. До таких ключових технічних належать наступні параметри. Міцність та стійкість конструкції, яка є оцінкою здатності конструкції витримувати навантаження та впливи, що можуть бути спричинені різними факторами, такими як землетруси, повені, вітрові навантаження, вибухові хвилі тощо.

Герметичність - це забезпечення захисту від зовнішніх впливів, включаючи радіаційне, хімічне або біологічне забруднення, шляхом створення ефективних герметичних бар'єрів [13].

Вентиляційні системи означає розробку та інтеграцію ефективних систем вентиляції для забезпечення адекватного повітрообміну та фільтрації повітря, особливо у випадку використання споруди як укриття від хімічних, біологічних або радіаційних загроз.

Енергозабезпечення означає наявність надійних джерел енергопостачання для підтримки критично важливих систем життєзабезпечення, включаючи освітлення, вентиляцію, засоби зв'язку та інші електричні пристрої.

Запаси питної води та харчування надають змогу плануванню достатніх запасів питної води та харчування для забезпечення потреб осіб, які можуть перебувати в споруді протягом тривалого часу.

Проектування ефективних та безпечних шляхів евакуації та аварійних виходів забезпечують системи евакуації, які дозволять швидко та організовано залишити споруду в екстреній ситуації.

Врахування технічних параметрів дозволяє не тільки забезпечити функціональність та безпеку захисних споруд у критичних ситуаціях, але й оптимізувати витрати на їхнє проектування, будівництво та експлуатацію. До додаткових аспектів, які підкреслюють важливість цього процесу належать наступні чинники [14].

Ефективність використання простору, що позначає оптимізацію внутрішнього простору споруд для забезпечення комфортних умов проживання, зберігання необхідних запасів та ефективного використання обмеженого простору для різних цілей.

Екологічна стійкість дозволяє виконувати розробку споруд з урахуванням екологічних стандартів і принципів сталого розвитку, включаючи енергоефективність, використання екологічно чистих матеріалів та технологій.

Сумісність з існуючою інфраструктурою, де існує врахування можливості інтеграції захисних споруд з існуючою інфраструктурою, що може сприяти зниженню загальних витрат і поліпшенню ефективності реагування у кризових ситуаціях.

Технологічна сумісність, яка застосовує сучасні технології і системи, які можуть бути легко інтегровані з іншими системами безпеки та управління, забезпечуючи високий рівень захисту та контролю.

Врахування цих технічних параметрів у процесі вибору захисних споруд не тільки підвищує їхню ефективність та безпеку в різноманітних умовах, але й забезпечує краще розуміння потенційних витрат, необхідних для їхньої реалізації та експлуатації. Це дозволяє зробити обґрунтоване рішення, оптимізувати використання доступних ресурсів і максимально знизити ризики для людей і майна.

Також, деякі моделі можуть оцінювати фінансову доцільність вибору захисних споруд, враховуючи витрати на будівництво, обслуговування та потенційні збитки від можливих загроз. Фінансова ефективність у контексті доцільності вибору захисних споруд означає ретельне виваження вартості проектування, будівництва, обслуговування та потенційного відновлення цих споруд порівняно з їх здатністю забезпечити необхідний рівень захисту для людей та активів. Це включає аналіз вартості-ефективності рішень, прийнятих на кожному етапі реалізації проекту, з метою максимізації користі від інвестицій у безпеку. Розглянемо детальніше, що входить у поняття фінансової ефективності.

1. Оцінка вартості проекту, що включає всі витрати, пов'язані з плануванням, проектуванням, будівництвом, обладнанням та пусконаладженням захисних споруд. Важливо розробити детальний бюджет проекту, які враховує всі можливі витрати.

2. Аналіз вартості-ефективності, що означає порівняння вартості реалізації різних варіантів захисних споруд з очікуваним рівнем захисту, який вони забезпечують. Метою є ідентифікація рішень, що пропонують найкращий рівень захисту за мінімально можливими витратами.

3. Розрахунок повернення інвестицій, що визначає оцінку того, як інвестиції у захисні споруди зменшать потенційні збитки від загроз і

надзвичайних ситуацій, включаючи вартість потенційних людських втрат, пошкодження майна та перерв у діяльності.

4. Оптимізація експлуатаційних витрат, що включає аналіз та мінімізацію витрат на обслуговування, ремонт та поточну експлуатацію захисних споруд протягом їхнього життєвого циклу.

5. Фінансування та можливості фінансування, що включає ідентифікацію потенційних джерел фінансування для реалізації проекту, включаючи державне фінансування, приватні інвестиції, гранти, кредити та інші фінансові інструменти.

Фінансова ефективність у виборі захисних споруд, таким чином, є важливою для забезпечення того, що ресурси, вкладені в проект, використовуються найбільш раціонально, при цьому забезпечуючи високий рівень захисту для людей та інфраструктури. Важливість фінансової ефективності також полягає у наступному.

Ефективне використання фінансових ресурсів сприяє сталому розвитку, дозволяючи втілити проекти захисних споруд, які не лише відповідають поточним потребам у безпеці, але й здатні адаптуватися до майбутніх змін умов і загроз без необхідності значних додаткових інвестицій.

Фінансова ефективність дозволяє розширити доступ до захисних споруд для більшої кількості людей та громад, знижуючи вартісний поріг їхньої реалізації та експлуатації. Це особливо важливо у регіонах із обмеженими ресурсами [15,16].

Ефективне використання коштів допомагає знизити фінансовий тиск на організації, держави та індивідів, забезпечуючи потрібний рівень захисту без непомірного збільшення бюджетних видатків або навантаження на економіку.

Фокус на фінансовій ефективності сприяє підвищенню прозорості та відповідальності у використанні коштів, оскільки кожна інвестиція вимагає обґрунтування з точки зору її внеску у загальний рівень безпеки та захисту.

Пошук фінансово ефективних рішень часто веде до інновацій у проектуванні, будівництві та матеріалах, що може привести до розробки нових технологій та підходів у сфері захисту та безпеки.

Узагальнюючи, можна визначити те, що фінансова ефективність у виборі захисних споруд гарантує, що інвестиції у захист та безпеку є обґрунтованими, цільовими та спрямованими на досягнення максимальної вигоди за доступні ресурси, що є ключовим для будь-якого успішного проекту в сфері цивільного захисту. Деякі моделі можуть використовувати статистичні методи для аналізу історичних даних про подібні загрози та випадки використання захисних споруд для прогнозування їхньої ефективності. Використання статистичних методів у доцільності вибору захисних споруд включає застосування статистичного аналізу та математичного моделювання для оцінки ризиків, вартості, ефективності та інших ключових параметрів, що впливають на рішення про проектування, розміщення та конструкцію цих споруд. Це дозволяє приймати обґрунтовані рішення на основі даних, а не лише на інтуїції або досвіді. Наведемо деякі аспекти, які підкреслюють значення використання статистичних методів в галузі використання захисних споруд для прогнозування їхньої ефективності [17].

Статистичні методи дозволяють кількісно оцінити ризики, пов'язані з різними природними та техногенними загрозами. Це може включати аналіз історичних даних про катастрофи, частоту та наслідки аварій, що допомагає визначити ймовірність майбутніх подій та їх потенційний вплив на захисні споруди. Вони використовуються для створення моделей, які можуть прогнозувати наслідки різних сценаріїв, наприклад, наскільки ефективно споруда зможе захистити від певного типу загрози. Це допомагає в оцінці потенційної ефективності різних проектних рішень.

За допомогою статистичного аналізу можна визначити найбільш економічно вигідні варіанти будівництва та експлуатації захисних споруд, враховуючи витрати, тривалість життєвого циклу споруди, потреби в обслуговуванні та можливі варіанти фінансування. Статистичні методи

дозволяють аналізувати демографічні тенденції, щільність населення, соціальні потреби та інші фактори, які необхідно враховувати при виборі місця розташування захисних споруд та плануванні їх конструкції.

Застосування статистичних методів допомагає уникнути суб'єктивного впливу в процесі прийняття рішень, забезпечуючи вибір, заснований на об'єктивних даних та кількісних оцінках. Це сприяє розробці більш точних та ефективних рішень щодо захисних споруд. Використання статистичних аналізів та моделювання дозволяє не лише прогнозувати потенційні ризики, але й оцінювати можливі наслідки різних рішень про проектування та розміщення споруд. Це включає оцінку ефективності споруд у захисті від конкретних загроз, а також аналіз впливу на навколишнє середовище, соціальну структуру та економіку [17,19].

В умовах великої кількості даних та складності ситуацій, статистичні методи надають потужну підтримку для прийняття обґрунтованих рішень. Вони дозволяють аналізувати великі обсяги інформації, виявляти закономірності та тенденції, що не завжди очевидні при поверховому огляді. Застосування статистичних методів сприяє адаптивності проектів захисних споруд до змінюваних умов і загроз. Статистичний аналіз даних з часом може виявити нові ризики або зміни в існуючих умовах, що дозволяє своєчасно адаптувати проектні рішення.

Таким чином, використання статистичних методів у доцільності вибору захисних споруд відіграє важливу роль у забезпеченні об'єктивності, точності та ефективності прийнятих рішень. Це дозволяє оптимізувати використання ресурсів, забезпечити високий рівень безпеки та захисту, а також забезпечити гнучкість та адаптивність проектів до мінливих умов і потреб. Такі моделі можуть мати різний рівень складності, від простих евристичних або емпіричних підходів до складних математичних або комп'ютерних моделей.

Рівень складності у контексті доцільності вибору захисних споруд відноситься до комплексності різних аспектів, які необхідно врахувати під час планування, проектування, будівництва, експлуатації та обслуговування цих

споруд. Це означає, що для забезпечення ефективності та відповідності захисних споруд їх потребам користувачів та очікуваним загрозам необхідно аналізувати та інтегрувати широкий спектр факторів до яких відносяться наступні [18,20].

Технічна складність, де існують певні задачі для проектування їх конструкцій, що враховують сейсмічну стійкість, водонепроникність, а також стійкості до вибухів та радіаційного захисту. Кожен з цих технічних аспектів вимагає спеціалізованих знань та рішень.

Розробка систем вентиляції, фільтрації повітря, водопостачання та енергозабезпечення, повинні бути надійними в екстремальних умовах. Матеріально-технічне забезпечення наявності необхідних матеріалів і обладнання, їх доставка на будівельний майданчик, особливо в важкодоступних або віддалених районах є вкрай важливими. До того, існує оперативна складність, що складає експлуатацію та полягає у ідтримці функціональності захисних споруд у довгостроковій перспективі, забезпечення їх готовності до негайного використання в будь-який час.

Залучення достатніх фінансових ресурсів для покриття всіх витрат на проектування, будівництво та експлуатацію споруд, а також їх обслуговування в деякій мірі забезпечується оптимізацією використання ресурсів для досягнення максимальної вигоди за мінімальних витрат.

Оцінки соціальної та екологічної складності дозволяє визначати вплив на громади та довкілля. В результаті отримується мінімізація негативного впливу будівництва та експлуатації захисних споруд на навколишнє середовище та місцеві громади, забезпечення їх соціальної прийнятності та врахування потреб населення. Залучення місцевих жителів до процесу планування та реалізації проектів захисних споруд для забезпечення відкритості, прозорості та врахування місцевих інтересів і потреб.

Слідкування за дотриманням відповідних будівельних кодексів, стандартів безпеки та екологічних норм, які можуть варіюватися залежно від країни або регіону є важливим чинником доцільності вибору захисних споруд.

При цьому існує необхідність проходження складних процедур отримання всіх необхідних дозволів і ліцензій для будівництва та експлуатації захисних споруд.

Складність управління проектами означає координацію між учасниками проекту, де ефективне управління проектом вимагає координації дій між замовниками, проектувальниками, підрядниками, державними органами та іншими зацікавленими сторонами.

Контроль якості забезпечується високим рівнем якості на всіх етапах реалізації проекту, від проектування до будівництва та подальшої експлуатації споруд [20,22].

Адаптація до змінних умов означає гнучкість проектних рішень, де існує можливість адаптації проектних рішень до змінних умов, нових технологічних можливостей та зміни потреб та очікувань суспільства.

Рівень складності у доцільності вибору захисних споруд вказує на необхідність комплексного підходу до планування та реалізації таких проектів, що включає глибокий аналіз усіх потенційних викликів та ретельне врахування широкого спектра факторів для забезпечення їхньої ефективності, безпеки та стійкості [19-21].

Деякі моделі також можуть бути більш гнучкими і дозволяти враховувати різноманітні фактори, такі як зміни в загрозах, технологічні прориви та економічні фактори. Гнучкість у контексті доцільності вибору захисних споруд означає здатність проекту, плану або конструкції ефективно адаптуватися до змінних умов, непередбачуваних обставин, а також до розвитку технологій і змін у вимогах безпеки. Гнучкість стосується як фізичних характеристик споруди, так і концептуальних аспектів планування та управління проектом, які виконуються наступним чином.

Захисні споруди повинні бути спроектовані таким чином, щоб їх можна було швидко адаптувати або модифікувати для захисту від широкого спектра потенційних загроз, включаючи природні катастрофи, техногенні аварії, терористичні атаки тощо.

Гнучкість передбачає можливість легкого розширення або модифікації захисних споруд з мінімальними затратами та зусиллями. Модульна конструкція дозволяє додавати нові елементи або функціональні блоки відповідно до зростаючих потреб або змін у вимогах безпеки.

Гнучкі підходи в проектуванні та будівництві захисних споруд сприяють оптимізації використання матеріальних, фінансових та людських ресурсів, забезпечуючи високий рівень захисту при обмежених витратах.

Споруди повинні бути спроектовані з урахуванням можливості адаптації до соціальних змін, еволюції умов життя та роботи людей, а також змін у навколишньому середовищі та екологічних стандартах.

Гнучкість також передбачає можливість інтеграції захисних споруд з існуючими та майбутніми системами безпеки, забезпечення їх сумісності з новітніми технологіями та інноваційними рішеннями в галузі захисту та управління надзвичайними ситуаціями.

Таким чином, врахування гнучкості в процесі вибору захисних споруд не лише підвищує їхню ефективність у різноманітних умовах, але й забезпечує довгострокову вигоду з інвестицій. Це дозволяє спорудам залишатися функціональними та ефективними навіть у випадку зміни загроз або вимог до безпеки. До деяких додаткових аспектів, де гнучкість має ключове значення відносяться наступні.

Багатофункціональне використання, де гнучкість передбачає можливість використання захисних споруд для різних цілей, не обмежуючись лише моментами кризи або загроз. Наприклад, споруди можуть слугувати громадськими центрами, освітніми або рекреаційними об'єктами в періоди між надзвичайними ситуаціями, сприяючи соціальній інтеграції та забезпеченню зворотнього зв'язку між спільнотою та системами безпеки.

Швидка адаптація до нових загроз, що означає те, що характер та інтенсивність загроз постійно еволюціонують, гнучкість дозволяє захисним спорудам швидко адаптуватися до нових викликів без необхідності повного перепроєктування або реконструкції.

Економія ресурсів у довгостроковій перспективі, яка надає можливість інвестування у гнучкість на етапі проектування та будівництва може здатися більш витратним на початку, але в довгостроковій перспективі це дозволяє значно знизити витрати на адаптацію, модернізацію або розширення споруд.

Підвищення резилієнтності, де гнучкість є важливою складовою резилієнтності – здатності систем та споруд витримувати та адаптуватися до надзвичайних ситуацій, мінімізуючи негативний вплив та швидко відновлюючи нормальне функціонування.

Загалом, інтеграція гнучкості у стратегію вибору та проектування захисних споруд є ключем до створення стійких, ефективних та довговічних рішень, здатних забезпечити захист та безпеку в умовах постійно змінюваного світу.

1.3. Проблеми впровадження моделей визначення доцільності вибору захисних споруд

Впровадження моделей визначення доцільності вибору захисних споруд супроводжується рядом проблем та викликів, які можуть впливати на ефективність та результативність цього процесу (рис. 1.3). Наведемо деякі з найбільш поширених проблем.

Для розробки та впровадження ефективних моделей необхідні точні, актуальні та повні дані. Проблеми з доступністю даних про попередні надзвичайні ситуації, ризики, місцеві умови та інші важливі параметри можуть суттєво ускладнити розробку адекватних моделей.

Складність реальних умов і велика кількість змінних, що впливають на безпеку захисних споруд, роблять моделювання викликом. Врахування всіх потенційних загроз, соціально-економічних факторів та технічних аспектів може бути дуже складним завданням.

Адаптивність до змінних умов зумовлює змінами клімату, технологічним розвитком, змінами в соціальних та економічних умовах, що вимагають

постійної адаптації та оновлення моделей. Втім, швидке реагування на ці зміни та інтеграція нових даних може бути складною.

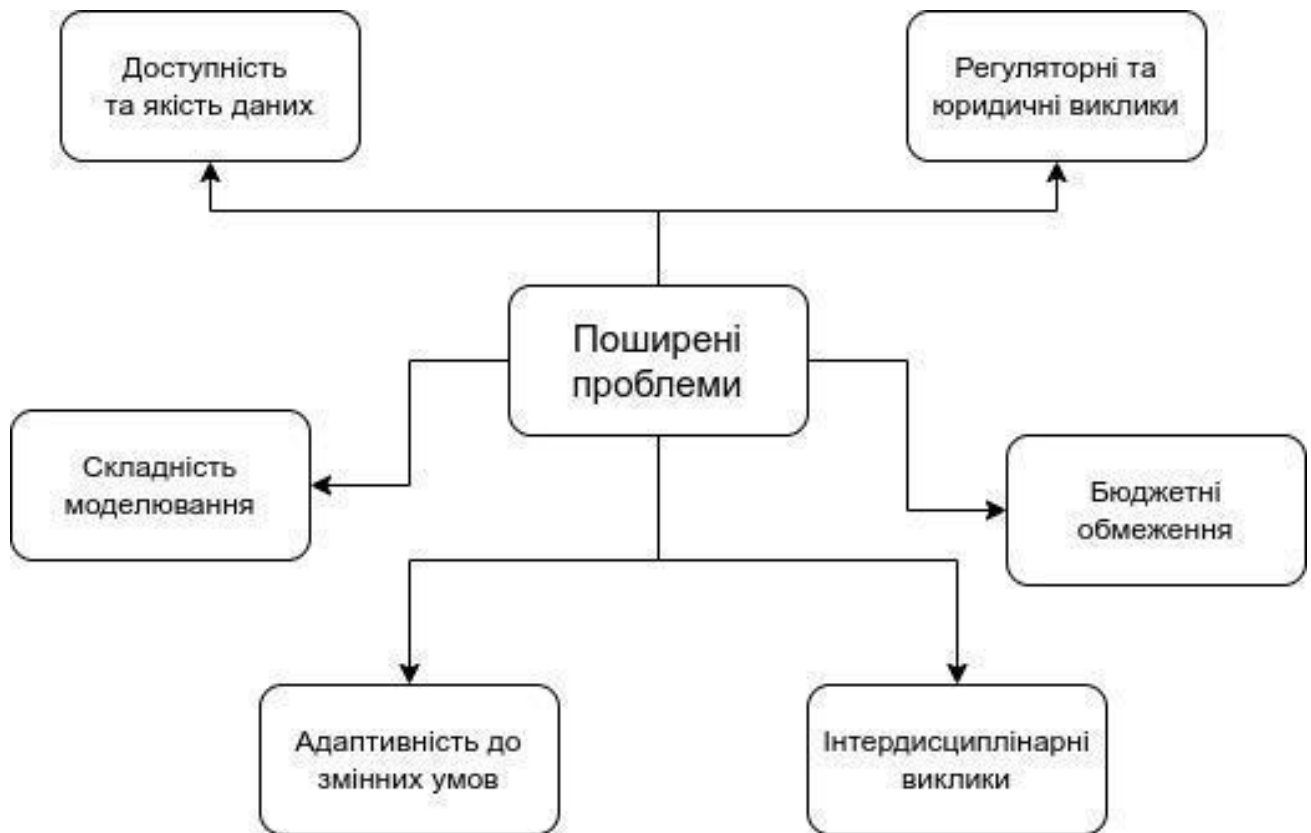


Рисунок 1.3 - Найбільш поширені проблеми впровадження моделей доцільності вибору захисних споруд

Тому, ефективне впровадження моделей вимагає співпраці фахівців з різних галузей, таких як інженерія, управління ризиками, екологія, урбаністика тощо. Координація між різними дисциплінами та інтеграція їхніх підходів може бути складною. Фінансування розробки та впровадження складних моделей може бути значним, а доступність бюджетних коштів часто обмежена. Знаходження балансу між потребою в детальному моделюванні та фінансовими обмеженнями є важливим викликом.

Нормативно-правове регулювання, що стосується будівництва та експлуатації захисних споруд, може бути складним та змінним. Відповідність цим вимогам потребує ретельного юридичного аналізу та часто оновлення моделей для відповідності актуальним законодавчим та нормативним

стандартам. Це може вимагати додаткових ресурсів для консультацій з експертами в галузі права та нормативної бази, що також впливає на вартість та складність проектів [22].

Моделі часто фокусуються на технічних параметрах та природних ризиках, проте ефективність захисних споруд також залежить від поведінки людей у надзвичайних ситуаціях. Врахування людського фактору, тренувань, освітніх програм і процедур евакуації може ускладнити моделювання та впровадження моделей.

Впровадження новітніх технологій у захисні споруди вимагає, щоб моделі були сумісні з цими технологіями та могли адаптуватися до технологічних змін. Забезпечення технологічної сумісності та можливості інтеграції нових інноваційних рішень є важливою, але складною задачею. Сприйняття ризиків та загроз місцевим населенням, а також їх готовність використовувати та підтримувати захисні споруди, може суттєво впливати на ефективність впровадження моделей. Психологічні аспекти поведінки людей у надзвичайних ситуаціях можуть ускладнити процес планування та впровадження.

Проблема впровадження моделей також полягає у забезпеченні їх довгострокової актуальності та ефективності. Необхідно регулярно оновлювати та переглядати моделі, щоб вони відповідали змінам у технологіях, законодавстві та суспільних умовах.

Таким чином, розглянуті проблеми вимагають комплексного підходу до впровадження моделей, який включає інтердисциплінарну співпрацю, неперервне оновлення знань та технологій, а також адаптацію до змінних умов та потреб суспільства.

1.4. Задачі дослідження

Для рішення необхідних задач дослідження необхідно виконати наступне.

1. Виконати обґрунтування задачі необхідності визначення доцільності вибору захисних споруд.

2. Провести аналіз моделей визначення доцільності вибору захисних споруд.
3. Описати проблеми впровадження моделей визначення доцільності вибору захисних споруд.
4. Виконати аналіз загальної характеристики методів доцільності вибору захисних споруд.
5. Показати та описати методи та моделі визначення доцільності вибору захисних споруд.
6. Запропоновувати метод визначення доцільності вибору захисних споруд.
7. Надати вимоги щодо розробки програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд.
8. Реалізувати програмний засіб визначення доцільності вибору захисних споруд.
9. Провести тестування програмний засіб визначення доцільності вибору захисних споруд.
10. Визначити вимоги щодо тестування програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд.
11. Виконано тестування програмного засобу на прикладі модуля аналізу ієрархій.

1.5. Висновки

В першому розділі було обґрунтування вибору методу аналізу, де зазначені задачі необхідності визначення доцільності вибору захисних споруд. Визначені актуальність та важливість методів і математичних моделей у визначенні доцільності вибору захисних споруд обумовлені численними факторами, які є ключовими для забезпечення безпеки, ефективності та стійкості інфраструктури в умовах різноманітних загроз. Основними аспектами є комплексний аналіз ризиків, оптимізація використання ресурсів, адаптивність

і гнучкість, підтримка прийняття рішень, прогнозування та планування, а також забезпечення відповідності стандартам.

Аналіз моделей визначення доцільності вибору захисних споруд показав, що для визначення доцільності вибору захисних споруд необхідно включати врахування ризиків, технічних параметрів, фінансової ефективності, застосування статистичних методів, рівня складності моделей, а також їх гнучкості. При цьому, моделі можуть бути спрямовані на кількісну або якісну оцінку ризиків, де необхідно враховувати технічні характеристики споруд для прогнозування їх ефективності, оцінювати фінансову доцільність, використовувати статистичні методи для аналізу даних про загрози та випадки використання споруд, мати різний рівень складності та бути адаптивними до змінних умов.

Також, були описані проблеми впровадження моделей визначення доцільності вибору захисних споруд, де для впровадження моделей визначення доцільності вибору захисних споруд супроводжується рядом проблем, таких як доступність та якість даних, складність моделювання, адаптивність до змінних умов, інтердисциплінарні виклики, бюджетні обмеження, регуляторні та юридичні виклики, врахування людського фактору, технологічна сумісність, психологічна сприйнятливість, а також забезпечення довгострокової ефективності. Таким чином, для ефективного впровадження моделей необхідні точні дані, співпраця фахівців з різних галузей, баланс між потребою в деталізації та фінансовими обмеженнями, відповідність нормативно-правовим вимогам, врахування людської поведінки, адаптація до нових технологій та забезпечення постійної актуальності моделей.

РОЗДІЛ 2

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ ВИБОРУ ЗАХИСНИХ СПОРУД

2.1. Методи визначення доцільності вибору захисних споруд

Визначення бальних оцінок доцільності вибору захисних споруд, що засновані на експертному заключенні, може включати математичні моделі, що використовують експертні оцінки. Зазвичай, такий метод використовує знання та досвід експертів для оцінювання різних аспектів або параметрів об'єктів (в цьому випадку захисних споруд). Тому, існує кілька підходів до експертних оцінок, серед яких є наступні (рис. 2.1).

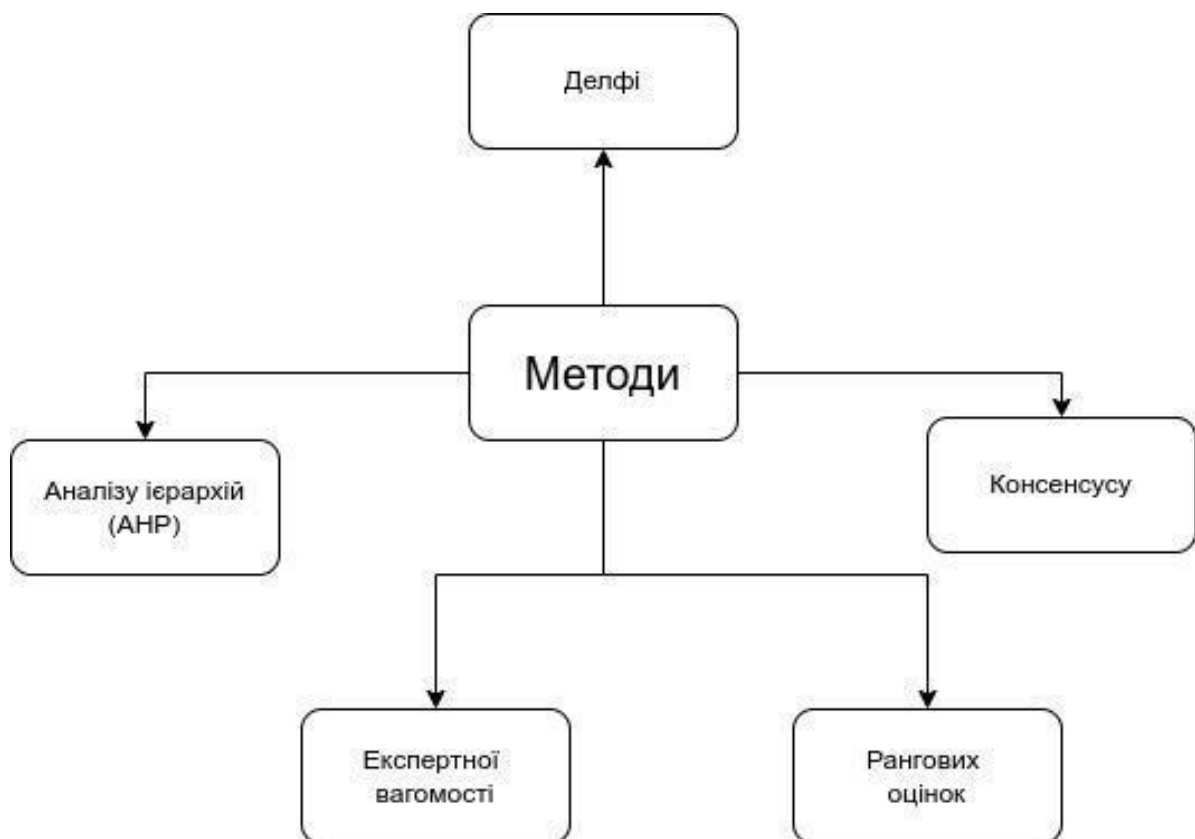


Рисунок 2.1 - Методи визначення доцільності вибору захисних споруд

Метод Делфі являє собою ітеративний процес, під час якого експерти незалежно дають свої прогнози чи оцінки, після чого отримують зведену інформацію про оцінки інших учасників. На основі цього вони можуть

переглянути свої попередні оцінки. Процес продовжується до досягнення консенсусу [22].

Метод Делфі є структурованим процесом комунікації, спрямованим на досягнення консенсусу серед групи експертів щодо складних проблем або прогнозування майбутніх подій. Він був розроблений в 1950-х роках в RAND Corporation як інструмент для систематичного збору та агрегування інформованих суджень експертів через серію опитувань і обговорень. Основна мета методу - зменшити ефект групового тиску та індивідуальних переконань, що може впливати на якість і об'єктивність рішень, досягнутих в групі.

Сутність методу Делфі полягає в наступних кроках.

Формування експертної групи, де вибираються експерти, які мають знання або досвід у специфічній області, що досліджується. Група повинна бути достатньо різноманітною, щоб покрити всі аспекти проблеми.

Розсилка опитувальників полягає в тому, що експертам надсилаються опитувальники з питаннями або твердженнями, по яких вони повинні висловити свою думку або зробити прогноз. Опитувальники можуть містити як відкриті, так і закриті питання.

Агрегація та аналіз відповідей виконує дії, що направлені на те, що відповіді експертів агрегуються і аналізуються координатором дослідження. Основна інформація, статистичні показники (наприклад, медіана, середнє значення, стандартне відхилення) та розбіжності в думках експертів підсумовуються у звіті.

Повторення процесу полягає в тому, що звіт розсилається експертам разом із новим опитувальником, в якому вони можуть переглянути свої попередні відповіді з огляду на надану інформацію. Експертам також можуть бути запропоновані додаткові питання або попросити уточнити свої відповіді. Цей крок може повторюватися декілька разів, поки не буде досягнуто більшої згоди серед учасників або поки зміни в відповідях не стануть мінімальними.

Кінцевою метою методу є досягнення консенсусу або, принаймні, більш чіткого розуміння діапазону думок з питань, що досліджуються. Результати

можуть бути використані для прийняття рішень, розробки політик або планування майбутніх дій [23,24].

Основні переваги методу Делфі включають анонімність учасників, що зменшує вплив авторитету та групового тиску, а також можливість участі експертів з різних географічних регіонів і областей знань. Недоліки можуть включати часові та ресурсні затрати на проведення декількох раундів опитувань та можливість недостатньої відповіді або втоми учасників.

Метод аналізу ієрархій (АНР) розроблений Томасом Сааті, цей метод дозволяє проводити складні багатокритеріальні оцінки за допомогою розбиття проблеми на ієрархію підпроблем, які легше оцінити та порівняти. Він особливо корисний, коли потрібно порівняти елементи з різними мірками важливості. Цей метод є математичним інструментом для прийняття рішень та особливо корисним у ситуаціях, що вимагають багатокритеріального аналізу. АНР дозволяє розкласти складну, багатовимірну проблему на більш прості підпроблеми, систематизувати їх у вигляді ієрархії, а потім логічно та послідовно оцінити їх значення або важливість. Цей метод широко використовується в різних областях, включаючи управління, планування, оцінку політик і вибір технологій.

Основні кроки методу АНР відносяться наступні. Формулювання проблеми і створення ієрархії, де спочатку проблему розбивають на менші компоненти, які в свою чергу можуть бути поділені на ще більш дрібні елементи, утворюючи ієрархічну структуру. На вершині ієрархії знаходиться головна мета прийняття рішення, далі йдуть критерії та підкритерії, а на нижньому рівні - альтернативи або варіанти рішень.

Попарне порівняння виконується таким чином, що на кожному рівні ієрархії проводиться попарне порівняння елементів з погляду їх впливу на елемент верхнього рівня. Для цього використовується шкала від 1 до 9, де 1 означає, що елементи мають однакову важливість, а 9 - що один із елементів важливіший в дев'ять разів.

Визначення вагових коефіцієнтів виконується на основі попарних порівнянь розраховуються вагові коефіцієнти для кожного елемента щодо їх внеску в досягнення цілі верхнього рівня. Це дозволяє визначити відносну важливість критеріїв та альтернатив.

Синтез оцінок полягає в тому, що результати попарних порівнянь усіх рівнів ієрархії агрегуються для отримання загальної оцінки кожної альтернативи відносно головної мети. Це робиться шляхом множення ваг кожного елемента на ваги їх підкатегорій та сумування отриманих значень.

На завершенні, проводиться перевірка послідовності, де особливо важливо перевірити, наскільки послідовно експерти проводили попарні порівняння, тобто оцінити ступінь послідовності їхніх суджень. АНР включає механізм для оцінки послідовності рішень, дозволяючи ідентифікувати непослідовні оцінки та виправити їх при необхідності.

Таким чином, метод АНР цінний тим, що він дозволяє об'єктивізувати та структурувати суб'єктивні оцінки експертів, перетворюючи їх на кількісні показники, що сприяє обґрунтованому прийняттю рішень. Він широко застосовується для рішення різноманітних завдань: від вибору оптимального варіанту інвестицій до оцінки проектів у сфері охорони здоров'я та екології.

Метод експертної вагомості використовує пряме присвоєння балів об'єктам (у цьому випадку бомбосховищам) згідно з різними критеріями. Експерти оцінюють кожен критерій за шкалою і присвоюють вагу кожному з них, щоб відобразити їх важливість. Метод експертної вагомості є одним з підходів до прийняття рішень на основі оцінки та аналізу думок експертів. Його суть полягає у визначенні ваги (важливості) різних альтернатив або критеріїв вибору, заснованих на думках експертів. Метод дозволяє кількісно оцінити різні варіанти рішення або аспекти проблеми за допомогою системи оцінок, наданих кваліфікованими фахівцями. Основні кроки методу експертної вагомості полягають в наступному.

Формування експертної групи полягають у виборі експертів, які мають достатні знання та досвід у конкретній області, пов'язаній з проблемою, що розглядається [25].

Визначення критеріїв оцінювання виконується на етапі ідентифікації та формулювання критеріїв або параметрів, за якими будуть оцінюватися альтернативи. Це можуть бути технічні характеристики, економічна ефективність, безпека та інше.

Присвоєння ваг критеріям виконується експертами незалежно один від одного, які оцінюють важливість кожного критерію, присвоюючи йому вагові коефіцієнти. Це може відбуватися, наприклад, за шкалою від 1 до 10, де 1 означає найменшу важливість, а 10 - найвищу.

Оцінювання альтернатив відбувається, коли кожна альтернатива оцінюється експертами згідно з кожним критерієм. Експерти можуть використовувати ту саму шкалу оцінок, що й для визначення ваги критеріїв.

Агрегація оцінок полягає у розрахунку загальної оцінки кожної альтернативи шляхом сумування оцінок від усіх експертів, з врахуванням ваги критеріїв. Це дозволяє отримати кількісну оцінку переваги одних варіантів над іншими.

Аналіз результатів та прийняття рішення відбувається на основі агрегованих оцінок, де проводиться аналіз, що дозволяє ідентифікувати найбільш переважні альтернативи. Кінцеве рішення може бути прийнято на основі найвищої загальної оцінки або інших додаткових критеріїв.

До переваг методу відносяться наступні:

- забезпечення структурованого та об'єктивного підходу до оцінювання варіантів;
- дозволення на кількісне порівняння різних альтернатив;
- врахування думок декількох експертів, що зменшує суб'єктивізм оцінок.

До недоліків методу відносяться наступні:

- залежність від кваліфікації та об'єктивності експертів;
- можливість різночитання в оцінках між експертами;

- витрати часу та ресурсів для збору та аналізу інформації.

Метод експертної вагомості є ефективний для рішення складних проблем, де необхідно врахувати багато факторів та експертних думок, особливо в умовах невизначеності або коли недостатньо кількісних даних.

Метод рангових оцінок полягає в тому, що експерти ранжують об'єкти (або їх характеристики) в порядку їх переваги чи важливості. Потім агрегуються ранги, присвоєні різними експертами, для визначення загальних пріоритетів. Метод рангових оцінок є одним з підходів до прийняття рішень, що базується на порівняльному аналізі та встановленні пріоритетів між різними альтернативами або критеріями [25].

Сутність цього методу полягає в тому, що учасники (експерти, керівники, зацікавлені сторони) присвоюють ранги (місця) об'єктам оцінювання (наприклад, проектам, ідеям, рішенням) згідно з їх важливістю, ефективністю, якістю або будь-яким іншим відповідним критерієм. Це дозволяє визначити найбільш привабливі або важливі альтернативи на основі колективної думки учасників.

До основних кроків методу рангових оцінок належать наступні. Визначення об'єктів оцінювання дозволяє ідентифікувати альтернативи або критерії, які потребують оцінки та порівняння.

Встановлення критеріїв оцінки має на меті відібрати критерії, за якими буде проводитись оцінка наявних альтернатив. Такі критерії мають бути зрозумілими і прийнятними для всіх учасників процесу.

Присвоєння рангів необхідно для учасників процесу, де оцінювання незалежно один від одного присвоюють кожній альтернативі ранг відповідно до її важливості чи переваг за визначеними критеріями. Альтернатива, яку вважають найгіршою, отримує найнижчий ранг (наприклад, 1), а альтернатива, яку вважають найменш привабливою, отримує найвищий ранг.

Агрегація рангів полягає в тому, що після того, як усі учасники процесу оцінки присвоїли ранги, проводиться агрегація результатів. Зазвичай це включає

підсумовування рангів, присвоєних кожній альтернативі, або визначення середнього рангу для кожної альтернативи.

Аналіз результатів будується на основі агрегованих рангів, де аналізуються результати оцінки. Альтернативи з найнижчим сумарним або середнім рангом вважаються найбільш привабливими чи важливими.

Таким чином, метод рангових оцінок є досить простим і інтуїтивно зрозумілим, що робить його популярним інструментом у різноманітних областях прийняття рішень. Він особливо корисний, коли потрібно швидко визначити пріоритети або коли оцінка базується на суб'єктивних думках і перевагах. Однак метод має обмеження, зокрема він може не враховувати відмінності в ступені важливості між рангами і може бути схильний до впливу групових процесів та думок.

Інший метод консенсусу має на меті зосередження на досягненні загальної згоди серед експертів через обговорення та діалог, замість використання строго кількісних методів.

Метод консенсусу є процесом прийняття рішень, що заснований на досягненні загальної згоди серед усіх учасників групи, а не на більшості голосів або авторитеті окремих осіб. Сутність цього методу полягає в тому, щоб знайти рішення, яке буде прийнятне для всіх членів групи, навіть якщо це не їхній перший вибір. Ціль полягає в досягненні максимально можливої згоди та зменшенні опору з боку учасників, що сприяє підтримці та впровадженню прийнятих рішень.

До основних аспектів методу консенсусу відноситься інклюзивність, де всі члени групи мають можливість висловити свої думки, ідеї та занепокоєння. При цьому важливо, щоб кожна думка була почута та розглянута.

Для активного слухання приймають те, що учасники повинні виявляти повагу до думок інших, намагаючись зрозуміти їх перспективу та мотивацію, навіть якщо вони не згодні з ними.

Пошук спільних точок вимагає зосередження уваги на тому, що об'єднує групу, а не на тому, що її розділяє. Це може включати пошук компромісів або

альтернативних рішень, які задовольняють більшість або всі занепокоєння учасників.

Ітеративний процес необхідний для досягнення консенсусу, який часто вимагає кількох раундів обговорень та переговорів, поки не буде знайдено прийнятне рішення. Це може бути часомісткий процес, але він сприяє глибшому розумінню проблеми та більшій відданості прийнятому рішення.

Гнучкість та відкритість до змін необхідні для учасників, які повинні бути готові до компромісів та змін у своїх початкових позиціях заради досягнення загальної мети групи.

До переваг методу відносяться такі чинники:

- забезпечення поширеної підтримки та залученості для учасників;
- сприяння кращому розумінню різних точок зору;
- зменшення опору з боку учасників при впровадженні рішень.

До недоліків методу відносяться такі:

- для отримання результату може витратиться багато часу;
- іноді досягнення консенсусу неможливе через глибокі розбіжності;
- існує ризик прийняття рішень на найменшому спільному знаменнику, що може не завжди бути найкращим рішенням.

Таким чином, метод консенсусу вимагає від учасників терпіння, відкритості до співпраці та готовності до компромісів, але він може вести до більш стабільних і підтримуваних рішень.

Вибір конкретного методу залежить від специфіки завдання, доступності та кількості експертів, а також від часових та ресурсних обмежень проекту. Метод експертних оцінок дозволяє врахувати не тільки технічні аспекти, але й досвід та інтуїцію фахівців, що може бути особливо важливим при оцінці складних і малодосліджених питань.

2.2. Моделі визначення доцільності вибору захисних споруд

На сьогоднішній день існує декілька поширених математичних моделей визначення доцільності вибору захисних споруд. Серед них визначаються наступні (рис. 2.2).

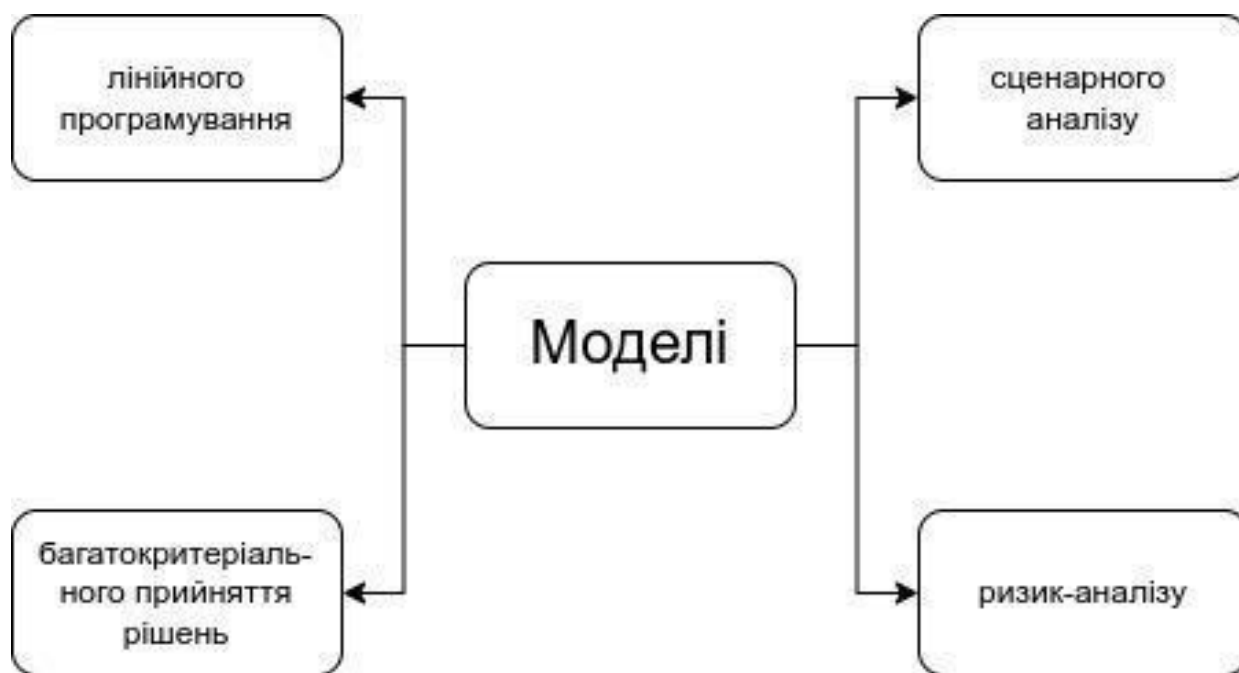


Рисунок 2.2 - Існуючі поширені математичні моделі визначення доцільності вибору захисних споруд

Лінійне програмування використовується для оптимізації (максимізації або мінімізації) лінійної цільової функції, підкореної набору лінійних обмежень. У контексті вибору захисних споруд, це може бути використано для визначення оптимального розподілу ресурсів або вибору локацій для споруд, максимізуючи ефективність захисту при обмеженому бюджеті.

В загальному випадку, моделі лінійного програмування є потужним інструментом математичного моделювання, який використовується для розв'язання задач оптимізації, де цільова функція та обмеження представлені лінійними відношеннями. Основна мета лінійного програмування полягає в максимізації або мінімізації лінійної цільової функції з урахуванням заданих

лінійних обмежень. Для цього, визначені основні елементи моделі лінійного програмування до яких відносяться наступні.

Цільова функція, це лінійна функція, яку потрібно максимізувати або мінімізувати. Наприклад, це може бути прибуток від продажу продуктів або вартість виробництва. Цільова функція зазвичай має форму:

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_Nx_{1N} ,$$

де Z - значення, яке потрібно оптимізувати;

$c_1, c_2 \dots + c_N$ - коефіцієнти цільової функції;

$x_1, x_2 \dots + x_N$ - змінні рішення.

При цьому, існують обмеження, де лінійні рівняння або нерівності, які визначають допустимий набір рішень. Вони представляють ресурсні, технічні або інші обмеження системи. Наприклад, обмеження на кількість доступної сировини або виробничі потужності.

Змінні рішення полягають в тому, що змінні, значення яких потрібно визначити в процесі розв'язку задачі ЛП. Вони представляють кількісні показники рішення, наприклад, обсяги виробництва або розподіл ресурсів.

Процес розв'язування задачі ЛП полягає в тому, що важливе формулювання моделі, де вперше і найважливіше - це точно визначити цільову функцію, змінні рішення та обмеження на основі реальної задачі.

Графічний метод (для двох змінних) надає можливість формування можливого графічного представлення обмежень і визначення оптимального рішення шляхом визначення допустимої області та аналізу цільової функції.

Симплекс-метод необхідний для задач з більшою кількістю змінних використовується симплекс-метод, який дозволяє систематично перебирати вершини допустимої області в пошуку оптимального рішення.

Прикладна сфера застосування охоплює моделі лінійного програмування, які застосовуються у багатьох сферах, включаючи виробництво, логістику, фінанси, енергетику, аграрний сектор та багато інших. Вони дозволяють оптимально розподіляти обмежені ресурси, планувати виробництво,

мінімізувати витрати або максимізувати прибуток, оптимізувати логістичні маршрути тощо.

Крім АНР, існують інші моделі багатокритеріального прийняття рішень (MCDM), такі як VIKOR, TOPSIS, і ELECTRE, які можуть бути використані для визначення доцільності вибору захисних споруд. Ці моделі дозволяють враховувати різні критерії та знаходити компромісні рішення між ними, оптимізуючи вибір серед доступних варіантів.

Моделі багатокритеріального прийняття рішень (MCDM), також відомі як багатоатрибутне прийняття рішень (MADM), є класом методів оптимізації та аналізу, які використовуються для рішення задач, де необхідно враховувати кілька критеріїв одночасно. Ці методи дозволяють знаходити найбільш збалансоване рішення, яке враховує різні інтереси та цілі, які часто перебувають у конфлікті між собою.

До основних аспектів моделі MCDM належать наступні. Визначення критеріїв, яке полягає у виборі критеріїв, за якими будуть оцінюватися альтернативи. Критерії можуть бути різноманітними: вартість, ефективність, надійність, стійкість, екологічність тощо. Визначення альтернатив становлять різні варіанти, які можуть розглядаються для вирішення проблеми.

Оцінка альтернатив за критеріями відповідає аналізу того, як кожна альтернатива відповідає різним критеріям. При цьому, виконується врахування ваг критеріїв, де визначаються важливості кожного критерію для загальної оцінки можливих альтернатив.

Популярні моделі MCDM складає аналіз ієрархій (АНР), де розбивається складна багатокритеріальну проблема на ієрархію взаємопов'язаних елементів, що дозволяє експертам оцінити елементи попарно та визначити вагу кожного критерію.

Модель техніки порядку преференцій за схожістю до ідеального рішення (TOPSIS), де обирається альтернатива, яка має найменшу відстань до ідеальної точки (найкращі значення за всіма критеріями) і найбільшу відстань до негативної ідеальної точки (найгірші значення).

Компромісна модель ранжування (VIKOR) фокусується на визначенні компромісного рішення, враховуючи близькість до ідеального рішення. Вона використовує поняття домінування для порівняння альтернатив і формує ранжирування на основі виявлених відносин переваги. Для цього використовується простий, але ефективний метод вагових сум, який полягає в підсумовуванні оцінок за кожним критерієм, попередньо помножених на вагу критерію, для кожної альтернативи.

Таким чином, розглянута модель MCDM знаходить застосування в різноманітних областях, включаючи управління проектами, вибір постачальників, стратегічне планування, оцінку технологій, управління ресурсами та багато інших сфер, де рішення потребують зваженого аналізу різноманітних факторів. Вони допомагають забезпечити більшу прозорість та обґрунтованість прийняття складних рішень, а також сприяють залученню зацікавлених сторін до процесу обговорення та вибору оптимальних рішень.

Інші моделі ризик-аналізу, такі як аналіз дерева рішень або Монте-Карло симуляції, можуть бути використані для оцінки потенційних ризиків та впливу різних загроз на захисні споруди. Ці методи допомагають оцінити ймовірність та наслідки різних небажаних подій, дозволяючи прийняти більш обґрунтовані рішення щодо проектування та розташування споруд. Моделі ризик-аналізу використовуються для ідентифікації, аналізу та управління потенційними ризиками в процесі прийняття рішень. Ці моделі дозволяють оцінити ймовірність виникнення певних подій та їх потенційний вплив на проект, інвестиції або будь-яку іншу діяльність. Ризик-аналіз дає змогу розробити стратегії для мінімізації негативних наслідків і використання потенційних можливостей. Основні моделі ризик-аналізу включають наступні методи. До одних з відомих є Монте-Карло симуляція, яка використовується для моделювання й оцінки ризику шляхом випадкового вибору значень для кожної зі змінних за певним розподілом ймовірності, дозволяючи оцінити розподіл можливих результатів. Вона досліджує, як зміна вхідних даних впливає на

вихідні результати, дозволяючи ідентифікувати змінні, які мають найбільший вплив на результат.

Аналіз SWOT дозволяє оцінити внутрішні та зовнішні фактори, які можуть вплинути на проект або організацію, де використовується для визначення оптимального шляху серед кількох альтернатив, враховуючи різні сценарії, їхні ймовірності та потенційні наслідки.

Матриця ризиків (аналіз ризик-імпакт) дозволяє класифікувати ризики на основі їх ймовірності та впливу, сприяючи пріоритезації реагування на ризики. При цьому, оцінка вартості впливу ризику визначає фінансові наслідки потенційних ризиків. Це дозволяє підготувати більш ефективні стратегії управління ризиками.

Існує також стратегічне управління ризиками, де виконується розробка дій або планів для зменшення негативного впливу виявлених ризиків або використання потенційних можливостей. Для резервування контингенту створюється резервів (часу, коштів тощо) для мінімізації наслідків непередбачених подій.

Такий ризик-аналіз застосовується у багатьох областях, включаючи фінанси, страхування, охорону здоров'я, будівництво, інженерію, та екологічне планування. Він дозволяє організаціям і проектним командам ідентифікувати потенційні проблеми та загрози до їх виникнення, розробляти ефективні стратегії управління ризиками, а також приймати обґрунтовані й ефективні рішення.

Моделі сценарного аналізу дозволяють оцінити як модель споруди може впоратись з різними навантаженнями у вигляді моделювання за допомогою потенційних сценаріїв, включаючи природні катастрофи, військові атаки тощо. Це допомагає зрозуміти гнучкість та стійкість споруди до різних видів загроз. Такі моделі сценарного аналізу є методом стратегічного планування, який дозволяє організаціям оцінити й зрозуміти потенційні майбутні події та їх вплив на прийняття рішень. Ця модель допомагає виявити можливі майбутні сценарії, що базуються на комбінації кількох ключових впливових факторів та

невизначеностей. Сценарний аналіз не передбачає точне прогнозування майбутнього, але дозволяє підготуватися до різноманітних можливих майбутніх розвитків подій. Основні етапи сценарного аналізу включають наступні дії.

Визначення цілей аналізу, де вказуються проблеми або можливі рішення, для якого буде проводитись сценарний аналіз.

Ідентифікація ключових впливових факторів призначених для виявлення зовнішніх та внутрішніх факторів, які можуть вплинути на майбутнє становище організації або проекту.

Визначення невизначеностей та припущень необхідно для ідентифікація елементів, які мають високий рівень невизначеності, та розробка припущень на їх основі.

Розробка власних сценаріїв, де виконується створення декількох сценаріїв, що відображають різні можливі майбутні розвитки подій, базуючись на комбінації ідентифікованих факторів і невизначеностей.

Аналіз сценаріїв має на меті оцінку потенційного впливу кожного сценарію на організацію або проект, з урахуванням сильних та слабких сторін, а також можливостей і загроз.

Розробка стратегій полягає у визначенні дій або стратегій, які можуть бути вжиті для адаптації або використання потенційних можливостей, що виникають у кожному сценарії.

Моніторинг та перегляд призначений для встановлення процесу моніторингу для слідкування за змінами у ключових впливових факторах та невизначеностях, що може вимагати коригування сценаріїв або стратегій.

Таким чином, сценарний аналіз широко використовується в стратегічному плануванні, управлінні ризиками, фінансовому плануванні, розробці нових продуктів, енергетичному секторі та екологічному управлінні. Він дозволяє організаціям бути гнучкими, адаптуватися до змін у зовнішньому середовищі та мінімізувати потенційні ризики, підготувавшись до широкого спектру можливих майбутніх подій. Вибір конкретної математичної моделі або методу залежить

від специфіки задачі, доступних даних та цілей аналізу. Часто ефективність аналізу може бути підвищена за рахунок комбінування декількох методів.

2.3. Запропонований метод визначення доцільності вибору захисних споруд

Запропонований метод полягає у використанні аналізу ієрархій, інтеграції з іншими методами прийняття рішень такими як SWOT-аналіз, PEST-аналіз, нечіткої логіки або методами багатокритеріального аналізу (наприклад, TOPSIS або VIKOR), використанні програмного забезпечення, що автоматизує процес визначення доцільності вибору захисних споруд, (рис. 2.3).

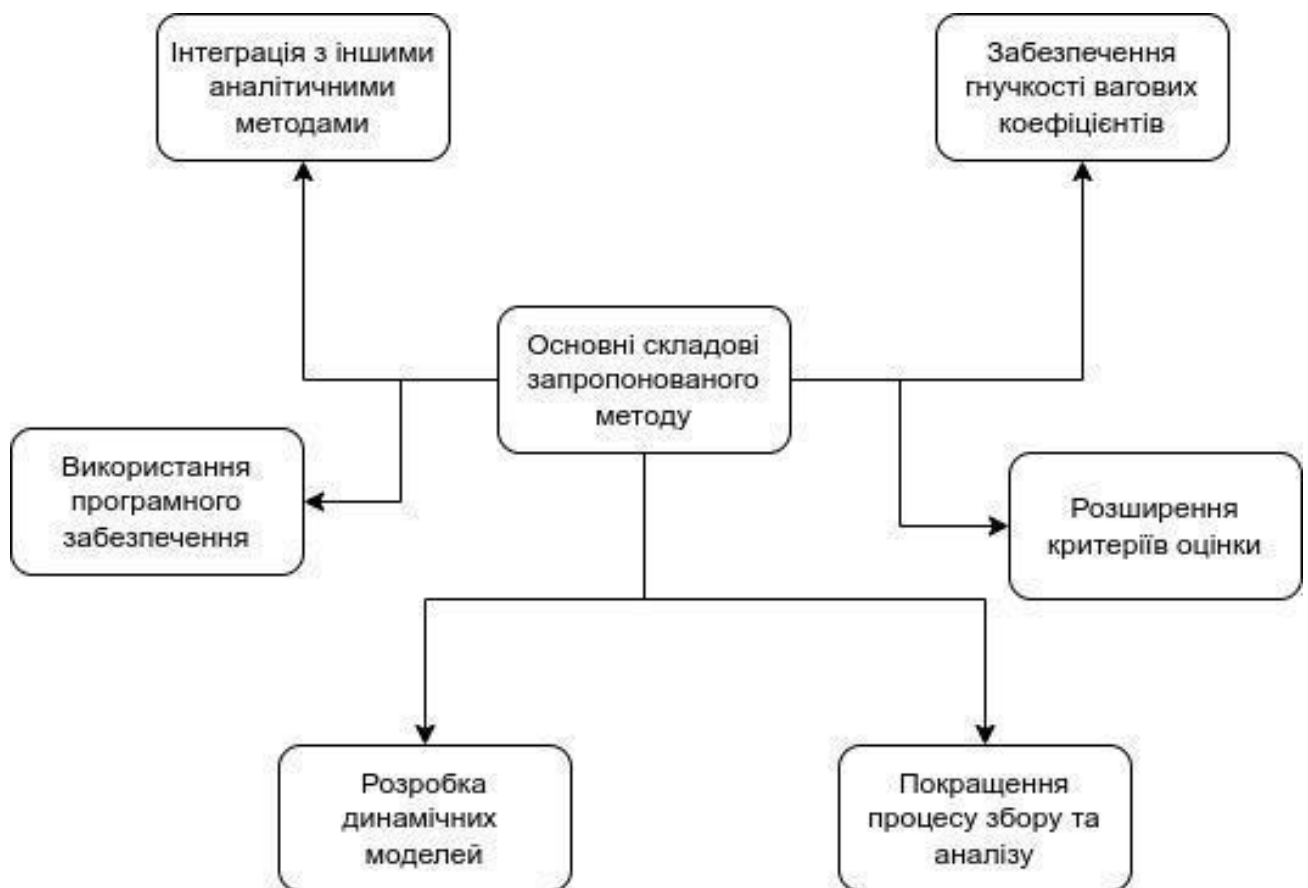


Рисунок 2.3 - Основні складові запропонованого методу удосконалення ієрархій

Метод аналізу ієрархій є потужним інструментом для прийняття рішень, особливо в умовах, що характеризуються великою кількістю критеріїв та

альтернатив. Проте, як і будь-який інструмент, аналізу ієрархій можна вдосконалити для підвищення його ефективності та адаптивності.

Удосконалення методу аналізу ієрархій для визначення доцільності вибору захисних споруд може значно підвищити якість та ефективність прийнятих рішень. Розглянемо запропонований метод більш ретельно.

Аналіз ієрархій може бути інтегрований з іншими методами оцінки та аналізу, такими як SWOT-аналіз (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats), PEST-аналіз (Political, Economic, Social, Technological), або ризик-аналіз, для забезпечення більш глибокого та всебічного розуміння різних факторів, що впливають на проект.

При цьому, таке удосконалення може значно збагатити процес прийняття рішень, забезпечуючи більш глибоке розуміння різних аспектів, які впливають на проект. Це зокрема корисно у контексті визначення доцільності вибору захисних споруд, де важливо враховувати широкий спектр факторів які полягають в наступному.

Визначення сильних і слабких сторін (Strengths and Weaknesses) дозволяє ідентифікувати внутрішні сильні та слабкі сторони проекту захисних споруд, такі як технічні характеристики, доступність ресурсів, досвід команди. Ці фактори можуть бути включені як критерії для оцінки альтернатив.

Аналіз можливостей та загроз (Opportunities and Threats) показує визначення зовнішніх можливостей та загроз допомагає розуміти зовнішнє середовище проекту. Інформація з SWOT може бути використана для побудови сценаріїв в ієрархій, що дозволяє оцінити, як різні умови впливають на пріоритетність варіантів.

Оцінка макроекономічних факторів застосовується в PEST-аналізі, що допомагає визначити політичні, економічні, соціальні та технологічні фактори, які можуть вплинути на проект. Ці фактори можуть бути інтегровані в ієрархій як частина зовнішнього середовища оцінки, що дозволяє краще розуміти ризики та можливості.

Інтеграція до ризик-аналізу може включати кількісну оцінку ймовірності та впливу різних ризиків на проект. Це допомагає у врахуванні ризиків як одного з ключових критеріїв при визначенні пріоритетів між альтернативами.

Виконання SWOT, PEST та ризик-аналіз для збору вихідних даних про проект дозволяє визначити критерії та альтернативи. Це надає можливість ідентифікувати ключові критерії оцінки, які будуть застосовані в аналізі ієрархій, та розробити список можливих альтернатив для захисних споруд. При цьому, з'являється можливість побудувати ієрархічну структуру, в якій верхній рівень представляє загальну мету вибору захисної споруди, наступні рівні - критерії (включаючи отримані з SWOT, PEST та ризик-аналізу), а нижчі рівні - альтернативи.

Така оцінка критеріїв та альтернатив дозволяє застосувати метод парних порівнянь для оцінки важливості критеріїв відносно загальної мети та вибору найбільш підходящої альтернативи з урахуванням всіх критеріїв. Експертні оцінки можуть бути використані для кількісної оцінки впливу кожного критерію. Використовуючи такі основні запропонованого методу можливо агрегувати оцінки для отримання загальної оцінки кожної альтернативи. Це дозволяє визначити, яка з альтернатив найкраще відповідає встановленим критеріям і меті.

Врахування невизначеності полягає в застосуванні чутливого аналізу для оцінки того, як зміни в оцінках критеріїв або вагах можуть вплинути на вибір оптимальної альтернативи, що допомагає виявити стійкість рішення до невизначеностей. Тому, періодичне переглядання та оновлення аналізу з урахуванням нової інформації, змін у зовнішньому середовищі або вимогах до проекту забезпечує актуальність та ефективність у прийнятті рішень.

В загальному випадку, інтеграція методу ієрархій з іншими аналітичними методами дозволяє створити комплексний підхід до оцінки та прийняття рішень, який враховує широкий спектр внутрішніх та зовнішніх факторів, ризиків, можливостей та загроз, підвищуючи таким чином обґрунтованість та ефективність вибору захисних споруд.

Розвиток або вдосконалення програмного забезпечення для підтримки методу ієрархій може спростити процес збору та аналізу даних, забезпечити більшу точність розрахунків та дозволити враховувати більшу кількість параметрів та альтернатив. Використання програмного забезпечення для удосконалення методу аналізу ієрархій у контексті визначення доцільності вибору захисних споруд може значно поліпшити ефективність та точність прийняття рішень. Програмне забезпечення може автоматизувати багато аспектів процесу ієрархій, включаючи збір даних, обрахунки, візуалізацію результатів, і таким чином допомагати краще враховувати складність та багатогранність проектів захисних споруд.

Програмне забезпечення може автоматично виконувати парні порівняння, обрахунки вагових коефіцієнтів критеріїв та альтернатив, а також синтезувати результати для визначення оптимальної альтернативи. Це знижує ризик людської помилки та збільшує швидкість обробки даних. Програмні рішення можуть надавати засоби для візуалізації ієрархій, результатів оцінок та аналізу чутливості, що робить процес більш прозорим та зрозумілим для всіх зацікавлених сторін.

Застосування програмного забезпечення дозволяє залучати більшу кількість експертів та зацікавлених сторін через онлайн-платформи для спільної роботи, збору оцінок та коментарів, що підвищує якість і обґрунтованість рішень.

Програмне забезпечення може бути налаштоване або адаптоване для конкретних потреб проекту, включаючи зміну критеріїв, альтернатив або вагових коефіцієнтів. Це дозволяє легко масштабувати та адаптувати аналітичний процес до різних проектів та умов. При цьому існує можливість інтегрувати додаткові інструменти підтримки прийняття рішень, такі як моделювання різних сценаріїв, аналіз чутливості та ризик-аналіз, що надає більше інформації для прийняття обґрунтованих рішень. Це допомагає краще розуміти, як різні зміни умов або параметрів можуть вплинути на вибір найкращої альтернативи.

Програмне забезпечення може автоматизувати створення звітів, графіків та презентацій, що значно спрощує процес спілкування результатів аналізу до зацікавлених сторін. Це також полегшує архівацію та відстеження рішень та їх обґрунтувань. Завдяки онлайн-платформам та хмарним сервісам, програмне забезпечення дозволяє ефективно організувати спільну роботу експертів та проектних груп з різних локацій, забезпечуючи зручний обмін інформацією, оцінками та пропозиціями.

Сучасне програмне забезпечення часто надає можливості для оновлень та підтримки, що дозволяє користувачам мати доступ до останніх функцій та покращень, а також оперативну підтримку у вирішенні технічних питань. Деякі програмні рішення можуть включати інструменти для кількісного аналізу невизначеностей та ризиків, дозволяючи моделювати та аналізувати потенційний вплив невпевненості на оцінку альтернатив, що є особливо корисним у складних та динамічних умовах.

Таким чином, інтеграція методу аналізу ієрархій з програмним забезпеченням для визначення доцільності вибору захисних споруд пропонує значне покращення в точності, ефективності та прозорості процесу прийняття рішень. Воно дозволяє комплексно враховувати різноманітні фактори, ризики та можливості, а також сприяє кращій колаборації та спілкуванню між усіма учасниками проекту.

Створення динамічних моделей, що дозволяють враховувати зміни у зовнішньому середовищі та адаптуватися до нових умов і вимог, може підвищити адаптивність та актуальність вибору захисних споруд. Розробка динамічних моделей як удосконалення методу аналізу ієрархій для визначення доцільності вибору захисних споруд передбачає створення моделей, які можуть адаптуватися та оновлюватися відповідно до змін у зовнішньому середовищі, нових даних або змінених пріоритетів. Це дозволяє зробити аналіз більш гнучким та відображати реальну динаміку проектних умов за допомогою розробки та впровадження динамічних моделей в контексті ієрархій наступним чином.

Створення моделей з модульною структурою дозволяє легко вносити зміни або доповнення до окремих елементів аналізу без необхідності перебудови всієї моделі. Це може бути корисним для оновлення даних про ризики, технології або зміни у вимогах до безпеки. Інтеграція з зовнішніми джерелами даних, такими як бази даних про надзвичайні ситуації, кліматичні моделі або соціально-економічні індикатори, дозволяє автоматично оновлювати інформацію в моделі, що підвищує актуальність аналізу.

Розробка алгоритмів, які можуть адаптувати оцінки критеріїв або ваги відповідно до нових даних або змінених умов, сприяє підвищенню точності та релевантності результатів аналізу. Використання динамічних моделей для симуляції різних сценаріїв дозволяє оцінити, як різні умови або рішення можуть вплинути на ефективність захисних споруд. Це допомагає ідентифікувати найбільш вразливі аспекти проекту та визначити оптимальні стратегії адаптації.

Розробка інтерфейсів та інструментів, які дозволяють зацікавленим сторонам взаємодіяти з моделлю, вносити зміни до сценаріїв або параметрів та відразу бачити результати, сприяє кращому розумінню наслідків різних рішень і поліпшує процес спільного прийняття рішень. Це дозволяє користувачам динамічно змінювати важливість критеріїв або додавати нові критерії залежно від змін у проектному середовищі або стратегічних цілях. Такий підхід допомагає забезпечити, що оцінка залишається релевантною навіть при швидких змінах умов.

Інтеграція з технологіями машинного навчання та штучного інтелекту може допомогти автоматизувати процес адаптації моделі до нових даних, виявляти складні зв'язки між критеріями та результатами, а також покращувати точність прогнозування ефективності різних альтернатив. Створення механізмів для легкого оновлення моделі з новими даними та інформацією, що дозволяє моделі "навчатися" з часом та вдосконалюватися на основі нових знань та досвіду.

Створення інтерактивних панелей керування дозволяє користувачам в реальному часі візуалізувати результати аналізу, взаємодіяти з даними та

проводити глибокий аналіз чутливості та сценаріїв, покращуючи тим самим розуміння рішень і їх наслідків.

Таким чином, розробка динамічних моделей для методу аналізу ієрархій у контексті визначення доцільності вибору захисних споруд значно підвищує гнучкість, адаптивність та ефективність прийняття рішень. Це дозволяє забезпечити високий рівень релевантності та актуальності аналізу, враховуючи постійні зміни у зовнішньому середовищі та вимогах до проектів.

Оптимізація процесу збору експертних оцінок, включаючи використання структурованих опитувань, онлайн-платформ для співпраці, та розвиток методик обробки експертної інформації, може забезпечити більшу точність та об'єктивність в оцінці критеріїв і альтернатив. Тому, покращення процесу збору та аналізу експертних оцінок може суттєво вдосконалити застосування методу аналізу ієрархій (ієрархій) при визначенні доцільності вибору захисних споруд. Ефективний збір та обробка експертних оцінок дозволяють забезпечити більшу точність, об'єктивність та надійність рішень.

Розширення та диверсифікація експертної бази дозволяє залучити широке коло експертів з різних галузей та з різним досвідом допомагає забезпечити всебічний погляд на проблему. Це включає спеціалістів з галузі інженерії, екології, управління ризиками, соціальних наук та інших важливих сфер. При цьому, цифрові платформи та онлайн-інструменти дозволяють здійснювати збір експертних оцінок більш ефективно та структуровано. Вони можуть надавати інтерфейси для легкого введення даних, що спрощує процес збору інформації та зменшує ймовірність помилок.

Для забезпечення узгодженості серед експертних оцінок можуть бути застосовані методи досягнення консенсусу, наприклад, метод Делфі. Це допомагає вирішити проблеми, пов'язані зі значними розбіжностями в оцінках, та покращує надійність та обґрунтованість висновків.

Організація навчальних сесій та тренінгів для експертів щодо методології ієрархій та специфіки проекту може підвищити якість та консистентність

експертних оцінок. Освіта експертів забезпечує більшу усвідомленість щодо цілей аналізу та критеріїв оцінки.

Використання аналізу чутливості для оцінки впливу змін у експертних оцінках на кінцеві результати дозволяє ідентифікувати ключові фактори, що впливають на рішення, і зрозуміти, наскільки рішення стійкі до змін у вхідних даних. Це сприяє виявленню елементів, які мають найбільший вплив на вибір альтернативи, та може вказати на необхідність додаткового аналізу або збору даних.

Спеціалізоване програмне забезпечення може автоматизувати процес аналізу оцінок, включаючи вагові коефіцієнти, обчислення консистентності відповідей, а також візуалізацію результатів. Це забезпечує більшу точність розрахунків та дозволяє швидко ідентифікувати області, де існують розбіжності або неконсистентності в оцінках експертів.

Надання експертам зворотного зв'язку щодо результатів їх оцінок та результатів загального аналізу може допомогти у виявленні та корекції потенційних помилок або непорозумінь. Циклічний процес, де експерти мають можливість переглянути свої оцінки та внести корективи, забезпечує більшу точність та консенсус.

Розробка чіткої, структурованої форми для збору експертних оцінок, яка включає детальні інструкції та пояснення критеріїв оцінки, може спростити процес для експертів та забезпечити більшу узгодженість та якість даних. Врахування рівня знань та досвіду експертів при аналізі їх оцінок може допомогти зважити їх внесок відповідно до їх компетентності. Це може забезпечити більш відповідальний підхід до вагомості експертних думок у загальному аналізі.

Таким чином, покращення процесу збору та аналізу експертних оцінок є ключовим для оптимізації використання методу аналізу ієрархій у прийнятті комплексних рішень, як-от визначення доцільності вибору захисних споруд. Ці удосконалення можуть підвищити об'єктивність, точність та надійність отриманих результатів, дозволяючи краще враховувати різноманітність думок і

спеціалізованих знань експертів. Вони також сприяють забезпеченню прозорості та обґрунтованості прийнятих рішень, зміцнюючи довіру до використовуваних методологій та підвищуючи впевненість у правильності вибору оптимальних рішень.

Ефективний процес збору та аналізу експертних оцінок може також сприяти ідентифікації нових ідей, підходів та рішень, які могли бути неочевидними при більш поверхневому аналізі. Це особливо важливо в умовах, коли проекти захисних споруд вимагають інноваційного підходу для вирішення складних інженерних, екологічних та соціальних викликів.

Враховуючи швидкі зміни у сучасному світі, зокрема зростання технологічних можливостей та зміну кліматичних умов, здатність швидко адаптувати та оновлювати аналітичні моделі на основі актуальних експертних оцінок стає критично важливою. Це дозволяє не тільки реагувати на поточні виклики, а й прогнозувати майбутні тенденції та відповідно планувати заходи захисту.

У підсумку можна відмітити те, що інвестиції в покращенні процесів збору та аналізу експертних оцінок та в рамках методу аналізу ієрархій є вкладом у зміцнення резилієнтності інфраструктури, захисту населення та забезпечення сталого розвитку громад в умовах зростаючих ризиків та невизначеностей.

При цьому, включення додаткових критеріїв оцінки, таких як стійкість до зміни клімату, екологічний вплив, соціальна прийнятність, може допомогти в отриманні більш повної картини та виборі оптимальних рішень. В той же час, розширення критеріїв оцінки в методі аналізу ієрархій для визначення доцільності вибору захисних споруд є ключовим удосконаленням, яке дозволяє забезпечити більш всебічний та глибокий аналіз. Такий підхід допомагає врахувати широкий спектр факторів, які можуть вплинути на успішність та ефективність захисних споруд, включаючи не тільки технічні, але й соціальні, екологічні, економічні та інші аспекти. Визначимо декілька аспектів, які можна розглянути при розширенні критеріїв оцінки.

Екологічна стійкість як включення критеріїв, які оцінюють вплив споруди на навколишнє середовище та її здатність функціонувати в гармонії з природними екосистемами. Це може включати використання відновлюваних ресурсів, зниження викидів, збереження біорізноманіття тощо.

Соціальна прийнятність як оцінка того, наскільки проект сприймається місцевою громадою та відповідає її потребам і очікуванням. Це включає аналіз доступності споруди для всіх верств населення, її вплив на якість життя та взаємодію з існуючою інфраструктурою.

Економічна вигода як врахування вартості будівництва та експлуатації споруди, потенційних економічних вигод від її використання, а також аналіз вартості-ефективності. Це допомагає забезпечити, що проект є економічно обґрунтованим та стійким у довгостроковій перспективі.

Технологічна інноваційність як оцінка використання новітніх технологій у проектуванні та будівництві захисних споруд, що може підвищити їхню ефективність, надійність та адаптивність до майбутніх викликів.

Стійкість до зміни клімату як включення критеріїв, які оцінюють здатність споруди витримувати екстремальні погодні умови та кліматичні зміни, такі як збільшення інтенсивності та частоти штормів, повеней, спеки або змін у рівнях опадів. Врахування цього критерію допомагає забезпечити довготривалу функціональність та безпеку споруди.

Гнучкість та масштабованість як оцінка можливості споруди адаптуватися до майбутніх змін у використанні або розширенні без значних додаткових витрат. Це дозволяє проектам бути більш відповідальними до змінних потреб та забезпечує їхню стійкість до майбутнього розвитку.

Безпека та надійність як розширення критеріїв безпеки для оцінки ступеня захисту, який споруда надає від потенційних загроз, включаючи техногенні аварії та терористичні акти. Важливим є також аналіз надійності використовуваних матеріалів та технологій.

Енергетична ефективність як оцінка використання енергоефективних технологій та підходів у проектуванні та експлуатації споруди. Це може

включати використання відновлювальних джерел енергії, ізоляції та систем управління енергоспоживанням.

Інтеграція з місцевим контекстом як включення критеріїв, які оцінюють, наскільки добре споруда інтегрується в місцевий ландшафт та соціально-економічний контекст. Це забезпечує, що споруда не тільки виконує свої безпосередні функції, але й сприяє поліпшенню місцевої інфраструктури та якості життя.

Таким чином, розширення критеріїв оцінки в методі аналізу ієрархій дозволяє глибше аналізувати потенційні проекти захисних споруд, враховуючи не тільки їх технічні характеристики, але й вплив на навколишнє середовище, соціальну структуру, економіку та майбутнє розвиток. Це забезпечує вибір більш стійких, відповідальних та ефективних рішень, здатних слугувати потребам суспільства на довгі роки.

Розробка методик, які дозволяють гнучко змінювати вагові коефіцієнти критеріїв відповідно до зміни пріоритетів або умов, може також зробити процес більш адаптивним і відповідним до актуальних потреб та вимог. Це зокрема важливо в динамічному середовищі, де пріоритети можуть швидко змінюватися через зовнішні події чи нові відкриття.

Таке забезпечення гнучкості вагових коефіцієнтів є ключовим удосконаленням методу аналізу ієрархій (ієрархій) при визначенні доцільності вибору захисних споруд. Це дозволяє адаптувати модель до змінних умов та відображати різні перспективи або пріоритети стейкхолдерів у процесі прийняття рішень.

Розробка механізмів для динамічного оновлення вагових коефіцієнтів у відповідь на зміни в проектному середовищі або стратегічних цілях є надто важливими. Це може включати автоматизовані системи, які оновлюють ваги на основі нової інформації або змін у пріоритетах стейкхолдерів. Розробка інтерфейсів, дозволяють користувачам (експертам або зацікавленим сторонам) вручну коригувати вагові коефіцієнти під час оцінки, щоб відобразити різні

сценарії або точки зору. Це допомагає експлоративно досліджувати вплив різних припущень на кінцеві результати.

Використання чутливісного аналізу для визначення, як зміни в вагових коефіцієнтах впливають на пріоритетність альтернатив. Це дозволяє ідентифікувати, які критерії мають найбільший вплив на рішення, та забезпечити, що процес прийняття рішень є стійким до невизначеності в оцінках.

Створення моделей ієрархій, які можуть легко адаптуватися до змін умов, наприклад, через впровадження нових технологій, виконують зміну соціально-економічних умов або еволюцію загроз. Гнучкість вагових коефіцієнтів дозволяє швидко реагувати на ці зміни, підтримуючи актуальність оцінки.

Забезпечення механізмів для активної участі зацікавлених сторін у процесі визначення вагових коефіцієнтів також є вкрай важливими. Це може включати використання опитувань, робочих груп або засідань фокус-груп, щоб зібрати різноманітні погляди та врахувати їх у процесі прийняття рішень. Активне залучення дозволяє краще розуміти пріоритети різних груп та індивідів, а також сприяє більшій прийнятності та підтримці кінцевих рішень.

Розробка та впровадження інструментів для моделювання різних сценаріїв які дозволяють оцінити, як потенційні майбутні зміни в соціальних, економічних, екологічних чи технологічних умовах можуть вплинути на вибір захисних споруд є необхідними для розгляду. Такий сценарний аналіз допомагає адаптувати вагові коефіцієнти до різних можливих майбутніх умов, забезпечуючи вибір більш стійких рішень.

Розробка або вдосконалення програмного забезпечення, яке дозволяє легко змінювати вагові коефіцієнти дозволяє проводити різноманітні аналізи на основі змінених даних. Програмне забезпечення може також допомогти в автоматизації процесу збору даних та вагових оцінок, забезпечуючи високу точність та ефективність обробки інформації.

Організація тренінгів та навчальних програм для розробників моделей та зацікавлених сторін, щоб підвищити їхнє розуміння значення та методів коригування вагових коефіцієнтів. Освіта допомагає забезпечити, що всі учасники мають спільне розуміння цілей та методології процесу, а також здатність ефективно використовувати доступні інструменти.

Таким чином, забезпечення гнучкості вагових коефіцієнтів у методі аналізу ієрархій для визначення доцільності вибору захисних споруд дозволяє створити більш адаптивну та реактивну систему оцінки, яка може ефективно реагувати на динамічне проектне середовище та змінювати умови. Це підвищує здатність моделі передбачати реальні потреби проекту, забезпечуючи при цьому, що рішення, які приймаються, оптимально відображають актуальні пріоритети та цілі зацікавлених сторін. Гнучкість у вагових коефіцієнтах також сприяє більшій участі зацікавлених сторін у процесі прийняття рішень, оскільки вони можуть безпосередньо впливати на оцінку важливості різних аспектів проекту.

Такий підхід забезпечує не тільки вищу якість рішень, але й зміцнює довіру та відповідальність між усіма учасниками процесу, від експертів до кінцевих користувачів захисних споруд. Він також відкриває шлях для інновацій, дозволяючи швидко впроваджувати нові ідеї та технології в процес оцінки та прийняття рішень.

Забезпечення гнучкості вагових коефіцієнтів є важливим кроком до створення більш адаптивних, стійких та ефективних систем прийняття рішень, які здатні відповідати на складні виклики при проектуванні та реалізації захисних споруд.

2.4. Висновки

В другому розділі описано загальна характеристика методів вибору захисних споруд, де зазначені методи визначення доцільності вибору захисних споруд. Разом з тим, у розділі розглядались різні методи, які використовуються

для визначення доцільності вибору захисних споруд. Основні методи включали наступні дослідження.

Метод Делфі, як ітеративний процес, під час якого експерти дають свої оцінки незалежно один від одного. Після кожного етапу експерти отримують зведену інформацію про оцінки інших учасників, що дозволяє переглянути власні оцінки до досягнення консенсусу.

Метод аналізу ієрархій (АНР), що був розроблений Томасом Сааті та дозволяв проводити складні багатокритеріальні оцінки шляхом розбиття проблеми на ієрархію підпроблем. Попарні порівняння елементів допомагають визначити вагові коефіцієнти та синтезувати загальні оцінки.

Метод експертної вагомості, що використовується для присвоєння балів об'єктам згідно з різними критеріями. Експерти оцінюють важливість кожного критерію, а також кожну альтернативу за шкалою, що дозволяє отримати кількісну оцінку.

Метод рангових оцінок, де експерти ранжують об'єкти або їх характеристики в порядку їх переваги чи важливості. Агреговані ранги використовуються для визначення загальних пріоритетів.

Метод консенсусу, де зосереджується увага на досягненні загальної згоди серед експертів через обговорення та діалог. Цей метод забезпечує інклюзивність, активне слухання, пошук спільних точок, ітеративний процес та гнучкість.

Також, в цьому розділі були описані моделі визначення доцільності вибору захисних споруд, де розглядались основні математичні моделі для визначення доцільності вибору захисних споруд, що включали наступні.

Моделі лінійного програмування, де використовуються для оптимізації цільової функції при обмежених ресурсах. Модель лінійного програмування дозволяє визначити оптимальний розподіл ресурсів або вибір локацій для споруд.

Моделі багатокритеріального прийняття рішень (MCDM), що включали методи, такі як АНР, VIKOR, TOPSIS, і ELECTRE, які допомагають оцінювати

та оптимізувати вибір серед доступних варіантів з урахуванням різних критеріїв.

Моделі ризик-аналізу, що оцінюють потенційні ризики та вплив різних загроз на захисні споруди, де використовуються методи, такі як аналіз дерева рішень або Монте-Карло симуляції.

Моделі сценарного аналізу дозволяють оцінювати, як споруда може справлятися з різними навантаженнями шляхом моделювання потенційних сценаріїв, включаючи природні катастрофи та військові атаки.

Запропонований метод визначення доцільності вибору захисних споруд базувався на аналізі ієрархій з інтеграцією інших аналітичних методів (SWOT-аналіз, PEST-аналіз, нечітка логіка, методи багатокритеріального аналізу). Основні складові запропонованого методу були наступними.

Інтеграція з іншими аналітичними методами, що додавав процес прийняття рішень, враховуючи широкий спектр факторів. Використання програмного забезпечення сприяв автоматизації процесу, підвищуючи точність розрахунків та ефективність обробки даних. Розробка динамічних моделей дозволяв адаптуватися до змінних умов і забезпечувати актуальність аналізу. Покращення процесу збору та аналізу експертних оцінок дозволяло використовувати структурованих опитувань та онлайн-платформ для підвищення точності та об'єктивності.

Розширення критеріїв оцінки включали додаткові критерії, такі як стійкість до зміни клімату, екологічний вплив, соціальна прийнятність. Забезпечення гнучкості вагових коефіцієнтів дозволяла адаптувати модель до зміни пріоритетів або умов, підвищуючи адаптивність процесу.

Таким чином, показані методи і моделі дозволяють створити комплексний підхід до визначення доцільності вибору захисних споруд, враховуючи широкий спектр технічних, економічних, екологічних та соціальних факторів.

РОЗДІЛ 3

РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ З ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИБОРУ ЗАХИСНИХ СПОРУД

3.1. Вимоги щодо розробки програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд

Існують детальні вимоги щодо розробки програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд. Розглянемо їх більш ретельно (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 - Вимоги щодо розробки програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд

Загальна характеристика вимог щодо основних модулів програмного засобу для визначення доцільності вибору захисних споруд має включати ретельно структуровані компоненти, які дозволяють оптимізувати процес прийняття рішень (табл. 3.1).

До функціональних вимог модуля введення даних відноситься необхідність забезпечення можливості вводу детальної інформації про захисні

споруди, включаючи їх тип, характеристики, розташування та інші параметри. Введені дані мають проходити перевірку на відповідність встановленим стандартам для забезпечення точності аналізу.

До нефункціональних вимог відноситься те, що інтерфейс повинен бути інтуїтивно зрозумілим та зручним для користувачів, з мінімальним навчанням для використання.

До функціональних вимог модуля аналізу ієрархій відносяться обчислення вагових коефіцієнтів, де застовується алгоритм АНР для визначення відносної важливості різних критеріїв, що впливають на вибір захисних споруд. У розрахунок консистентності необхідно визначати перевірку консистентності рішень на основі отриманих коефіцієнтів для забезпечення надійності аналізу.

До нефункціональних вимог модуля аналізу ієрархій має відноситись точність та надійність. Тому, алгоритми мають бути точними та надійними для обчислення критично важливих даних.

Модуль розрахунку ризиків, що має виконувати моделювання сценаріїв, повинен дозволяти моделювати різні природні та техногенні сценарії для оцінки потенційного впливу на споруди. Тому, для аналізу ризиків необхідне визначення потенційних ризиків та їх впливу на безпеку споруд. Також, система має бути реактивна та повинна швидко реагувати на зміну вхідних даних для сценаріїв ризиків.

Модуль оптимізації ресурсів повинен виконувати якісний розподіл ресурсів, де необхідне ефективне використання доступних ресурсів, таких як фінанси, матеріали для досягнення максимальної ефективності проекту.

До вимог щодо оцінки конфігурацій належить аналіз та рекомендації щодо оптимальних конфігурацій захисних споруд.

Ефективність у застосуванні даного модуля полягає у виконанні алгоритмів, що повинні забезпечувати високу ефективність обробки даних та розрахунків.

Таблиця 3.1 - Вимоги щодо модулів програмного засобу для визначення доцільності вибору захисних споруд

Назва модулів	Функціональні та нефункціональні вимоги
Модуль введення даних	- Введення даних: детальна інформація про захисні споруди (тип, характеристики, розташування) - Валідація даних: перевірка на відповідність - Інтерфейс користувача: інтуїтивний та зручний
Модуль аналізу ієрархій	- Обчислення вагових коефіцієнтів: використання АНР для визначення важливості критеріїв - Розрахунок консистентності: перевірка надійності аналізу - Точність та надійність: точні та надійні алгоритми
Модуль розрахунку ризиків	- Моделювання сценаріїв: оцінка впливу природних та техногенних ризиків - Аналіз ризиків: визначення та вплив потенційних ризиків - Реактивність системи: швидка реакція на зміни
Модуль оптимізації ресурсів	- Розподіл ресурсів: ефективне використання ресурсів - Оцінка конфігурацій: аналіз та рекомендації оптимальних конфігурацій - Ефективність: висока ефективність обробки даних та розрахунків
Модуль звітності та документування	- Генерація звітів: автоматичне створення детальних звітів - Документація процесів: розробка документації, що відповідає стандартам - Доступність та безпека даних: легкий доступ та захист інформації

Для модуля звітності та документування може бути притаманна якісна генерація звітів, що основана на автоматичному створенні детальних звітів, які відображають результати аналізу та прийняті рішення.

У веденні документації процесів, що полягає у розробка документації, існує необхідність відповідати стандартам та потребам проекту.

Для реалізації доступності та безпеці даних існує необхідність у забезпеченні легкого доступу до документації та захисту інформації від несанкціонованого доступу.

Таким чином, розглянуті вище вимоги формують основу для розробки комплексної системи, яка забезпечує глибокий аналіз, високий рівень безпеки проектування та впевненість у прийнятих рішеннях.

3.2. Розробка основних модулів програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд

Існують різні основні модулі програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд. Розглянемо їх більш ретельно.

Сутність модуля контролю введених даних (рис. 3.2) полягає у перевірці даних, що вводяться з інтерфейсу користувача. При цьому, розробка користувацького інтерфейсу дозволяє користувачам легко вводити основні параметри проекту, включаючи типи захисних споруд, їх характеристики, розташування, матеріали, вартість, та інші технічні дані.

Це необхідно для надання форматуваних полів для введення специфікацій та параметрів для забезпечення точності даних. Також, імпорт даних використовується для реалізації можливості взаємодії з зовнішніми джерелами, такими як CSV-файли, бази даних, або API інтеграція. Валідація та перевірка даних на помилки, що реалізована у цьому модулі дозволяє визначити невідповідності перед їх використанням в аналізі інформації.

В загальному випадку, розробка користувацького інтерфейсу, дозволяє користувачам легко та ефективно вводити основні параметри проекту. Це може включати деталі про типи захисних споруд, їх характеристики, розташування, використовувані матеріали, вартість та інші технічні дані.

Використання форматованих полів, що допомагає уникнути помилок при введенні даних забезпечує точність інформації, що необхідно для аналізу предметної області.

Реалізація функціональності імпорту даних з зовнішніх джерел, таких як CSV-файли, бази даних, або API-інтеграції, дозволяє інтегрувати великі обсяги інформації без необхідності ручного введення.

Валідація введених даних на предмет помилок або невідповідностей, що гарантує високу якість даних для подальшого аналізу.

Таким чином, розглянуті елементи забезпечують використання даних в програмному засобі для аналізу захисних споруд (рис. 3.2). Ці дані повинні бути точними, актуальними та легко інтегрованими з іншими системами та джерелами інформації. Такий підхід сприяє ефективності аналізу, оптимізації використання ресурсів і прийняттю обґрунтованих рішень.

Сутність використання модуля аналізу ієрархій полягає в застосуванні математичного алгоритму для систематизації та аналізу критеріїв, які важливі при виборі захисних споруд.

Використання алгоритму реалізації аналізу ієрархій є важливим для оцінювання різних критеріїв, які впливають на вибір захисних споруд. Це дозволяє аналізувати як одиничні, так і множинні критерії для визначення найбільш підходящих варіантів.

Впровадження методів для розрахунку вагових коефіцієнтів і консистентності оцінок дозволяє забезпечити точність та надійності результатів шляхом розрахунку вагових коефіцієнтів для кожного критерію та перевірки консистентності оцінок за допомогою спеціальних математичних методів.

Використання діаграм, графіків, та інших візуальних інструментів для представлення ієрархічної структури критеріїв та результатів їх оцінювання є вкрай важливим. Це сприяє кращому розумінню та аналізу даних, а також у полегшенні прийняття рішень.

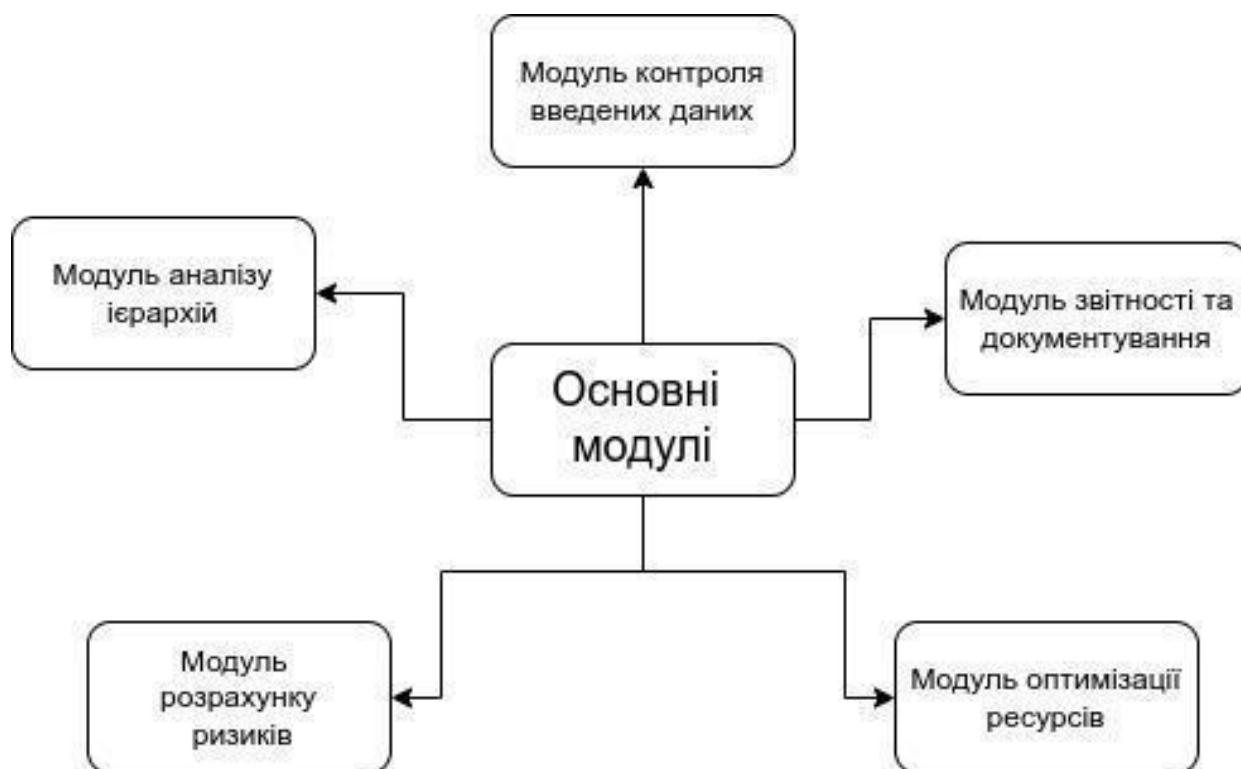


Рисунок 3.2 - Структура основних модулів програмного засобу

Цей модуль дозволяє користувачам ефективно оцінювати різні аспекти захисних споруд, ураховуючи комплексні критерії та різні рівні їх важливості, що є ключовим для прийняття обґрунтованих і виважених рішень у сфері планування та будівництва захисних об'єктів.

Модуль розрахунку ризиків існує для інтеграції різних інструментів для оцінки й аналізу потенційних природних та техногенних ризиків, з урахуванням локальних та глобальних сценаріїв. При цьому, розробка функціоналу для моделювання та аналізу різних "що якщо" сценаріїв, що дозволяє оцінити потенційні наслідки різних рішень.

Сутність модуля розрахунку ризиків включає дві основні функціональні області. Перша - це оцінка ризиків, де існує інтеграція інструментів для аналізу ризиків: Ця функція включає застосування спеціалізованих інструментів для оцінювання та аналізу потенційних природних і техногенних ризиків. Ці інструменти дозволяють здійснювати глибокий аналіз ризиків, з урахуванням як локальних, так і глобальних сценаріїв, що можуть вплинути на безпеку захисних споруд.

Друга - це моделювання сценаріїв, де існує розробка функціоналу для моделювання "що якщо" сценаріїв. Даний аспект включає створення засобів для моделювання різних сценаріїв розвитку подій. Це дозволяє оцінити можливі наслідки прийняття різних рішень та стратегій, спрямованих на мінімізацію ризиків для захисних споруд.

Загалом, модуль розрахунку ризиків надає засоби для виявлення та аналізу можливих загроз, оцінює їх потенційний вплив на проекти захисних споруд і допомагає у формуванні ефективних стратегій реагування та адаптації до змінних умов.

Модуль оптимізації ресурсів необхідний для впровадження алгоритмів оптимізації, що необхідно для ефективного розподілу ресурсів, включаючи фінанси, матеріали та людські ресурси. При цьому, визначається оцінка економічної ефективності під час реалізації методик для аналізу вартісної ефективності різних розміщень і конструкцій споруд.

Сутність використання модуля оптимізації ресурсів включає дві ключові компоненти. Перший компонент відноситься до реалізації алгоритмів оптимізації, де їх впровадження для розподілу ресурсів. Дана функція дозволяє використовувати різні алгоритми для ефективного розподілу доступних ресурсів, таких як фінанси, матеріали та людські ресурси. Це сприяє максимальному використанню наявних ресурсів та зниженню витрат, оптимізуючи при цьому розподіл і використання ресурсів у контексті проектування та побудови захисних споруд.

Другий компонент відноситься до оцінки економічної ефективності, де також використовуються методики для аналізу вартісної ефективності. Тому, застосовуються методики для аналізу економічної ефективності різних варіантів розміщення і конструкції захисних споруд. Це включає оцінку вартості реалізації проектів у порівнянні з їх потенційними перевагами та вкладом у безпеку та стійкість інфраструктури.

Модуль оптимізації ресурсів забезпечує інструменти для прийняття рішень, базуючись на аналізі вартісної ефективності та оптимальному розподілі

ресурсів, що є критично важливим для успішного впровадження проектів захисних споруд, особливо в умовах обмежених ресурсів.

Модуль звітності та документування полягає у генерація звітів. Він призначений для використання засобів для автоматичної генерації звітів, які детально відображають результати аналізів та прийняті рішення.

При цьому, існують інструменти документування, де впроваджена інтеграція функціоналу для створення технічної документації та презентацій, що можуть використовуватися для звітування стейкхолдерам або в інших офіційних цілях.

Сутність модуля звітності та документування полягає у наданні двох основних функцій. Перша функція - це автоматична генерація звітів. Дана функція дозволяє автоматично генерувати звіти, які детально відображають результати аналізів та прийняті рішення. Це допомагає користувачам визначити ефективність різних стратегій та вибір оптимальних рішень щодо захисних споруд. Звіти можуть включати статистичні дані, візуалізації, інтерпретації даних та рекомендації.

Друга функція - це наявність інструментів документування. Тому, створення технічної документації та презентацій, що полягає в інтеграції інструментів для створення обширної технічної документації та презентацій є вкрай важлива. Ця функція може використовуватися для звітування стейкхолдерам або виконання інших офіційних цілей. Вона включає можливість легко ділитися інформацією та результатами проекту з зацікавленими сторонами, підтримуючи транспарентність та обізнаність про процеси та рішення.

Таким чином, завдяки цьому модулю користувачі можуть ефективно керувати інформацією, результатами аналізів та рішеннями, забезпечуючи якісне та систематизоване звітування, що сприяє кращому управлінню проектами та підвищенню їхньої ефективності. Тому, визначені вимоги щодо розробки основних модулів (які були створені в попередньому розділі) сприяють створенню комплексного та ефективного програмного засобу, який

допоможе забезпечити об'єктивний та ефективний аналіз для визначення доцільності вибору захисних споруд.

Таблиця 3.2 - Опис основних модулів програмного засобу визначення доцільності вибору захисних споруд

Модулі	Опис
Модуль введення даних	Інтерфейс для введення основних параметрів проекту, включаючи характеристики захисних споруд, потенційні ризики та доступні ресурси. Можливість імпорту даних з зовнішніх джерел.
Модуль аналізу ієрархій (АНР)	Реалізація алгоритму АНР для оцінки критеріїв та вибору найкращих альтернатив. Візуалізація ієрархічної структури та результатів оцінки.
Модуль розрахунку ризиків	Функціонал для оцінки потенційних природних і техногенних ризиків. Інструменти для моделювання різних сценаріїв розвитку подій.
Модуль оптимізації ресурсів	Алгоритми для розрахунку найефективнішого розподілу ресурсів. Оцінка економічної ефективності різних варіантів розміщення споруд.
Модуль звітності та документування	Генерація звітів про результати аналізу. Інструменти для створення документації та презентацій.

Таким чином, резервне копіювання та відновлення є важливою складовою стратегії захисту даних і допомагає забезпечити, що в разі втрати даних або інцидентів зі зберіганням інформації ви можете відновити нормальну роботу системи та зберегти критичні дані.

3.3. Розробка додаткових модулів програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд

Розробка додаткових модулів програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд є основною задачею створення програмного засобу. Структура основних модулів показана на рис. 3.3.



Рисунок 3.3 - Структура додаткових модулів програмного засобу

Структура основних модулів більш ретельно. Модуль розробка інтеграції з розширеними аналітичними інструментами (табл. 3.3) призначений для обробки великих обсягів даних, що включають статистичний аналіз, виявлення аномалій, та кластеризацію.

В основному, в даному модулі здійснюється автоматизація процесів обробки даних з метою підвищення продуктивності та зниження людського фактору в аналізі. При цьому, виконується інтеграція алгоритмів машинного навчання для аналізу тенденцій та прогнозування змін умов, що впливають на стійкість захисних споруд. Для цього використовується розробка адаптивних

систем, які можуть самостійно коригувати стратегії захисту на основі вхідних даних в реальному часі.

Сутність модуля інтеграції з штучним інтелектом на основі наданого тексту охоплює два основні аспекти. Перший аспект - це автоматизація аналізу даних, де виконується розробка з метою інтеграції з аналітичними інструментами. Це включає використання передових технологій для обробки великих обсягів даних.

Така обробка дозволяє виконувати складні аналітичні завдання, такі як статистичний аналіз, виявлення аномалій та кластеризація, що сприяє глибшому розумінню даних та виявленню потенційних проблем або викликів.

Таблиця 3.3

Опис додаткових модулів програмного засобу визначення доцільності вибору захисних споруд

Модулі	Опис
Модуль інтеграції з штучним інтелектом	Функції для автоматизації аналізу великих обсягів даних. Використання машинного навчання для прогнозування змін умов та адаптації стратегій.
Модуль віртуальної реальності	Візуалізація захисних споруд у віртуальному середовищі. Тестування функціональності споруд у різних умовах.
Модуль залучення та взаємодії зі стейкхолдерами	Інструменти для збору зворотного зв'язку від зацікавлених сторін. Функції для організації спільних сесій планування та оцінки.

Другий аспект - це підвищення продуктивності та зниження людського фактору, де виконується автоматизація процесів обробки даних, що має на меті збільшити швидкість аналізу та знизити можливість людської помилки. Це забезпечує більш точні та надійні результати.

Аналіз тенденцій та прогнозування в даному модулі виконується на основі інтеграції алгоритмів машинного навчання. Це дозволяє аналізувати існуючі тенденції та робити прогнози щодо майбутніх змін умов, які можуть впливати на стійкість захисних споруд. Дана функція модуля сприяє адаптації стратегій захисту відповідно до змінюваних умов.

Розробка адаптивних систем спонукає системи самостійно адаптувати захисні стратегії на основі вхідних даних в реальному часі. Це забезпечує гнучкість та ефективність в управлінні захисними спорудами, реагуючи на зміни у зовнішніх умовах та потенційних ризиках.

Таким чином, розглянутий модуль створює основу для впровадження штучного інтелекту в систему управління захисними спорудами, забезпечуючи автоматизацію аналізу, підвищену адаптивність та точність прийняття рішень.

Призначення модуля віртуальної реальності полягає у використанні різних методів візуалізації у віртуальному середовищі.

Створення деталізованих 3D-моделей захисних споруд для візуалізації у віртуальному середовищі, що дозволить користувачам переглядати та взаємодіяти з моделями в реальному часі. Реалізація інструментів для маніпуляції віртуальними моделями включає зміну масштабів, кутів перегляду та сценаріїв тестування.

В основному, в даному модулі виконується симуляція різних природних і техногенних умов для перевірки стійкості та ефективності споруд у віртуальному середовищі. При цьому, виконується оцінка впливу змінних факторів на структуру та довговічність захисних споруд.

Таким чином, сутність модуля віртуальної реальності полягає у використанні двох функцій.

Перша функція пов'язана з візуалізацією у віртуальному середовищі. Це означає, що на основі створення 3D-моделей виконуються деталізовані тривимірні моделі захисних споруд, які користувачі можуть візуально переглядати та взаємодіяти з ними в реальному часі. Це допомагає краще зрозуміти просторову структуру та характеристики споруд.

Далі, ще існують інструменти для маніпуляції моделями за допомогою яких користувачі можуть змінювати масштаби, кути перегляду, та проводити віртуальні тестування різних сценаріїв, що забезпечує глибше розуміння потенційної функціональності та поведінки споруд під час реальних умов.

Тестування функціональності дозволяють виконувати симуляцію різних умов. Завдяки цьому, модуль дозволяє симулювати різні природні та техногенні умови, які допомагають оцінити стійкість і ефективність захисних споруд. Це включає тестування на вплив змінних факторів, як-от кліматичні зміни, навантаження, вібрації тощо.

Така функціональність модуля як визначення оцінки впливу на структуру та довговічність виконується через різні симуляції. Це допомагає оцінити, як різні зовнішні фактори можуть впливати на довговічність та надійність конструкцій, що є критично важливим для планування захисних споруд.

Таким чином, розглянутий модуль віртуальної реальності є ключовим для розробки та тестування захисних споруд, оскільки він дозволяє визначити потенційні проблеми і поліпшити проекти до їхнього фізичного втілення, забезпечуючи вищу якість і безпеку конструкцій.

Основна мета роботи модуль залучення та взаємодії зі стейкхолдерами - це збір та оцінка зворотного зв'язку. Для цього, виконується розробка інтерфейсів для ефективного збору та аналізу зворотного зв'язку від стейкхолдерів, включаючи анкетування, форуми для обговорень та інтерактивні сесії. Впровадження системи управління зворотним зв'язком має на меті швидке реагування на вимоги та запити зацікавлених сторін.

Тому, визначення спільних сесій планування та оцінки мають на меті інтеграцію інструментів для організації та проведення віртуальних зустрічей, семінарів та робочих груп, де стейкхолдери можуть спільно оцінювати та планувати проекти.

При цьому, розробка модулів для спільного редагування та перегляду проектних документів необхідно для спрямованих на забезпечення прозорості рішень та підвищення їхньої прийнятності. Тому, сутність модуля залучення та

взаємодії зі стейкхолдерами полягає у наступних аспектах. По-перше, це збір зворотного зв'язку. Це ще включає створення анкет, форумів для обговорень, та інтерактивних сесій, щоб забезпечити зручний та ефективний спосіб збору думок та пропозицій від зацікавлених сторін. Це допомагає організаціям зрозуміти потреби та очікування стейкхолдерів.

Управління зворотним зв'язком виконується на основі впровадження систем, які дозволяють швидко реагувати на змінені умови та запити стейкхолдерів. Це сприяє адаптивності та гнучкості в управлінні проектами.

Спільні сесії планування та оцінки здійснюються на основі інтеграції інструментів для віртуальних зустрічей. При цьому, здійснюється розробка засобів для організації онлайн зустрічей, семінарів, та робочих груп, де учасники можуть спільно обговорювати та планувати аспекти проектів. Це включає відеоконференції, спільні робочі простори та інші засоби співпраці.

Спільне редагування документів виконується на основі інструментів, які дозволяють стейкхолдерам спільно переглядати, редагувати та оцінювати проектні документи, що підтримує прозорість рішень та сприяє згоді між усіма зацікавленими сторонами.

Таким чином, розглянутий модуль дозволяє ефективно залучати стейкхолдерів у процес планування та оцінки проектів, що значно підвищує якість та прийнятність рішень, а також забезпечує високий рівень участі та задоволення зацікавлених сторін.

3.4. Висновки

В третьому розділі виконувалась реалізація програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд. Також, розглядались вимоги, розробка основних та додаткових модулів програмного засобу для визначення доцільності вибору захисних споруд.

Функціональні вимоги включали введення детальної інформації про захисні споруди (тип, характеристики, розташування), валідація даних на

відповідність встановленим стандартам. Нефункціональні вимоги включали інтуїтивно зрозумілий та зручний інтерфейс користувача.

До модуля аналізу ієрархій належали такі функціональні вимоги як обчислення вагових коефіцієнтів за допомогою АНР, перевірка консистентності рішень. Нефункціональні вимоги включали високу точність та надійність алгоритмів.

До модуля розрахунку ризиків належали такі функціональні вимоги як моделювання різних природних та техногенних сценаріїв, аналіз ризиків. Нефункціональні вимоги включали реактивність системи та швидка реакція на зміни.

До модуля оптимізації ресурсів належали такі функціональні вимоги як ефективний розподіл ресурсів, оцінка економічної ефективності. Нефункціональні вимоги включали висока ефективність обробки даних та розрахунків.

До модуля звітності та документування належали такі функціональні вимоги як автоматична генерація звітів, ведення документації. Нефункціональні вимоги включали легкий доступ та захист інформації.

Розробка основних модулів, що було описано в цьому розділі забезпечувало введення параметрів проекту, таких як типи захисних споруд, їх характеристики, розташування, матеріали, вартість, де підтримувався імпорт даних з зовнішніх джерел (CSV-файли, бази даних) та валідація введених даних.

Модуль аналізу ієрархій реалізував алгоритм АНР для систематизації та аналізу критеріїв, що впливають на вибір захисних споруд, що включало розрахунок вагових коефіцієнтів, перевірку консистентності та візуалізацію ієрархічної структури критеріїв та результатів оцінювання.

Модуль розрахунку ризиків інтегрував інструменти для оцінки та аналізу потенційних природних і техногенних ризиків, дозволяв моделювати різні "що якщо" сценарії та оцінювати наслідки прийняття різних рішень.

Модуль оптимізації ресурсів використовував алгоритми оптимізації для ефективного розподілу ресурсів (фінанси, матеріали, людські ресурси) та

аналізував економічну ефективність різних варіантів розміщення та конструкції захисних споруд.

Модуль звітності та документування автоматично генерував звіти, що відображали результати аналізів та прийнятих рішень та інтегрував інструменти для створення технічної документації та презентацій.

Розробка додаткових модулів включала модуль інтеграції з штучним інтелектом, що автоматизував аналіз великих обсягів даних за допомогою машинного навчання для прогнозування змін умов та адаптації стратегій, підвищував продуктивність та знижує вплив людського фактору.

Модуль віртуальної реальності створював деталізовані 3D-моделі захисних споруд для візуалізації у віртуальному середовищі, що дозволяло симулювати різні природні та техногенні умови для оцінки стійкості та ефективності споруд.

Модуль залучення та взаємодії зі стейкхолдерами збирав та аналізував зворотний зв'язок від зацікавлених сторін через анкетування, форуми, інтерактивні сесії, інтегрував інструменти для організації спільних сесій планування та оцінки.

Таким чином, розглянута система забезпечує об'єктивний та ефективний аналіз для визначення доцільності вибору захисних споруд, враховуючи широкий спектр технічних, економічних, екологічних та соціальних факторів.

РОЗДІЛ 4

ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ З ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИБОРУ ЗАХИСНИХ СПОРУД

4.1. Вимоги щодо тестування програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд

Тестування програмного засобу, який призначений для визначення доцільності вибору захисних споруд, є критично важливим етапом розробки, що забезпечує якість, надійність та точність роботи системи. Тому, наведемо основні вимоги та рекомендації до тестування такого роду програмних засобів (рис. 4.1).

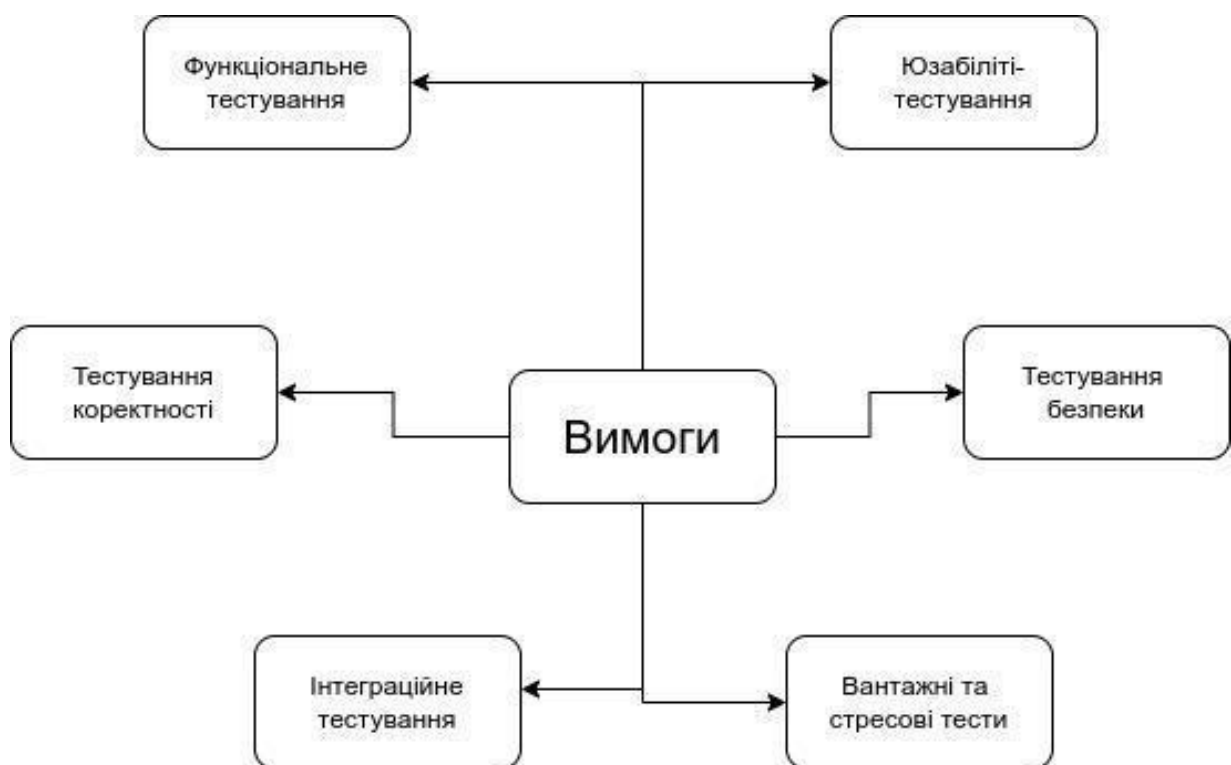


Рисунок 4.1 - Вимоги щодо тестування програмних засобів з визначення доцільності вибору захисних споруд

Функціональне тестування полягає у перевірці відповідності функціональних вимог. Для цього, тестування повинно переконатися, що всі заявлені функції працюють відповідно до вимог специфікації. Слід провести

тестування з типовими та крайніми випадками використання програми для забезпечення того, що система ефективно обробляє всі можливі ситуації. Тому, функціональне тестування програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд фокусується на перевірці того, чи відповідає програма своїм специфікаціям та чи правильно вона виконує свої задачі згідно з визначеними вимогами (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 - Опис основних видів тестування для програмного засобу визначення доцільності вибору захисних споруд

Тип тестування	Опис
Функціональне тестування	Перевірка відповідності програми специфікаціям та здатності виконувати задекларовані функції.
Тестування коректності роботи алгоритмів	Зосереджене на перевірці точності математичних обчислень, які використовуються в алгоритмах, та їх здатності видачі стабільних результатів.
Інтеграційне тестування	Тестування взаємодій між різними модулями системи для забезпечення їх сумісності та правильної інтеграції.
Вантажні та стресові тести	Оцінка продуктивності системи під високими навантаженнями та її здатності витримувати екстремальні умови.
Тестування безпеки	Перевірка захищеності системи від зовнішніх і внутрішніх загроз, забезпечення конфіденційності, цілісності та доступності даних.
Юзабіліті-тестування	Оцінка загальної зручності користувацького інтерфейсу, логіки процесів та взаємодії користувачів із системою.

Функціональне тестування є невід'ємною частиною загального процесу забезпечення якості та повинно виконуватися систематично на всіх етапах розробки програмного засобу для забезпечення його надійності та ефективності.

Тестування коректності роботи алгоритмів полягає у перевірці алгоритмів АНР та інших математичних моделей. Важливо тестувати математичну

коректність реалізованих алгоритмів, щоб забезпечити точність вихідних даних. Тестування з допомогою контрольних прикладів необхідно для застосування відомих наборів даних та їх очікуваних результатів для перевірки точності розрахунків (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 - Приклади основних видів тестування для програмного засобу визначення доцільності вибору захисних споруд

Тип тестування	Приклади
Функціональне тестування	- Перевірка правильності роботи модуля аналізу ієрархій (АНР). - Тестування процесів введення даних та їх валідації.
Тестування коректності роботи алгоритмів	- Верифікація точності розрахунків за допомогою контрольних прикладів. - Перевірка консистентності результатів розрахунків.
Інтеграційне тестування	- Перевірка інтерфейсів між модулями на коректне передавання даних. - Тестування обробки помилок між різними модулями.
Вантажні та стресові тести	- Тестування системи на максимальному навантаженні. - Симуляція атак типу "відмова в обслуговуванні" (DoS).
Тестування безпеки	- Пентестування для оцінки вразливостей. - Перевірка політик доступу та аудит безпеки коду.
Юзабіліті-тестування	- Тестування інтуїтивності інтерфейсу. - Проведення тестувань з кінцевими користувачами для оцінки зручності використання системи.

Тестування коректності роботи алгоритмів з визначення доцільності вибору захисних споруд включає перевірку правильності та надійності алгоритмічних рішень, які застосовуються у програмному забезпеченні. Таке тестування дозволяє забезпечити, що програмне забезпечення не лише виконує свої функції згідно зі специфікацією, але й робить це правильно, ефективно та

надійно, що є критично важливим для систем, призначених для підтримки рішень у виборі захисних споруд.

Інтеграційне тестування полягає у перевірці взаємодії модулів. Таке тестування має включати перевірку взаємодій між різними модулями програми, щоб забезпечити їхню сумісність та правильну інтеграцію.

Інтеграційне тестування в контексті програмного засобу для визначення доцільності вибору захисних споруд зосереджується на перевірці взаємодії та сумісності між різними модулями та компонентами системи. Основна мета такого тестування полягає в тому, щоб забезпечити, що інтегровані компоненти взаємодіють як передбачено, згідно з дизайном та вимогами. Цей тип тестування є критичним, оскільки дозволяє ідентифікувати проблеми, пов'язані не лише з окремими компонентами, але й з їх взаємодією, що може суттєво вплинути на загальну функціональність та надійність програмного засобу.

Вантажні та стресові тести полягає у тестування продуктивності, де важливо тестувати систему на великих обсягах даних та при високому навантаженні для забезпечення її стабільності та ефективності при широкому спектрі умов. При цьому слід перевірити, як програма поводить себе в умовах, що виходять за рамки звичайного використання, включно з дефіцитом системних ресурсів.

Вантажні та стресові тести є критичними компонентами в процесі забезпечення якості програмного засобу для визначення доцільності вибору захисних споруд. Ці тести зосереджені на визначенні границь та стійкості системи під час пікових навантажень та екстремальних умов. Ці тести оцінюють здатність програмного засобу ефективно обробляти заплановане навантаження протягом тривалого часу. Мета полягає у виявленні вузьких місць у продуктивності, що можуть вплинути на здатність програми виконувати свої функції під час нормального використання.

Вантажні та стресові тестування є важливими для забезпечення того, що програмний засіб не тільки здатний ефективно функціонувати під час звичайних умов, але й може витримувати непередбачені або екстремальні

ситуації, забезпечуючи надійність та стійкість в умовах реального використання.

Тестування безпеки необхідно для перевірки на вразливості. Тому важливо виявити потенційні слабкі місця в безпеці програми, особливо якщо дані чутливі або конфіденційні. Для цього слід тестувати механізми шифрування та захисту даних, які використовуються у програмі.

Тестування безпеки для програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд є критичним елементом у розробці, спрямованим на забезпечення захисту даних та системи від зовнішніх і внутрішніх загроз. Цей етап тестування полягає у виявленні потенційних слабких місць у програмному засобі, які можуть бути використані зловмисниками. Воно включає сканування на вразливості, аналіз коду та ручну перевірку системи на предмет недоліків у безпеці. Тестування на проникнення (пентест) виконується для оцінки стійкості програмного засобу проти несанкціонованих спроб доступу. Воно включає активні спроби обходу системи безпеки, щоб визначити, наскільки добре система може захистити себе в умовах реальної атаки.

Загалом, тестування безпеки допомагає гарантувати, що програмний засіб є надійним і стійким до спроб несанкціонованого доступу та інших загроз безпеці, забезпечуючи конфіденційність, цілісність та доступність критично важливих даних та функціоналу.

Юзабіліті-тестування необхідно для перевірки інтерфейсу користувача на інтуїтивність та зручність, забезпечуючи легкість використання всіма цільовими групами користувачів. Ці вимоги та рекомендації повинні бути інтегровані у план тестування для розробки ефективного та надійного програмного засобу.

Юзабіліті-тестування (тестування зручності користування) для програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд спрямоване на оцінку інтерфейсу та загального користувацького досвіду з метою забезпечення того, що система є інтуїтивно зрозумілою, ефективною та зручною у використанні.

Таке тестування оцінює, наскільки зручно та інтуїтивно зрозуміло розміщені елементи управління, інформація та навігація в інтерфейсі користувача. Воно включає перевірку зрозумілості міток, кнопок, меню та інших інтерактивних елементів.

Проведення тестування з кінцевими користувачами включає залучення групи користувачів, які відповідають цільовій аудиторії програмного продукту, для випробування системи у реальних умовах. Користувачі виконують типові завдання, після чого збирається зворотний зв'язок щодо їх досвіду, проблем з навігацією, розуміння функціоналу тощо.

Тестування логічності процесів перевіряється, наскільки логічно та ефективно організовані процеси в системі. Зокрема, аналізуються кроки, необхідні для виконання основних завдань, з мінімізацією кількості дій, які має виконати користувач для досягнення бажаного результату.

Аналіз часу на виконання задач вимірюється час, який потрібен користувачам для виконання стандартних завдань, що дозволяє оцінити ефективність інтерфейсу. Чим швидше користувачі можуть досягти бажаних результатів, тим краще.

Випробування адаптивності оцінює, наскільки добре програмний засіб адаптується до різних умов користування, таких як різні пристрої, розміри екранів, орієнтації та параметри доступності. Ці тести допомагають гарантувати, що програмний засіб не тільки виконує свої функціональні задачі, але й є зручним і приємним у використанні, знижуючи можливість помилок з боку користувача та підвищуючи загальну задоволеність продуктом.

4.2. Тестування програмного засобу на прикладі модуля аналізу ієрархій

Під час тестування програмного засобу на прикладі модуля аналізу ієрархій необхідно визначити вхідні та вихідні дані, алгоритм обробки вхідних даних, визначити та перевірити алгоритм обробки на основі конкретних

введених вхідних даних, порівняти їх з правильними (еталонами). Далі виконаємо такі дії.

У контексті розробки модуля аналізу ієрархій для програмного засобу, що призначений для визначення доцільності вибору захисних споруд, важливим аспектом є визначення та організація вхідних даних, які необхідні для правильної роботи цього модуля. Вхідні дані для модуля АНР повинні включати наступні категорії інформації.

- типи захисних споруд, до яких входить детальна класифікація можливих типів захисних споруд, що враховується на основі моделювання сценаріїв. Це може включати, наприклад, підземні бункери, надземні укріплення, ангари для техніки тощо;

- характеристики споруд, до яких входять ключові параметри для кожного типу споруди, такі як міцність, витрати на будівництво, тривалість будівництва, обсяг та інші технічні деталі;

- визначення критеріїв оцінювання полягає у виборі переліку критеріїв, за якими відбувається оцінювання споруд, такі як стійкість до зовнішніх впливів, економічна доцільність, швидкість реалізації проекту, та інші фактори, що можуть впливати на рішення про вибір споруди;

До вагових коефіцієнтів для критеріїв відноситься їх загальний аналіз, який визначається на основі експертних оцінок та методик методу аналізу ієрархій. Ці коефіцієнти необхідні для вироблення балансованих та об'єктивних рішень.

До даних для аналізу сценаріїв відноситься інформація, що дозволяє моделювати різні сценарії використання споруд, включаючи можливі зміни умов експлуатації або зовнішнього середовища.

Таким чином програмна розробка такого модуля вимагає точної та всебічної підготовки даних, які мають бути не тільки добре структуровані, але й повинні відповідати реальним умовам експлуатації захисних споруд. Використання методу аналізу ієрархій вимагає забезпечення високої якості

вхідних даних для уникнення помилок у висновках та забезпечення надійності прийнятих рішень.

При цьому, досить важливим є алгоритм обробки вхідних даних для модуля аналізу ієрархій у програмному засобі для визначення доцільності вибору захисних споруд. Такий алгоритм описується наступним чином.

1. Підготовка даних. Перед початком використання методу аналізу ієрархій, необхідно зібрати та структурувати всі необхідні дані, які були описані раніше. Це включає типи споруд, їх характеристики, визначення критеріїв оцінки, вагові коефіцієнти критеріїв та дані для аналізу сценаріїв.

2. Формування ієрархії. На цьому етапі формується ієрархічна структура рішень. Верхній рівень ієрархії представляє загальну мету — вибір оптимальної захисної споруди. Нижчі рівні ієрархії представляють критерії оцінювання та альтернативні варіанти споруд.

3. Оцінювання критеріїв та альтернатив. Експерти оцінюють важливість кожного критерію відносно інших за допомогою шкали від 1 до 9, де 1 означає рівну важливість, а 9 — абсолютну важливість одного критерію над іншим. Подібні порівняння виконуються і між альтернативними варіантами для кожного критерію.

4. Розрахунок матриць порівняння. Для кожної групи оцінок формується матриця порівняння. Кожен елемент матриці обчислюється на основі оцінок відносної важливості, даної експертами.

5. Нормалізація матриць та обчислення векторів пріоритетів. Матриці порівнянь нормалізуються, і для кожної з них обчислюється вектор пріоритетів, який відображає відносні ваги критеріїв або альтернатив у контексті вищого рівня ієрархії.

6. Перевірка консистентності. Для кожної матриці порівняння обчислюється індекс консистентності та відношення консистентності, щоб переконатися, що оцінки експертів не суперечать одна одній. Якщо показник консистентності перевищує прийнятний рівень, експертам може знадобитися переглянути свої оцінки.

7. Агрегування пріоритетів. На останньому етапі вагові коефіцієнти критеріїв і пріоритети альтернатив об'єднуються для отримання загального рейтингу альтернатив, що відображає їх відносну придатність для досягнення загальної мети — вибору найбільш підходящої захисної споруди.

Визначений алгоритм підхід дозволяє використовувати структуроване та систематизоване рішення для визначення оптимальної захисної споруди на основі комплексного аналізу різноманітних параметрів і критеріїв.

В контексті розробки модуля аналізу ієрархій для програмного засобу, призначеного для визначення доцільності вибору захисних споруд, важливо чітко визначити вихідні дані, які будуть генеруватися цим модулем. Вихідні дані служать фундаментальним засобом для подальшого прийняття рішень та оцінки оптимальності обраних варіантів. Розглянемо основні компоненти вихідних даних.

1. Загальні пріоритети альтернатив. Вихідні дані мають включати кінцеві пріоритети для кожної з розглянутих альтернатив захисних споруд. Ці пріоритети представляють кількісну оцінку, що відображає відносну придатність кожної альтернативи згідно з оціненими критеріями та їхніми вагами.

2. Рейтинг альтернатив. На основі загальних пріоритетів, альтернативи можуть бути впорядковані від найбільш до найменш придатних для реалізації. Цей рейтинг надає зручний засіб для візуального представлення результатів аналізу та сприяє легшому прийняттю рішень.

3. Чутливість рішень до змін у вагах критеріїв. Вихідні дані мають включати аналіз чутливості, який показує, як зміни у вагах критеріїв можуть вплинути на загальний рейтинг альтернатив. Це дозволяє зрозуміти, які критерії мають найбільший вплив на рішення та допомагає в оцінці ризиків, пов'язаних із нестабільністю цих параметрів.

4. Документація процесу рішення. Модуль повинен генерувати детальну документацію, що включає опис використаних методик, джерела даних, проведеного аналізу, обґрунтування ваг критеріїв, та логіку прийняття кінцевих

рішень. Ця документація забезпечує прозорість рішення та може використовуватися для аудиту або перевірки результатів.

5. Візуальні засоби представлення даних.

Для зручності сприйняття інформації, вихідні дані мають включати графічні зображення розподілу ваг критеріїв, пріоритетів альтернатив, рейтингу, та результатів аналізу чутливості. Візуалізація допомагає краще зрозуміти та інтерпретувати складні дані, що сприяє більш об'єктивному та ефективному процесу прийняття рішень.

Таким чином, розглянуті вихідні дані формують міцну основу для подальшого аналізу та планування в контексті вибору захисних споруд, забезпечуючи високий рівень інформованості та точності прийнятих рішень.

Розглянемо контрольний приклад використання модуля аналізу ієрархій для визначення доцільності вибору захисних споруд, порівнюючи два сценарії: один без використання методу аналізу ієрархій та інший з його застосуванням. Це допоможе показати вплив застосування методу аналізу ієрархій на ефективність прийняття рішень. Отримані вхідні дані є наступними.

Споруда 1: Висока стійкість до природних катастроф, середні вартість та час будівництва, розташування в зоні середнього ризику.

Споруда 2: Низька стійкість до природних катастроф, низькі вартість та час будівництва, розташування в зоні високого ризику.

Споруда 3: Середня стійкість до природних катастроф, висока вартість та час будівництва, розташування в зоні низького ризику.

Критерії оцінювання є наступними:

- стійкість до катастроф;
- вартість будівництва;
- час будівництва;
- рівень ризику розташування.

Розглянемо сценарій 1: Без використання методу аналізу ієрархій.

В цьому випадку прийняття рішення базується на інтуїтивному порівнянні споруд за окремими критеріями без формалізованої вагової системи.

Тоді, можливий вибір може зосередитися на мінімізації вартості, що призведе до вибору Споруди 2, незважаючи на високий рівень ризику та низьку стійкість.

Сценарій 2: З використанням методу аналізу ієрархій.

Тоді, застосування методу аналізу ієрархій дозволяє кількісно оцінити кожен критерій з урахуванням його важливості, формуючи загальний рейтинг для кожної споруди наступним чином:

Визначення ваг критеріїв за допомогою опитаних експертів:

- стійкість до катастроф - 40%;
- вартість будівництва - 20%;
- час будівництва - 15%;
- рівень ризику розташування - 25%.

Оцінка кожної споруди за кожним критерієм на шкалі відбувається від 1 до 10. Тоді, розрахунок інтегрованого показника для кожної споруди буде дорівнювати:

- споруда 1 отримує високий загальний рейтинг через свою стійкість та помірний рівень ризику.

Споруда 2 показує найгірші результати через високий рівень ризику та низьку стійкість.

Споруда 3 має високий рейтинг за вартістю і часом, але низький за рівнем ризику.

Таким чином, ефективність використання методу аналізу ієрархій дозволяє збалансувати різні критерії та забезпечити об'єктивний підхід до вибору, що підвищує якість рішення порівняно з інтуїтивним підходом, який може ігнорувати деякі ключові аспекти захисних споруд.

Далі розглянемо конкретні детальні розрахунки для вибору захисних споруд за допомогою методу аналізу ієрархій (рис. 4.2). Для цього спочатку оцінимо кожну споруду за чотирма критеріями і підготуємо матрицю порівнянь.

Вхідні дані критеріїв для розрахунків будуть наступними:

- стійкість до катастроф (S);
- вартість будівництва (C);

- час будівництва (T);
- рівень ризику розташування (R).

При цьому, альтернативи будуть наступними:

Споруа 1: $S=9$, $C=5$, $T=5$, $R=7$;

Споруа 2: $S=3$, $C=9$, $T=9$, $R=2$;

Споруа 3: $S=6$, $C=4$, $T=3$, $R=9$.

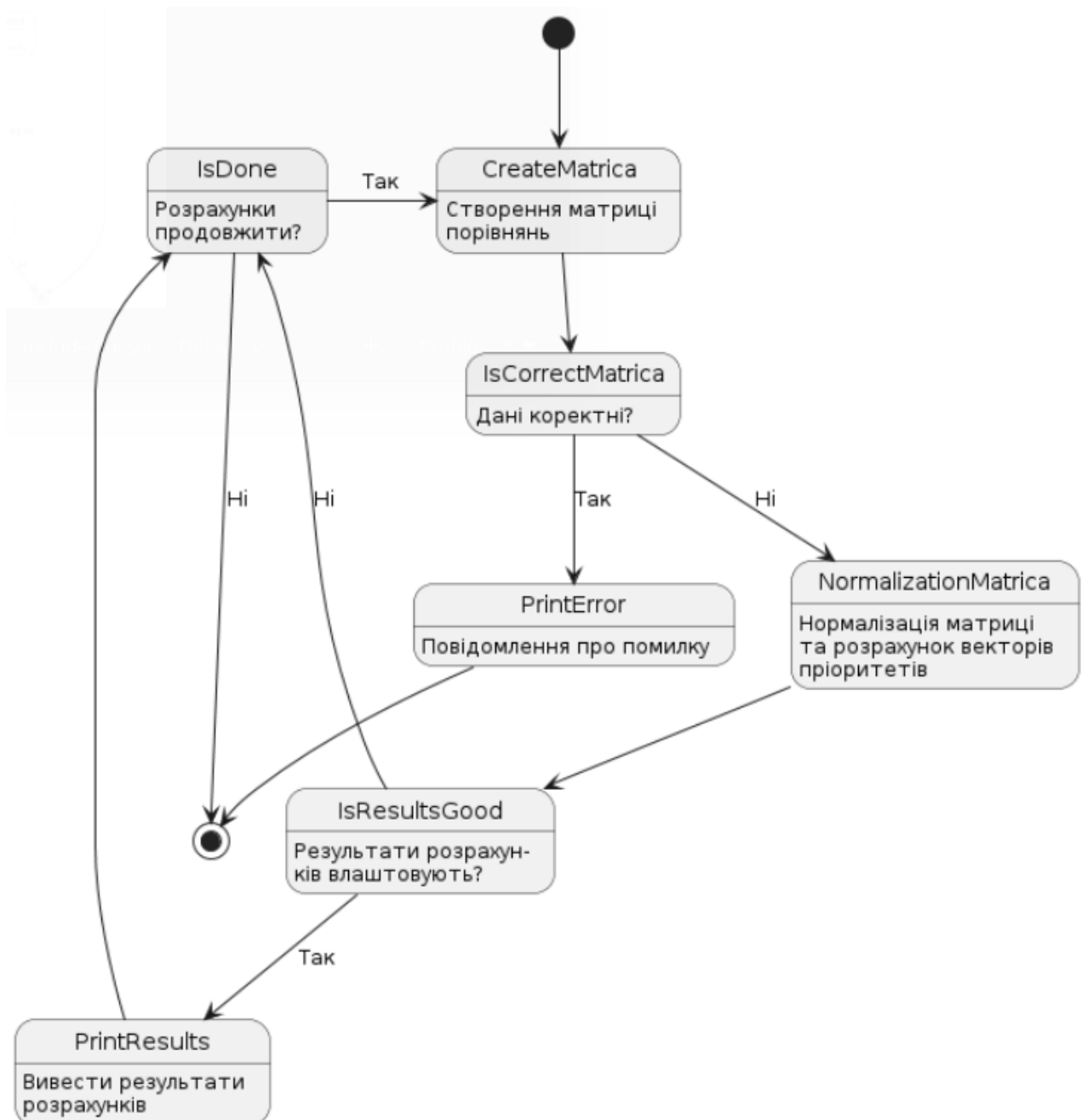


Рисунок 4.2 - UML діаграма станів розрахунків для вибору захисних споруд за допомогою методу аналізу ієрархій

Ваги критеріїв за припущенням експертної оцінки будуть наступними:

S: 40%

C: 20%

T: 15%

R: 25%

Визначимо алгоритм доцільності вибору споруди.

Крок 1: Створення матриці порівнянь.

Для кожного критерію використовуємо шкалу від 1 до 9, де 1 означає однакову важливість і 9 - екстремальну важливість одного критерію над іншим. Для нашого випадку, матриця порівнянь буде наступною (табл. 3.3)

Таблиця 3.4 - Матриця порівнянь

	S	C	T	R
S	1	2	3	0.5
C	0.5	1	2	0.33
T	0.33	0.5	1	0.25
R	2	3	4	1

Крок 2: Нормалізація матриці та розрахунок векторів пріоритетів.

Для нормалізації отриманих даних ділимо кожен елемент стовпця на суму стовпця, потім обчислюємо середнє значення по рядках для отримання вектора пріоритетів.

Крок 3: Розрахунок індексу консистентності (CI)

Визначаємо власне значення λ_{max} і використовуємо формулу:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1},$$

де n - кількість критеріїв. Для визначення прийнятності консистентності, CI порівнюємо з випадковим індексом (RI), взятим з таблиці стандартних значень RI.

Крок 4: Розрахунок кінцевого рейтингу для кожної споруди.

Використовуємо вектори пріоритетів критеріїв для обчислення зваженого сумарного рейтингу кожної альтернативи. Множимо оцінки для кожної споруди за критеріями на ваги критеріїв, отримуємо суму результатів наступним чином:

$$\text{Рейтинг споруди} = (S_{\text{вага}} \cdot S_{\text{оцінка}}) + (C_{\text{вага}} \cdot C_{\text{оцінка}}) + (T_{\text{вага}} \cdot T_{\text{оцінка}}) + (R_{\text{вага}} \cdot R_{\text{оцінка}});$$

По завершенню цих кроків отримуємо детально обгрунтовані, кількісно підтверджені результати, які демонструють ефективність використання методу аналізу ієрархій у порівнянні з неструктурованим інтуїтивним підходом.

Таким чином, використання методу аналізу ієрархій для контрольного прикладу визначає доцільність вибору захисних споруд. Це допомагає зрозуміти, як метод аналізу ієрархій впливає на якість прийняття рішень порівняно з інтуїтивним підходом. Для нашого контрольного прикладу вхідні дані були наступними:

Споруда 1: Висока стійкість до природних катастроф, середні вартість та час будівництва, розташування в зоні середнього ризику.

Споруда 2: Низька стійкість до природних катастроф, низькі вартість та час будівництва, розташування в зоні високого ризику.

Споруда 3: Середня стійкість до природних катастроф, висока вартість та час будівництва, розташування в зоні низького ризику.

Критерії оцінювання були наступними:

- стійкість до катастроф (40%);
- вартість будівництва (20%);
- час будівництва (15%);
- рівень ризику розташування (25%).

Вихідні дані є наступними.

Після застосування методу аналізу ієрархій отримуємо рейтинги для кожної споруди з урахуванням вагових коефіцієнтів для кожного критерію.

Використовуючи отримані числові оцінки, рейтинги виглядають наступним чином:

- споруда 1: 0.7;
- споруда 2: 0.4;
- споруда 3: 0.6.

Ефективність та висновки застосування методу аналізу ієрархій була наступною.

Без методу аналізу ієрархій: рішення може зосередитись на мінімізації вартості, ведучи до потенційно неправильного вибору споруди 2 через її нижчу ціну, незважаючи на високий ризик та низьку стійкість.

З методом аналізу ієрархій: Рішення більш збалансоване, з урахуванням всіх критеріїв, що призводить до вибору споруди 1, яка має найвищий загальний рейтинг, враховуючи її високу стійкість та помірний ризик.

Ефективність методу: використання методу аналізу ієрархій дозволяє об'єктивно аналізувати різні критерії і забезпечувати більш інформоване та обґрунтоване рішення. Це значно підвищує якість процесу прийняття рішень, зменшуючи ризик суб'єктивних помилок і підвищуючи загальну безпеку та ефективність проекту.

Таким чином, запропонований метод підтверджує важливість структурованого підходу у процесі вибору захисних споруд та демонструє переваги використання методу аналізу ієрархій для оптимізації та підвищення обґрунтованості прийнятих рішень.

В даному запропонованому методі використовується аналізу ієрархій, де вищий рейтинг споруди вказує на те, що вона краще відповідає встановленим критеріям порівняно з іншими альтернативами. Цей рейтинг вираховується як сумарний результат зваження всіх релевантних критеріїв, кожен з яких оцінюється і множиться на відповідну вагу в ієрархічній моделі. Отже, чим вищий рейтинг, тим більше альтернатива відповідає вимогам, визначеним за допомогою аналізу, і вважається більш придатною для вибору.

Такі рейтинги дозволяють об'єктивно порівняти різні альтернативи на основі стандартизованих критеріїв і забезпечують засіб для порівняння, який легко інтерпретувати.

При цьому, вищий рейтинг спрощує процес прийняття рішення, оскільки він вказує на більш вигідну альтернативу, що краще відповідає критеріям безпеки, ефективності, вартості, і т.д.

Рейтинг також допомагає зрозуміти, які критерії найбільш впливають на вибір споруди, особливо при проведенні аналізу чутливості.

Використання кількісних рейтингів підвищує прозорість процесу прийняття рішень, дозволяючи всім зацікавленим сторонам визначати, чому одна альтернатива вважається кращою за інші.

Застосування такого підходу в моделі аналізу ієрархій не тільки підвищує ефективність прийнятих рішень, але й забезпечує засоби для критичного аналізу та переоцінки вибору, якщо умови або пріоритети змінюються.

4.3. Висновки

В четвертому розділі виконувалось тестування програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд, де визначались вимоги щодо тестування програмного засобу. Тестування програмного засобу, призначеного для визначення доцільності вибору захисних споруд, було критично важливим етапом розробки, що забезпечувало якість, надійність та точність роботи системи. Основні вимоги до тестування включали наступні чинники.

Функціональне тестування, що виконувало перевірку відповідності програми специфікаціям та здатності виконувати задекларовані функції, де проводилось тестування з типовими та крайніми випадками використання для забезпечення ефективної обробки всіх можливих ситуацій.

Тестування коректності роботи алгоритмів була направлена на перевірку точності математичних обчислень, які використовуються в алгоритмах, та їх

здатності видавати стабільні результати, верифікації точності розрахунків за допомогою контрольних прикладів.

Інтеграційне тестування полягало у перевірці взаємодії між різними модулями системи для забезпечення їх сумісності та правильної інтеграції, де тестування інтерфейсів між модулями на коректне передавання даних і обробку помилок.

Вантажні та стресові тести дозволяли оцінити продуктивність системи під високими навантаженнями та її здатності витримувати екстремальні умови. Тестування системи на максимальному навантаженні та симуляція атак типу "відмова в обслуговуванні" (DoS).

Тестування безпеки виконувало перевірку захищеності системи від зовнішніх і внутрішніх загроз, забезпечення конфіденційності, цілісності та доступності даних, де пентестування необхідно було для оцінки вразливостей і перевірка політик доступу та аудит безпеки коду.

Під час юзабіліті-тестування визначалась оцінка загальної зручності користувацького інтерфейсу, логіки процесів та взаємодії користувачів із системою, де було тестування інтуїтивності інтерфейсу та проведення тестувань з кінцевими користувачами для оцінки зручності використання системи.

Тестування програмного засобу на прикладі модуля аналізу ієрархій дозволило перевіряти модуль аналізу ієрархій (АНР), що включало багато етапів, де основними були визначення типів захисних споруд, їх характеристик, критеріїв оцінювання (стійкість до катастроф, вартість будівництва, час будівництва, рівень ризику розташування) та вагових коефіцієнтів для критеріїв.

Було розглянуто контрольний приклад, де вхідні дані були наступні:

Споруда 1: Висока стійкість до катастроф, середні вартість та час будівництва, середній ризик розташування.

Споруда 2: Низька стійкість до катастроф, низькі вартість та час будівництва, високий ризик розташування.

Споруда 3: Середня стійкість до катастроф, висока вартість та час будівництва, низький ризик розташування.

Критеріями оцінювання були:

Стійкість до катастроф: 40%

Вартість будівництва: 20%

Час будівництва: 15%

Рівень ризику розташування: 25%

Рейтинги споруд за допомогою методу АНР показали наступне:

Споруда 1: 0.7

Споруда 2: 0.4

Споруда 3: 0.6

Таким чином, були зроблені наступні висновки:

- без використання методу АНР можливе рішення зосередиться на мінімізації вартості, що може призвести до неправильного вибору.

- з використання методу АНР рішення більш збалансоване, з урахуванням всіх критеріїв, що підвищує якість та ефективність прийняття рішень.

Таким чином, використання запропонованого методу АНР забезпечує об'єктивний та структурований підхід до вибору захисних споруд, підвищуючи надійність та точність прийнятих рішень.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Науково-технічна розробка має право на існування та впровадження, якщо вона відповідає вимогам часу, як в напрямку науково-технічного прогресу та і в плані економіки. Тому для науково-дослідної роботи необхідно оцінювати економічну ефективність результатів виконаної роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота «Розробка методу та програмного засобу визначення доцільності вибору захисних споруд» відноситься до науково-технічних робіт, результати яких орієнтовані на виведення на ринок, тобто коли відбувається так звана комерціалізація науково-технічної розробки. Цей напрямок є пріоритетним, оскільки результатами розробки можуть користуватися інші споживачі, отримуючи при цьому певний економічний ефект. Але для цього потрібно знайти потенційного інвестора, який би взявся за реалізацію цього проекту і переконати його в економічній доцільності такого кроку.

Для наведеного випадку нами мають бути виконані такі етапи робіт:

- 1) проведено комерційний аудит науково-технічної розробки, тобто встановлення її науково-технічного рівня та комерційного потенціалу;
- 2) розраховано витрати на здійснення науково-технічної розробки;
- 3) розрахована економічна ефективність науково-технічної розробки у випадку її впровадження і комерціалізації потенційним інвестором і проведено обґрунтування економічної доцільності комерціалізації потенційним інвестором.

5.1. Комерційний та технологічний аудит науково-технічної розробки

Метою проведення комерційного і технологічного аудиту дослідження за темою «Розробка методу та програмного засобу визначення доцільності вибору захисних споруд» є оцінювання науково-технічного рівня та рівня комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності.

Оцінювання науково-технічного рівня розробки та її комерційного потенціалу рекомендується здійснювати із застосуванням 5-ти бальної системи оцінювання за 12-ма критеріями, наведеними в табл. 5.1 [29].

Таблиця 5.1 – Рекомендовані критерії оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки та бальна оцінка

Бали (за 5-ти бальною шкалою)					
	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено працездатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки)					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					

8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання науково-технічного рівня та комерційного потенціалу науково-технічної розробки потрібно звести до таблиці.

Таблиця 5.2 – Результати оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки експертами

Критерії	Експерт (ПІБ, посада)		
	1	2	3

	Бали:		
1. Технічна здійсненність концепції	4	5	4
2. Ринкові переваги (наявність аналогів)	4	3	3
3. Ринкові переваги (ціна продукту)	4	5	4
4. Ринкові переваги (технічні властивості)	3	4	5
5. Ринкові переваги (експлуатаційні витрати)	3	3	4
6. Ринкові перспективи (розмір ринку)	2	2	2
7. Ринкові перспективи (конкуренція)	2	2	2
8. Практична здійсненність (наявність фахівців)	4	4	4
9. Практична здійсненність (наявність фінансів)	2	3	2
10. Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів)	2	2	2
11. Практична здійсненність (термін реалізації)	3	4	4
12. Практична здійсненність (розробка документів)	4	4	4
Сума балів	37	41	40
Середньоарифметична сума балів $СБ_c$	39,3		

За результатами розрахунків, наведених в таблиці 5.2, зробимо висновок щодо науково-технічного рівня і рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому використаємо рекомендації, наведені в табл. 5.3 [29].

Таблиця 5.3 – Науково-технічні рівні та комерційні потенціали розробки

Середньоарифметична сума балів $СБ_c$, розрахована на основі висновків експертів	Науково-технічний рівень та комерційний потенціал розробки
41...48	Високий
31...40	Вище середнього
21...30	Середній
11...20	Нижче середнього
0...10	Низький

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою «Розробка методу та програмного засобу визначення доцільності вибору захисних споруд» становить 39,3 бала, що, відповідно до таблиці 5.3, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього).

5.2. Розрахунок узагальненого коефіцієнта якості розробки

Окрім комерційного аудиту розробки доцільно також розглянути технічний рівень якості розробки, розглянувши її основні технічні показники. Ці показники по-різному впливають на загальну якість проектної розробки.

Узагальнений коефіцієнт якості (B_n) для нового технічного рішення розрахуємо за формулою [30]:

$$B_n = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot \beta_i, \quad (5.1)$$

де k – кількість найбільш важливих технічних показників, які впливають на якість нового технічного рішення;

α_i – коефіцієнт, який враховує питому вагу i -го технічного показника в загальній якості розробки. Коефіцієнт α_i визначається експертним шляхом

і при цьому має виконуватись умова $\sum_{i=1}^k \alpha_i = 1$;

β_i – відносне значення i -го технічного показника якості нової розробки.

Відносні значення β_i для різних випадків розраховуємо за такими формулами:

- для показників, зростання яких вказує на підвищення в лінійній залежності якості нової розробки:

$$\beta_i = \frac{I_{ni}}{I_{ai}}, \quad (5.2)$$

де I_{ni} та I_{ai} – чисельні значення конкретного i -го технічного показника якості відповідно для нової розробки та аналога;

- для показників, зростання яких вказує на погіршення в лінійній залежності якості нової розробки:

$$\beta_i = \frac{I_{ai}}{I_{ni}}; \quad (5.3)$$

Використовуючи наведені залежності можемо проаналізувати та порівняти техніко-економічні характеристики аналогу та розробки на основі отриманих наявних та проектних показників, а результати порівняння зведемо до таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Порівняння основних параметрів розробки та аналога.

Показники (параметри)	Одиниця вимірювання	Аналог	Проектований пристрій	Відношення параметрів нової розробки до аналога	Питома вага показника
Доступність інтерфейсу програмного засобу	бал	7	9,5	1,36	0,15
Кількість параметрів порівняння	од	8	16	2	0,2
Кількість підтримуваних типових моделей	од	4	8	2	0,25
Кількість підтримуваних функцій аналізу доцільності	од	3	6	2	0,15
Рекомендований обсяг оперативної пам'яті	ГБ	16	8	2	0,25

Узагальнений коефіцієнт якості (B_n) для нового технічного рішення складе:

$$B_n = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot \beta_i = 1,36 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,25 = 1,90.$$

Отже за технічними параметрами, згідно узагальненого коефіцієнту якості розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 1,90 рази.

5.3. Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи на тему «Розробка методу та програмного засобу визначення доцільності вибору захисних споруд», під час планування, обліку і калькулювання собівартості науково-дослідної роботи групуємо за відповідними статтями.

5.3.1 Витрати на оплату праці

До статті «Витрати на оплату праці» належать витрати на виплату основної та додаткової заробітної плати керівникам відділів, лабораторій, секторів і груп, науковим, інженерно-технічним працівникам, конструкторам, технологам, креслярам, копіювальникам, лаборантам, робітникам, студентам, аспірантам та іншим працівникам, безпосередньо зайнятим виконанням конкретної теми, обчисленої за посадовими окладами, відрядними розцінками, тарифними ставками згідно з чинними в організаціях системами оплати праці.

Основна заробітна плата дослідників

Витрати на основну заробітну плату дослідників ($З_o$) розраховуємо у відповідності до посадових окладів працівників, за формулою [29]:

$$З_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p}, \quad (5.4)$$

де k – кількість посад дослідників залучених до процесу досліджень;

M_{ni} – місячний посадовий оклад конкретного дослідника, грн;

t_i – число днів роботи конкретного дослідника, дн.;

T_p – середнє число робочих днів в місяці, $T_p=21$ дні.

$$З_o = 22200,00 \cdot 18 / 21 = 19028,57 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 5.5 – Витрати на заробітну плату дослідників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
Керівник проекту	22200,00	1057,14	18	19028,57
Інженер-розробник програмного забезпечення	20550,00	978,57	42	41100,00

Консультант (інженер-будівельник)	16500,00	785,71	7	5500,00
Тестувальник програмного забезпечення	18300,00	871,43	10	8714,29
Всього				74342,86

Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників (3_p) за відповідними найменуваннями робіт НДР на тему «Розробка методу та програмного засобу визначення доцільності вибору захисних споруд» розраховуємо за формулою:

$$3_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (5.5)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год;

t_i – час роботи робітника при виконанні визначеної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (5.6)$$

де M_M – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи, або мінімальної місячної заробітної плати (в залежності від діючого законодавства), приймемо $M_M=8000,00$ грн;

K_i – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду (табл. Б.2, додаток Б) [29];

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

T_p – середнє число робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 21$ дн;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

$$C_i = 8000,00 \cdot 1,10 \cdot 1,35 / (21 \cdot 8) = 70,71 \text{ грн.}$$

$$Z_{pl} = 70,71 \cdot 4,25 = 300,54 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.6 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника грн
Встановлення комп'ютерного обладнання для забезпечення розробки програмного забезпечення	4,25	2	1,10	70,71	300,54
Формування робочого місця розробника програмного забезпечення	5,32	3	1,35	86,79	461,70
Інсталяція програмного забезпечення розробника програмного забезпечення	6,75	4	1,50	96,43	650,89
Формування бази даних макетів захисних споруд	16,00	3	1,35	86,79	1388,57
Налагодження програмних компонентів системи вибору елементів	4,22	5	1,70	109,29	461,19
Тестування програмного забезпечення	7,25	2	1,10	70,71	512,68
Всього					3775,56

Додаткова заробітна плата дослідників та робітників

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10 ... 12% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$Z_{\text{дод}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{дод}}}{100\%}, \quad (5.7)$$

де $H_{доо}$ – норма нарахування додаткової заробітної плати. Прийmemo 10%.

$$З_{доо} = (74342,86 + 3775,56) \cdot 10 / 100\% = 7811,84 \text{ грн.}$$

5.3.2 Відрахування на соціальні заходи

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховуємо як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою:

$$З_n = (З_o + З_p + З_{доо}) \cdot \frac{H_{zn}}{100\%} \quad (5.8)$$

де H_{zn} – норма нарахування на заробітну плату. Приймаємо 22%.

$$З_n = (74342,86 + 3775,56 + 7811,84) \cdot 22 / 100\% = 18904,66 \text{ грн.}$$

5.3.3 Сировина та матеріали

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби і предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за темою «Розробка методу та програмного засобу визначення доцільності вибору захисних споруд».

Витрати на матеріали (M), у вартісному вираженні розраховуються окремо по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n H_{\dot{j}} \cdot Ц_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot Ц \quad , \quad (5.9)$$

де H_j – норма витрат матеріалу j -го найменування, кг;

n – кількість видів матеріалів;

$Ц_j$ – вартість матеріалу j -го найменування, грн/кг;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$);

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

$Ц_{ej}$ – вартість відходів j -го найменування, грн/кг.

$$M_1 = 4 \cdot 220,00 \cdot 1 - 0 \cdot 0 = 880,00 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 5.7 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн/кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
Офісний папір BIC Fine COPY 500/80 A4	220,00	4	0	0	880,00
Папір для записів BIC Fine Parers A5	85,00	4	0	0	340,00
Органайзер офісний BIC Fine	210,00	3	0	0	630,00
Канцелярське приладдя (набір офісного працівника) BIC Fine	235,00	3	0	0	705,00
Картридж для принтера EPSON EX530 black	1159,00	1	0	0	1159,00
Диск оптичний BIC Fine CD-RW	28,60	4	0	0	114,40
Flesh-пам'ять Kingston Data Traveler 128 GB	299,00	1	0	0	299,00
Тека для паперів BIC Fine	102,00	4	0	0	408,00
Інше	200,00	1	0	0	200,00
Всього					4735,40

5.3.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі ($K_{\text{с}}$), які використовують при проведенні НДР на тему «Розробка методу та програмного засобу визначення доцільності вибору захисних споруд» відсутні.

5.3.5 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на виготовлення та придбання спецустаткування необхідного для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, виготовлення,

транспортування, монтаж та встановлення. Витрати на спекулятивання відсутні.

5.3.6 Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на розробку та придбання спеціальних програмних засобів і програмного забезпечення, (програм, алгоритмів, баз даних) необхідних для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, формування та встановлення.

Балансову вартість програмного забезпечення розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{прог}} = \sum_{i=1}^k C_{\text{прог}} \cdot C_{\text{прог.і}} \cdot K_i, \quad (5.10)$$

де $C_{\text{прог}}$ – ціна придбання одиниці програмного засобу даного виду, грн;

$C_{\text{прог.і}}$ – кількість одиниць програмного забезпечення відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує інсталяцію, налагодження програмного засобу тощо, ($K_i = 1, 10 \dots 1, 12$);

k – кількість найменувань програмних засобів.

$$B_{\text{прог}} = 40,56 \cdot 1 \cdot 1 = 40,56 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 5.8 – Витрати на придбання програмних засобів по кожному виду

Найменування програмного засобу	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Середовище проектування для JAVA (умовно безкоштовне)	1	40,56	40,56
Операційна система LINUX (умовно безкоштовно)	1	40,56	40,56
Абонентна плата доступу до мережі Internet (за місяць)	2	350,00	700,00
Підтримка домену (місяць)	2	32,70	65,40
Доступ до Open AI API	1	699,00	699,00
Сервіс для розсилки e-mail (місяць)	2	349,00	698,00

VDS (Virtual Dedicated Server) Сервер для середовища розробки та тестування (виплати за використання)	2	3999,00	7998,00
Visual Studio Code	1	40,56	40,56
Всього			10282,08

5.3.7 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню тощо, розраховуємо з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою:

$$A_{обл} = \frac{Ц_{б}}{T_{в}} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (5.11)$$

де $Ц_{б}$ – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{вик}$ – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

$T_{в}$ – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

$$A_{обл} = (23999,00 \cdot 2) / (3 \cdot 12) = 1333,28 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 5.9 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
Персональний комп'ютер розробника програмного забезпечення (Ноутбук HP Pavilion 15-eh3018ua (9H8T3EA) Fog Blue / 15.6" IPS Full HD / AMD	23999,00	3	2	1333,28

Ryzen 5 7320U / RAM 16 ГБ / SSD 512 ГБ)				
Робоче місце розробника ПЗ	8520,00	5	2	284,00
Пристрої виводу інформації	7899,00	4	2	329,13
Оргтехніка	7450,00	5	2	248,33
Приміщення лабораторії розробки	385000,00	20	2	3208,33
Робоче місце тестувальника ПЗ	8999,00	3	2	499,94
Пристрої передачі цифрової інформації (Маршрутизатор інтернет WiFi6 TP-Link Archer AX12)	1789,00	4	2	74,54
Всього				5977,56

5.3.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховуємо за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{eni}}{\eta_i}, \quad (5.12)$$

де W_{yi} – встановлена потужність обладнання на визначеному етапі розробки, кВт;

t_i – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

C_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії), прийmemo $C_e = 7,50$ грн;

K_{eni} – коефіцієнт, що враховує використання потужності, $K_{eni} < 1$;

η_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta_i < 1$.

$$B_e = 0,05 \cdot 330,0 \cdot 7,50 \cdot 0,95 / 0,97 = 123,75 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.10 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Сума, грн
Персональний комп'ютер розробника програмного забезпечення (Ноутбук HP Pavilion 15-eh3018ua (9H8T3EA) Fog Blue / 15.6" IPS Full HD / AMD Ryzen 5 7320U / RAM 16 ГБ / SSD 512 ГБ)	0,05	330,0	123,75
Робоче місце розробника ПЗ	0,09	330,0	222,75
Пристрої виводу інформації	0,07	7,0	3,68
Оргтехніка	0,42	2,5	7,88
Робоче місце тестувальника ПЗ	0,04	80,0	24,00
Пристрої передачі цифрової інформації (Маршрутизатор інтернет WiFi6 TP-Link Archer AX12)	0,02	330,0	49,50
Всього			431,55

5.3.9 Службові відрядження

До статті «Службові відрядження» дослідної роботи на тему «Розробка методу та програмного засобу визначення доцільності вибору захисних споруд» належать витрати на відрядження штатних працівників, працівників організацій, які працюють за договорами цивільно-правового характеру, аспірантів, зайнятих розробленням досліджень, відрядження, пов'язані з проведенням випробувань машин та приладів, а також витрати на відрядження на наукові з'їзди, конференції, наради, пов'язані з виконанням конкретних досліджень.

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуємо як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{cb} = (3_o + 3_p) \cdot \frac{H_{cb}}{100\%}, \quad (5.13)$$

де H_{cb} – норма нарахування за статтею «Службові відрядження», прийmemo $H_{cb} = 20\%$.

$$B_{cb} = (74342,86 + 3775,56) \cdot 20 / 100\% = 15623,68 \text{ грн.}$$

5.3.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації

Витрати за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» відсутні.

5.3.11 Інші витрати

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками.

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуємо як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$I_{iv} = (3_o + 3_p) \cdot \frac{H_{iv}}{100\%}, \quad (5.14)$$

де H_{iv} – норма нарахування за статтею «Інші витрати», прийmemo $H_{iv} = 50\%$.

$$I_{iv} = (74342,86 + 3775,56) \cdot 50 / 100\% = 39059,21 \text{ грн.}$$

4.3.12 Накладні (загальновиробничі) витрати

До статті «Накладні (загальновиробничі) витрати» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін.

Витрати за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати» розраховуємо як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{нзв} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{нзв}}{100\%}, \quad (5.15)$$

де $H_{нзв}$ – норма нарахування за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати», прийmemo $H_{нзв} = 110\%$.

$$B_{нзв} = (74342,86 + 3775,56) \cdot 110 / 100\% = 85930,26 \text{ грн.}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему «Розробка методу та програмного засобу визначення доцільності вибору захисних споруд» розраховуємо як суму всіх попередніх статей витрат за формулою:

$$B_{заг} = Z_o + Z_p + Z_{дод} + Z_n + M + K_v + B_{спец} + B_{прг} + A_{обл} + B_e + B_{св} + B_{сп} + I_v + B_{нзв}. \quad (5.16)$$

$$B_{заг} = 74342,86 + 3775,56 + 7811,84 + 18904,66 + 4735,40 + 0,00 + 0,00 + 10282,08 + 5977,56 + 431,55 + 15623,68 + 0,00 + 39059,21 + 85930,26 = 266874,67 \text{ грн.}$$

Загальні витрати ZB на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховується за формулою:

$$ZB = \frac{B_{заг}}{\eta}, \quad (5.17)$$

де η – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи, прийmemo $\eta = 0,95$.

$$ZB = 266874,67 / 0,95 = 280920,70 \text{ грн.}$$

5.4. Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором

В ринкових умовах узагальнюючим позитивним результатом, що його може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження результатів цієї чи іншої науково-технічної розробки, є збільшення у потенційного інвестора величини чистого прибутку.

Результати дослідження проведені за темою «Розробка методу та програмного засобу визначення доцільності вибору захисних споруд» передбачають комерціалізацію протягом 4-х років реалізації на ринку. *Розробка чи суттєве вдосконалення програмного засобу (програмного забезпечення, програмного продукту) для використання масовим споживачем.*

В цьому випадку майбутній економічний ефект буде формуватися на основі таких даних:

ΔN – збільшення кількості споживачів продукту, у періоди часу, що аналізуються, від покращення його певних характеристик;

Показник	1-й рік	2-й рік	3-й рік	4-й рік
Збільшення кількості споживачів, осіб	300	500	600	400

N – кількість споживачів які використовували аналогічний продукт у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки, прийmemo 5800 осіб;

C_o – вартість програмного продукту у році до впровадження результатів розробки, прийmemo 8699,00 грн;

$\pm \Delta C_o$ – зміна вартості програмного продукту від впровадження результатів науково-технічної розробки, прийmemo 263,90 грн.

Можливе збільшення чистого прибутку у потенційного інвестора $\Delta \Pi_i$ для кожного із 4-х років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, розраховуємо за формулою [29]:

$$\Delta \Pi_i = (\pm \Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\rho}{100}\right), \quad (5.18)$$

де λ – коефіцієнт, який враховує сплату потенційним інвестором податку на додану вартість. У 2024 році ставка податку на додану вартість складає 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність інноваційного продукту).
Прийmemo $\rho = 43\%$;

ϑ – ставка податку на прибуток, який має сплачувати потенційний інвестор, у 2024 році $\vartheta = 18\%$;

Збільшення чистого прибутку 1-го року:

$$\Delta\Pi_1 = (263,90 \cdot 5800,00 + 8962,90 \cdot 300) \cdot 0,83 \cdot 0,43 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 1234860,36 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку 2-го року:

$$\Delta\Pi_2 = (263,90 \cdot 5800,00 + 8962,90 \cdot 800) \cdot 0,83 \cdot 0,43 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 2546391,97 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку 3-го року:

$$\Delta\Pi_3 = (263,90 \cdot 5800,00 + 8962,90 \cdot 1400) \cdot 0,83 \cdot 0,43 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 4120229,90 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку 4-го року:

$$\Delta\Pi_4 = (263,90 \cdot 5800,00 + 8962,90 \cdot 1800) \cdot 0,83 \cdot 0,43 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 5169455,19 \text{ грн.}$$

Приведена вартість збільшення всіх чистих прибутків $\Pi\Pi$, що їх може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки:

$$\Pi\Pi = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^i}, \quad (5.19)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному з років, протягом яких виявляються результати впровадження науково-технічної розробки, грн;

T – період часу, протягом якого очікується отримання позитивних результатів від впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні, $\tau = 0,15$;

t – період часу (в роках) від моменту початку впровадження науково-технічної розробки до моменту отримання потенційним інвестором додаткових чистих прибутків у цьому році.

$$\begin{aligned} \text{ПП} &= 1234860,36/(1+0,15)^1 + 2546391,97/(1+0,15)^2 + 4120229,90/(1+0,15)^3 + \\ &+ 5169455,19/(1+0,15)^4 = 1073791,62 + 1925438,16 + 2709118,04 + 2955652,78 = 866400 \\ &0,61 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Величина початкових інвестицій PV , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки:

$$PV = k_{inv} \cdot ZB, \quad (5.20)$$

де k_{inv} – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію, приймаємо $k_{inv} = 2$;

ZB – загальні витрати на проведення науково-технічної розробки та оформлення її результатів, приймаємо 280920,70 грн.

$$PV = k_{inv} \cdot ZB = 2 \cdot 280920,70 = 561841,40 \text{ грн.}$$

Абсолютний економічний ефект E_{abc} для потенційного інвестора від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки становитиме:

$$E_{abc} = \text{ПП} - PV \quad (5.21)$$

де $ПП$ – приведена вартість зростання всіх чистих прибутків від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, 8664000,61 грн;

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, 561841,40 грн.

$$E_{abc} = ПП - PV = 8664000,61 - 561841,40 = 8102159,21 \text{ грн.}$$

Внутрішня економічна дохідність інвестицій E_{ϵ} , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки:

$$E_{\epsilon} = T_{ж} \sqrt{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1, \quad (5.22)$$

де E_{abc} – абсолютний економічний ефект вкладених інвестицій, 8102159,21 грн;

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, 561841,40 грн;

$T_{ж}$ – життєвий цикл науково-технічної розробки, тобто час від початку її розробки до закінчення отримування позитивних результатів від її впровадження, 4 роки.

$$E_{\epsilon} = T_{ж} \sqrt{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1 = (1 + 8102159,21/561841,40)^{1/4} = 0,98.$$

Мінімальна внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій τ_{min} :

$$\tau_{min} = d + f, \quad (5.23)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2024 році в Україні $d = 0,11$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладення інвестицій, приймемо 0,25.

$\tau_{min} = 0,11 + 0,25 = 0,36 < 0,98$ свідчить про те, що внутрішня економічна дохідність інвестицій E_v , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки вища мінімальної внутрішньої дохідності. Тобто інвестувати в науково-дослідну роботу за темою «Розробка методу та програмного засобу визначення доцільності вибору захисних споруд» доцільно.

Період окупності інвестицій $T_{ок}$ які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_v}, \quad (5.24)$$

де E_v – внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій.

$$T_{ок} = 1 / 0,98 = 1,02 \text{ р.}$$

$T_{ок} < 3$ -х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

5.5. Висновки до розділу

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою «Розробка методу та програмного засобу визначення доцільності

вибору захисних споруд» становить 39,3 бала, що, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього).

При оцінюванні за технічними параметрами, згідно узагальненого коефіцієнту якості розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 1,90 рази.

Також термін окупності становить 1,02 р., що менше 3-х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

Отже можна зробити висновок про доцільність проведення науково-дослідної роботи за темою «Розробка методу та програмного засобу визначення доцільності вибору захисних споруд».

ВИСНОВКИ

В першому розділі було обґрунтування вибору методу аналізу, де зазначені задачі необхідності визначення доцільності вибору захисних споруд. Визначені актуальність та важливість методів і математичних моделей у визначенні доцільності вибору захисних споруд обумовлені численними факторами, які є ключовими для забезпечення безпеки, ефективності та стійкості інфраструктури в умовах різноманітних загроз. Основними аспектами є комплексний аналіз ризиків, оптимізація використання ресурсів, адаптивність і гнучкість, підтримка прийняття рішень, прогнозування та планування, а також забезпечення відповідності стандартам.

Аналіз моделей визначення доцільності вибору захисних споруд показав, що для визначення доцільності вибору захисних споруд необхідно включати врахування ризиків, технічних параметрів, фінансової ефективності, застосування статистичних методів, рівня складності моделей, а також їх гнучкості. При цьому, моделі можуть бути спрямовані на кількісну або якісну оцінку ризиків, де необхідно враховувати технічні характеристики споруд для прогнозування їх ефективності, оцінювати фінансову доцільність, використовувати статистичні методи для аналізу даних про загрози та випадки використання споруд, мати різний рівень складності та бути адаптивними до змінних умов.

Також, були описані проблеми впровадження моделей визначення доцільності вибору захисних споруд, де для впровадження моделей визначення доцільності вибору захисних споруд супроводжується рядом проблем, таких як доступність та якість даних, складність моделювання, адаптивність до змінних умов, інтердисциплінарні виклики, бюджетні обмеження, регуляторні та юридичні виклики, врахування людського фактору, технологічна сумісність, психологічна сприйнятливність, а також забезпечення довгострокової ефективності. Таким чином, для ефективного впровадження моделей необхідні точні дані, співпраця фахівців з різних галузей, баланс між потребою в деталізації та фінансовими обмеженнями, відповідність нормативно-правовим

вимогам, врахування людської поведінки, адаптація до нових технологій та забезпечення постійної актуальності моделей.

В другому розділі описано загальна характеристика методів вибору захисних споруд, де зазначені методи визначення доцільності вибору захисних споруд. Разом з тим, у розділі розглядались різні методи, які використовуються для визначення доцільності вибору захисних споруд. Основні методи включали наступні дослідження.

Метод Делфі, як ітеративний процес, під час якого експерти дають свої оцінки незалежно один від одного. Після кожного етапу експерти отримують зведену інформацію про оцінки інших учасників, що дозволяє переглянути власні оцінки до досягнення консенсусу.

Метод аналізу ієрархій (АНР), що був розроблений Томасом Сааті та дозволяв проводити складні багатокритеріальні оцінки шляхом розбиття проблеми на ієрархію підпроблем. Попарні порівняння елементів допомагають визначити вагові коефіцієнти та синтезувати загальні оцінки.

Метод експертної вагомості, що використовується для присвоєння балів об'єктам згідно з різними критеріями. Експерти оцінюють важливість кожного критерію, а також кожну альтернативу за шкалою, що дозволяє отримати кількісну оцінку.

Метод рангових оцінок, де експерти ранжують об'єкти або їх характеристики в порядку їх переваги чи важливості. Агреговані ранги використовуються для визначення загальних пріоритетів.

Метод консенсусу, де зосереджується увага на досягненні загальної згоди серед експертів через обговорення та діалог. Цей метод забезпечує інклюзивність, активне слухання, пошук спільних точок, ітеративний процес та гнучкість.

Також, в цьому розділі були описані моделі визначення доцільності вибору захисних споруд, де розглядались основні математичні моделі для визначення доцільності вибору захисних споруд, що включали наступні.

Моделі лінійного програмування, де використовуються для оптимізації цільової функції при обмежених ресурсах. Модель лінійного програмування дозволяє визначити оптимальний розподіл ресурсів або вибір локацій для споруд.

Моделі багатокритеріального прийняття рішень (MCDM), що включали методи, такі як AHP, VIKOR, TOPSIS, і ELECTRE, які допомагають оцінювати та оптимізувати вибір серед доступних варіантів з урахуванням різних критеріїв.

Моделі ризик-аналізу, що оцінюють потенційні ризики та вплив різних загроз на захисні споруди, де використовуються методи, такі як аналіз дерева рішень або Монте-Карло симуляції.

Моделі сценарного аналізу дозволяють оцінювати, як споруда може справлятися з різними навантаженнями шляхом моделювання потенційних сценаріїв, включаючи природні катастрофи та військові атаки.

Запропонований метод визначення доцільності вибору захисних споруд базувався на аналізі ієрархій з інтеграцією інших аналітичних методів (SWOT-аналіз, PEST-аналіз, нечітка логіка, методи багатокритеріального аналізу). Основні складові запропонованого методу були наступними.

Інтеграція з іншими аналітичними методами, що додавав процес прийняття рішень, враховуючи широкий спектр факторів. Використання програмного забезпечення сприяв автоматизації процесу, підвищуючи точність розрахунків та ефективність обробки даних. Розробка динамічних моделей дозволяв адаптуватися до змінних умов і забезпечувати актуальність аналізу. Покращення процесу збору та аналізу експертних оцінок дозволяло використовувати структурованих опитувань та онлайн-платформ для підвищення точності та об'єктивності.

Розширення критеріїв оцінки включали додаткові критерії, такі як стійкість до зміни клімату, екологічний вплив, соціальна прийнятність. Забезпечення гнучкості вагових коефіцієнтів дозволяла адаптувати модель до зміни пріоритетів або умов, підвищуючи адаптивність процесу.

Таким чином, показані методи і моделі дозволяють створити комплексний підхід до визначення доцільності вибору захисних споруд, враховуючи широкий спектр технічних, економічних, екологічних та соціальних факторів. В третьому розділі виконувалась реалізація програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд. Також, розглядались вимоги, розробка основних та додаткових модулів програмного засобу для визначення доцільності вибору захисних споруд.

Функціональні вимоги включали введення детальної інформації про захисні споруди (тип, характеристики, розташування), валідація даних на відповідність встановленим стандартам. Нефункціональні вимоги включали інтуїтивно зрозумілий та зручний інтерфейс користувача.

До модуля аналізу ієрархій належали такі функціональні вимоги як обчислення вагових коефіцієнтів за допомогою АНР, перевірка консистентності рішень. Нефункціональні вимоги включали високу точність та надійність алгоритмів. До модуля розрахунку ризиків належали такі функціональні вимоги як моделювання різних природних та техногенних сценаріїв, аналіз ризиків. Нефункціональні вимоги включали реактивність системи та швидка реакція на зміни. До модуля оптимізації ресурсів належали такі функціональні вимоги як ефективний розподіл ресурсів, оцінка економічної ефективності. Нефункціональні вимоги включали висока ефективність обробки даних та розрахунків.

До модуля звітності та документування належали такі функціональні вимоги як автоматична генерація звітів, ведення документації. Нефункціональні вимоги включали легкий доступ та захист інформації.

Розробка основних модулів, що було описано в цьому розділі забезпечувало введення параметрів проекту, таких як типи захисних споруд, їх характеристики, розташування, матеріали, вартість, де підтримувався імпорт даних з зовнішніх джерел (CSV-файли, бази даних) та валідація введених даних.

Модуль аналізу ієрархій реалізував алгоритм АНР для систематизації та аналізу критеріїв, що впливають на вибір захисних споруд, що включало

розрахунок вагових коефіцієнтів, перевірку консистентності та візуалізацію ієрархічної структури критеріїв та результатів оцінювання. Модуль розрахунку ризиків інтегрував інструменти для оцінки та аналізу потенційних природних і техногенних ризиків, дозволяв моделювати різні "що якщо" сценарії та оцінювати наслідки прийняття різних рішень.

Модуль оптимізації ресурсів використовував алгоритми оптимізації для ефективного розподілу ресурсів (фінанси, матеріали, людські ресурси) та аналізував економічну ефективність різних варіантів розміщення та конструкції захисних споруд. Модуль звітності та документування автоматично генерував звіти, що відображали результати аналізів та прийнятих рішень та інтегрував інструменти для створення технічної документації та презентацій.

Розробка додаткових модулів включала модуль інтеграції з штучним інтелектом, що автоматизує аналіз великих обсягів даних за допомогою машинного навчання для прогнозування змін умов та адаптації стратегій, підвищував продуктивність та знижує вплив людського фактору.

Модуль віртуальної реальності створював деталізовані 3D-моделі захисних споруд для візуалізації у віртуальному середовищі, що дозволяло симулювати різні природні та техногенні умови для оцінки стійкості та ефективності споруд.

Модуль залучення та взаємодії зі стейкхолдерами збирав та аналізував зворотний зв'язок від зацікавлених сторін через анкетування, форуми, інтерактивні сесії, інтегрував інструменти для організації спільних сесій планування та оцінки.

Таким чином, розглянута система забезпечує об'єктивний та ефективний аналіз для визначення доцільності вибору захисних споруд, враховуючи широкий спектр технічних, економічних, екологічних та соціальних факторів.

В четвертому розділі виконувалось тестування програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд, де визначались вимоги щодо тестування програмного засобу. Тестування програмного засобу, призначеного для визначення доцільності вибору захисних споруд, було критично важливим

етапом розробки, що забезпечувало якість, надійність та точність роботи системи. Основні вимоги до тестування включали наступні чинники.

Функціональне тестування, що виконувало перевірку відповідності програми специфікаціям та здатності виконувати задекларовані функції, де проводилось тестування з типовими та крайніми випадками використання для забезпечення ефективної обробки всіх можливих ситуацій.

Тестування коректності роботи алгоритмів була направлена на перевірку точності математичних обчислень, які використовуються в алгоритмах, та їх здатності видавати стабільні результати, верифікації точності розрахунків за допомогою контрольних прикладів.

Інтеграційне тестування полягало у перевірці взаємодії між різними модулями системи для забезпечення їх сумісності та правильної інтеграції, де тестування інтерфейсів між модулями на коректне передавання даних і обробку помилок.

Вантажні та стресові тести дозволяли оцінити продуктивність системи під високими навантаженнями та її здатності витримувати екстремальні умови. Тестування системи на максимальному навантаженні та симуляція атак типу "відмова в обслуговуванні" (DoS).

Тестування безпеки виконувало перевірку захищеності системи від зовнішніх і внутрішніх загроз, забезпечення конфіденційності, цілісності та доступності даних, де пентестування необхідно було для оцінки вразливостей і перевірка політик доступу та аудит безпеки коду.

Під час юзабіліті-тестування визначалась оцінка загальної зручності користувацького інтерфейсу, логіки процесів та взаємодії користувачів із системою, де було тестування інтуїтивності інтерфейсу та проведення тестувань з кінцевими користувачами для оцінки зручності використання системи.

Тестування програмного засобу на прикладі модуля аналізу ієрархій дозволило перевіряти модуль аналізу ієрархій (АНР), що включало багато етапів, де основними були визначення типів захисних споруд, їх характеристик,

критеріїв оцінювання (стійкість до катастроф, вартість будівництва, час будівництва, рівень ризику розташування) та вагових коефіцієнтів для критеріїв.

Було розглянуто контрольний приклад, де вхідні дані були наступні:

Споруда 1: Висока стійкість до катастроф, середні вартість та час будівництва, середній ризик розташування.

Споруда 2: Низька стійкість до катастроф, низькі вартість та час будівництва, високий ризик розташування.

Споруда 3: Середня стійкість до катастроф, висока вартість та час будівництва, низький ризик розташування.

Критеріями оцінювання були:

Стійкість до катастроф: 40%

Вартість будівництва: 20%

Час будівництва: 15%

Рівень ризику розташування: 25%

Рейтинги споруд за допомогою методу АНР показали наступне:

Споруда 1: 0.7

Споруда 2: 0.4

Споруда 3: 0.6

Таким чином, були зроблені наступні висновки:

- без використання методу АНР можливе рішення зосередиться на мінімізації вартості, що може призвести до неправильного вибору.

- з використання методу АНР рішення більш збалансоване, з урахуванням всіх критеріїв, що підвищує якість та ефективність прийняття рішень.

Таким чином, використання запропонованого методу АНР забезпечує об'єктивний та структурований підхід до вибору захисних споруд, підвищуючи надійність та точність прийнятих рішень.

Список використаних джерел

1. Haidash O., Khoshaba O. The use of mathematical methods and models in determining the expediency of choosing protective structures /Матеріали XXIV конференції Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів. "Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій". Одеса, 18-19 квітня 2024 р. - Одеса, Видавництво ОНТУ, 2024 р. - с.133-134.

2. Лещенко О.Я. Перші кроки щодо організації цивільного захисту на базовому рівні місцевого самоврядування: серія практичних poradників / О.Я. Лещенко, Г.В. Трунцев, В.М. Михайлов, М.В. Андрієнко, В.Ф. Коробкін, Н.М. Романюк, Л.В. Калиненко; за заг. ред. П.Б. Волянського, С.А. Парталяна. К. : ІДУ НД ЦЗ, 2021. Серія 9. 63 с.

3. Кужель Е. В., Черепов Л. В. Патентні ландшафти – ефективний засіб виявлення технологічних трендів. Інтелектуальна власність України. № 12. 2021. С. 24–28.

4. Зоценко М. Л., Сухоросов І. М., Зоценко Л. М. Порівняльна характеристика фундаментів будівель і споруд із паль та на армованій основі. Полтава : Фундамент, 2023. С. 37–41.

5. Мазурін Д. М., Дементьєва М. Є. Техніко-економічні показники виконання робіт з демонтажу багатоповерхової будівлі в умовах забудови, що склалася. Вісник МДСУ.

2022. Т. 16, вип. 6. С. 741–750. DOI:
10.22227/1997–0935.2021.6.741–750.

6. Заяць Є. І., Млодецький В. Р., Ткач Т. В., Нетеса А. М. Застосування криволінійної підпірної стіни при будівництві багатоповерхових будівель. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових

відносин. 2020. № 43. С. 115–123. DOI:

<https://doi.org/10.32347/2707-501x.2020.43.115-123>.

7. Зоценко М. Л., Сухоросов І. М., Зоценко Л. М. Порівняльна характеристика фундаментів будівель і споруд із паль та на армованій основі. Полтава : Фундамент, 2020. С. 119-125.

8. Організація та оцифрування інформації щодо будівель та споруд включно з будівельним інформаційним моделюванням (BIM). Управління інформацією з використанням будівельного інформаційного моделювання. Ч. 1. Концепції та принципи (ідентичний міжнародному стандарту ISO 19650-1:2018) : ДСТУ ISO 19650-1:20. [Не затверджений]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 76 с.

9. Пічугін С. Ф., Семко О. В., Трусов Г. М., Бібік В. М., Гасенко А. В. Типові пошкодження несучих конструкцій складських і виробничих будівель та шляхи запобігання їх утворення. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. пр. Рівне : НУВГтаП, 2022. Вип. 23. С. 715–720.

10. Сопільняк А. М., Колохов В. В., Ярова Т. П., Серeda С. Ю., Сіренко К. О., Дунда В. В. BIM енергоаналіз будинку з подвійними вікнами. Український журнал будівництва та архітектури. 2021. № 3. С. 107-115. URL: <http://uajcea.pgasa.dp.ua/article/view/239180/237670>

11. Сопільняк А. М., Титюк А. А., Ярова Т. П., Серeda С. Ю., Вершкова Ю. С. Визначення раціонального звису покрівлі вітражного фасаду за допомогою BIM технологій. Український журнал будівництва та архітектури. 2022. № 2. С. 102–109.

12. Концепція впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17 лютого 2021р. №152-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/152-2021-%D1%80#Text>

13. Building Information Modelling (BIM) for road infrastructure : TEM requirements and recommendations. United Nations Economic commission for Europe, United Nations. Geneva, 2021, 119 p.

14. Khorolskyi A., Hrinov V., Mamaikin O., Demchenko Y. Models and methods to make decisions while mining production scheduling. Mining of Mineral Deposits. Vol. 13 (4). 2019. Pp. 53–62.

15. Khorolskyi A., Hrinov V., Mamaikin O., Fomychova L. Research into optimization model for balancing the technological flows at mining enterprises. In: E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 201. P. 01030. EDP Sciences.

16. Bazaluk O., Ashcheulova O., Mamaikin O., Khorolskyi A., Lozynskyi V., Saik P. Innovative Activities in the Sphere of Mining Process Management. Frontiers in Environmental Science. 2022. P. 304.

17. Slade M. E. Valuing Managerial Flexibility : an Application of Real-Option Theory to Mining Investments. Journal of Environmental Economics and Management. 2022. Vol. 41 (2). Pp. 193–233.

18. Колохов В. В., Мацевич І. М., Мосъпан В. І., Кроль Р. М., Тимошенко О. А. Вплив процесу ущільнення на структуру конгломератів при виробництві будівельних матеріалів. Український журнал будівництва та архітектури. № 1. 2022. С. 45–54.

19. Заяць Є. І. Особливості застосування методу будівництва «вверх–вниз» під час зведення висотних будівель. Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2017. № 1. С. 64–69.

20. Klimenko Yev., Kos Z., Grynyova I., Maksuta O. Operation of Damager H-Shaped Columns. Springer Nature Switzerland AG 2021, LNCE 100. Pp. 192–201. 2021. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-57340-924>.

21. Колохов В. В., Мороз Л. В., Перчаник Н. Е.
Енергоефективність стінових панелей. Строительство, материаловедение, машиностроение. 2016. Вып. 92. С. 73–77.
22. Букунов А. С. Деконструкція на основі інформаційного моделювання. Системний аналіз у проектуванні та управлінні : зб. наук. пр. XXIV Міжнар. наук. та навч.–практ. конф. (13–14 жовтня 2021 року). У 3-х частинах. Ч. 3., 2021. С. 198–206. DOI: 10.18720/SPBPU/2/id20–214.
23. Shevchenko V., Voloshchenko O., Bobrun O. Method of determining the magnitude of the effect of fortification equipment on the survivability of the troops (forces) control system in the operations (combat actions). Information Technologies in the Sphere of Security and Defence. № 1 (37). 2020. ISSN 2311-7249 (Print). ISSN 2410-7336 (Online).
24. Вельмагіна Н. О., Єршова Н. М., Шибко О. М. Розробка теоретичних основ проектування підприємств і формування виробничих систем : монографія. Дніпро : ПДАБА, 2022. 272 с.
25. Єршова Н. М., Вельмагіна Н. О. Математичне та комп'ютерне моделювання динамічних процесів виробничих систем : монографія. Дніпро : ПДАБА, 2023. 244 с.
26. Єршова Н. М., Вельмагіна Н. О., Чуприна Н. С.
Розробка комп'ютерних програм оптимального проектування динамічних процесів спільного підприємства з виробництва та збуту продукції.
Інформатика та математичні методи в моделюванні. Т. 11, № 1–2. Одеса, 2021. С. 26–38.

27. Присяжнюк О. Ф. Переваги використання гнучкого управління проектами у бізнесі. Наукові та освітні трансформації в сучасному світі : матер. Всеукраїнської міждисциплінарної наук.-практ. конф. (23–24 червня, м. Чернігів). Чернігів : Науковоосвітній інноваційний центр суспільних трансформацій, 2021. С. 138–139.

28. Ткаченко О., Ткаченко К. Система підтримки прийняття рішень щодо управління підготовкою кадрів. Цифрова платформа : інформаційні технології в соціокультурній сфері. 2022. № 2. С. 37–49.

29. Davydov Ihor, Chaban Viacheslav, Kovtun–Horbachova Tetiana. The analysis of technical condition of tower steel frames according to their dynamic characteristics. Innovative Technologies in Construction, Civil Engineering and Architecture : Intern. sc.–pract. conf. Dnipro : SHEI PSACEA, 2022. Pp. 24–27.

30. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

31. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень: практикум / В. В. Кавецький, В. О. Козловський, І. В. Причепа – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 113 с.

ДОДАТКИ

Додаток А. Технічне завдання

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ

д.т.н., проф. О. Н. Романюк

" 12 " березня _____ 2024 р.

Технічне завдання
на магістерську кваліфікаційну роботу «Розробка методу та програмного
засобу визначення доцільності вибору захисних споруд» за спеціальністю
121 – Інженерія програмного забезпечення

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи:

_____ к.т.н., ст. викл. О.Я. Стахов

" 11 " березня _____ 2024 р.

Виконав:

_____ студент гр. ПІ-22м О. С. Гайдаш

" 11 " березня _____ 2024 р.

Вінниця – 2024 року

1. Найменування та галузь застосування

Магістерська кваліфікаційна робота: «Розробка методу та програмного засобу визначення доцільності вибору захисних споруд».

Галузь застосування – програмне забезпечення робочих станцій.

2. Підстава для розробки.

Підставою для виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) є індивідуальне завдання на МКР та наказ № 81 від 11 березня 2024 року ректора по ВНТУ про закріплення тем МКР.

3. Мета та призначення розробки.

Метою роботи є визначення доцільності вибору захисних споруд.

Призначення роботи – розробка методів і засобів визначення доцільності вибору захисних споруд.

4. Вихідні дані для проведення НДР

Перелік основних літературних джерел, на основі яких буде виконуватись МКР.

1. Haidash O., Khoshaba O. The use of mathematical methods and models in determining the expediency of choosing protective structures /Матеріали XXIV конференції Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів. "Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій". Одеса, 18-19 квітня 2024 р. - Одеса, Видавництво ОНТУ, 2024 р. - с.133-134.
2. Лещенко О.Я. Перші кроки щодо організації цивільного захисту на базовому рівні місцевого самоврядування: серія практичних poradників / О.Я. Лещенко, Г.В. Трунцев, В.М. Михайлов, М.В. Андрієнко, В.Ф. Коробкін, Н.М. Романюк, Л.В. Калиненко; за заг. ред. П.Б. Волянського, С.А. Парталяна. К. : ІДУ НД ЦЗ, 2021. Серія 9. 63 с.

3. Кушель Е. В., Черепов Л. В. Патентні ландшафти – ефективний засіб виявлення технологічних трендів. Інтелектуальна власність України. № 12. 2021. С. 24–28.
4. Зоценко М. Л., Сухоросов І. М., Зоценко Л. М. Порівняльна характеристика фундаментів будівель і споруд із паль та на армованій основі. Полтава : Фундамент, 2023. С. 37–41.

5. Технічні вимоги

Робоча станція, процесор - Pentium, монітор - середня розподільна здатність, тип диску - HDD або SSD, інтерфейс - SATA 3.0 (середня продуктивність 6 Гбіт/с) або вище для SSD, обсяг пам'яті - не менше 500 Гб для HDD, або не менше 240 Гб для SSD, швидкість обертання - для HDD - 7200 об/хв або більше, для SSD - не застосовується, форм-фактор - 2.5" або 3.5" для HDD, 2.5" для SSD, технологія пам'яті для SSD - TLC, MLC або SLC, кеш-пам'ять - не менше 64 МБ для HDD, для SSD - залежно від моделі, зазвичай від 128 МБ до 2 ГБ, швидкість послідовного читання - більше ніж 100 МБ/с для HDD та більше ніж 500 МБ/с для SSD, швидкість послідовного запису - більше ніж 80 МБ/с для HDD та більше ніж 400 МБ/с для SSD.

6. Конструктивні вимоги.

Конструкція пристрою повинна відповідати естетичним та ергономічним вимогам, повинна бути зручною в обслуговуванні та керуванні.

Графічна та текстова документація повинна відповідати діючим стандартам України.

7. Перелік технічної документації, що пред'являється по закінченню робіт:

- пояснювальна записка до МКР;
- технічне завдання;
- лістинги програми.

8. Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації

При розробці програмних засобів слід дотримуватися уніфікації і ДСТУ.

9. Стадії та етапи розробки:

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної Роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Аналіз моделей визначення доцільності вибору захисних споруд	12.03.2024-28.03.2024
2	Вимоги щодо методів та моделей визначення доцільності вибору захисних споруд	29.03.2024-11.03.2024
3	Розробка та впровадження програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд	12.03.2024-12.04.2024
4	Тестування програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд	13.04.2024-05.06.2024
5	Економічна частина	26.04.24-10.05.24

10. Порядок контролю та прийняття.

Виконання етапів магістерської кваліфікаційної роботи контролюється керівником згідно з графіком виконання роботи. Прийняття магістерської кваліфікаційної роботи здійснюється ДЕК, затвердженою зав. кафедрою згідно з графіком

Додаток Б. Протокол перевірки навчальної роботи

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: «Розробка методу та програмного засобу визначення доцільності вибору захисних споруд»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

Підрозділ : кафедра програмного забезпечення, ФІТКІ, ПІ – 22мз

Науковий керівник: к.т.н. ст. викл. каф. ПЗ Стахов О. Я.

Unicheck	
Оригінальність	97,6%
Схожість	2,4 %

Аналіз звіту подібності

■ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

☒ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.

☒ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____ Черноволик Г. О.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення: **допустити до захисту**

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck

Автор роботи _____ Гайдаш О. С.

Керівник роботи _____ Стахов О. Я.

Фронт-енд частина модуля аналізу ієрархій програмного засобу.

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="uk">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <title>Аналіз ієрархій</title>
  <style>
    table, th, td {
      border: 1px solid black;
      border-collapse: collapse;
    }
    th, td {
      padding: 10px;
    }
    input {
      width: 50px;
    }
  </style>
</head>
<body>
  <h2>Модуль аналізу ієрархій</h2>

  <form id="ahpForm">
    <table>
      <thead>
        <tr>
          <th>Критерій</th>
          <th>Критерій 1</th>
          <th>Критерій 2</th>
```

```

        <th>Критерій 3</th>
    </tr>
</thead>
<tbody>
    <tr>
        <td>Критерій 1</td>
        <td><input type="number" value="1" disabled></td>
        <td><input type="number" id="c12" required></td>
        <td><input type="number" id="c13" required></td>
    </tr>
    <tr>
        <td>Критерій 2</td>
        <td><input type="number" id="c21" required></td>
        <td><input type="number" value="1" disabled></td>
        <td><input type="number" id="c23" required></td>
    </tr>
    <tr>
        <td>Критерій 3</td>
        <td><input type="number" id="c31" required></td>
        <td><input type="number" id="c32" required></td>
        <td><input type="number" value="1" disabled></td>
    </tr>
</tbody>
</table>

<button type="button" onclick="calculateAHP()">Обчислити</button>
</form>

<h3>Результати:</h3>
<div id="weightsOutput">Ваги: Ще не обчислено</div>
<div id="consistencyOutput">Консистентність: Ще не обчислено</div>

```

```

<script>
    function calculateAHP() {
        // Це програмний код, який потребує реалізації математичних
        обчислень для АНР
        // Наприклад, далі додаються функції для розрахунку найбільшого
        власного значення, вагових коефіцієнтів і CR
        alert("Функція обчислення АНР ще не реалізована.");
    }
</script>
</body>
</html>

```

Бек-енд частина модуля аналізу ієрархій програмного засобу.

Бек-енду програмного модуля аналізу ієрархій, який використовує метод аналізу ієрархій (АНР) для обчислення вагових коефіцієнтів і перевірки консистентності:

```

import java.util.Arrays;

public class AHP {
    private double[][] comparisonMatrix;
    private double[] weights;
    private double consistencyRatio;

    public AHP(double[][] matrix) {
        this.comparisonMatrix = matrix;
        this.weights = new double[matrix.length];
        calculateWeights();
        calculateConsistencyRatio();
    }

```

```

private void calculateWeights() {
    // Нормалізація матриці порівнянь та обчислення середніх значень
    рядків
    double[] columnSums = new double[comparisonMatrix.length];
    Arrays.fill(columnSums, 0.0);

    for (int i = 0; i < comparisonMatrix.length; i++) {
        for (int j = 0; j < comparisonMatrix.length; j++) {
            columnSums[j] += comparisonMatrix[i][j];
        }
    }

    for (int i = 0; i < comparisonMatrix.length; i++) {
        double rowSum = 0;
        for (int j = 0; j < comparisonMatrix.length; j++) {
            comparisonMatrix[i][j] /= columnSums[j];
            rowSum += comparisonMatrix[i][j];
        }
        weights[i] = rowSum / comparisonMatrix.length;
    }
}

private void calculateConsistencyRatio() {
    // Для спрощення використовуємо приблизний метод розрахунку
    double[] av = new double[comparisonMatrix.length];
    for (int i = 0; i < comparisonMatrix.length; i++) {
        for (int j = 0; j < comparisonMatrix.length; j++) {
            av[i] += weights[j] * comparisonMatrix[i][j];
        }
    }
}

```

```

    }

    double lambdaMax = 0;
    for (int i = 0; i < comparisonMatrix.length; i++) {
        lambdaMax += av[i] / (comparisonMatrix.length * weights[i]);
    }

    double ci = (lambdaMax - comparisonMatrix.length) /
(comparisonMatrix.length - 1);

    double ri = getRI(comparisonMatrix.length); // Random Index (RI) для
розмірності матриці
    consistencyRatio = ci / ri;
}

private double getRI(int n) {
    // Використовуємо загальноприйняті значення Random Index
    double[] riValues = {0, 0, 0.58, 0.9, 1.12, 1.24, 1.32, 1.41, 1.45, 1.49};
    return n < riValues.length ? riValues[n] : 1.49; // Використовуємо 1.49
для більших матриць
}

public double[] getWeights() {
    return weights;
}

public double getConsistencyRatio() {
    return consistencyRatio;
}

public static void main(String[] args) {

```

```

double[][] matrix = {
    {1, 1/3.0, 3},
    {3, 1, 5},
    {1/3.0, 1/5.0, 1}
};

AHP ahp = new AHP(matrix);

System.out.println("Weights: " + Arrays.toString(ahp.getWeights()));
System.out.println("Consistency Ratio: " + ahp.getConsistencyRatio());
}
}

```

Фронт-енд частина модуля розрахунку ризиків програмного засобу:

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="uk">
<head>
    <meta charset="UTF-8">
    <title>Модуль розрахунку ризиків</title>
    <style>
        body { font-family: Arial, sans-serif; }
        input, select { margin-top: 8px; }
        .container { margin-top: 20px; }
    </style>
</head>
<body>
    <h1>Модуль розрахунку ризиків</h1>
    <div class="container">
        <label for="riskType">Тип ризику:</label>
        <select id="riskType">
            <option value="natural">Природні ризики</option>
            <option value="technogenic">Техногенні ризики</option>

```

```
</select><br>
```

```
<label for="riskImpact">Вплив ризику:</label>
```

```
<input type="number" id="riskImpact" placeholder="Вкажіть вплив  
(1-10)"><br>
```

```
<label for="riskProbability">Ймовірність ризику:</label>
```

```
<input type="number" id="riskProbability" placeholder="Вкажіть  
ймовірність (1-100%)"><br>
```

```
<button onclick="analyzeRisk()">Аналізувати ризик</button>
```

```
</div>
```

```
<div id="results" style="margin-top: 20px;"></div>
```

```
<script>
```

```
function analyzeRisk() {
```

```
    const riskType = document.getElementById('riskType').value;
```

```
    const impact = document.getElementById('riskImpact').value;
```

```
    const probability = document.getElementById('riskProbability').value;
```

```
    const riskScore = impact * (probability / 100); // Простий розрахунок
```

```
    ризику
```

```
    document.getElementById('results').innerHTML = `
```

```
        <h3>Результати аналізу ризику:</h3>
```

```
        <p>Тип ризику: ${riskType}</p>
```

```
        <p>Вплив ризику: ${impact}</p>
```

```
        <p>Ймовірність ризику: ${probability}%</p>
```

```
        <p>Розрахунковий ризик: ${riskScore.toFixed(2)}</p>
```

```

        `;
    }
</script>
</body>
</html>

```

Бек-енд частина модуля розрахунку ризиків програмного засобу:

Risk.java – основний клас, що обробляє дані про ризики:

```

public class Risk {
    private String type;
    private double impact;
    private double probability;

    public Risk(String type, double impact, double probability) {
        this.type = type;
        this.impact = impact;
        this.probability = probability;
    }

    // Getters and Setters
    public String getType() {
        return type;
    }

    public void setType(String type) {
        this.type = type;
    }

    public double getImpact() {
        return impact;
    }
}

```

```

    }

    public void setImpact(double impact) {
        this.impact = impact;
    }

    public double getProbability() {
        return probability;
    }

    public void setProbability(double probability) {
        this.probability = probability;
    }

    // Method to calculate risk score
    public double calculateRiskScore() {
        return impact * probability;
    }
}

```

Створення контролера для обробки запитів.

RiskController.java – REST контролер для обробки запитів:

```
import org.springframework.web.bind.annotation.*;
```

```

@RestController
@RequestMapping("/api/risk")
public class RiskController {

    @PostMapping("/analyze")
    public double analyzeRisk(@RequestBody Risk risk) {

```

```

        return risk.calculateRiskScore();
    }
}

```

Створення головного класу додатку.

RiskApplication.java – головний клас Spring Boot, який запускає сервер:

```

import org.springframework.boot.SpringApplication;
import org.springframework.boot.autoconfigure.SpringBootApplication;

```

```

@SpringBootApplication

```

```

public class RiskApplication {

```

```

    public static void main(String[] args) {
        SpringApplication.run(RiskApplication.class, args);
    }
}

```

```

import org.springframework.boot.SpringApplication;
import org.springframework.boot.autoconfigure.SpringBootApplication;

```

```

@SpringBootApplication

```

```

public class RiskApplication {

```

```

    public static void main(String[] args) {
        SpringApplication.run(RiskApplication.class, args);
    }
}

```

Фронт-енд частина модуля оптимізації ресурсів програмного засобу:

```

<!DOCTYPE html>

```

```

<html lang="uk">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <title>Модуль оптимізації ресурсів</title>
  <style>
    body { font-family: Arial, sans-serif; }
    .container { margin-top: 20px; }
    input, button { padding: 10px; margin-top: 5px; }
  </style>
</head>
<body>
  <h1>Оптимізація ресурсів</h1>
  <div class="container">
    <label for="resourceAmount">Кількість ресурсів:</label>
    <input type="number" id="resourceAmount" placeholder="Введіть
кількість"><br>

    <label for="resourceType">Тип ресурсу:</label>
    <select id="resourceType">
      <option value="material">Матеріали</option>
      <option value="financial">Фінанси</option>
      <option value="human">Людські ресурси</option>
    </select><br>

    <button onclick="optimizeResources()">Оптимізувати</button>
  </div>

  <div id="results" style="margin-top: 20px;"></div>

  <script>

```

```

function optimizeResources() {
    const resourceAmount =
document.getElementById('resourceAmount').value;
    const resourceType = document.getElementById('resourceType').value;

    // Цей скрипт використовує AJAX для відправки даних на сервер
    // та отримання рекомендацій щодо оптимізації.
    const results = `Оптимізація для ${resourceAmount} одиниць типу
"${resourceType}" в процесі...`;
    document.getElementById('results').innerHTML = results;

    // Використання AJAX запиту до сервера:
    /*
    fetch('api/optimize', {
        method: 'POST',
        headers: { 'Content-Type': 'application/json' },
        body: JSON.stringify({ resourceAmount, resourceType })
    })
    .then(response => response.json())
    .then(data => {
        document.getElementById('results').innerHTML = `Рекомендовані
конфігурації: ${data.configurations}`;
    })
    .catch(error => console.error('Помилка оптимізації:', error));
    */
}
</script>
</body>
</html>

```

Бек-енд частина модуля оптимізації ресурсів програмного засобу:

Реалізації додавання бізнес логіки за допомогою створення моделі для ресурсів і сервісів, який буде аналізувати і пропонувати результати оптимізації.

Модель Resource.java:

```
public class Resource {  
    private String type;  
    private double quantity;  
  
    public Resource(String type, double quantity) {  
        this.type = type;  
        this.quantity = quantity;  
    }  
  
    // Getters and Setters  
    public String getType() {  
        return type;  
    }  
  
    public void setType(String type) {  
        this.type = type;  
    }  
  
    public double getQuantity() {  
        return quantity;  
    }  
  
    public void setQuantity(double quantity) {  
        this.quantity = quantity;  
    }  
}
```

```
}
```

Сервіс ResourceOptimizationService.java:

```
import java.util.HashMap;
```

```
import java.util.Map;
```

```
public class ResourceOptimizationService {
```

```
    public Map<String, Double> optimizeResources(Resource resource) {
```

```
        Map<String, Double> optimizationResults = new HashMap<>();
```

```
        double optimizedQuantity = resource.getQuantity() * 0.9; // Припустимо,  
що оптимізація зменшує використання на 10%
```

```
        optimizationResults.put("optimizedQuantity", optimizedQuantity);
```

```
        return optimizationResults;
```

```
    }
```

```
}
```

Контролер ResourceController.java:

```
import org.springframework.beans.factory.annotation.Autowired;
```

```
import org.springframework.web.bind.annotation.*;
```

```
@RestController
```

```
@RequestMapping("/api/resources")
```

```
public class ResourceController {
```

```
    @Autowired
```

```
    private ResourceOptimizationService optimizationService;
```

```
    @PostMapping("/optimize")
```

```

    public Map<String, Double> optimizeResource(@RequestBody Resource
resource) {
        return optimizationService.optimizeResources(resource);
    }
}

```

Головний клас програми:

```

import org.springframework.boot.SpringApplication;
import org.springframework.boot.autoconfigure.SpringBootApplication;

```

```
@SpringBootApplication
```

```
public class ResourceOptimizationApplication {
```

```

    public static void main(String[] args) {
        SpringApplication.run(ResourceOptimizationApplication.class, args);
    }
}

```

Фронт-енд частина модуля звітності та документування програмного засобу:

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="uk">
<head>
    <meta charset="UTF-8">
    <title>Модуль Звітності та Документування</title>
    <style>
        body { font-family: Arial, sans-serif; }
        .container { margin-top: 20px; padding: 10px; }
        input, button, select { padding: 10px; margin-top: 5px; }
    </style>

```

```

</head>
<body>
  <h1>Модуль звітності та документування</h1>
  <div class="container">
    <h2>Генерація звітів</h2>
    <label for="reportType">Тип звіту:</label>
    <select id="reportType">
      <option value="financial">Фінансовий звіт</option>
      <option value="operation">Операційний звіт</option>
      <option value="security">Звіт безпеки</option>
    </select><br>

    <button onclick="generateReport()">Генерувати звіт</button>
    <div id="reportOutput" style="margin-top: 20px;"></div>

    <h2>Документація процесів</h2>
    <button onclick="generateDocumentation()">Створити
документацію</button>
    <div id="documentationOutput" style="margin-top: 20px;"></div>
  </div>

  <script>
    function generateReport() {
      const reportType = document.getElementById('reportType').value;
      // Використання AJAX для взаємодії з сервером
      document.getElementById('reportOutput').innerHTML = `Звіт типу
"${reportType}" було створено. <a href="path/to/report">Завантажити звіт</a>`;
    }

    function generateDocumentation() {

```

```
// Використання AJAX для взаємодії з сервером
document.getElementById('documentationOutput').innerHTML =
'Документація процесів була створена. <a
href="path/to/documentation">Завантажити документацію</a>';
    }
</script>
</body>
</html>
```

Бек-енд частина модуля звітності та документування програмного засобу:

Класи для генерації звітів та документації, сервіс для генерації звітів:

```
import org.springframework.stereotype.Service;
import java.util.Date;

@Service
public class ReportService {

    public String generateReport(String reportType) {
        // Генерація звіту в залежності від типу
        String reportContent = "Звіт створено на " + new Date() + "\nТип звіту: "
+ reportType;
        // Логіка для збереження звіту в файлі або базі даних
        return reportContent;
    }
}
```

Сервіс для створення документації:

```
import org.springframework.stereotype.Service;

@Service
```

```

public class DocumentationService {

    public String createDocumentation() {
        String documentation = "Документація процесу створена на " + new
Date();
        // Логіка для створення документації
        return documentation;
    }
}

```

Контролер:

```

import org.springframework.beans.factory.annotation.Autowired;
import org.springframework.web.bind.annotation.*;

```

```
@RestController
```

```
@RequestMapping("/api/documentation")
```

```
public class DocumentationController {
```

```
    @Autowired
```

```
    private ReportService reportService;
```

```
    @Autowired
```

```
    private DocumentationService documentationService;
```

```
    @PostMapping("/generate-report")
```

```
    public String generateReport(@RequestParam String type) {
```

```
        return reportService.generateReport(type);
```

```
    }
```

```
    @GetMapping("/generate-documentation")
```

```
    public String generateDocumentation() {
```

```

        return documentationService.createDocumentation();
    }
}

```

Конфігурація безпеки:

```

import
org.springframework.security.config.annotation.web.builders.HttpSecurity;
import
org.springframework.security.config.annotation.web.configuration.WebSecurityConfigur
erAdapter;

```

```

public class SecurityConfig extends WebSecurityConfigurerAdapter {

```

```

    @Override

```

```

    protected void configure(HttpSecurity http) throws Exception {

```

```

        http

```

```

            .authorizeRequests()

```

```

                .anyRequest().authenticated()

```

```

            .and()

```

```

            .httpBasic();

```

```

        }

```

```

    }

```

**ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ ДО ЗАХИСТУ МАГІСТЕРСЬКОЇ
КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

Слайд 1 – Тема, автор, науковий керівник магістерської дипломної роботи:

Розробка методу та програмного засобу визначення доцільності вибору захисних споруд

Виконав:

студент групи ПІ-22м

Гайдаш О.С.

Керівник:

к.т.н., ст. викл. каф. ПЗ

Стахов О.Я.

Слайд 2 – Мета, об'єкт та предмет дослідження:

Метою роботи є визначення доцільності вибору захисних споруд.

Об'єктом дослідження є процеси вибору захисних споруд.

Предметом дослідження є методи та засоби підвищення ефективності вибору захисних споруд.

Слайд 3 – Задачі дослідження:

Основними задачами дослідження були:

- виконати обґрунтування задачі необхідності визначення доцільності вибору захисних споруд;
- провести аналіз моделей визначення доцільності вибору захисних споруд;
- описати проблеми впровадження моделей визначення доцільності вибору захисних споруд;
- виконати аналіз загальної характеристики методів доцільності вибору захисних споруд;
- показати та описати методи та моделі визначення доцільності вибору захисних споруд;
- запропонувати метод визначення доцільності вибору захисних споруд;
- надати вимоги щодо розробки програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд;
- реалізувати програмний засіб визначення доцільності вибору захисних споруд;
- провести тестування програмний засіб визначення доцільності вибору захисних споруд;
- визначити вимоги щодо тестування програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд;
- виконано тестування програмного засобу на прикладі модуля аналізу ієрархій.

Слайд 4 – Актуальність розробки:

Актуальність та важливість методів і математичних моделей у визначенні доцільності вибору захисних споруд зумовлені низкою чинників, які відіграють ключову роль у забезпеченні безпеки, ефективності та стійкості інфраструктури в умовах різноманітних загроз.

Наукова новизна методів і математичних моделей у визначенні доцільності вибору захисних споруд полягає в інтеграції зі штучним інтелектом та машинним навчанням, розробкою комплексних мультикритеріальних моделей, використанням симуляційних моделей та віртуальної реальності.

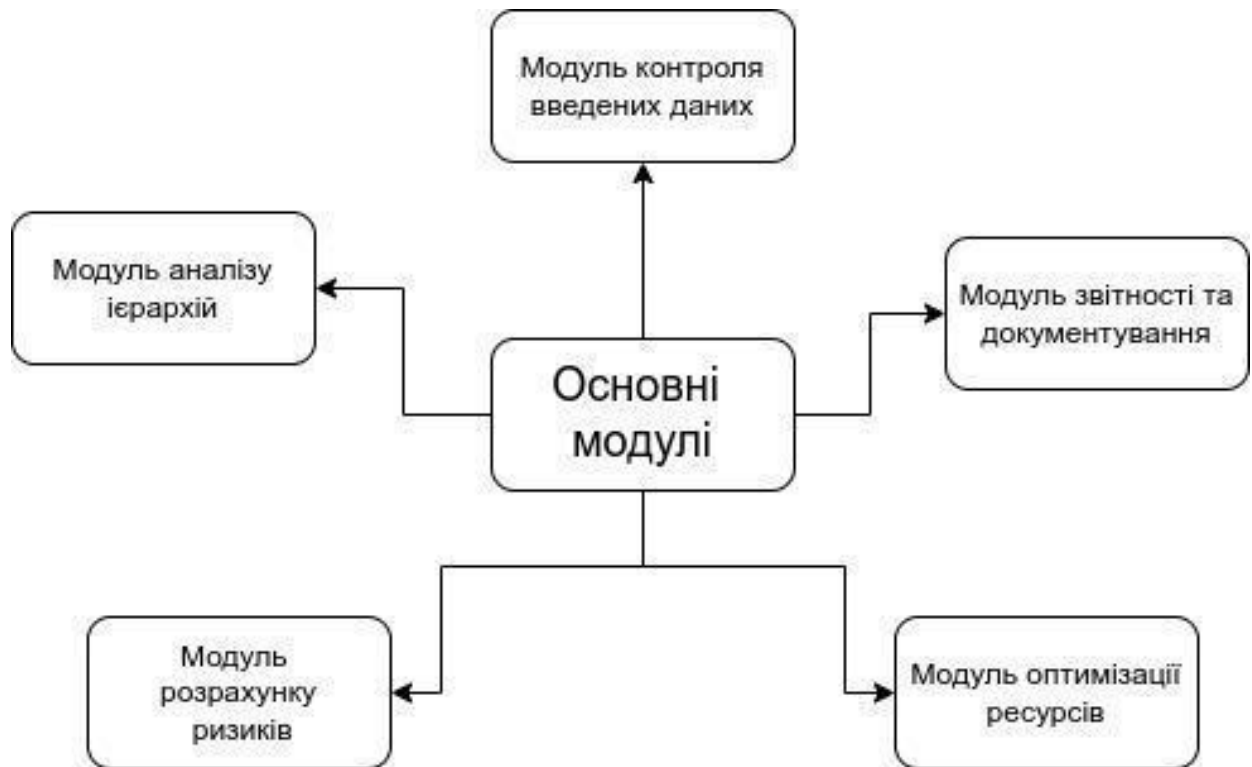
При цьому, досить важливими вважається розробка адаптивних моделей, які використовують алгоритми машинного навчання для прогнозування та адаптації до змінних умов загроз у реальному часі.

Таким чином, наукова новизна в цій області передбачає розвиток різних методологій оцінки ризиків, вдосконалення технік аналізу даних та постійне оновлення знань про нові загрози та технологічні можливості. Все це спрямовано на підвищення ефективності, безпеки та стійкості захисних споруд у відповідь на зростаючі виклики сучасного світу.

Слайд 5 – Вимоги щодо розробки програмного засобу з визначення доцільності вибору захисних споруд



Слайд 6 — Структура основних модулів програмного засобу



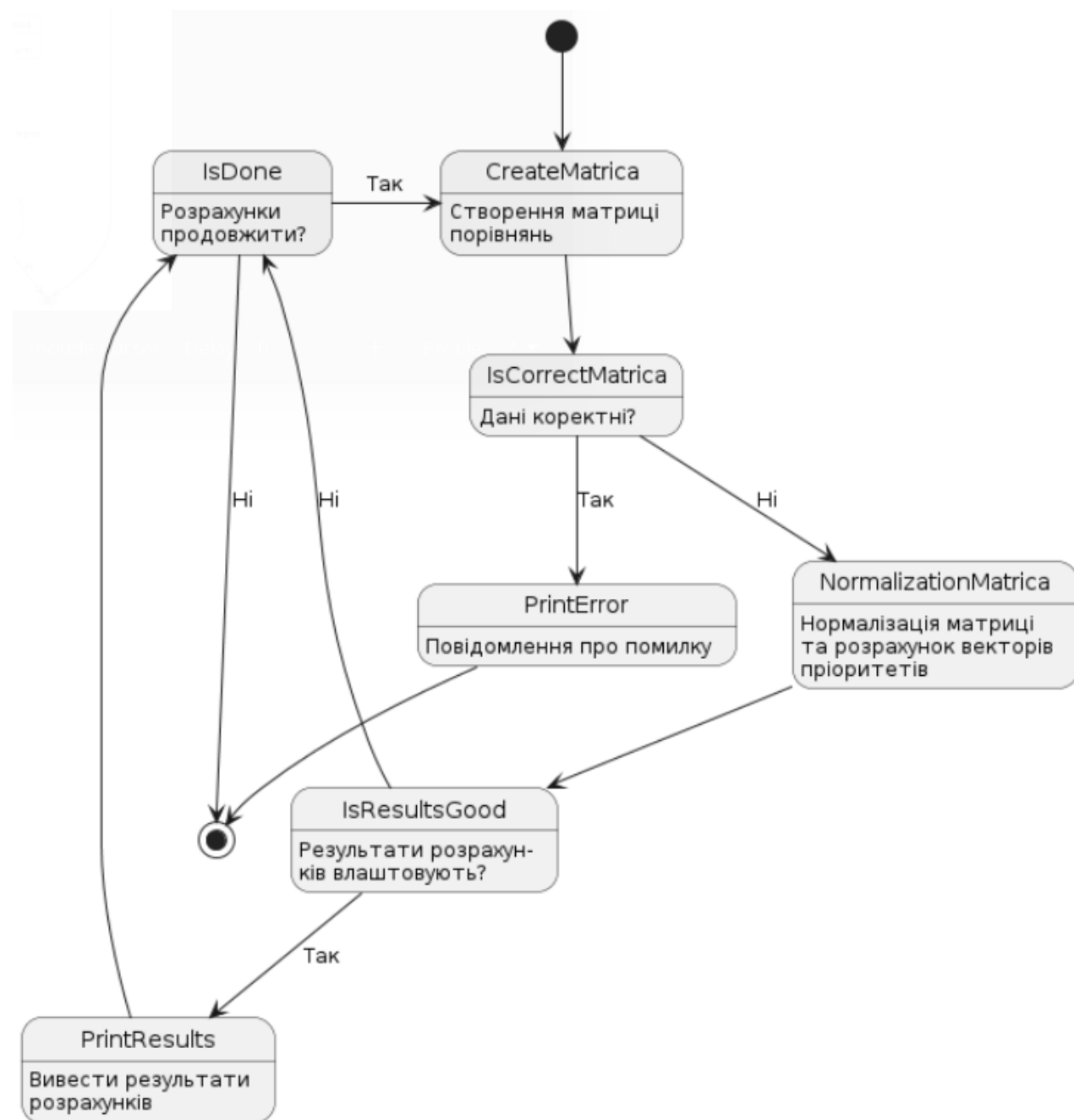
Слайд 7 — Структура додаткових модулів програмного засобу



Слайд 8 — Вимоги щодо тестування програмних засобів з визначення доцільності вибору захисних споруд



Слайд 9 – UML діаграма станів розрахунків для вибору захисних споруд за допомогою методу аналізу ієрархій



Слайд 10 — Скріншот HTML форми тестування даних модуля аналізу ієрархій програмного засобу

Модуль аналізу ієрархій

Критерій	Критерій 1	Критерій 2	Критерій 3
Критерій 1	1 		
Критерій 2		1 	
Критерій 3			1 

Обчислити

Результати:

Ваги: Ще не обчислено

Консистентність: Ще не обчислено

Слайд 11 – Наукова новизна одержаних результатів:

- вперше запропоновано метод визначення бальних оцінок доцільності вибору захисних споруд, особливість якого полягає у використанні експертних заключень, що не потребують складних математичних моделей і, як наслідок, дає можливість визначати оцінки (від 0.1 до 1) та порівнювати об'єкти дослідження між собою;

- вперше запропоновано метод оцінювання альтернатив, особливість якого полягає у його використанні на етапі ідентифікації та формулювання критеріїв або параметрів, за якими оцінюються альтернативи, що не потребують зайвих витрат часу та людських ресурсів для збору та аналізу інформації і, як наслідок, дає можливість структурованого та об'єктивного підходу до оцінювання різних варіантів доцільності вибору захисних споруд;

- подальшого розвитку отримав метод аналізу ієрархій, у якому, на відміну від існуючих методів прийняття рішень такими як SWOT-аналіз, PEST-аналіз, нечіткої логіки або методами багатокритеріального аналізу (наприклад, TOPSIS або VIKOR), використано динамічні моделі, що дозволило враховувати зміни у зовнішніх факторах впливу та адаптуватися до нових умов і вимог у прийнятті рішень і, як наслідок, підвищити адаптивність та актуальність варіантів у виборі захисних споруд.

Слайд 12 – Практична цінність отриманих результатів:

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що на основі отриманих в магістерській кваліфікаційній роботі теоретичних положень запропоновано алгоритм алгоритм доцільності вибору захисної споруди.

Основні положення магістерської кваліфікаційної роботи доповідалися та обговорювалися на Всеукраїнській науково-технічній конференції молодих вчених, аспірантів та студентів "Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій", (Одеса, 2024).

Основні результати досліджень опубліковано в науковій праці у матеріалах цієї конференції.