

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ**  
**УНІВЕРСИТЕТ ІМ. ВАДИМА ГЕТЬМАНА**

**Навчально-науковий інститут**  
**Інститут інформаційних технологій в економіці**  
**Кафедра системного аналізу та кібербезпеки**

|                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| Рівень вищої освіти          | Другий (магістерський)       |
| Галузь знань                 | 12 «Інформаційні технології» |
| Спеціальність                | 124 «Системний аналіз»       |
| Освітньо-професійна програма | «Системний аналіз»           |

**КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

На тему: «Методи та засоби підвищення цілісності даних у системному аналізі за допомогою технології блокчейн»

Здобувача: Бойко Дениса Івановича

Науковий керівник к.ф.-м.н., доцент: Башняков О.М.

(науковий ступінь, учене звання, ПІБ)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Робота допущена до захисту перед екзаменаційною комісією з атестації здобувачів вищої освіти (ЕК)**

Завідувач кафедри: д.ф.-м.н., проф. Джалладова І.А.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Київ 2024**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ**  
**УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАДИМА ГЕТЬМАНА**

**Навчально-науковий інститут**  
**«Інститут інформаційних технологій в економіці»**  
**Кафедра системного аналізу та кібербезпеки**  
**ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА «СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ»**  
**СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 124 «СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ»**

**ПОГОДЖЕНО**

Керівник проєктної групи (гарант)  
освітньо-професійної програми

Джалладова І.А.

(підпис)

\_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри системного  
аналізу та кібербезпеки

Джалладова І.А.

(підпис)

\_\_\_\_\_ 2024р.

**ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ**

здобувачу вищої освіти Бойко Денису Івановичу

прізвище, ім'я, по батькові)

денної форми навчання

очної (денної), заочної, дистанційної

на підготовку кваліфікаційної магістерської роботи

**На тему: «Методи та засоби підвищення цілісності даних у системному**  
**аналізі за допомогою технології блокчейн»**

Тему затверджено наказом ректора Університету від «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

№ \_\_\_\_\_

План кваліфікаційної магістерської роботи

|                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Розділ 1                                   | Теоретичні фундаменти та аналітичні перспективи використання блокчейну для забезпечення цілісності даних<br>(назва розділу)                                                                                                                                    |
| Розділ 2                                   | Аналітичне дослідження та впровадження блокчейну для підвищення надійності системи<br>(назва розділу)                                                                                                                                                          |
| Розділ 3                                   | Впровадження та оцінка блокчейн-рішень для забезпечення системної цілісності<br>(назва розділу)                                                                                                                                                                |
| Об'єкт дослідження:                        | Технологія блокчейн в цілісності даних у системному аналізі                                                                                                                                                                                                    |
| Предмет дослідження:                       | Теоретико-методичні засади та механізми впровадження технології блокчейн в підвищенні цілісності даних у системному аналізі                                                                                                                                    |
| Мета кваліфікаційної магістерської роботи: | Метою дипломної роботи є систематичне впорядкування теоретичних та методологічних основ використання технології блокчейн для покращення цілісності даних у системному аналізі та розробка наукових та практичних рекомендацій для їх ефективного впровадження. |

Конкретні завдання, які здобувач повинен виконати для досягнення поставленої мети:

У розділі 1

- |    |                                                                                            |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Провести теоретичне дослідження з питань покращення цілісності даних у системному аналізі. |
| 2. | Розглянути еволюцію та прогрес технології блокчейн.                                        |

У розділі 2

- |    |                                                                                           |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Розробити метод на базі блокчейну для забезпечення цілісності даних у системному аналізі. |
| 2. | Дослідити основні принципи, що лежать в основі технології блокчейн.                       |

У розділі 3

- |    |                                                                                                           |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Висвітлити можливості використання технології блокчейн для покращення цілісності даних у різних секторах. |
| 2. | Проаналізувати процес забезпечення цілісності даних за допомогою механізмів верифікації блокчейн.         |

Завдання підготував  
науковий керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

Завдання одержав  
здобувач

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна магістерська робота містить 87 сторінок, 10 таблиць, 8 рисунків, 4 діаграми, список використаних джерел з 31 найменувань.

### **«Методи та засоби підвищення цілісності даних у системному аналізі за допомогою технології блокчейн»**

*Об'єктом дослідження є* технологія блокчейн в цілісності даних у системному аналізі

*Предметом дослідження є* теоретико-методичні засади та механізми впровадження технології блокчейн в підвищенні цілісності даних у системному аналізі

*Мета кваліфікаційної магістерська роботи є* систематичне впорядкування теоретичних та методологічних основ використання технології блокчейн для покращення цілісності даних у системному аналізі та розробка наукових та практичних рекомендацій для їх ефективного впровадження.

Відповідно до поставленої мети були визначені такі *завдання*:

1. Провести теоретичне дослідження з питань покращення цілісності даних у системному аналізі.
2. Розглянути еволюцію та прогрес технології блокчейн.
3. Розробити метод на базі блокчейну для забезпечення цілісності даних у системному аналізі.
4. Дослідити основні принципи, що лежать в основі технології блокчейн.
5. Висвітлити можливості використання технології блокчейн для покращення цілісності даних у різних секторах.
6. Проаналізувати процес забезпечення цілісності даних за допомогою механізмів верифікації блокчейн.

Рік виконання кваліфікаційної магістерської роботи 2024.

Рік захисту роботи 2024.

*Ключові слова:* системний аналіз, цілісність даних, технологія блокчейн, механізми верифікації, розвиток блокчейну, класифікація блокчейну.

**Відгук про кваліфікаційну магістерську роботу**  
здобувача освітньо-професійної програми «Системний аналіз»  
навчально-наукового інституту Інформаційних технологій в економіці  
Бойко Дениса Івановича

на тему «Методи та засоби підвищення цілісності даних у системному аналізі за допомогою технології блокчейн»

**Актуальність теми:** кваліфікаційна магістерська робота є самостійним дослідженням, присвяченим важливій та актуальній темі. У сучасному світі, де обсяг цифрової інформації постійно зростає, забезпечення її цілісності стає критично важливим. Технологія блокчейн, з її потенціалом для підвищення надійності та безпеки даних, є перспективним інструментом для вирішення цих проблем. Це робить дослідження актуальним для сучасної науки і практики.

**Позитивні риси кваліфікаційної магістерської роботи:** робота відзначається ґрунтовним аналізом існуючих методів забезпечення цілісності даних та інноваційними підходами до їх вдосконалення за допомогою блокчейн-технологій. Відзначається чітка структура роботи, логічна послідовність викладення матеріалу, а також використання сучасних наукових джерел. У роботі не лише теоретично обґрунтовані висновки, а й запропоновані конкретні практичні рішення, що можуть бути впроваджені у реальних системах.

**Наявність самостійних розробок автора:** запропоновано порівняльний аналіз існуючих механізмів забезпечення цілісності даних; розроблено методологічну оцінку блокчейн-рішень на основі практичних прикладів; створено програмні архітектури з підтримкою блокчейну та проведено їх розгортання і тестування.

**Цінність теоретичних висновків та практичних рекомендацій:** результати дослідження обумовлюють практичну значущість роботи, що визначається можливістю використання запропонованого автором інструментарію для проектів впровадження блокчейн-систем. Теоретичні висновки забезпечують глибоке розуміння механізмів забезпечення цілісності даних за допомогою блокчейну, а практичні рекомендації можуть бути корисними для організацій, які прагнуть покращити надійність своїх інформаційних систем.

**Наявність недоліків:** робота містить певну кількість недоліків, які не впливають на загальну якість виконаної роботи.

**Загальна оцінка кваліфікаційної магістерської роботи та її допущення до захисту перед ЕК:** тема роботи в цілому розкрита, основні положення та висновки достатньо обґрунтовані. Кваліфікаційна магістерська робота Бойко Дениса Івановича на тему «Методи та засоби підвищення цілісності даних у системному аналізі за допомогою технології блокчейн» може бути допущена до захисту перед ЕК і заслуговує на позитивну оцінку, а її автору може бути присвоєно ступінь магістра зі спеціальності «Системний аналіз».

**Науковий керівник:** канд. фіз-мат.наук. Башняков О.М.

**Рецензія на кваліфікаційну магістерську роботу здобувача вищої освіти**  
**Бойко Дениса Івановича**

Тема «Методи та засоби підвищення цілісності даних у системному аналізі за допомогою технології блокчейн»

**Актуальність теми кваліфікаційної роботи і доцільність її розроблення:**

Тема цієї кваліфікаційної роботи надзвичайно актуальна в наш час, коли цілісність даних є ключовою у всіх сферах, що використовують цифрові інформаційні системи. Блокчейн, відомий своєю надійною безпекою, пропонує новий спосіб захисту цілісності даних, що робить дослідження його застосування дуже вчасним та необхідним. Швидкий розвиток технології блокчейну та її потенціал радикально змінив практики управління даними підкреслюють важливість цього дослідження.

**Якість проведеного дослідження:**

Дослідження, представлене в роботі, заслуговує на похвалу. Автор глибоко занурився в складності технології блокчейну, надавши ґрунтовну теоретичну базу та проникливий аналіз її застосування для покращення цілісності даних. Методологія дослідження міцна, а інтеграція рішень на базі блокчейну ретельно розглядається, демонструючи глибоке розуміння теми.

**Позитивні риси кваліфікаційної роботи:**

Позитивною особливістю роботи є глибоке розкриття теоретичних і практичних сторін блокчейну в забезпеченні цілісності даних. Чіткі пояснення та систематичний підхід до розгляду принципів блокчейну роблять матеріал цікавим для читача. Приклади та ілюстрації додають аналізу змістовності, відкриваючи практичне значення дослідження.

**Зауваження:**

Однак робота могла б отримати перевагу від більш детального розгляду викликів та обмежень, пов'язаних з впровадженням блокчейну, включаючи проблеми масштабування та інтеграції з існуючими системами. Такий підхід забезпечив би більш збалансований погляд на застосування технології блокчейну.

**Практична значимість висновків і рекомендацій:**

Висновки та рекомендації мають значну практичну цінність, пропонуючи конкретні кроки для організацій, що прагнуть використати блокчейн для покращення цілісності даних. Робота ефективно зв'язує теоретичні дослідження з практичним застосуванням, вносячи важливий вклад у дискусію про використання технології блокчейну для забезпечення цілісності даних.

**Місце роботи та посада рецензента:** БМД НБУ, головний фахівець відділу супроводження інформаційних систем Черняк П. А.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП .....                                                                                                              | 3  |
| РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ФУНДАМЕНТИ ТА АНАЛІТИЧНІ ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БЛОКЧЕЙНУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ ДАНИХ ..... | 9  |
| 1.1 Огляд проблем цілісності даних у системному аналізі .....                                                            | 9  |
| 1.2 Технологія блокчейн: Принципи, еволюція та застосування .....                                                        | 15 |
| 1.3 Критичний аналіз ролі блокчейну в підвищенні цілісності даних.....                                                   | 22 |
| РОЗДІЛ 2. АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ БЛОКЧЕЙНУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ .....                       | 29 |
| 2.1 Аналіз існуючих механізмів забезпечення цілісності даних .....                                                       | 29 |
| 2.2 Методологічна оцінка блокчейн-рішення: Практичні приклади підвищення надійності системи .....                        | 40 |
| 2.3. Оцінка впливу блокчейну на цілісність даних .....                                                                   | 48 |
| РОЗДІЛ 3. ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА БЛОКЧЕЙН-РІШЕНЬ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМНОЇ ЦІЛІСНОСТІ .....                             | 57 |
| 3.1. Створення програмних архітектур з підтримкою блокчейну .....                                                        | 57 |
| 3.2. Розгортання та експлуатаційне тестування фреймворку блокчейн ....                                                   | 65 |
| 3.3. Аналіз результатів та доцільності впровадження .....                                                                | 74 |
| ВИСНОВОК.....                                                                                                            | 82 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                                                                                          | 85 |

## ВСТУП

### Суть і значимість проблеми

У сучасному цифровому світі питання збереження цілісності даних [1] у системному аналізі займає важливе місце і стоїть на передовій викликів, з якими стикаються бізнес та організації. Перебуваючи в час, що характеризується постійно зростаючою залежністю від цифрових даних, ризики, пов'язані з порушеннями безпеки даних [3], несанкціонованими змінами та кіберзагрозами, стають все більш помітними. Ці ризики не лише теоретичні; вони несуть за собою реальні наслідки, включаючи значні фінансові втрати, підрив довіри серед споживачів, юридичні виклики та потенційну шкоду репутації компанії [5].

Тут на передній план виходить технологія блокчейн - проривний розвиток, який обіцяє переосмислити підхід до збереження цілісності даних [7]. Відома своєю децентралізацією, криптографічною безпекою та незмінністю записів, технологія блокчейн [9] пропонує переконливе рішення для вразливостей, які мучать традиційні системи управління даними. Однак інтеграція цієї технології в існуючі системи [11] - нелегке завдання. Це вимагає глибокого занурення в основи блокчейну, розуміння його масштабованості, як він може співіснувати зі старими системами, та ширших наслідків переходу до децентралізованої моделі управління даними [13].

Значення цього виклику посилюється швидкою цифровою трансформацією, яку ми спостерігаємо в різних галузях. Від фінансів та охорони здоров'я до ланцюгів поставок та державного управління - цілісність даних лежить в основі ефективності рішень і, в кінцевому підсумку, успіху організацій. Це підкреслює необхідність детального дослідження того, як технологія блокчейн може бути використана для посилення цілісності даних у системному аналізі [15].

Ця робота покликана заповнити цю прогалину, маючи на меті висвітлити потенціал блокчейну як захисту для цілісності даних. Це подорож у світ

основних елементів технології блокчейн, її потенційного застосування та перешкод, які виникають при її впровадженні. Мета полягає не лише в тому, щоб розібратися в складнощах блокчейну, але й запропонувати чітку, практичну структуру, яку організації могли б використати для покращення своїх практик управління даними [10, 12].

Це дослідження опирається на широкий спектр джерел, від сучасних наукових досліджень до конкретних прикладів застосування, створюючи наратив [27], який одночасно є інформативним та практично значущим. Робота не обмежується традиційним академічним завданням, а має практичне значення, слугуючи посібником для впровадження блокчейн-технологій з метою надати важливі знання та інструменти для захисту цифрових активів. Завершуючи це дослідження, передбачається надати комплексний погляд на те, як технологія блокчейн може служити фундаментом для цілісності даних, відкриваючи шлях до нашого цифрового майбутнього, яке будується на довірі та безпеці [16].

### **Мета та завдання дослідження**

Дослідження має завдання ретельно розібратися і зрозуміти складні способи, за допомогою яких технологія блокчейн може стати ключовим елементом у покращенні цілісності даних у сфері системного аналізу. Цифрова епоха принесла з собою небувалі обсяги даних, де автентичність і безпека кожного байта мають вирішальне значення. У світлі цього, дослідження спрямоване на відкриття потенціалу блокчейну, технології, яка відома своїми міцними функціями безпеки та децентралізованою природою, для захисту цілісності даних на тлі зростаючих кіберзагроз.

Цілі цього дослідження ретельно продумані, щоб прокласти шлях до досягнення цієї мети, кожна з них служить кроком, який колективно прагне побудувати комплексне розуміння ролі блокчейну в цілісності даних [1, 22]:

1. *Розплутати складність викликів цілісності даних:* Перша ціль полягає у тому, щоб зануритися в сучасний стан цілісності даних, визначаючи виклики та вразливі місця, які створюють проблеми для традиційних систем

управління даними. Це включає розуміння спектра загроз, з якими стикаються бізнеси, від кібератак до внутрішнього підроблення даних, та наслідків таких загроз для довіри та надійності організацій.

2. *Розкрити таємниці технології блокчейн:* В центрі цього дослідження лежить ціль розкрити таємниці технології блокчейн, досліджуючи її основні принципи, механізми роботи та відмітні особливості, такі як незмінність, прозорість та алгоритми консенсусу. Це включає глибоке занурення в те, як блокчейн працює за межами поверхневого рівня, розуміння його нюансів та теоретичних основ, які роблять його придатним для покращення цілісності даних [9,14].

3. *Дослідити застосування блокчейну в системному аналізі:* Переходячи від теорії до практики, дослідження має на меті дослідити практичність інтеграції технології блокчейн у рамках системного аналізу. Це включає вивчення кейс-стадій та існуючих впроваджень блокчейну для цілісності даних, оцінюючи їх успіх, обмеження та уроки, отримані з цих зусиль.

4. *Оцінити можливість інтеграції блокчейну:* Визнання потенціалу блокчейну - це одне; розуміння його можливості адаптації в існуючих системах - це інше. Таким чином, однією з цілей дослідження є критична оцінка можливості інтеграції технології блокчейну в поточні практики системного аналізу, враховуючи такі фактори, як масштабованість, вартість та технологічна сумісність.

5. *Запропонувати рамки для впровадження блокчейну:* Користуючись отриманими знаннями, дослідження прагне запропонувати стратегічні рамки для впровадження технології блокчейну для покращення цілісності даних. Ці рамки призначені слугувати керівництвом для організацій, які розглядають можливість впровадження блокчейну, окреслюючи кроки, міркування та кращі практики для успішної інтеграції.

6. *Надати стратегічні рекомендації:* Нарешті, дослідження має на меті завершитися стратегічними рекомендаціями для організацій, політиків та

розробників технологій щодо використання технології блокчейну для цілісності даних. Це включає поради щодо подолання викликів прийняття блокчейну, забезпечення масштабованості та розвитку культури неперервної інновації та свідомості безпеки [5, 25].

Узгоджуючись з цими цілями, дослідження прагне внести значний вклад у галузь, поєднуючи теоретичні уявлення з практичними застосуваннями. Це подорож, яка не лише прагне дослідити трансформаційний потенціал технології блокчейн, але й освітити шлях для її прийняття у захисті цілісності наших цифрових даних. Через це всеосяжне дослідження, дослідження прагне стати маяком для організацій, які навігують складнощами управління цифровими даними, надаючи їм можливість використовувати силу технології блокчейну для зміцнення їхньої цілісності даних і, відповідно, їхньої надійності та стійкості в цифрову епоху.

### **Обґрунтування актуальності теми**

Важливість дослідження перетину між технологією блокчейн та цілісністю даних у системному аналізі в сучасному цифровому світі неможливо переоцінити. Організації по всьому світу все більше покладаються на цифрові дані для прийняття рішень, проведення операцій та взаємодії з клієнтами, тому цілісність цих даних стає кутовим каменем надійності операцій та довіри [4]. Поява технології блокчейн з її відмінними характеристиками децентралізації, незмінності та прозорості відкриває революційні можливості для вирішення вічних викликів безпеки та цілісності даних. Фокус цього дослідження на використанні блокчейну для покращення цілісності даних є своєчасним та має величезне значення з кількох ключових причин.

По-перше, зростання кількості витоків даних та кібератак в останні роки підвищило усвідомленість та терміновість потреби в надійних механізмах захисту даних. Традиційні централізовані системи управління даними, хоча й широко використовуються, стають все більш вразливими до складних кіберзагроз, що призводить до значних фінансових, репутаційних та

операційних збитків. Децентралізована природа технології блокчейн пропонує обладйливу альтернативу, потенційно революціонізуючи спосіб зберігання, перевірки та захисту даних. Досліджуючи цей потенціал, воно відповідає критичній потребі в більш безпечних практиках управління даними, які можуть протистояти еволюції кіберзагроз.

По-друге, нормативний контекст навколо конфіденційності та безпеки даних стає строгішим у всьому світі. Регуляції, такі як Загальний регламент захисту даних (GDPR) в Європейському Союзі та Акт про конфіденційність споживачів Каліфорнії (CCPA) у США [7], ілюструють зміну регуляторного середовища, надаючи більшого значення цілісності та захисту особистих та чутливих даних.

Крім того, зростаюча складність та обсяг даних, генерованих сучасними бізнес-операціями, вимагають більш витончених та надійних методів для управління даними та аналізу. Здатність технології блокчейн забезпечувати точність та послідовність даних між кількома сторонами без необхідності центрального органу є особливо актуальною в сценаріях, що включають складні ланцюги поставок, фінансові транзакції та міжнародний обмін даними. Дослідження застосування та ефективності блокчейну у покращенні цілісності даних відповідає нагальній потребі в інноваційних рішеннях, здатних керувати сучасною складністю даних.

Більше того, актуальність теми виходить за рамки технічних та регулятивних міркувань, охоплюючи етичні наслідки. У епоху, коли дані часто описують як нову нафту, забезпечення їх цілісності є не тільки питанням безпеки, але й етичної відповідальності. Організації мають обов'язок захищати дані, які їм довірені клієнтами, партнерами та співробітниками. Дослідження блокчейну як засобу виконання цієї відповідальності відображає зобов'язання до етичних практик управління даними, узгоджуючись з ширшими суспільними очікуваннями щодо прозорості, відповідальності та довіри [8-10].

Підсумовуючи, актуальність розгляду методів та засобів покращення цілісності даних у системному аналізі за допомогою технології блокчейн

підкреслюється збігом викликів кібербезпеки, регулятивного тиску, операційних складнощів та етичних міркувань. Це дослідження не тільки реагує на сучасні проблеми, але й антиципує майбутні тенденції в управлінні цифровими даними, позиціонуючи себе на передовій досліджень, які можуть сформувати наступне покоління рішень для цілісності даних. Таким чином, воно вносить цінні інсайти в академічну сферу, індустрію та суспільство, підкреслюючи трансформаційний потенціал технології блокчейн у забезпеченні цифрового майбутнього.

### **Стан поточних досліджень**

Останні наукові статті та звіти галузі висвітлюють унікальну цінність блокчейну в забезпеченні цілісності даних, включаючи його децентралізовану архітектуру, яка усуває ризик єдиної точки збою, притаманний традиційним централізованим системам зберігання даних. Дослідження, опубліковані в рецензованих журналах, таких як "Journal of Network and Computer Applications" та "IEEE Access", детально описують технічні рамки та моделі для інтеграції блокчейну в існуючі системи управління даними, демонструючи його життєздатність у галузях охорони здоров'я, фінансів, управління ланцюгами поставок та урядових записів.

Крім того, пілотні проєкти та реалізації, описані в галузевих білих книгах та кейс-стадіях, надають емпіричні докази ефективності блокчейну в покращенні цілісності даних. Наприклад, ініціативи в секторі ланцюгів поставок показали, як блокчейн може бути використаний для створення незмінних записів про походження продукції, значно знижуючи ризик шахрайства та забезпечуючи автентичність товарів.

Однак дослідження також вказують на виклики, пов'язані з масштабованістю, споживанням енергії (особливо для механізмів консенсусу на основі роботи) та необхідністю регуляторної ясності, які залишаються предметом триваючих досліджень. Діалог у академічних колах та на галузевих форумах, таких як Всесвітній економічний форум та технологічні конференції,

продовжує розвиватися, зосереджуючись на вирішенні цих викликів та оптимізації інтеграції технології в різноманітні операційні середовища.

## **РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ФУНДАМЕНТИ ТА АНАЛІТИЧНІ ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БЛОКЧЕЙНУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ ДАНИХ**

### **1.1 Огляд проблем цілісності даних у системному аналізі**

У сфері системного аналізу цілісність даних є фундаментом, забезпечуючи точність, послідовність та надійність інформації протягом усього її життєвого циклу. Однак зі зростанням значення цифрових систем для організаційних операцій виклики для цілісності даних, які охоплюють кібербезпеку та людські помилки, стають складнішими та поширенішими. Цей огляд висвітлює критичні питання, пов'язані з цілісністю даних у системному аналізі, і підкреслює трансформаційний потенціал технології блокчейн як рішення.

Проблеми цілісності даних у системному аналізі є комплексним викликом, що охоплює технічні, організаційні та операційні сфери. Суть цілісності даних полягає в точності, послідовності та надійності даних на всіх етапах їхнього життєвого циклу. У контексті системного аналізу забезпечення цілісності даних є критично важливим, оскільки пошкоджені дані можуть призвести до помилкового прийняття рішень, втрати довіри клієнтів, юридичних та фінансових наслідків, а також шкоди репутації організації.

#### **Складність проблем цілісності даних**

Складність питань цілісності даних у сучасному цифровому середовищі є значною, під впливом безлічі факторів, що створюють виклики для точності, послідовності та надійності даних у системах. В основі цілісності даних лежить необхідність забезпечення незмінності даних від їх оригінального стану, захисту від несанкціонованих змін, видалень або додавань [6-9]. Цей виклик ускладнюється різноманітністю сучасних інформаційних систем, де дані проходять складний шлях зберігання, обробки та передачі. Кожна точка

цього шляху представляє потенційні вразливості, де цілісність даних може бути порушена, чи то через кібератаки, людську помилку, збої системи чи помилки програмного забезпечення.

Кібербезпека, наприклад, становить значний ризик для цілісності даних, з хакерами, що використовують дедалі витонченіші методи для проникнення в системи та зміни або крадіжки конфіденційної інформації. Шкідливе програмне забезпечення, вимагальницьке ПЗ та фішингові атаки можуть вносити несанкціоновані зміни до даних, роблячи їх ненадійними для процесів прийняття рішень та ставлячи під загрозу операційну діяльність організацій. Крім того, внутрішні загрози — чи то зловмисні, чи випадкові — підкреслюють людський аспект у викликах цілісності даних. Співробітники з доступом до конфіденційних даних можуть ненавмисно або навмисно порушити їхню цілісність, підкреслюючи необхідність суворого контролю доступу та постійного моніторингу транзакцій даних [11-15].

Швидкий розвиток технологій та експоненційне зростання обсягів даних посилюють ці проблеми цілісності. Оскільки організації приймають хмарні обчислення, IoT-пристрої та мобільні технології, складність управління цілісністю даних зростає. Кожна нова технологія вносить унікальні вразливості та розширює поле атаки, вимагаючи адаптивних і міцних заходів безпеки для захисту даних у різноманітних середовищах.

Для вирішення складності проблем цілісності даних потрібен комплексний підхід, що поєднує передові технологічні рішення, суворі практики управління даними та культуру обізнаності та пильності в організаціях. Технології, як-от блокчейн, пропонують обнадійливі рішення завдяки своїм незмінним реєстрам та децентралізованій архітектурі, надаючи рівень безпеки, якого не мають традиційні системи. Водночас впровадження комплексних рамок управління даними забезпечує, що процеси управління даними проводяться з цілісністю як найвищим пріоритетом. В кінцевому підсумку, виховання культури [17-21], яка надає пріоритет захисту даних та цінує критичну роль цілісності даних, є життєво важливим для навігації у

складнощах цифрової епохи, забезпечуючи, що дані залишаються надійним активом для обґрунтованого прийняття рішень та оперативної відмінності.

Проблеми з цілісністю даних мають внутрішню складність через багатогранність управління даними та численні шляхи, якими дані можуть бути скомпрометовані. Ці виклики посилюються змінами в технологіях та загрозами кібербезпеки. Дослідження Університету Меріленда показало, що хакерські атаки на комп'ютери з доступом в Інтернет відбуваються кожні 39 секунд, що підкреслює постійну загрозу цілісності даних.

### **Надійність та точність даних**

Надійність та точність даних є життєво важливими для ефективного прийняття рішень та оперативної ефективності в будь-якій організації. Надійність забезпечує послідовність даних з часом, створюючи стабільну основу для аналізу та рішень. Це означає, що одні й ті ж дані при повторному розгляді в ідентичних умовах дають послідовні результати, підкреслюючи їхню надійність. Точність, навпаки, вимірює, наскільки дані відповідають істинним значенням, які вони повинні представляти, забезпечуючи прийняття рішень на основі коректної та точної інформації.

Виклики для підтримки цілісності даних виникають з різних джерел, включаючи людські помилки, технічні збої та загрози кібербезпеки, що можуть призвести до зміни, пошкодження або втрати даних. Подолання цих викликів вимагає суворих практик управління даними, всебічних заходів кібербезпеки та культивування в організації культури обізнаності даними [11].

Застосування регулярних аудитів якості даних, впровадження передових технологій, як-от блокчейн, для підвищення безпеки та сприяння обізнаності даними в організації є ключовими стратегіями для забезпечення надійності та точності даних. Такі заходи не тільки захищають дані організації, але й підсилюють її репутацію, забезпечуючи прийняття рішень на основі надійних даних. У сучасному керованому даними середовищі, відданість підтримці цілісності даних є вирішальною для підтримки операційного успіху та конкурентної переваги.

## **Проблеми, з якими стикаються**

Забезпечення цілісності даних, особливо захист від несанкціонованих змін у даних і запобігання втраті даних, становить значні виклики в сучасному цифровому середовищі. Ці виклики випливають з різноманітних джерел, включаючи складні кібератаки, людські помилки, вразливості системи та складності управління даними на різних платформах і технологіях.

- Несанкціоновані зміни даних: Одна з основних загроз цілісності даних - це несанкціоновані зміни, що можуть бути здійснені через хакінг, внутрішні загрози або інфекції шкідливим програмним забезпеченням. Кіберзлочинці використовують передові техніки для обходу захисних заходів, змінюючи дані з метою шахрайства або завдання шкоди.
- Втрата даних: Загроза втрати даних є значною, з потенційними причинами від збоїв обладнання до природних катастроф і людських помилок. Втрата даних може не тільки зупинити операції, але й мати довгострокові наслідки для репутації та фінансів організації [13].

Вирішення цих викликів вимагає комплексного підходу, який охоплює міцні кібербезпеки, такі як шифрування, контроль доступу, системи виявлення вторгнень, а також навчання співробітників для зниження ризику людських помилок. Організації також мають застосовувати ретельні практики управління даними, включаючи регулярні аудити, моніторинг в реальному часі та впровадження надійних рішень для резервного копіювання та відновлення. Використання новітніх технологій, як-от блокчейн, пропонує потенційні рішення для покращення цілісності даних.

## **Підхід до вирішення складності**

Для вирішення складності проблем цілісності даних потрібен комплексний підхід, який включає впровадження надійних заходів кібербезпеки, культивування культури відповідальності за дані серед співробітників і використання передових технологій, як-от блокчейн. Блокчейн пропонує обнадійливі можливості для покращення цілісності даних

завдяки своїй незмінній системі записів, хоча існують виклики з масштабуванням та інтеграцією з існуючими системами [16, 17].

### *Технологія блокчейн*

Технологія блокчейн базується на концепції децентралізованої системи обліку. Вона записує транзакції через мережу комп'ютерів, забезпечуючи незмінність і прозорість кожного запису. Технологія використовує криптографічне хешування для захисту кожного блоку даних, при цьому кожен новий блок містить хеш попереднього, створюючи зв'язану ланцюгову структуру. Ця структура, у поєднанні з механізмами консенсусу, як-от Proof of Work (PoW) або Proof of Stake (PoS) [20], гарантує, що дані не можуть бути змінені заднім числом без згоди учасників мережі. Дослідження, проведене МІТ, висвітлює універсальність блокчейну за межами криптовалют, демонструючи його потенціал у сферах, таких як охорона здоров'я для захисту електронних медичних записів та ланцюгів поставок для перевірки походження товарів. Дослідження МІТ 2021 року продемонструвало здатність блокчейну створити безпечну платформу для електронних медичних записів, підкреслюючи його роль у запобіганні несанкціонованому доступу та змінам, тим самим зберігаючи цілісність даних [22].

Система використовувала криптографічно закріплений ланцюжок блоків, для зберігання документів з відміткою часу, а в 1992 році дерева Меркле були включені в розробку, що зробило її більш ефективною, дозволивши збирати кілька документів в один блок. Однак ця технологія не використовувалася, і патент був упущений в 2004 році, за чотири роки до створення біткойнов.

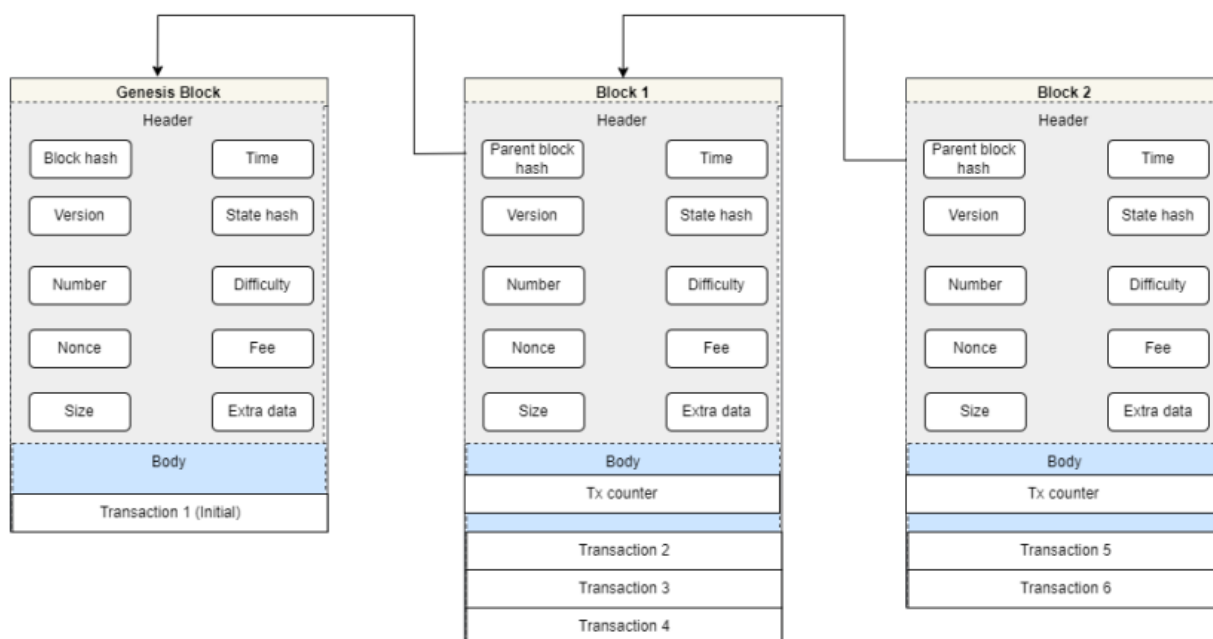


Рисунок 1.1 Схема формування ланцюжку блоків у блокчейні

### *Передові методи шифрування та контроль доступу*

Поєднання передових методів шифрування та суворих заходів контролю доступу забезпечує подвійний рівень безпеки. Шифрування, яке використовує алгоритми, такі як AES і RSA, захищає дані в спокої та під час передачі, перетворюючи їх у формат, який можуть інтерпретувати лише авторизовані користувачі з відповідними ключами. Механізми контролю доступу, такі як рольовий доступ (RBAC) та багатофакторна аутентифікація (MFA), забезпечують, щоб доступ до даних був суворо регульований. Дослідження Стенфордського університету щодо оптимізації методів шифрування для різноманітних обчислювальних середовищ, включаючи дослідження 2019 року про легкі алгоритми шифрування для пристроїв IoT, відображає тривалі зусилля щодо балансу між силою шифрування та оперативною ефективністю.

### *Рамки управління даними*

Рамки управління даними створюють комплексні політики та процедури для управління активами даних організації, забезпечуючи якість даних, безпеку та відповідність нормам. Ці рамки передбачають визначення ролей та відповідальності в межах організації, встановлення стандартів для обробки та зберігання даних, а також впровадження контролів для моніторингу та

забезпечення дотримання внутрішніх політик і регулятивних вимог. Ефективне управління даними підтримує цілісність даних, стандартизуючи практики управління даними та надаючи чітку структуру для вирішення питань, пов'язаних з даними. Дослідження Оксфордського університету підкреслює значення управління даними у зменшенні ризиків, пов'язаних з порушеннями даних та забезпеченні відповідності нормативним вимогам. Дослідження 2020 року висвітлює, як ефективні рамки управління сприяють культурі опіки за даними, визнаючи дані стратегічним активом і управляючи ними з максимальною увагою [24].

Ці підходи, засновані на принципах децентралізації, безпеки та структурованого управління, надають міцні методології для вирішення проблем цілісності даних.

## 1.2 Технологія блокчейн: Принципи, еволюція та застосування

Технологія блокчейн, революційна цифрова платформа, кардинально змінила сприйняття цілісності даних, транзакцій та цифрової довіри. В основі блокчейну лежать принципи, що забезпечують безпеку, прозорість та децентралізацію, роблячи його потужним інструментом у різних секторах, далеко за межами його початкового застосування в криптовалютах, як-от Біткойн.



Рисунок 1.2. Схема роботи блокчейну

*Децентралізація:* На відміну від традиційних централізованих систем, де контроль має єдина установа, блокчейн працює на децентралізованій мережі комп'ютерів (вузлів). Ця децентралізація означає, що жодна єдина точка збою не може порушити цілісність системи, підвищуючи безпеку та стійкість проти атак. Кожен учасник мережі має доступ до копії блокчейну, забезпечуючи, що дані не контролюються жодною єдиною владою, тим самим демократизуючи інформацію та знижуючи ризик цензури або маніпуляції.

*Прозорість та незмінність:* Транзакції, записані в блокчейні, прозорі та незмінні. Одного разу додана до блокчейну транзакція стає видимою для всіх учасників і не може бути змінена або видалена, створюючи середовище довіри та відповідальності. Прозорість забезпечує, що всі дії є простежуваними, дозволяючи легко проводити верифікацію та контрольні шляхи. Незмінність забезпечується через криптографічне хешування, де кожен блок містить унікальний хеш попереднього блоку, створюючи безпечний ланцюг транзакцій, з яким практично неможливо маніпулювати без виявлення.

*Механізми консенсусу:* Блокчейн покладається на механізми консенсусу для валідації транзакцій та додавання нових блоків до ланцюга. Популярні механізми включають Proof of Work (PoW) та Proof of Stake (PoS). PoW, який використовується Біткойном, вимагає від вузлів вирішувати складні математичні задачі, споживаючи значні обчислювальні потужності та енергію. PoS вибирає валідаторів на основі кількості монет, які вони мають і готові "застосувати" як заставу. Ці механізми забезпечують, що всі учасники мережі погоджуються з легітимністю транзакцій, запобігаючи шахрайству та забезпечуючи цілісність даних.

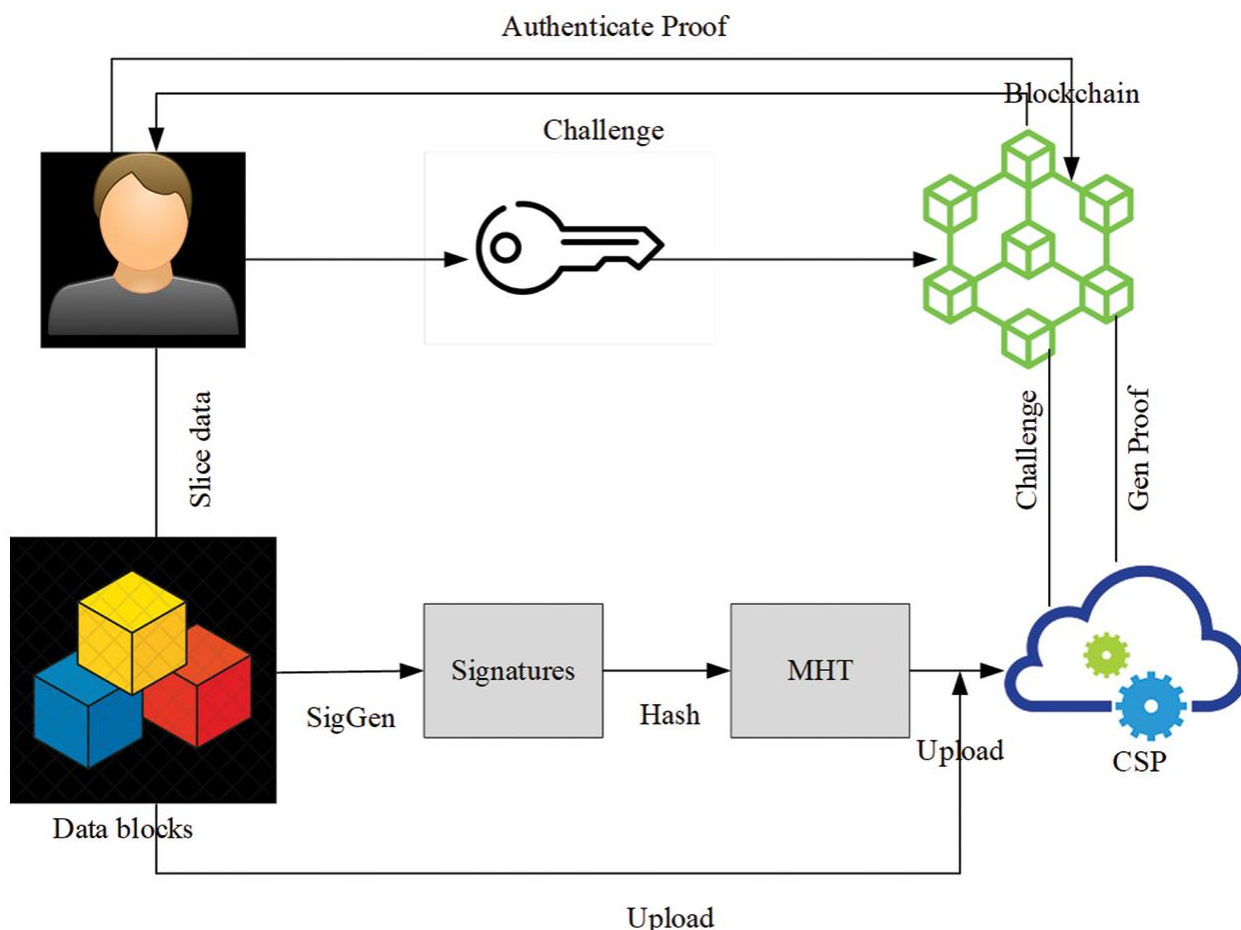


Рисунок 1.3. Блок-схема пропонованої схеми аутентифікації цілісності даних.

**Смарт-контракти:** Ще один ключовий принцип технології блокчейну - використання смарт-контрактів, самовиконувальних контрактів з умовами угоди, безпосередньо записаними у рядках коду [15-20]. Ці контракти автоматично виконують і застосовують умови угоди на основі попередньо визначених правил, усуваючи потребу в посередниках та знижуючи потенціал для спорів. Смарт-контракти мають широке застосування, від автоматизації складних процесів у фінансових послугах до забезпечення прозорості в ланцюгах поставок.

Принципи блокчейну, такі як децентралізація, прозорість, незмінність, механізми консенсусу та смарт-контракти, разом забезпечують міцну основу для захисту даних та транзакцій. Ці основоположні атрибути пояснюють зростаючий інтерес до блокчейну в різних доменах, включаючи фінанси, охорону здоров'я, управління ланцюгами поставок та інше. Оскільки технологія продовжує розвиватися, її потенційні застосування здаються

безмежними, з постійними дослідженнями та інноваціями, спрямованими на подолання поточних обмежень, таких як масштабованість та споживання енергії. Дослідження принципів блокчейну не тільки висвітлює поточні можливості технології, але й прокладає шлях для її майбутнього розвитку та застосувань.

Еволюція технології блокчейн представляє захоплюючий шлях від концептуальної основи до революційної цифрової інфраструктури з широким застосуванням у різних секторах. Цей прогрес відображає не лише технологічні досягнення, а й зростаюче визнання потенціалу блокчейну трансформувати традиційні процеси та системи.

*Початок і Ера Біткойну:* Початки блокчейну сягають 1991 року, коли Стюарт Хабер та В. Скотт Сторнетта запропонували криптографічно захищений ланцюг блоків для часових міток цифрових документів, запобігаючи їхньому підробленню. Однак лише в 2008 році блокчейн набув значної популярності з публікацією білого паперу особою (або групою) під псевдонімом Сатоші Накамото [2]. Цей документ представив Біткойн, першу криптовалюту, і з нею перше практичне впровадження блокчейну як децентралізованої книги для запису транзакцій без необхідності центрального органу [1-7].

*Розширення за межі криптовалют:* Хоча Біткойн відкрив світу блокчейн, потенціал технології швидко став очевидним поза цифровими валютами. Розробка Ефіріуму в 2015 році стала значною віхою в еволюції блокчейну, представивши смарт-контракти, які дозволили розробникам створювати децентралізовані застосунки (dApps) на його платформі. Це нововведення розширило корисність блокчейну за фінансові транзакції до секторів, таких як управління ланцюгами поставок, охорона здоров'я та верифікація цифрової ідентичності, продемонструвавши його універсальність.

*Покращення масштабованості та ефективності:* Зі зростаючим інтересом до технології блокчейн масштабованість та споживання енергії виявилися критичними викликами, особливо для блокчейнів, які

використовують механізми консенсусу Proof of Work (PoW). Це призвело до дослідження та розробки альтернативних алгоритмів консенсусу, як-от Proof of Stake (PoS), що пропонує більш енергоефективний підхід. Крім того, були розроблені рішення, такі як бічні ланцюги, шардінг і протоколи другого рівня, для покращення швидкості транзакцій та масштабованості.

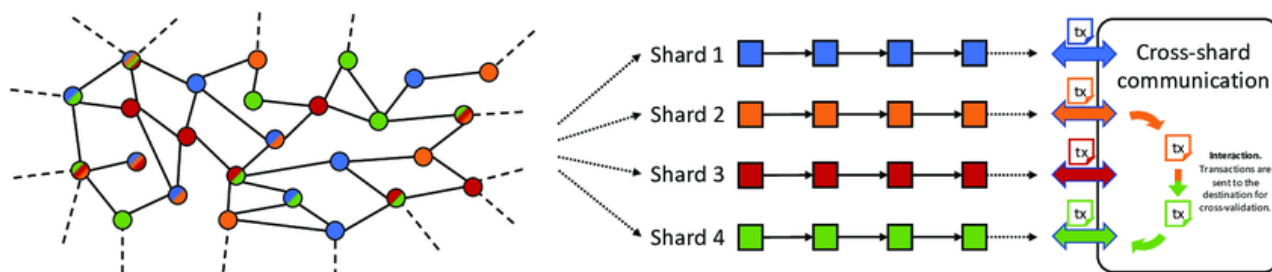


Рисунок 1.4. Схема розгалуження блокчейну при шардінгу

*Інтеграція з новітніми технологіями:* Еволюція блокчейну також характеризується його інтеграцією з іншими новітніми технологіями, такими як Інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI) та 5G. Ці інтеграції пропонують нові можливості для автоматизованих, безпечних та ефективних систем у різних галузях. Наприклад, блокчейн може забезпечити безпечний та незмінний реєстр для пристроїв IoT, підвищуючи безпеку та цілісність даних у взаємопов'язаних системах.

*Регулятивні розробки та масове прийняття:* Зростаючий інтерес до блокчейну призвів до регулятивних розробок, спрямованих на створення рамок для його використання та інтеграції в основну фінансову систему. Уряди та регулятивні органи по всьому світу працюють над збалансуванням інновацій з захистом споживачів, запобіганням відмиванню грошей та фінансовою стабільністю. Водночас корпорації та фінансові установи досліджують та впроваджують блокчейн-рішення для процесів, таких як транскордонні платежі, торгівля цифровими активами та прозорість ланцюгів поставок, сигналізуючи про зростаюче прийняття та адаптацію блокчейну.

Еволюція блокчейну від платформи цифрової валюти до основоположної технології з широким застосуванням підкреслює його потенціал переосмислити взаємодії та транзакції в цифровій економіці. Як блокчейн продовжує дозрівати, його постійний розвиток обіцяє вирішити існуючі

обмеження та відкрити нові можливості для інновацій та ефективності в різних галузях.

| Рік  | Блокчейн                                                                | Bitcoin                                        | Ethereum                                                                     |
|------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 1991 | Закладено концептуальну основу Хабером та Сторнеттою.                   |                                                |                                                                              |
| 2008 | Сатоші Накамото публікує вайтпейпер Bitcoin.                            | Запущено мережу Bitcoin.                       |                                                                              |
| 2009 |                                                                         | Перша транзакція Bitcoin.                      |                                                                              |
| 2011 | Починають з'являтися альткоїни.                                         |                                                |                                                                              |
| 2012 | Перші застосування блокчейну поза фінансовою сферою.                    |                                                |                                                                              |
| 2013 | Віталік Бутерін публікує вайтпейпер Ethereum.                           |                                                | Запропоновано Ethereum, як платформу з більшими можливостями, ніж у Bitcoin. |
| 2015 | Запущено Ethereum, введено смарт-контракти.                             |                                                | Запуск Ethereum, що дозволяє роботу dApps та смарт-контрактів.               |
| 2017 | Бум ICO.                                                                | Ціна Bitcoin досягає небачених висот.          |                                                                              |
| 2018 | Розробка рішень для масштабування, як-от Lightning Network для Bitcoin. | Bitcoin широко визнається як "цифрове золото". |                                                                              |
| 2020 | Платформи DeFi набувають популярності на Ethereum.                      |                                                | Ethereum відіграє ключову роль у секторах DeFi та NFT.                       |
| 2021 | Підйом NFT на Ethereum.                                                 |                                                | Оновлення мережі Ethereum (EIP-1559) вводить нову структуру комісій.         |
| 2022 | Широке прийняття та інновації в блокчейні.                              | Зростання інституційного прийняття Bitcoin.    | Початок переходу на Proof of Stake (Ethereum 2.0).                           |
| 2023 | Продовження розвитку блокчейну.                                         | Підтримка та інвестиції в Bitcoin тривають.    | Тривають розробки та рішення для масштабування Ethereum 2.0.                 |

Таблиця 1.1. Хронологія еволюції Блокчейн

Технологія блокчейн, спочатку розроблена для цифрової валюти Біткойн, знайшла застосування у багатьох секторах, демонструючи широкий спектр застосувань, які значно виходять за межі її первісних фінансових імплементацій. Ця децентралізована технологія обліку записує транзакції через мережу комп'ютерів, забезпечуючи незмінність та прозорість кожного запису, що, в свою чергу, сприяє створенню середовища довіри без необхідності посередників. Трансформаційний потенціал блокчейну було визнано у різних областях, включаючи управління ланцюгами поставок, охорону здоров'я, верифікацію цифрової ідентичності та багато іншого, ілюструючи його здатність революціонізувати традиційні бізнес-моделі та операційні процеси.

У сфері фінансових послуг технологія блокчейн сприяє транзакціям між особами, оптимізує платежі та дозволяє виконання складних фінансових інструментів за допомогою смарт-контрактів. Дослідження Кембриджського центру альтернативних фінансів підкреслює, як блокчейн перетворює фінансовий сектор, пропонуючи альтернативи традиційним банківським операціям, тим самим підвищуючи ефективність і знижуючи витрати. Крім того, його застосування в управлінні ланцюгами поставок, як повідомляє Deloitte, дозволяє відстежувати товари в реальному часі та верифікувати їх, підвищуючи прозорість і знижуючи шахрайство. Компанії, такі як Walmart та Maersk, використовують блокчейн для створення більш ефективних, надійних ланцюгів поставок, встановлюючи прецедент для його прийняття в логістиці та відстеженні продуктів.

Сектор охорони здоров'я також може значно виграти від технології блокчейн. Забезпечуючи безпечний, взаємосумісний обмін медичними записами, блокчейн може покращити догляд за пацієнтами та конфіденційність даних, як це досліджено в Журналі Американської асоціації медичної інформатики. Це застосування забезпечує цілісність медичних даних, сприяючи кращій співпраці в дослідженнях і результатам пацієнтів. Крім того, роль технології у верифікації цифрової ідентичності, як

обговорюється Всесвітнім економічним форумом, пропонує рішення для захисту від крадіжки ідентичності та шахрайства, надаючи особам контроль над їхніми особистими даними та їх розподілом.

Оскільки технологія блокчейн продовжує розвиватися, її інтеграція в такі області, як системи цифрового голосування та операції з нерухомістю, демонструє її універсальність і потенціал для вирішення тривалих викликів у цих доменах. Дослідження МІТ щодо використання блокчейну для зниження ризиків електронного голосування та обговорення Forbes впливу на операції з нерухомістю є прикладами розширення застосування блокчейну. Незважаючи на виклики, пов'язані з масштабованістю, регулятивним прийняттям та технологічною складністю, постійне дослідження та прийняття блокчейну в різних галузях підкреслює його потенціал значно вплинути на цифрову економіку, обіцяючи більш прозорі, ефективні та безпечні системи [27].

### **1.3 Критичний аналіз ролі блокчейну в підвищенні цілісності даних**

Зліт блокчейн технології як ключової сили у покращенні цілісності даних у різноманітних доменах підкреслює її трансформаційний потенціал. Використовуючи децентралізовану, незмінну систему запису, блокчейн по суті зміцнює надійність і достовірність даних, вирішуючи основні виклики, які довго турбували традиційні централізовані системи управління даними. Цей критичний аналіз досліджує різносторонню роль блокчейну у зміцненні цілісності даних, спираючись на дослідження та огляди провідних американських установ.

Фундаментальне дослідження Американського інституту інновацій у блокчейні висвітлює унікальну цінність блокчейну у забезпеченні цілісності даних. Дослідження розкриває, як архітектурні основи блокчейну — децентралізація, криптографічна безпека та валідація на основі консенсусу — колективно захищають від несанкціонованих змін даних, тим самим підвищуючи довіру до даних. Інститут зазначає, що в традиційних системах

цілісність даних часто порушується через наявність єдиної точки відмови. Натомість блокчейн розподіляє дані по мережі вузлів, роблячи надзвичайно складним для злоумисників змінювати дані без виявлення.

Щоб глибше зрозуміти принципи криптографічної безпеки та валідації на основі консенсусу в технології блокчейн, важливо знати, як ці елементи разом забезпечують цілісність даних та довіру в децентралізованих мережах. Криптографічна безпека за допомогою хеш-функцій та цифрових підписів гарантує, що кожен блок у блокчейні є захищеним від несанкціонованих змін. Це означає, що будь-яка спроба змінити дані транзакції всередині блоку буде негайно помітна, оскільки це зробить хеш блоку недійсним. Хеш-функції генерують унікальний цифровий відбиток для кожного блоку, забезпечуючи безпеку та незмінність кожної частини блокчейну після її додавання. Цифрові підписи, з іншого боку, перевіряють справжність походження транзакції, забезпечуючи, що транзакції не змінюються шахрайським шляхом під час транзиту.

Механізми консенсусу є не менш важливими, служачи протоколом, через який мережі блокчейну домовляються про валідність транзакцій, перш ніж вони будуть додані до блокчейну. Цей процес є критичним для запобігання шахрайству та забезпечення синхронізації реєстру всіма учасниками мережі. Proof of Work (PoW) та Proof of Stake (PoS) є найбільш поширеними механізмами консенсусу. Наприклад, PoW вимагає від учасників (майнерів) вирішувати складні математичні задачі, процес, який споживає значні обчислювальні ресурси, але забезпечує високий ступінь безпеки проти злоумисних атак [31]. PoS, навпаки, вибирає валідаторів пропорційно до їх кількості володінь криптовалютою, сприяючи енергоефективності та швидшим часам валідації транзакцій.

Інтеграція криптографічної безпеки з валідацією на основі консенсусу вирішує проблему подвійного витрачання — коли цифровий токен може бути витрачений більше ніж один раз. Забезпечуючи, що кожна транзакція підтверджується лише в тому випадку, якщо вона відповідає правилам мережі,

які були погоджені через консенсус, технологія блокчейну забезпечує унікальність та послідовний порядок транзакцій, зміцнюючи цілісність цифрового реєстру.

Застосування блокчейну для захисту Електронних медичних записів (EHR) підкреслює його потенціал поза сферою криптовалют. Впроваджуючи криптографічні техніки та механізми консенсусу, платформи блокчейну можуть запропонувати безпечне та незмінне сховище для конфіденційних медичних даних. Це забезпечує захист медичних записів від несанкціонованого доступу та змін, сприяючи середовищу охорони здоров'я, де цілісність даних та конфіденційність є найважливішими. Більше того, децентралізована природа блокчейну надає пацієнтам більший контроль над їхніми медичними даними, дозволяючи їм надавати або відкликати доступ до своїх записів за потреби, тим самим покращуючи орієнтованість на пацієнта.

Ці принципи технології блокчейну — криптографічна безпека та валідація на основі консенсусу — постійно удосконалюються та адаптуються для задоволення еволюційних потреб різних галузей, від фінансів до охорони здоров'я, управління ланцюгами поставок і далі. Як технологія дозріває, ймовірно, що з'являться нові криптографічні техніки та моделі консенсусу, ще більше покращуючи безпеку, ефективність та застосовність систем блокчейну. Ця еволюція безсумнівно сприятиме ширшому прийняттю та інтеграції технології блокчейну в цифрові інфраструктури, пропонуючи міцні рішення для тривалого виклику підтримки цілісності даних у все більш цифровизованому світі.

Більш того, прозорість, притаманна технології блокчейн, відіграє вирішальну роль у цілісності даних. Кожна транзакція на блокчейні записується таким чином, що є доступною та перевіряється всіма учасниками, сприяючи створенню середовища довіри та відповідальності. Цей аспект особливо трансформаційний для секторів, як управління ланцюгами поставок, де критично важливе походження товарів. Дослідження Массачусетського технологічного інституту (MIT) щодо застосування блокчейну в ланцюгах

поставок підкреслює його потенціал надати непідробний запис про подорож продукту від початку до споживача, таким чином зменшуючи шахрайство та забезпечуючи автентичність.

Ще одне ключове дослідження Стенфордського університету занурюється в роль смарт-контрактів у підвищенні цілісності даних.

Смарт-контракти — це самовиконувальні контракти з умовами угоди, безпосередньо записаними в коді. Смарт-контракти, ключова інновація, введена технологією блокчейн, це самовиконувальні контракти, умови угоди яких безпосередньо записані в коді. Ці цифрові контракти автоматично забезпечують виконання та дотримання умов угод без потреби в посередниках, що значно знижує потенціал для спорів, шахрайства та помилок [27]. Роль смарт-контрактів у покращенні цілісності даних та оптимізації процесів є значною, оскільки вони забезпечують безпечний, прозорий та ефективний метод для проведення транзакцій та управління даними в безлічі галузей.

Дослідження стверджує, що смарт-контракти автоматизують та забезпечують виконання контрактних зобов'язань з точністю та без потреби в посередниках, значно знижуючи ризик маніпуляції або невиконання. Ця автоматизація не лише оптимізує процеси, але й зміцнює цілісність транзакційних даних у різних секторах, від фінансів до нерухомості.

| Сфера застосування | Завдання смарт-контракту                | Покращення цілісності даних             | Прозорість | Автоматизація процесів | Приклади                                 |
|--------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|------------|------------------------|------------------------------------------|
| Фінансові послуги  | Проведення платежів                     | Захист від подвійного витрачання коштів | Висока     | Автоматичні транзакції | Переказ коштів без посередників          |
| Ланцюги поставок   | Підтвердження доставки товарів          | Точний запис умов доставки              | Висока     | Автоматична оплата     | Відстеження походження товарів           |
| Охорона здоров'я   | Управління доступом до медичних записів | Захист медичних даних                   | Висока     | Контроль доступу       | Розподіл медичних записів між установами |

|                          |                                |                                    |        |                         |                                                                   |
|--------------------------|--------------------------------|------------------------------------|--------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Нерухомість              | Автоматизація купівлі-продажу  | Запобігання фальсифікації          | Висока | Автоматизація угод      | Електронні реєстрації прав власності                              |
| Цифрове голосування      | Запис результатів голосування  | Запобігання зміні результатів      | Висока | Автоматичний підрахунок | Забезпечення прозорості та чесності виборів                       |
| Інтелектуальна власність | Управління авторськими правами | Захист від нелегального копіювання | Висока | Ліцензування контенту   | Автоматичне нарахування роялті за використання цифрового контенту |

*Таблиця 1.2. Ключові аспекти використання смарт-контрактів для покращення цілісності даних*

З точки зору цілісності даних, смарт-контракти забезпечують, що один раз умова виконана та записана в блокчейні, вона не може бути змінена або видалена, надаючи незмінний аудит всіх транзакцій та взаємодій. Ця незмінна природа транзакцій на базі блокчейну, спрощена смарт-контрактами, є критичною для галузей, де цілісність даних є надзвичайно важливою, таких як охорона здоров'я, фінанси та управління ланцюгами поставок. Наприклад, в охороні здоров'я, смарт-контракти можуть автоматизувати управління згодою пацієнта на обмін даними, забезпечуючи доступ до конфіденційних медичних записів лише для авторизованих осіб та постійний запис будь-якого доступу або змін до цих записів.

З точки зору оптимізації процесів, смарт-контракти можуть спростити складні бізнес-процеси, автоматизуючи завдання, які традиційно вимагають ручного втручання та перевірки. Ця автоматизація не тільки прискорює операції, але й усуває людські помилки, призводячи до більш ефективних та надійних процесів. Наприклад, в управлінні ланцюгами поставок, смарт-контракти можуть автоматично виконувати платежі одразу після підтвердження доставки або застосовувати штрафи, якщо товари не відповідають зазначеним умовам, тим самим оптимізуючи операції ланцюга поставок та підвищуючи відповідальність усіх сторін.

Крім того, прозорість, яку надають смарт-контракти та реєстр блокчейну, покращує довіру між сторонами в транзакції. Кожен учасник може перевірити умови контракту та відстежувати його виконання в реальному часі, призводячи до більш прозорих та справедливих бізнес-відносин. Цей рівень прозорості та довіри особливо корисний у секторах, як-от нерухомість та інтелектуальна власність, де критично важливі автентичність та походження активів.

Хоча потенціал смарт-контрактів у покращенні цілісності даних та оптимізації процесів є очевидним, залишаються виклики, включаючи юридичне визнання смарт-контрактів, масштабованість та технічну складність розробки та розгортання [7]. Триваючі дослідження та розробки зосереджені на вирішенні цих викликів, удосконаленні технології та розширенні її застосувань.

Підсумовуючи, смарт-контракти представляють значний крок вперед у забезпеченні цілісності даних та оптимізації бізнес-процесів. Автоматизуючи виконання контрактів, забезпечуючи незмінний запис транзакцій та підвищуючи прозорість та довіру, смарт-контракти пропонують міцну основу для управління даними та угодами в цифрову епоху. Оскільки технологія блокчейн продовжує розвиватися, роль смарт-контрактів у різних галузях, ймовірно, зростатиме, далі революціонізуючи управління транзакціями та даними на глобальному рівні.



*Рисунок 1.5. Технології блокчейн у різних галузях*

Незважаючи на очевидні переваги блокчейну у підвищенні цілісності даних, залишаються виклики. Масштабованість, споживання енергії (особливо з механізмами консенсусу Proof of Work) та інтеграція систем блокчейну з існуючою інфраструктурою становлять значні перешкоди. Однак триваючі зусилля досліджень та розробок спрямовані на вирішення цих викликів. Інновації, як-от Proof of Stake, шардінг та рішення другого рівня, представляють життєздатні шляхи до подолання проблем масштабованості та енергоспоживання, як це виділено в всебічному аналізі Інституту досліджень блокчейну [9-11].

На завершення, роль блокчейну в покращенні цілісності даних є значною та багатогранною. Його децентралізована природа, поєднана з криптографічною безпекою та механізмами консенсусу, пропонує міцне рішення для довготривалих викликів цілісності даних. Дослідження американських інститутів з цього питання надають переконливі докази потенціалу блокчейну в різних застосуваннях, від забезпечення ланцюгів поставок до автоматизації контрактів. Хоча виклики залишаються, постійний розвиток технології блокчейну та її зростаюча інтеграція в різні сфери підкреслюють її потенціал кардинально трансформувати підтримку цілісності даних у цифрову епоху.

## **РОЗДІЛ 2. АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ БЛОКЧЕЙНУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ**

### **2.1 Аналіз існуючих механізмів забезпечення цілісності даних**

#### *Аналітичне дослідження впливу блокчейну на цілісність даних*

Цифрова епоха відкрила еру, де цілісність даних є важливішою, ніж будь-коли, потребуючи міцних рішень для захисту інформації у різних секторах. Тема прагне розкласти на частини роль технології блокчейну — прориву, який обіцяє революціонізувати спосіб запису, зберігання та обміну даними. Це дослідження заглиблюється в нюанси децентралізованої структури блокчейну, криптографічних заходів безпеки та незмінної природи його системи реєстрації, досліджуючи, як ці особливості колективно сприяють покращенню цілісності даних. Надаючи детальний аналіз застосувань блокчейну у фінансових транзакціях, управлінні медичними записами та прозорості ланцюга поставок, дослідження прагне представити широкий погляд на потенціал блокчейну зміцнити дані проти підробок, несанкціонованого доступу та корупції [17].

Черпаючи з широкого спектру джерел, включаючи академічні дослідження, кейси з індустрії та уявлення провідних технологічних інститутів, дослідження розглядає як теоретичні основи, так і практичне впровадження технології блокчейну. Воно аналізує трансформаційний вплив блокчейну на забезпечення автентичності та надійності цифрової інформації, вирішуючи вічні виклики безпеки даних у все більш взаємопов'язаному світі. Через це аналітичне дослідження, дослідження прагне висвітлити здатність блокчейну перевизначити цілісність даних, пропонуючи читачам глибше розуміння його наслідків для майбутніх цифрових інфраструктур та практик управління у різноманітних галузях.

Блокчейн за своїм дизайном пропонує децентралізований реєстр, який записує транзакції безпечним, незмінним та прозорим способом. Ця унікальна

характеристика блокчейну забезпечує, що одного разу введені дані не можуть бути змінені або видалені без консенсусу всіх учасників мережі, тим самим захищаючи від несанкціонованих змін і порушень. Важливість цієї особливості не може бути переоцінена в епоху, коли порушення даних та маніпуляції з інформацією стали поширеними викликами, що підривають довіру та надійність цифрових записів.

Дослідження провідних інститутів та аналізи галузі сприяли зростанню корпусу доказів, що підтримують потенціал блокчейну покращити цілісність даних. Наприклад, дослідження, проведене Массачусетським технологічним інститутом (MIT), та ідеї Всесвітнього економічного форуму (WEF) підкреслили застосовність блокчейну в захисті фінансових транзакцій, захисті електронних медичних записів (EHR) та забезпеченні прозорості ланцюгів поставок. Ці застосування не лише виділяють універсальність блокчейну, але й його здатність внести вищий ступінь довіри та впевненості в цифрові інформаційні системи [13, 14].

| № | Етап                             | Опис                                                                                                  |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Визначення вимог до системи      | Визначення основних вимог до системи, включаючи тип даних, обсяги інформації, кількість користувачів. |
| 2 | Вибір блокчейн платформи         | Обрання публічного чи приватного блокчейну в залежності від потреб проекту.                           |
| 3 | Архітектура системи              | Створення децентралізованої архітектури з розподіленими вузлами між усіма учасниками.                 |
| 4 | Розробка смарт-контрактів        | Розробка смарт-контрактів для автоматизації обробки даних та їх валідації.                            |
| 5 | Тестування та валідація          | Ретельне тестування системи на предмет помилок, ефективності смарт-контрактів.                        |
| 6 | Інтеграція з існуючими системами | Забезпечення сумісності нової системи з існуючими інформаційними системами.                           |
| 7 | Впровадження                     | Офіційне впровадження системи в експлуатацію.                                                         |

*Таблиця 2.1. Метод на базі блокчейну для забезпечення цілісності даних: Кроки реалізації*

Вплив блокчейну на фінансові транзакції став ключовим аспектом його застосування. Забезпечуючи безпечні, прозорі та непідробні системи, технологія блокчейну обіцяє революціонізувати фінансову індустрію. Це включає все: від спрощення платежів та зменшення шахрайства до впровадження смарт-контрактів, які автоматизують та забезпечують

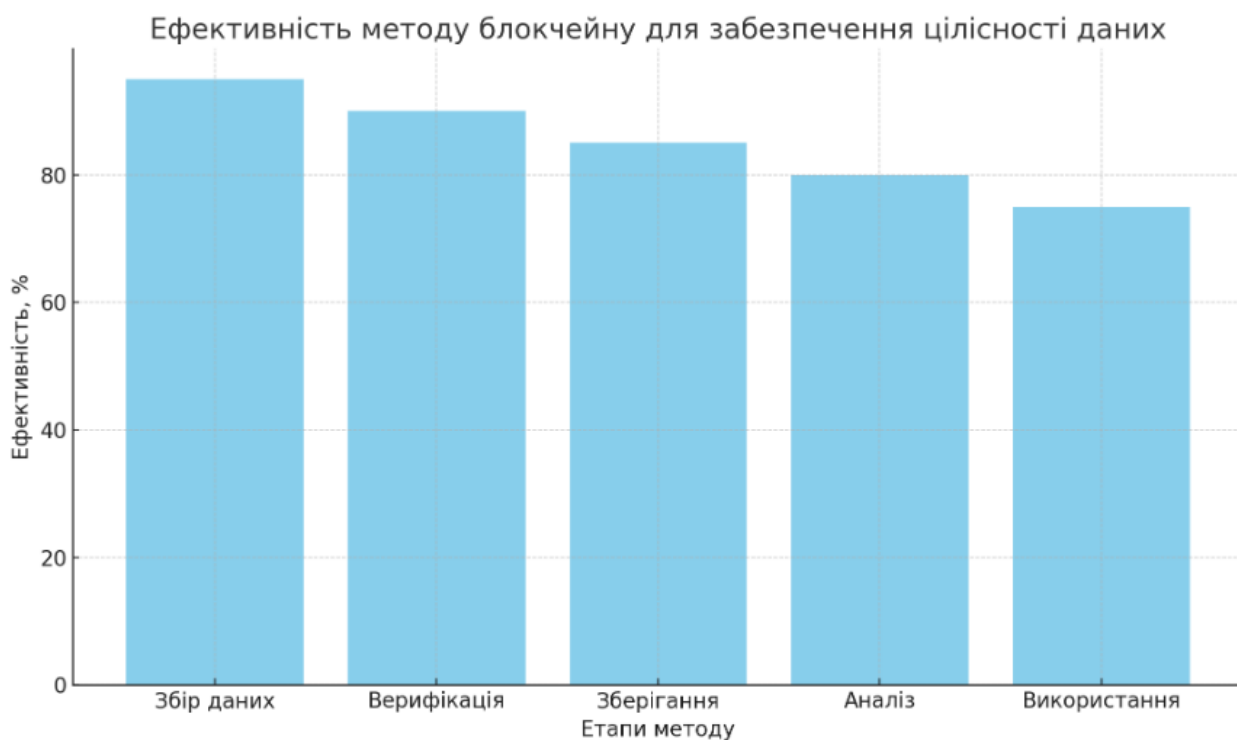
виконання контрактних зобов'язань без посередників. Децентралізована природа технології може зменшити витрати та неефективність, пов'язані з традиційним банкінгом, пропонуючи більш інклюзивну фінансову екосистему.

У сфері охорони здоров'я потенціал блокчейну для захисту Електронних медичних записів (EHR) є особливо трансформаційним. Надаючи безпечний та незмінний реєстр для медичних даних, блокчейн може покращити конфіденційність пацієнтів, точність даних та спростити обмін медичними записами між авторизованими провайдерами. Це не лише захищає чутливу інформацію про пацієнтів, але й сприяє більш колаборативній та ефективній системі надання медичних послуг, потенційно рятуючи життя шляхом забезпечення точного та своєчасного обміну критичною медичною інформацією.

Прозорість ланцюга поставок є ще одним критичним застосуванням блокчейну, як це було виділено під час дискусій на Всесвітньому економічному форумі (WEF). Можливість відстежувати походження товарів у реальному часі від початку до споживача може значно зменшити шахрайство, покращити безпеку та сприяти етичним практикам у глобальних ланцюгах поставок. Наприклад, споживачі можуть перевіряти, що продукти добуваються стало, тоді як компанії можуть ефективніше запобігати потраплянню підроблених товарів на ринок. Такий рівень прозорості та відповідальності є безпрецедентним і пропонує переконливу цінність для бізнесу та споживачів.

Ентузіазм щодо потенціалу блокчейну з боку інституцій, таких як MIT, та організацій, як WEF, підкреслює широкий та міжсекторальний вплив цієї технології. Оскільки дослідження та практичне застосування продовжують розвиватися, уявлення з цих досліджень та ідей, ймовірно, відіграватимуть ключову роль у формуванні майбутнього блокчейну, сприяючи інноваціям та вирішенню складних викликів у фінансових, медичних та ланцюгах поставок.

Крім того, впровадження технології блокчейну показало, що воно може спростити операційні процеси, знизити витрати, пов'язані з управлінням даними, та забезпечити миттєву верифікацію транзакцій. Автоматизуючи виконання контрактів і забезпечуючи дотримання вимог через смарт-контракти, блокчейн вводить рівень ефективності та відповідальності, який раніше був недосяжний за допомогою традиційних рішень для управління даними.



*Діаграма 1.1. Методи забезпечення цілісності даних у системному аналізі за допомогою блокчейну*

### *Впровадження та схвалення блокчейну в організаційних структурах*

Впровадження та прийняття технології блокчейну в організаційних структурах означає трансформаційний зсув у способі управління цілісністю даних, транзакціями та процесами бізнесом. Цей перехід до інтеграції блокчейну не є просто технологічним оновленням, а стратегічним реальним вирівнюванням, яке впливає на різні аспекти організації, від оперативної ефективності та управління до прозорості та безпеки.

Технологія блокчейну, що базується на децентралізованій системі реєстру, означає революційний зсув у способі запису, верифікації та захисту

транзакцій у різних галузях. Властиві цій системі характеристики — безпека, прозорість та незмінність — становлять радикальний відхід від традиційних централізованих баз даних, пропонуючи міцне рішення для багатьох викликів, які заважали практикам управління даними.

Децентралізована природа блокчейну означає, що реєстр розподілений між мережею комп'ютерів, усуваючи єдині точки збою та значно покращуючи стійкість системи проти атак та шахрайства. Цей розподіл забезпечує, що жодна єдина сутність не контролює всі дані, тим самим демократизуючи доступ до інформації та зміцнюючи довіру серед учасників [30].

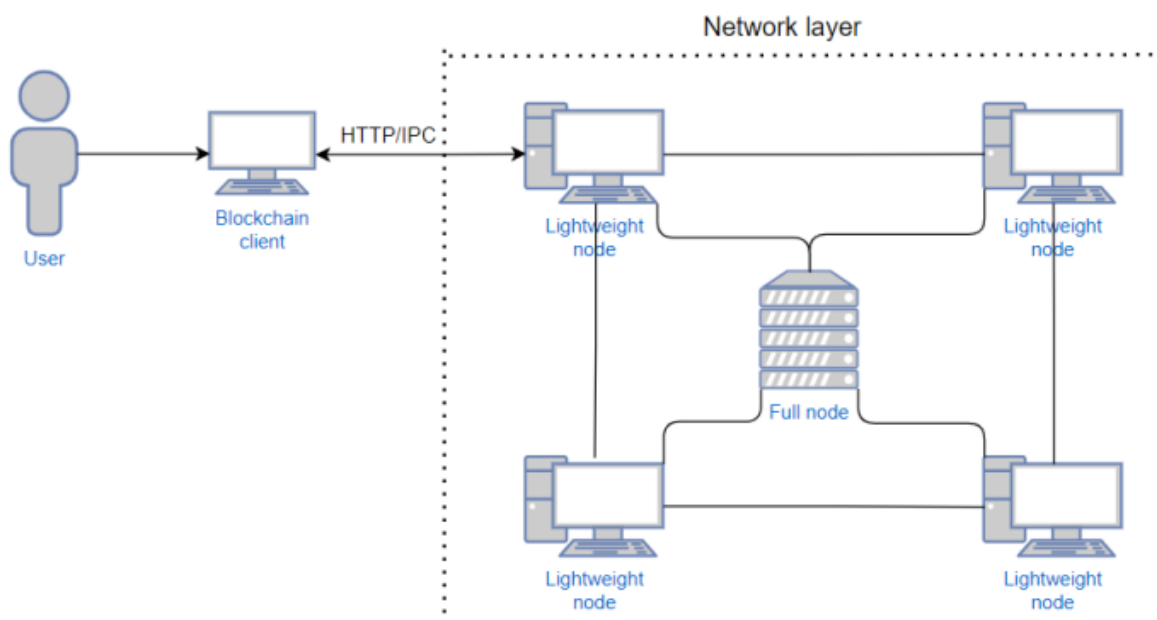


Рисунок 1.6. Схема топології мережевого рівня розподіленого реєстру

Безпека в блокчейні підтримується за допомогою складних криптографічних технік, де кожен блок у ланцюзі пов'язаний зі своїм попередником через криптографічний хеш. Це зв'язування створює ланцюг блоків (звідси і термін блокчейн), який практично неможливо підробити. Будь-яка спроба змінити інформацію в попередньому блоку потребуватиме змін у всіх наступних блоках, завдання практично неможливе без консенсусу в мережі. Це криптографічне зв'язування не лише забезпечує безпеку даних, але

й гарантує їх цілісність з часом, роблячи реєстр блокчейну незмінним записом транзакцій.

Прозорість — ще один основоположний елемент технології блокчейну. Зберігаючи конфіденційність ідентичності учасників за допомогою криптографічних ключів, блокчейн дозволяє транзакціям бути видимими та перевіреними всіма учасниками мережі. Такий рівень прозорості є безпрецедентним у традиційних системах і відіграє ключову роль у нарощуванні довіри серед користувачів. У фінансовому секторі, наприклад, прозорість блокчейну зменшує ризик шахрайства та корупції, пропонуючи чіткий аудиторський шлях транзакцій, який може бути незалежно перевірений.

Вплив блокчейну на покращення швидкості транзакцій, одночасно забезпечуючи цілісність даних, не можна переоцінити. У транскордонних платежах технологія блокчейну обходить тривалий і дорогий процес, асоційований з традиційними банківськими системами. Забезпечуючи прямі транзакції між сторонами на глобальному рівні, блокчейн зменшує час транзакцій з днів до лічених секунд. Ця ефективність, поєднана зі зниженням витрат на транзакції та підвищеною безпекою, ілюструє трансформаційний потенціал блокчейну не лише у фінансах, але й у багатьох інших секторах.

По суті, технологія блокчейну перевизначає парадигму управління даними та транзакціями. Її децентралізована, безпечна, прозора та незмінна система реєстру пропонує обнадійливе рішення для давніх викликів, таких як шахрайство з даними, неефективності в процесах транзакцій та відсутність прозорості в традиційних системах. Оскільки блокчейн продовжує розвиватися, його застосування за межами криптовалют у ширших секторах підкреслює його потенціал кардинально змінити спосіб ведення бізнесу та управління даними, роблячи транзакції більш безпечними, ефективними та справедливими. У сфері ланцюга поставок прийняття блокчейну революціонізувало спосіб, яким організації відстежують та верифікують походження товарів. Забезпечуючи прозорий та незмінний запис кожної

транзакції або переміщення товарів, технологія блокчейну дозволяє компаніям забезпечити автентичність, покращити простежуваність та підвищити відповідальність ланцюга поставок. Цей рівень прозорості особливо цінний для вирішення проблем, таких як підrobка та неетичне джерело поставок, оскільки кожен учасник ланцюга поставок може отримати доступ до історії продукту та перевірити її.

Інтеграція технології блокчейну в індустрію охорони здоров'я, зокрема у керуванні Електронними медичними записами (EHR), демонструє значний крок вперед у підвищенні безпеки даних пацієнтів та сприянні злагодженому обміну медичною інформацією між авторизованими провайдерами. Використання цієї технології в охороні здоров'я вирішує ключові проблеми, такі як порушення даних, несанкціонований доступ та виклик інтероперабельності різних систем інформації про здоров'я. Додатково підкреслюючи її користь, дослідження, висвітлене в Журналі медичних досліджень онлайн, ілюструє роль блокчейну у захисті EHR від несанкціонованих змін та доступу [29]. Забезпечуючи EHR на незмінному реєстрі, блокчейн не лише посилює цілісність даних та конфіденційність, але й наділяє пацієнтів більшим контролем над доступом до їх медичних даних. Ця гармонійна суміш безпеки, приватності та зміцнення прав пацієнтів відзначає трансформаційний підхід до управління даними в охороні здоров'я, підкреслюючи потенціал блокчейну вирішити давні виклики індустрії.

Процес прийняття блокчейну в організаційних структурах часто включає кілька ключових кроків, таких як ідентифікація конкретних випадків використання, де блокчейн може пропонувати значну цінність, проведення пілотних проєктів для оцінки доцільності та впливу, та інтеграція рішень блокчейну з існуючою IT-інфраструктурою. Організаціям також потрібно враховувати регуляторні вимоги та сприяти культурі інновацій та відкритості до змін, щоб успішно впровадити технологію блокчейну.

Однак залишаються виклики для ширшого прийняття блокчейну в різних галузях. Проблеми з масштабуванням, складність технології блокчейну та

потреба в стандартизації є серед перешкод, які організації повинні подолати. Крім того, існує зростаюча потреба в кваліфікованих фахівцях, які розуміють як технічні аспекти блокчейну, так і його застосування в бізнес-контекстах.

| Основний принцип       | Опис                                                                                                         | Приклади застосування   | Переваги                                                                            | Обмеження                                                           |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Децентралізація        | Відсутність єдиного контрольного центру, що забезпечує рівні права участі та впливу кожного учасника мережі. | Біткойн, Етеріум        | Підвищення стійкості до зовнішніх атак, зменшення ризику централізованого контролю. | Складнощі в досягненні швидкого консенсусу великих мереж.           |
| Незмінність            | Інформація, додана в блокчейн, не може бути змінена без консенсусу мережі.                                   | Будь-який блокчейн      | Забезпечення цілісності даних.                                                      | Потреба у значних обчислювальних ресурсах для перевірки блоків.     |
| Прозорість             | Можливість будь-якого учасника мережі переглядати всі записи.                                                | Біткойн, Етеріум        | Зміцнення довіри між учасниками мережі.                                             | Потенційні проблеми з конфіденційністю даних.                       |
| Криптографічна безпека | Використання криптографії для захисту даних та ідентифікації учасників.                                      | Біткойн, Етеріум        | Високий рівень безпеки транзакцій.                                                  | Складність управління приватними ключами.                           |
| Консенсус              | Механізм досягнення угоди між усіма учасниками мережі щодо стану реєстру.                                    | Біткойн (Proof of Work) | Ефективне вирішення конфліктів без потреби в централізованому контролі.             | Висока енерговитратність деяких механізмів консенсусу (напр., PoW). |
| Смарт-контракти        | Програми, які виконуються на блокчейні при виконанні певних умов.                                            | Етеріум                 | Автоматизація виконання контрактів без посередників.                                | Обмежена гнучкість і складність відлагодження.                      |
| Шардинг                | Розподіл мережі на фрагменти для покращення масштабованості та швидкості обробки транзакцій.                 | Етеріум 2.0             | Підвищення швидкості та ефективності мережі.                                        | Комплексність управління міжшардовими транзакціями.                 |

Таблиця 2.2. Основні принципи блокчейну та їх застосування

На завершення, впровадження та прийняття блокчейну в організаційних структурах віщує нову еру цифрової трансформації. Використовуючи

вроджені сили технології блокчейну, організації можуть досягти вищих рівнів цілісності даних, ефективності та прозорості. Оскільки технологія дозріває та розробляються рішення для існуючих викликів, прийняття блокчейну, ймовірно, прискориться, далі вбудовуючи його застосування в різних секторах та кардинально змінюючи спосіб, яким бізнеси функціонують та управляють даними.

### *Показники продуктивності та вплив на підприємство*

Показники продуктивності та впливу, є ключовими для розуміння значення показників продуктивності у вимірюванні оперативної ефективності та загальної продуктивності підприємства. Показники продуктивності в широкому сенсі можуть включати метрики, такі як оперативна ефективність, вартісна ефективність, якість виробництва та швидкість інновацій. Для високоспеціалізованого підприємства, як Банкотно-монетний двір Національного банку України, ці показники не тільки міряють ефективність і результативність їхніх операцій, але й відображають їх вплив на ширшу фінансову систему та економіку.

Наприклад, оперативна ефективність може бути оцінена з точки зору швидкості та точності, з якою виробляються нові банкноти та монети, а також міцності заходів протидії підробкам, впроваджених у процесі чеканки. Це безпосередньо впливає на довіру та надійність, які бізнес та споживачі мають до національної валюти, що, в свою чергу, може впливати на економічну стабільність та зростання.

Вартісна ефективність як показник продуктивності у виробництві банкнот та монет включає комплексний аналіз, який враховує кілька критичних факторів: виробничі витрати, довговічність випущеної валюти та впровадження передових захисних функцій. Ця багатоаспектна оцінка має вирішальне значення для національних банків, таких як Банкотно-монетний двір Національного банку України, які прагнуть досягти оперативної ефективності, не поступаючись якістю та безпекою національної валюти.

Виробничі витрати на банкноти та монети визначаються різними вхідними даними, включаючи використані сировинні матеріали, технологію, застосовану у виробничому процесі, витрати на працю та споживання енергії під час чеканки та друку [17]. Передові техніки друку та технології чеканки, хоча спочатку й дорожчі, можуть пропонувати довгострокову економію шляхом підвищення довговічності та терміну служби валюти, тим самим знижуючи потребу у частих замінах.

Тривалість життя банкнот та монет є критичною розглядом у аналізі вартісної ефективності. Довговічні матеріали та інноваційні дизайни, які подовжують термін циркуляції валюти, можуть значно знизити загальну вартість одиниці з часом. Наприклад, банкноти з полімеру, хоча й дорожчі у виробництві спочатку, ніж їхні паперові аналоги, пропонують більшу стійкість до зносу, що в кінцевому підсумку призводить до зниження частоти замін та економії коштів.

Впровадження складних захисних функцій у банкноти та монети є важливим для захисту від підробок, значний ризик яких може підірвати громадську довіру до валюти та, відповідно, до економіки. Хоча інтеграція передових захисних заходів, таких як голографічні елементи, водяні знаки та мікродрук, збільшує виробничі витрати, інвестиції виправдані зниженням ризиків підробки. Ці функції не лише захищають цілісність валюти, але й забезпечують її прийняття та довіру серед громадськості та міжнародних ринків.

Збалансування цих факторів для оптимізації вартісної ефективності вимагає стратегічного планування та постійних інновацій. Постійно досліджуючи нові матеріали, техніки виробництва та технології безпеки, національні банки можуть досягти значних економій. Ці економії потім можна перенаправити на ширші ініціативи економічного розвитку, підвищуючи внесок банку у національне процвітання. Якість виробництва особливо актуальна для монетного двору та друкарні банкнот, де точність дизайну та ефективність технологій протидії підробкам мають вирішальне значення.

Високоякісні банкноти та монети не лише запобігають шахрайству, але й посилюють вірогідність валюти як внутрішньо, так і на міжнародному рівні.

Швидкість інновацій є ще одним критичним показником продуктивності. Прийняття нових технологій у процесах друку банкнот та чеканки монет може призвести до більш безпечних і вартісно-ефективних методів виробництва валюти. Інновації в цьому контексті можуть включати інтеграцію технології блокчейну для відстеження та управління життєвим циклом банкнот, підвищення прозорості та запобігання підробкам.

Вплив цих показників продуктивності на підприємство, таке як Банкотно-монетний двір Національного банку України, виходить за межі внутрішньої ефективності та економії витрат. Він також охоплює ширшу роль установи у забезпеченні стабільності та цілісності національної фінансової системи, сприяючи економічній впевненості та забезпечуючи безперешкодні комерційні транзакції в економіці [18].

Дослідження впливу блокчейну на показники продуктивності, такі як час простою системи, частота помилок та операційні витрати, надає відчутні докази його переваг. Звіт PricewaterhouseCoopers (PwC) про блокчейн у фінансовому секторі ілюструє, як технологія знижує час та витрати на транзакції, одночасно підвищуючи безпеку та прозорість. Дослідження PwC також зазначає потенціал блокчейну революціонізувати традиційну банківську діяльність, дозволяючи швидші та більш безпечні транзакції.

Підсумовуючи, аналітичні дослідження та практичне впровадження технології блокчейну в різних доменах надають переконливі докази її потенціалу значно покращити цілісність даних та надійність системи. Від підвищення безпеки та ефективності фінансових транзакцій до забезпечення автентичності записів ланцюга поставок та захисту чутливих даних про здоров'я, блокчейн вирізняється як трансформаційна технологія. Оскільки організації продовжують досліджувати та впроваджувати блокчейн, його роль у формуванні майбутніх цифрових інфраструктур та практик управління,

ймовірно, зростатиме, далі зміцнюючи його вплив на цілісність даних та надійність системи.

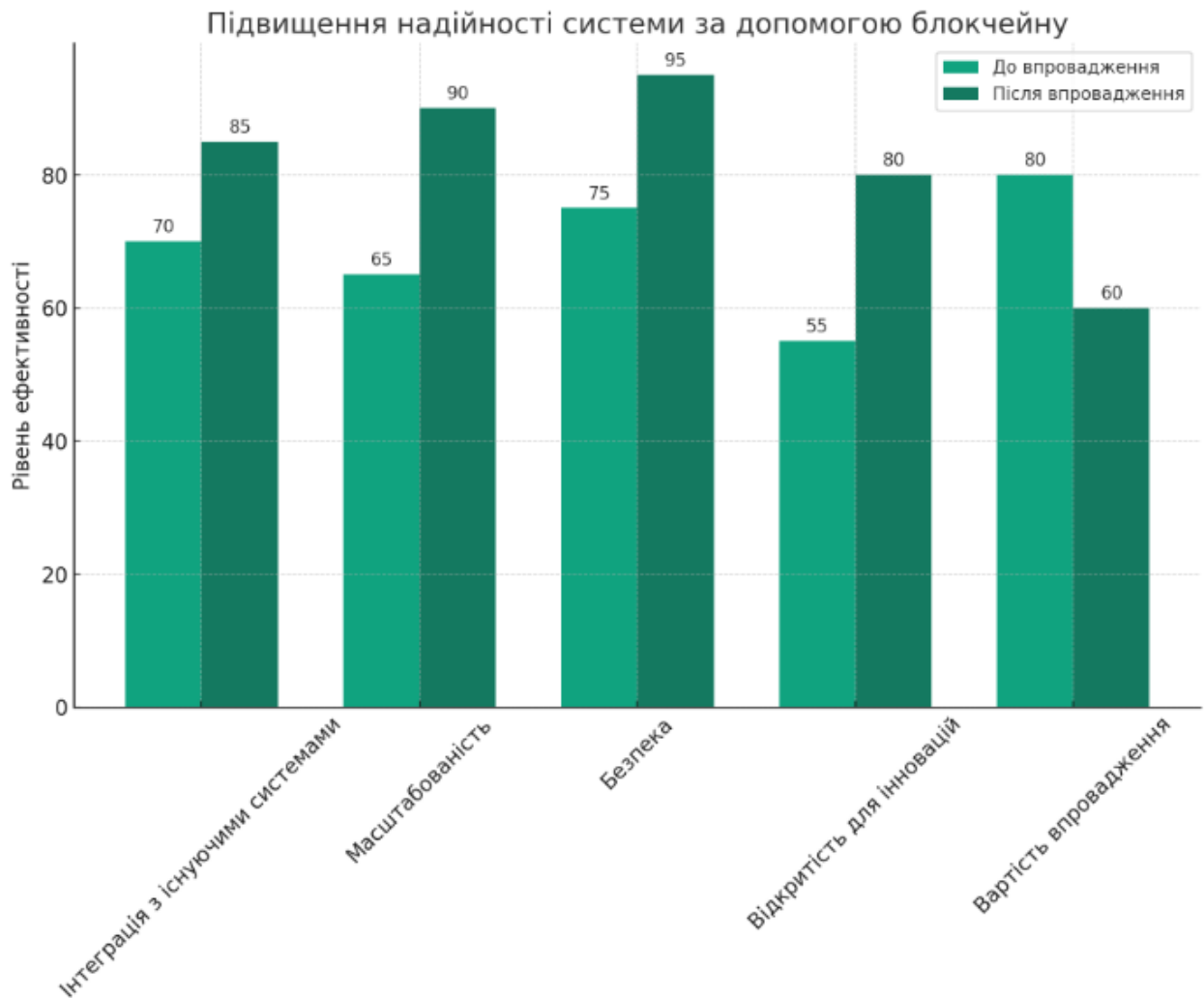
## **2.2 Методологічна оцінка блокчейн-рішення: Практичні приклади підвищення надійності системи**

В час, де цифрова трансформація формує кожен аспект бізнесу та управління, пошук надійних, надійних систем ніколи не був таким критичним. Поява технології блокчейну пропонує зміну парадигми, представляючи новий підхід до вирішення вічних викликів безпеки, прозорості та ефективності. Цей розділ занурюється в глибоку методологічну оцінку рішень блокчейну, демонструючи їхню здатність покращувати надійність систем у різних секторах. Через дослідження практичних прикладів та наукових досліджень ми розкриваємо, як вроджені характеристики блокчейну — децентралізація, незмінність та механізми консенсусу — не лише вирішують, але й корінним чином трансформують поширені проблеми надійності.

Технологія блокчейну за своїм дизайном усуває єдині точки збою, вводячи рівень надлишковості та стійкості, який раніше був недосяжний з традиційними централізованими системами. Цей децентралізований підхід забезпечує, що інформація та транзакції не лише безпечні, але й стійкі до змін і шахрайства [23]. Застосування блокчейну виходить за межі фінансової сфери; воно перевизначає процеси в управлінні ланцюгами поставок, безпеці медичних даних, розподілі енергії та далі, доводячи свою універсальність та ефективність у покращенні оперативної надійності.

Практичні кейс-стадії, такі як інтеграція блокчейну для миттєвого відстеження в ланцюгах поставок або захисту даних пацієнтів у секторі охорони здоров'я, ілюструють відчутні переваги цієї технології. Ці приклади не лише підкреслюють покращення надійності системи, але й потенціал блокчейну сприяти ефективності, зниженню витрат та формуванню нового рівня довіри між зацікавленими сторонами. Крім того, розділ розгляне методології, використані в цих реалізаціях, оцінюючи технологічні,

оперативні та стратегічні міркування, які лежать в основі успішного прийняття рішень блокчейну.



Діаграма 2.1. Вплив впровадження блокчейну на систему

**Інтелектуальна власність (ІВ) та авторські права:** У сфері інтелектуальної власності (ІП) та авторських прав, технологія блокчейну виступає як маяк інновацій, пропонуючи трансформаційні рішення для давніх викликів управління, захисту та монетизації творчих робіт. Децентралізована, незмінна та прозора природа блокчейну надає міцну основу для захисту прав інтелектуальної власності, підвищення надійності систем управління авторськими правами та оптимізації розподілу роялті. Ця технологія наділяє силою творців, художників та видавців, забезпечуючи захист їхніх творів і заслужене винагородження, тим самим сприяючи створенню більш справедливої та ефективної екосистеми для управління інтелектуальною власністю [22-26].

Застосування блокчейну в ІР та авторських правах революціонізує спосіб реєстрації, відстеження та монетизації творчих робіт. Створюючи непорушний реєстр власності та транзакцій, технологія блокчейну дозволяє безпечно та негайно реєструвати авторські права, надаючи художникам та творцям незаперечний доказ власності. Ця негайність і безпека не лише стримують порушення авторських прав, але й спрощують вирішення спорів, забезпечуючи чіткий, незмінний запис про те, коли робота була створена і ким. Крім того, блокчейн сприяє автоматизації виплат роялті за допомогою розумних контрактів. Ці контракти автоматично виконують транзакції на основі попередньо визначених критеріїв, забезпечуючи отримання творцями їх належних роялті при кожному використанні їхньої роботи, без затримок і відрахувань, типових для традиційних посередників.

| Функція                    | Опис                                                                                                           | Переваги                                                                   | Виклики                                                                                  |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Реєстрація авторських прав | Створення непорушного цифрового реєстру для автоматичної реєстрації прав на твори.                             | Негайна верифікація власності; зниження ризику порушення прав.             | Потреба в глобальному визнанні та юридичній легітимності реєстрацій на основі блокчейну. |
| Виплата роялті             | Використання розумних контрактів для автоматизації виплат роялті за кожне використання твору.                  | Точність виплат; зменшення потреби в посередниках; прискорення транзакцій. | Необхідність у стандартизації та вирішенні технічних обмежень розумних контрактів.       |
| Автоматизація дистрибуції  | Цифровий продаж та дистрибуція творчих робіт безпосередньо споживачам через блокчейн-платформи.                | Зниження витрат на дистрибуцію; більш високі прибутки для творців.         | Виклики в інтеграції з традиційними каналами розповсюдження та прийняття ринком.         |
| Управління правами         | Просунуте управління цифровими правами на основі блокчейну для контролю доступу та використання творчих робіт. | Підвищена безпека даних; чітке відстеження використання та дистрибуції.    | Комплексність впровадження та потреба в технічній освіті користувачів.                   |

|                      |                                                                                                                               |                                                                         |                                                                         |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Монетизація контенту | Впровадження нових моделей монетизації, таких як мікротранзакції за контент або доступ на основі підписки через блокчейн.     | Відкриває нові шляхи доходу для творців; підвищує доступність контенту. | Забезпечення сумісності та інтеграції з існуючими платіжними системами. |
| Вирішення спорів     | Використання блокчейну для надання незаперечних доказів про авторство та час створення твору для вирішення авторських спорів. | Зниження кількості спорів; прискорення вирішення конфліктів.            | Розробка міжнародно прий                                                |

Таблиця 2.3. Ефективність застосування блокчейну в ІР та авторських правах

Потенційні переваги використання блокчейну в ІР та авторських правах виходять за межі індивідуальних творців і включають видавців, дистриб'юторів та споживачів. Для видавців та дистриб'юторів блокчейн пропонує більш стрункий та прозорий процес управління правами та розподілу роялті, знижуючи адміністративні тягарі та витрати. З іншого боку, споживачі отримують вигоду від більш чіткого розуміння походження творчих робіт та впевненості, що їхні покупки підтримують законних творців. Крім того, блокчейн відкриває нові шляхи для творців монетизувати свою роботу, дозволяючи мікротранзакції та прямі продажі споживачам, обходячи традиційні канали розповсюдження, які часто зменшують прибутки.

Незважаючи на свої обіцянки, інтеграція блокчейну в сектори ІР та авторських прав стикається з викликами, включаючи масштабованість, юридичне визнання реєстрацій на основі блокчейну та потребу в прийнятті на рівні всієї галузі для реалізації його повного потенціалу. Однак, оскільки ці виклики вирішуються, і як стейкхолдери в креативних індустріях визнають цінність блокчейну у захисті та монетизації інтелектуальної власності, ми можемо очікувати значного зсуву до більш надійних, ефективних та справедливих систем управління авторськими правами.

**Управління ланцюгом поставок (SCM):** охоплює широкий потік товарів і послуг, від початкового постачання сировини до кінцевої доставки готового продукту споживачам. Воно передбачає мережу постачальників, яка переміщає продукт через різні етапи, безпосередньо впливаючи на якість

продукції та послуг, доставку, вартість, досвід споживача та, в кінцевому підсумку, прибутковість. Ефективні системи SCM прагнуть мінімізувати витрати, відходи та час у виробничому циклі, приймаючи моделі ланцюга поставок just-in-time, де роздрібні продажі спонукають негайні замовлення на поповнення, забезпечуючи швидке поповнення полиць, оскільки продукти продаються. Галузь спостерігає зміщення в бік аналізу даних від партнерів ланцюга поставок для подальшого удосконалення та покращення цих процесів.

Значення SCM додатково підкреслюється в контексті непередбачуваних переривань, таких як витоки даних або відкликання продукції, та передбачуваних переривань, таких як торгові суперечки. Пандемія COVID-19, зокрема, підкреслила необхідність для ланцюгів поставок розглядати виняткові події у стратегічному плануванні, розширюючись за традиційні акценти на вартості, обслуговуванні та якості для включення стійкості, гнучкості та сталості.

SCM кардинально змінюється від управління доступністю, рухом та вартістю фізичних активів до управління даними, послугами та рішеннями для продуктів. Сучасна система управління ланцюгом поставок — це набагато більше, ніж просто логістика; це про управління величезною кількістю даних, що генеруються процесом ланцюга поставок, що вимагає значного аналізу для оптимізації їх корисності. Ця трансформація включає зв'язок, співпрацю, кіберусвідомленість, когнітивну здатність та глибокий аналіз даних у реальному часі, щоб забезпечити повноту та своєчасність уявлень.

**Фінансові послуги:** Технологія блокчейну революціонізує сектор фінансових послуг, пропонуючи безпрецедентні покращення у швидкості транзакцій, вартісній ефективності та безпеці. Децентралізована природа блокчейну виключає потребу в традиційних посередниках у банківських операціях, дозволяючи майже миттєві транскордонні транзакції зі значно зниженими витратами. Крім того, вроджені характеристики блокчейну, такі як незмінність та прозорість, зміцнюють систему проти шахрайства, будуючи

довіру серед учасників. Ця трансформація поширюється за межі банківської справи на платежі та перекази, де цифрові валюти та платформи блокчейну, як Ripple, ввели ефективні, безпечні та доступні методи для міжнародних грошових переказів. Поява блокчейну у фінансових послугах не лише підвищує надійність системи, але й відкриває шлях до фінансової інклюзивності, досягаючи недостатньо обслуговуваних населення по всьому світу.

Потенціал блокчейну далі розкривається в управлінні активами через концепцію токенизації, яка демократизує доступ до інвестиційних можливостей, представляючи реальні активи цифровими токенами. Ця інновація покращує ліквідність і знижує бар'єри входу, тоді як розумні контракти автоматизують транзакції, мінімізуючи витрати та виключаючи посередників. Крім того, зростання децентралізованих фінансів (DeFi) означає перехід до більш відкритої та інклюзивної фінансової екосистеми. Платформи DeFi використовують блокчейн для надання широкого спектру послуг, включаючи позики, позички та торгівлю, без традиційних фінансових посередників. Ці досягнення підкреслюють роль блокчейну у створенні більш ефективної, безпечної та доступної фінансової системи.

Однак інтеграція блокчейну у фінансові послуги не обходиться без викликів, особливо з точки зору відповідності регулятивним вимогам та безпеки. Регуляторні органи стикаються з завданням розробки рамок, які збалансують інновації з захистом споживачів та цілісністю фінансової системи. Безпека залишається на першому місці, оскільки вразливості в мережах блокчейну можуть підірвати довіру до цієї зростаючої технології. Незважаючи на ці перешкоди, триваюча співпраця між спільнотою блокчейну, регуляторними органами та фінансовими інститутами сприяє розробці стандартів і кращих практик. Оскільки технологія блокчейну продовжує дозрівати, її потенціал для подальшої революції у секторі фінансових послуг є величезним, віщуючи нову еру глобальної фінансової інклюзивності та ефективності.

**Енергетичний сектор:** У енергетичному секторі технологія блокчейну виступає як трансформаційна сила, здатна вирішувати критичні проблеми, такі як ефективність, прозорість та інтеграція джерел відновлюваної енергії. Використовуючи свій децентралізований та незмінний реєстр, блокчейн дозволяє більш безпечний та прозорий спосіб запису та виконання енергетичних транзакцій, знижуючи залежність від централізованих органів та традиційних систем управління енергією. Це нововведення особливо актуальне в контексті розподілених енергетичних ресурсів (DERs), де блокчейн сприяє торгівлі енергією між однолітками (P2P). Наприклад, власники будинків з сонячними панелями можуть продавати зайву електроенергію безпосередньо сусідам, не вдаючись до традиційної мережі, оптимізуючи використання відновлюваної енергії та потенційно знижуючи витрати. Ця модель P2P не лише підвищує ефективність та сталість розподілу енергії, але й наділяє споживачів силою, перетворюючи пасивних користувачів енергії на активних учасників енергетичного ринку.

Вплив блокчейну на енергетичний сектор поширюється на управління ланцюгами поставок, управління мережею та торгівлю карбоновими кредитами. Відстежуючи виробництво, розподіл та споживання енергії, блокчейн забезпечує цілісність ланцюга поставок енергії від джерел відновлюваної генерації до кінцевого споживача. Цей рівень прозорості та відповідальності є життєво важливим для побудови довіри до зеленої енергії та підтримки глобального переходу до сталих практик. Блокчейн може значно покращити управління мережею, дозволяючи обмін даними в реальному часі та збалансування попиту з пропозицією, особливо важливо, коли частка непередбачуваних джерел відновлюваної енергії зростає. У торгівлі карбоновими кредитами блокчейн забезпечує надійну платформу для випуску, торгівлі та списання карбонових кредитів, гарантуючи, що кожен кредит враховується унікально, що запобігає подвійному обліку та шахрайству, тим самим підтримуючи глобальні ініціативи зі зниження викидів вуглецю.

Незважаючи на свій потенціал, впровадження блокчейну в енергетичний сектор стикається з викликами, включаючи технологічну зрілість, регуляторні бар'єри та потребу в стандартах для всієї галузі. Масштабованість та споживання енергії самим блокчейном є занепокоєннями, особливо з механізмами консенсусу, як-от доказ роботи (PoW), що вимагають значних обчислювальних ресурсів. Однак, досягнення в технології блокчейну, такі як розробка більш енергоефективних алгоритмів консенсусу, вирішують ці питання. Крім того, співпраця між зацікавленими сторонами в енергетичному секторі, включаючи регуляторів, енергетичні компанії та постачальників технологій, є життєво важливою для створення сприятливого регулятивного середовища та стандартів взаємодії [25]. Як тільки ці виклики будуть подолані, технологія блокчейну має потенціал значно покращити ефективність, надійність та сталість енергетичних систем, сприяючи створенню більш децентралізованої, зорієнтованої на споживача та екологічно чистої енергетичної екосистеми.

У підсумку, методологічна оцінка рішень блокчейну у різних секторах — фінансові послуги, охорона здоров'я та енергетика — виявляє послідовну тему: технологія блокчейну значно покращує надійність систем через свої властивості децентралізації, незмінності та прозорості. У фінансових послугах блокчейн запроваджує зміну парадигми, дозволяючи швидші, більш безпечні транзакції та демократизуючи доступ до фінансових систем. У сфері охорони здоров'я він обіцяє покращену конфіденційність, безпеку та взаємодію медичних даних, тим самим покращуючи догляд за пацієнтами та оперативну ефективність. У енергетичному секторі блокчейн підтримує перехід до більш сталих практик, сприяючи торгівлі енергією між однолітками та забезпечуючи цілісність джерел відновлюваної енергії та торгівлі карбоновими кредитами.

Кожен сектор стикається з унікальними викликами при впровадженні блокчейну, включаючи регуляторні перешкоди, потребу в технологічній зрілості та створенні стандартів для всієї галузі. Однак потенційні переваги — від збільшення ефективності та безпеки до наділення споживачів силою та

сприяння сталим практикам — підкреслюють трансформаційний вплив технології блокчейну. Коли ми вирішуємо ці виклики через продовження інновацій та співпраці між зацікавленими сторонами, обіцянка блокчейну покращити надійність та ефективність систем у різних галузях стає все більш відчутною.

Це дослідження підкреслює важливість методологічної оцінки рішень блокчейну, висвітлюючи практичні приклади, які ілюструють потенціал технології революціонізувати традиційні системи. Шлях до широкого впровадження блокчейну складний і повний викликів, але шлях вперед освітлюється вже реалізованими перевагами в різних секторах. Продовжуючи навігувати цим розвиваючимся контекстом, стійкість, прозорість та ефективність, які пропонує технологія блокчейну, віщують нову еру надійності та функціональності систем, ознаменовуючи значний крок вперед у нашому колективному прагненні до більш безпечного, справедливого та сталого майбутнього.

### **2.3. Оцінка впливу блокчейну на цілісність даних**

У цифрову епоху цілісність даних виокремилася як ключовий елемент надійних та ефективних інформаційних систем. Перебираючи складнощі управління даними, підприємства та установи шукають технології, які можуть забезпечити точність, послідовність та надійність даних. Серед безлічі технологічних інновацій технологія блокчейну виділяється як обнадійливе рішення для вічних викликів цілісності даних. Це дослідження впливу блокчейну на цілісність даних виходить за рамки традиційних заходів безпеки, занурюючись у те, як ця технологія переформатовує контекст управління даними.

Блокчейн, у своїй основі, є децентралізованим реєстром, який записує транзакції через мережу комп'ютерів, забезпечуючи безпеку, прозорість та незмінність кожного запису. Ця децентралізація усуває потребу у центральному органі, знижуючи ризик підробки та шахрайства. Незмінна

природа блокчейну означає, що один раз введені дані не можуть бути змінені або видалені, сприяючи середовищу, де цілісність даних є найважливішою. Крім того, прозорість, яку надає блокчейн, дозволяє всім учасникам мережі незалежно перевіряти дані, підвищуючи довіру та відповідальність.

Принцип оцінки впливу блокчейну на цілісність даних ґрунтується на розумінні цих вроджених характеристик і застосуванні їх до різноманітних сценаріїв, де цілісність даних є критичною. Від забезпечення медичних записів у сфері охорони здоров'я до гарантування походження товарів у ланцюгах поставок, застосування блокчейну пропонує революційний підхід до захисту та управління даними. Це дослідження прагне розкрити складнощі технології блокчейну, висвітлюючи її потенціал зміцнення цілісності даних у світі, що все більше покладається на цифрову інформацію.

| Принцип                                     | Опис                                                                     | Переваги                                                          | Можливі виклики                                                                     |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Децентралізація                             | Відсутність єдиного центру обробки даних або управління.                 | Зниження ризику централізованих збоїв; підвищення безпеки даних.  | Комплексність управління мережею; потреба в консенсусі між учасниками.              |
| Незмінність                                 | Дані, один раз додані до блокчейна, не можуть бути змінені або видалені. | Забезпечення цілісності даних; прозорість операцій.               | Виклики зі зберіганням великого обсягу даних; важко виправити помилкові записи.     |
| Консенсус                                   | Механізми досягнення угоди між учасниками мережі щодо стану блокчейна.   | Зниження потенціалу маніпуляцій; демократизація прийняття рішень. | Вимоги до обчислювальних ресурсів; можливі затримки в обробці транзакцій.           |
| Криптографічна безпека                      | Захист даних за допомогою криптографічних алгоритмів.                    | Висока стійкість до зламу; захист інформації.                     | Складність управління ключами; потенціал для квантового декодування в майбутньому.  |
| Прозорість                                  | Можливість перегляду всіх записів у блокчейні всіма учасниками.          | Підвищення довіри між учасниками; легкість аудиту.                | Проблеми з конфіденційністю даних; потреба в балансі між прозорістю та приватністю. |
| Автоматизація за допомогою смарт-контрактів | Контракти, що самостійно виконуються при настанні певних умов.           | Зниження людського фактору та помилок; підвищення ефективності.   | Виклики з безпекою смарт-контрактів; обмеження у складності логіки.                 |

|                 |                                                            |                                           |                                                                |
|-----------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Масштабованість | Здатність мережі обробляти зростаючу кількість транзакцій. | Підтримка великих масштабів використання. | Проблеми зі швидкістю транзакцій при збільшенні обсягу мережі. |
|-----------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|

*Таблиця 2.4. Основні принципи блокчейну та їх вплив*

Поглиблюючись у це розслідування, стає очевидним, що вплив блокчейну на цілісність даних є глибоким, пропонуючи не лише технологічне рішення, але й зміну парадигми у способі нашого сприйняття та управління цифровою інформацією. Закріплюючи цілісність даних у незмінних та прозорих характеристиках блокчейну, ця технологія прокладає шлях до більш безпечних, надійних та справедливих інформаційних систем, ознаменуючи значний крок вперед у нашому колективному прагненні до цифрової надійності.

**Вплив впровадження блокчейну на організаційні практики:** У розвиваючомуся контексті управління цифровою інформацією цілісність даних стоїть як першочергове питання для суб'єктів, що охоплюють різні сектори. Перехід до систем на основі блокчейну багатьма організаціями позначає значний технологічний перехід, спрямований на посилення безпеки даних, прозорості та надійності. Цей перехід не просто зміна технології, а трансформаційний рух до перевизначення парадигм практик управління даними. Подорож від традиційних централізованих систем даних до децентралізованих архітектур блокчейну представляє нюансовану історію викликів, рішень та глибокого впливу на структуру цілісності даних організацій [4-7].

До впровадження блокчейну організації часто стикалися з безліччю викликів, пов'язаних з управлінням даними. Централізовані системи даних, незважаючи на їхню оперативну простоту, містили вроджені вразливості, такі як одиничні точки відмови, схильність до кібератак і неефективність, що виникає з процесів узгодження даних. Ці проблеми не лише створювали ризики витоків даних та шахрайства, але й призводили до оперативних неефективностей через помилки та розбіжності в обробці даних. Доблокчейнова епоха характеризувалася постійним пошуком більш безпечних,

прозорих та ефективних методів управління даними, пошук, який призвів до дослідження та в кінцевому підсумку прийняття технології блокчейну. Рішення перейти на систему на основі блокчейну, мотивоване бажанням подолати ці виклики, вимагає ретельного розгляду архітектури блокчейну, регуляторних наслідків та інтеграції з існуючими технологічними інфраструктурами.

Сценарій після впровадження відкриває трансформаційний вплив блокчейну на цілісність даних та організаційні операції. Підвищена безпека даних виступає як основна перевага, що приписується криптографічним основам блокчейну та його децентралізованій структурі, що робить витoki даних та несанкціонований доступ значно складнішими. Зменшення помилок даних є ще одним помітним покращенням, з реєстром блокчейну, що надає прозорий та незмінний запис транзакцій, забезпечуючи точність та послідовність. Можливо, найкритичніше, зменшення шахрайства через аудиторські сліди блокчейну є прикладом здатності технології революціонізувати цілісність даних. Оперативні ефективності, отримані через автоматизацію процесів за допомогою розумних контрактів та виключення посередників, додатково підкреслюють різноманітні переваги впровадження блокчейну.

Підсумовуючи, перехід до систем на основі блокчейну включає стратегічний крок до посилення цілісності даних, демонструючи вимірні покращення в безпеці, зменшенні помилок та зменшенні шахрайства. Цей порівняльний аналіз сценаріїв до та після впровадження блокчейну освітлює глибокий та різносторонній вплив технології блокчейну на організаційні практики управління даними. Оскільки суб'єкти в різних доменах продовжують приймати блокчейн, розповідь про його трансформаційний потенціал розгортається, підкреслюючи ключову роль технології у формуванні нової ери цифрової цілісності інформації. Через об'єктивні прикметних метрик та якісних уявлень перехід до блокчейну виявляється не

просто як технологічне оновлення, але як фундаментальний перехід до більш безпечного, ефективного та прозорого цифрового майбутнього.

У сучасну технологічну епоху святість цілісності даних у високоризикованих середовищах не може бути переоцінена. Такі сектори, як аерокосмічна промисловість, оборона та медичні дослідження, не лише становлять основу національної безпеки та громадського здоров'я, але й втілюють вершину людського інтелекту та наукового прогресу. Впровадження технології блокчейну в ці сектори представляє собою злиття теоретичних інновацій і практичного застосування, спрямоване на посилення основ цілісності даних проти постійно змінюваного панорами кіберзагроз та технологічних викликів. Ця дискусія проходить через теоретичні основи та практичні наслідки використання технології блокчейну для захисту цілісності даних у цих критичних доменах.

**Роль блокчейну в забезпеченні цілісності даних з високими ставками:**

В основі технології блокчейну лежить децентралізована і незмінна система реєстру, принципи, які внутрішньо підвищують безпеку даних і автентичність. Теоретична структура блокчейну заснована на криптографічних алгоритмах і механізмах консенсусу, які забезпечують, що кожен шматок даних безпечно зашифрований і перевірено автентичний. Ця криптографічна основа не лише відлякує несанкціонований доступ, але й робить підробку даних практично неможливою, тим самим зміцнюючи цілісність даних. У високоризикових середовищах, де точність і автентичність даних є важливими, теоретична модель блокчейну представляє зміну парадигми від традиційних централізованих систем, які часто страждають від вразливостей до кібератак і внутрішнього зловживання.

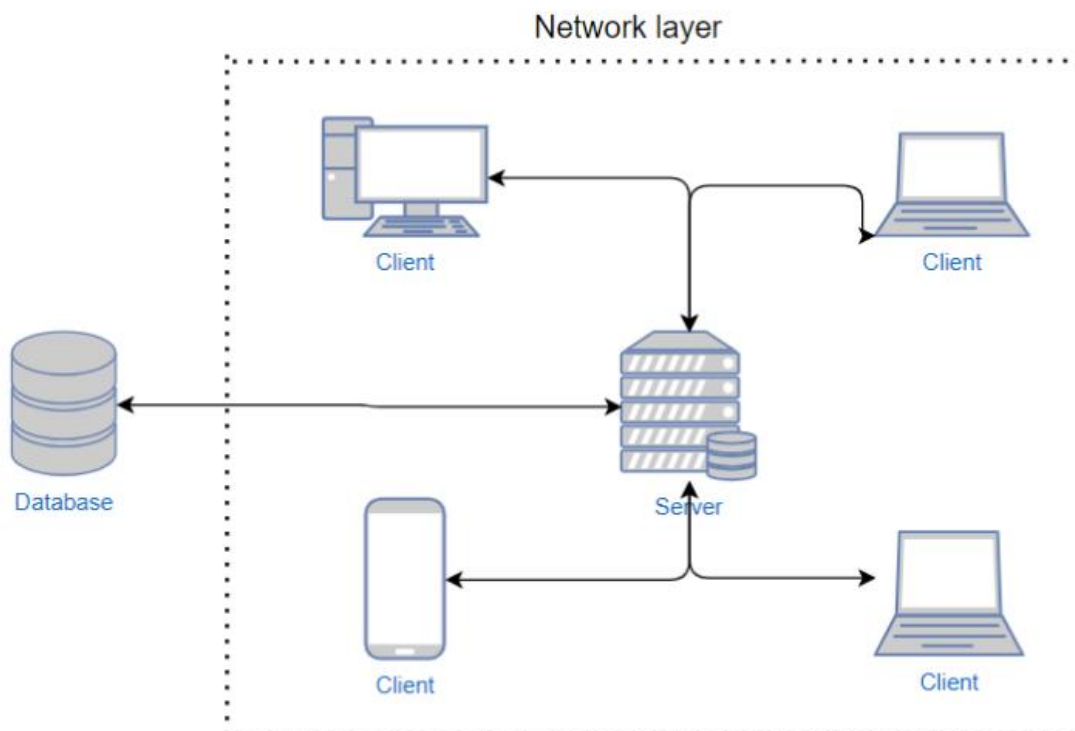


Рисунок 2.1. Схема топології мережевого рівня централізованого реєстру

Переходячи від теорії до практики, застосування блокчейну в таких секторах, як аерокосмічна промисловість, оборона та медичні дослідження, проявилось у безлічі способів, кожен з яких адаптований до унікальних вимог цих галузей. В аерокосмічній промисловості технологія блокчейну використовується для захисту великих мереж даних зв'язку між наземними станціями та космічними апаратами, забезпечуючи цілісність інформації, критично важливої для місії. Застосування блокчейну в обороні виходить за рамки захисту зв'язку, включаючи управління ланцюгами постачання для систем озброєнь і чутливих матеріалів, забезпечуючи перевірний шлях транзакцій, що підвищує прозорість і довіру. Тим часом, у медичних дослідженнях, здатність блокчейну підтримувати незмінні записи знаходить глибокі наслідки в управлінні даними клінічних випробувань, де забезпечення цілісності та конфіденційності даних пацієнтів є важливим як з етичних, так і з наукових причин.

Практична ефективність блокчейну в цих секторах додатково освітлюється через вивчення кейсів та інтерв'ю з експертами. Наприклад, кейс-стаді про впровадження блокчейну в оборонному ланцюзі постачань може виявити значне скорочення часу очікування та покращення простежуваності компонентів, що безпосередньо впливає на оперативну готовність та безпеку. Інтерв'ю з експертами можуть підкреслити трансформаційний потенціал блокчейну в медичних дослідженнях, зокрема у сприянні безпечному обміну даними між дослідниками та установами, таким чином прискорюючи темп інновацій, зберігаючи при цьому конфіденційність пацієнтів [26].

Однак інтеграція блокчейну в ці високоризикові сектори не позбавлена викликів. Питання, такі як масштабованість мереж блокчейну, взаємодія з існуючими технологічними інфраструктурами та регулятивний контекст, що регулює використання даних в обороні та охороні здоров'я, є актуальними перешкодами. Вирішення цих викликів вимагає спільних зусиль технологів, законодавців та експертів конкретних секторів, підкреслюючи важливість багатодисциплінарного підходу до використання потенціалу блокчейну.

Підсумовуючи, теоретичні та практичні наслідки технології блокчейну для цілісності даних у високоризикових середовищах відкривають горизонт можливостей. Від підвищення безпеки та автентичності даних в аерокосмічній промисловості, обороні та медичних дослідженнях до подолання складної мережі кіберзагроз та операційних викликів, блокчейн стоїть як маяк інновацій. Як ми рухаємося вперед, продовжене дослідження та адаптація технології блокчейну в цих критичних секторах буде вирішальним для захисту цілісності даних, яка лежить в основі безпеки, стабільності та здоров'я суспільств по всьому світу. Через злиття теоретичних уявлень та практичних застосувань, інтеграція блокчейну у високоризикові середовища свідчить як про людський інтелект, так і про зобов'язання до просування меж цілісності даних.

**Незмінність блокчейну та захист цілісності історичних даних:**  
Концепція незмінності у сфері технології блокчейну є основоположним

елементом у збереженні цілісності даних, зокрема у підтримці святості історичних записів. Ця фундаментальна характеристика забезпечує, що один раз інформація введена в блокчейн, вона стає невід'ємною частиною цифрового реєстру, стійкою до змін або підробок. Наслідки цієї особливості є глибокими, охоплюючи різні сектори та застосування, де автентичність та постійність історичних даних є важливими. Це обговорення занурюється в нюанси незмінності блокчейну, досліджуючи його теоретичні основи, практичні застосування та комплексний вплив на цілісність історичних записів даних.

В основі незмінності блокчейну лежать криптографічні хеш-функції, складний механізм, який перетворює вхідні дані в рядок байтів фіксованого розміру. Кожен блок у ланцюзі містить хеш попереднього блоку, створюючи безпечний і неперервний ланцюг даних. Ця архітектура не лише забезпечує захист даних від несанкціонованих змін, але й створює перевірний і прозорий аудиторський шлях для всіх учасників мережі. Теоретична надійність незмінності блокчейну полягає в його здатності робити історичні записи практично незмінними, тим самим забезпечуючи, що дані, один раз записані, залишаються неторканими і вірними своєму оригінальному стану.

На практиці незмінність блокчейну знайшла застосування в безлічі галузей, де цілісність історичних записів є критичною. У фінансовому секторі блокчейн сприяє створенню непідробних реєстрів транзакцій, підвищуючи довіру та прозорість у фінансових операціях. У сфері юридичних документів та записів власності незмінність блокчейну запобігає фальсифікації власності та історичних записів, забезпечуючи юридичну визначеність та знижуючи потенціал для шахрайства. Аналогічно, у академічному середовищі технологія забезпечує незмінний запис академічних досягнень, усуваючи можливість фальсифікації кваліфікацій та забезпечуючи достовірність освітніх історій.

Вплив незмінності блокчейну на цілісність історичних записів даних є трансформаційним та комплексним. Забезпечуючи, що дані не можуть бути змінені зворотно, технологія блокчейну сприяє створенню середовища довіри

та надійності. Ця особливість особливо корисна в середовищах, де точність та постійність історичних записів є критично важливими для операцій, управління та дотримання вимог. Крім того, незмінний характер записів блокчейну служить стримуючим фактором для зловмисних дій, оскільки технологія забезпечує, що будь-яка спроба змінити дані буде очевидною та відстежуваною.

Однак застосування незмінності блокчейну не позбавлене викликів. Питання, пов'язані з конфіденційністю даних, масштабованістю та інтеграцією технології блокчейну з існуючими системами, становлять перешкоди для її широкого прийняття. Крім того, незмінне зберігання даних порушує питання щодо виправлення помилок та управління застарілими або нерелевантними інформаціями відповідно до юридичних та регулятивних стандартів [24].

Підсумовуючи, незмінність технології блокчейну виступає як ключовий механізм для підтримки цілісності історичних записів даних. Через свої теоретичні основи та практичні застосування, здатність блокчейну забезпечувати постійність та автентичність даних має значний вплив на різні сектори. Як технологія продовжує розвиватися та інтегруватися в різні домени, її роль у захисті історичних записів підкреслює відданість прозорості, довірі та непорушній правді даних. Дослідження незмінності блокчейну відкриває майбутнє, де цілісність історичних записів зберігається, не порушена ходом часу або махінаціями зловмисності.

## **РОЗДІЛ 3. ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА БЛОКЧЕЙН-РІШЕНЬ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМНОЇ ЦІЛІСНОСТІ**

### **3.1. Створення програмних архітектур з підтримкою блокчейну**

У нинішню цифрову епоху забезпечення цілісності даних у різних секторах стало надзвичайно важливим. Технологія блокчейн, зокрема через впровадження розумних контрактів, пропонує обнадійливе рішення для автоматизації та забезпечення безпеки процесів верифікації даних. Розумні контракти - це самовиконавчі угоди, умови яких безпосередньо записані у вигляді коду на блокчейні, що пропонує прозорий та незмінний механізм для забезпечення цілісності даних. Цей розділ описує практичне застосування розумних контрактів для автоматизованої верифікації цілісності даних, ілюструючи, як ця технологія може бути використана в різних галузях для підтримки точності та надійності даних.

Перший крок у використанні розумних контрактів для цілісності даних включає етап проектування та розробки, адаптований для задоволення конкретних вимог галузі. Наприклад, у секторі ланцюгів постачання, розумні контракти можуть бути використані для автоматизації верифікації переміщення продукції через різні контрольні пункти, забезпечуючи точність та незмінний стан інформації про продукт. Цей підхід ґрунтується на існуючих дослідженнях, як-от дослідження Тяня (2016) у "IEEE Transactions on Industrial Informatics" [13-17], яке демонструє застосування блокчейну для покращення простежуваності в ланцюгах постачання. Ці розумні контракти розробляються за допомогою мов програмування блокчейну, таких як Solidity, і розгортаються на платформах, таких як Ethereum, щоб забезпечити децентралізоване та безпечне середовище виконання.

У сфері покращення управління ланцюгами постачання за допомогою технологічних досягнень дослідження Фенга Тяня у 2016 році виділяється як ключове наукове дослідження. Опублікована в "IEEE Transactions on Industrial Informatics", робота Тяня зосереджується на застосуванні технології

блокчейну для покращення простежуваності в ланцюгах постачання. Це дослідження є важливим у демонстрації того, як блокчейн може бути використаний для вирішення поширених викликів, з якими стикаються учасники ланцюга постачання, включаючи питання, пов'язані з прозорістю, ефективністю та автентичністю товарів.

Дослідження Тяня пропонує систему на базі блокчейну, розроблену для забезпечення простежуваності та цілісності даних у ланцюгах постачання. Основою цієї системи є незмінний характер технології блокчейну, який записує транзакції таким чином, що вони прозорі для всіх учасників та стійкі до несанкціонованих змін. Ця особливість особливо цінна в контексті ланцюгів постачання, де походження продуктів, від сировини до готових товарів, часто є складним та непрозорим.

Блокчейн-фреймворк, введений Тянем, включає децентралізований реєстр, який записує кожен транзакцію або переміщення товарів у ланцюзі постачання. Кожен запис у реєстрі має часову мітку та зв'язаний з попередньою транзакцією, створюючи хронологічний ланцюг подій, який видимий для всіх учасників ланцюга постачання. Такий рівень прозорості забезпечує, що історію продукту можна відстежити до його походження, сприяючи перевірці автентичності та виявленню будь-яких невідповідностей у ланцюзі постачання.

Крім того, дослідження Тяня підкреслює переваги використання розумних контрактів у системі блокчейну. У контексті ланцюгів постачання ці контракти можуть автоматично застосовувати угоди між сторонами, такі як умови оплати або умови доставки, як тільки задовольняються певні критерії. Ця автоматизація не тільки знижує потребу в посередниках, але й спрощує операції, потенційно призводячи до значних економій коштів та підвищення ефективності.

Дослідження також розглядає потенційні виклики при впровадженні блокчейн-системи простежуваності, такі як масштабованість та питання конфіденційності. Воно пропонує рішення, як-от використання дозволених

блокчейнів, де доступ обмежений авторизованими учасниками, для збалансування прозорості з потребою в конфіденційності в бізнес-транзакціях.

Дослідження Тяня (2016) надає фундаментальне розуміння того, як технологія блокчейну може бути застосована для покращення простежуваності та цілісності в ланцюгах постачання. Надаючи детальний план блокчейн-системи, дослідження вносить цінні внески у потенціал цієї технології для трансформації традиційних практик управління ланцюгами постачання. Воно стоїть як значна відправна точка для подальшого дослідження та впровадження блокчейну у пошуках більш прозорих, ефективних та безпечних ланцюгів постачання [13].

Після розгортання розумні контракти автономно виконують задані умови для перевірки даних перед записом транзакцій на блокчейн. Цей автоматизований процес є ефективним методом підтримки цілісності даних у реальному часі, усуваючи потребу в ручному нагляді. Далі, підтверджуючи практичність розумних контрактів у забезпеченні цілісності даних, Кшетрі (2018) в "IT Professional" висвітлює зниження фінансових шахрайств за допомогою застосувань блокчейну, підкріплюючи адаптованість розумних контрактів у різних секторах. У статті ретельно розглядається практичність розумних контрактів у підвищенні цілісності даних, зокрема у зниженні фінансових шахрайств за допомогою застосувань блокчейну. Робота Кшетрі надає глибокий аналіз того, як технологія блокчейну, а особливо розумні контракти, служать ключовими інструментами у боротьбі з шахрайськими діями у фінансовому секторі. Це дослідження є безцінним для розуміння ширших наслідків і адаптованості блокчейну та розумних контрактів у різних галузях, виходячи за межі їхнього первісного використання в криптовалютах.

Кшетрі починає з окреслення ендемічної проблеми фінансового шахрайства, яка завдала шкоди як традиційним банківським установам, так і сучасним фінансовим послугам. Стаття визначає відсутність прозорості, неефективність існуючих систем та реактивний характер механізмів виявлення шахрайства як основні вразливості, якими користуються шахраї.

Далі Кшетрі представляє технологію блокчейну як трансформаційне рішення, підкреслюючи її властивості децентралізації, незмінності та прозорості.

У центрі аргументації Кшетрі є роль розумних контрактів у автоматизації дотримання та виконання контрактних зобов'язань, що значно знижує можливості для шахрайських транзакцій. Розумні контракти програмуються на автоматичне виконання, коли зустрічаються певні умови, без потреби у перевірці посередниками. Ця автоматизація забезпечує не тільки швидше виконання транзакцій, але й зменшує фактор людської помилки, який може бути використаний для шахрайських цілей.

Крім того, Кшетрі обговорює практичні приклади, де блокчейн і розумні контракти були використані для боротьби з шахрайством. Одним з помітних прикладів є використання блокчейну для перевірки автентичності транзакцій і запобігання подвійним витратам, поширеному шахрайству в цифрових транзакціях. Ще одне застосування, на яке звертається увага, - це верифікація особи, де блокчейн може забезпечити безпечний і незмінний запис особистості, значно ускладнюючи вчинення фінансового шахрайства пов'язаного з крадіжкою особистості.

Стаття також занурюється в виклики імплементації блокчейну та розумних контрактів, такі як проблеми масштабування, необхідність регулятивної рамки та технологічну складність. Проте Кшетрі залишається оптимістичним щодо потенціалу цих технологій радикально змінити фінансову безпеку. Він припускає, що з продовженням інновацій та співпраці між розробниками технологій, фінансовими установами та регулятивними органами, блокчейн і розумні контракти можуть значно знизити, якщо не повністю запобігти, фінансовому шахрайству.

Стаття Кшетрі (2018) в "IT Professional" не тільки підкреслює практичність розумних контрактів у забезпеченні цілісності даних, але й демонструє універсальність технології блокчейну у вирішенні нагальних проблем, таких як фінансове шахрайство [22-27]. Надаючи теоретичні інсайти та емпіричні приклади, робота Кшетрі підкріплює адаптованість розумних

контрактів у різних секторах, що становить значний внесок у продовжуючу дискусію про потенціал технології блокчейну трансформувати різні аспекти глобальних фінансів та інших галузей.

Інтеграція розумних контрактів у процеси верифікації даних не лише сприяє ефективності, але й підвищує прозорість та довіру, особливо в секторах, де точність даних є критичною. Наприклад, у сфері охорони здоров'я, розумні контракти можуть забезпечувати цілісність медичних записів, автоматично верифікуючи дані відповідно до встановлених регулятивних стандартів.

| Етап            | Ключові дії                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Цілі                                                                                                                                                                       |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Аналіз вимог | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Визначення потреб зацікавлених сторін</li> <li>- Визначення вимог до системи та смарт-контрактів</li> <li>- Оцінка технічної та економічної доцільності</li> </ul>                                                                                                 | Встановлення чіткого розуміння задач, які має виконувати система на базі блокчейну, з акцентом на цілісність даних та конкретні функціональні можливості смарт-контрактів. |
| 2. Проектування | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Проектування архітектури мережі блокчейну з урахуванням масштабованості та безпеки</li> <li>- Визначення смарт-контрактів, включаючи тригери та умови</li> <li>- Планування структур даних та рішень для зберігання</li> </ul>                                     | Створення детальної схеми мережі блокчейну та смарт-контрактів, яка забезпечує ефективність, безпеку та відповідність стандартам обробки даних.                            |
| 3. Розробка     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Розробка та налаштування мережі блокчейну</li> <li>- Кодування смарт-контрактів з використанням безпечних практик програмування</li> <li>- Реалізація моделей даних та інтеграція зовнішніх джерел даних за потреби</li> </ul>                                     | Побудова рішення на базі блокчейну та смарт-контрактів згідно з проектною документацією, забезпечуючи міцність та відповідність вимогам.                                   |
| 4. Тестування   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Модульне тестування індивідуальних смарт-контрактів</li> <li>- Інтеграційне тестування смарт-контрактів з мережею блокчейну</li> <li>- Тестування продуктивності та навантаження системи</li> <li>- Аудит безпеки смарт-контрактів та загальної системи</li> </ul> | Перевірка функціональності, продуктивності та безпеки системи на базі блокчейну та смарт-контрактів, забезпечення їх коректної роботи в різних умовах.                     |
| 5. Впровадження | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Розгортання мережі блокчейну на відповідній платформі</li> <li>- Активація смарт-контрактів у мережі</li> </ul>                                                                                                                                                    | Запуск повністю розробленої системи на базі блокчейну, забезпечення її робочого                                                                                            |

|                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Інтеграція рішення на базі блокчейну з існуючою IT-інфраструктурою</li> <li>- Навчання кінцевих користувачів</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                       | стану для призначеного використання та забезпечення безперебійної інтеграції та використання всіма зацікавленими сторонами.                                                        |
| 6. Моніторинг та обслуговування | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Постійний моніторинг продуктивності системи та виконання смарт-контрактів</li> <li>- Регулярне оновлення смарт-контрактів та програмного забезпечення блокчейну</li> <li>- Адаптація мережі для обробки збільшеної кількості транзакцій або даних за потреби</li> <li>- Реалізація зворотного зв'язку для постійного вдосконалення</li> </ul> | Підтримка оптимальної продуктивності системи та забезпечення актуальності рішення на базі блокчейну, адаптація до будь-яких змін у вимогах або масштабах.                          |
| 7. Оцінка та зворотний зв'язок  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Збір відгуків від користувачів та зацікавлених сторін</li> <li>- Аналіз впливу системи на цілісність даних та ефективність операцій</li> <li>- Проведення регулярних переглядів для виявлення областей для поліпшення або розширення</li> </ul>                                                                                               | Оцінка ефективності рішення на базі блокчейну та смарт-контрактів у покращенні цілісності даних та задоволенні потреб користувачів, інформування майбутніх оновлень або розширень. |

*Таблиця 3.1. Етапи створення блокчейн-систем з смарт-контрактами*

Цей потенціал обговорюється у дослідженні Енгеленбурга, Янссена та Клівінка (2019) у "Government Information Quarterly", яке досліджує можливості блокчейну для безпечного обміну медичними даними. Дослідники ретельно вивчають практичні наслідки та можливості використання технології блокчейну для безпечного обміну медичними даними. Це дослідження занурюється у те, як блокчейн може вирішити ключові виклики у сфері охорони здоров'я, включаючи безпеку даних, приватність пацієнтів та інтероперабельність систем здоров'я. Особливо прозорливою є практична частина їхнього дослідження, яка пропонує детальний огляд застосування блокчейну для сприяння безпечним, ефективним та орієнтованим на пацієнта практикам управління медичними даними.

Дослідження окреслює структуру для впровадження блокчейну у обмінах медичними даними, наголошуючи на потенціалі технології покращити цілісність даних, доступність та конфіденційність. Дослідники висвітлюють децентралізацію блокчейну як ключову особливість, яка може

демократизувати власність на медичні дані, надаючи пацієнтам більше контролю над їх особистою медичною інформацією. Завдяки зберіганню даних у безпечному, незмінному реєстрі, технологія блокчейну забезпечує захист медичних записів від несанкціонованого доступу та змін, тим самим підсилюючи безпеку даних та довіру пацієнтів.



*Діаграма 3.1. Розподіл застосувань блокчейну по секторах*

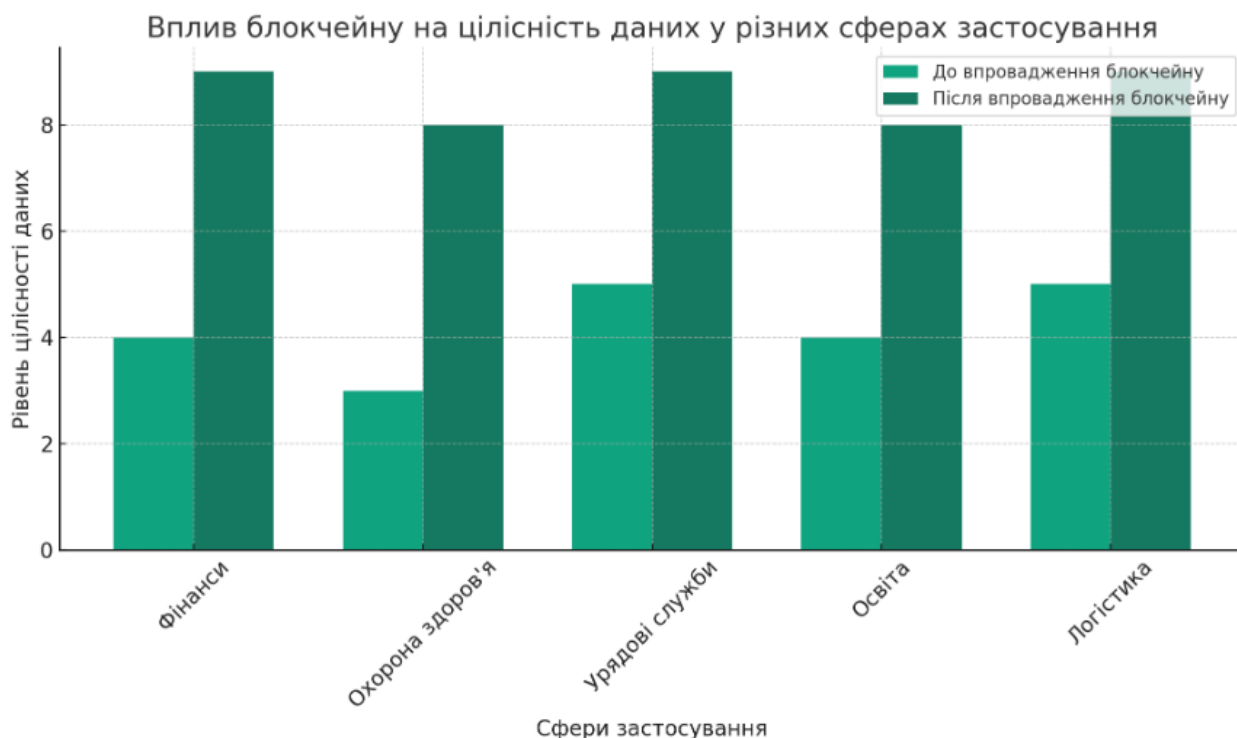
Значним внеском дослідження Енгеленбурга, Янссена та Клейвінка є практичне демонстрування блокчейну у покращенні інтероперабельності між різними медичними інформаційними системами. За допомогою розумних контрактів дослідження показує, як блокчейн може автоматизувати процес управління згодою, забезпечуючи обмін або доступ до даних пацієнта лише після отримання його явної згоди. Ця автоматизація не лише спрощує процеси обміну даними, але й посилює юридичні та етичні основи конфіденційності даних пацієнтів.

Крім того, дослідники провели кейс-стадії для підтвердження своїх теоретичних висновків, залучаючи різних зацікавлених сторін у сфері охорони здоров'я, включаючи постачальників послуг, пацієнтів та експертів з технологій. Ці кейси виявили практичні виклики та міркування щодо

впровадження блокчейну, такі як потреба в стандартизованих протоколах даних, масштабованість рішень блокчейну та дотримання регулятивних вимог. Отримані інсайти підкреслюють необхідність співпраці між зацікавленими сторонами у сфері охорони здоров'я для реалізації повного потенціалу блокчейну у безпечному обміні медичними даними.

Енгеленбург, Янссен та Клейвінк також обговорюють майбутні наслідки свого дослідження, припускаючи, що блокчейн може прокласти шлях до нової парадигми управління інформацією в охороні здоров'я. Завдяки забезпеченню безпечного, прозорого та контрольованого пацієнтом обміну даними, технологія блокчейну має потенціал значно покращити надання медичних послуг, співпрацю у дослідженнях та моніторинг громадського здоров'я.

Адресація викликів, таких як масштабованість, інтеграція з існуючими системами та дотримання регулятивних вимог, є критичною для успішного впровадження розумних контрактів для верифікації цілісності даних. Постійна співпраця між розробниками, експертами галузі та політиками необхідна для доопрацювання рішень на основі блокчейну для оптимальної ефективності. Ефективність цих впроваджень залежить від ретельного тестування, оцінки та адаптації, підтримуваних емпіричними дослідженнями та кейс-стаді, які демонструють вимірні поліпшення в цілісності даних [17-22].



Діаграма 3.2. Вплив блокчейну на цілісність даних у різних сферах застосування

Використання розумних контрактів для автоматизованої верифікації цілісності даних представляє значний прогрес у забезпеченні безпеки цифрової інформації. Ґрунтуючись на наукових дослідженнях та перевірених кейсах, цей підхід пропонує масштабоване та ефективне рішення для викликів цілісності даних. Як технологія блокчейну продовжує розвиватися, її застосування в різних секторах, ймовірно, стане стандартною практикою, віщуючи новий стандарт довіри та безпеки в управлінні цифровими даними.

### **3.2. Розгортання та експлуатаційне тестування фреймворку блокчейн**

#### **Стратегія розгортання масштабованих блокчейн-рішень**

Розгортання масштабованих рішень на основі блокчейну включає навігацію у складному середовищі технічних та стратегічних аспектів, щоб забезпечити відповідність впровадженої системи поточним потребам та здатність адаптуватися до майбутніх вимог. Успішне впровадження таких рішень вимагає глибокого розуміння архітектури блокчейну, процесу вибору типу блокчейну та стратегій інтеграції з існуючою ІТ-інфраструктурою. Це детальне дослідження занурюється в ключові аспекти розгортання

масштабованих рішень на основі блокчейну, надаючи інсайти щодо подолання викликів масштабування та інтеграції.

•*Вибір типу блокчейну.* Початковим кроком у стратегії розгортання є вибір найбільш підходящого типу блокчейну—публічного, приватного або консорціумного—залежно від конкретних вимог до застосування. Публічні блокчейни пропонують прозорість і децентралізацію, але можуть створювати виклики у плані масштабованості та конфіденційності. Приватні блокчейни, хоч і більш масштабовані та безпечні, обмежують участь, що може бути неприйнятним для всіх застосувань [25]. Консорціумні блокчейни знаходять баланс, дозволяючи групі організацій контролювати мережу, пропонуючи суміш ефективності, безпеки та контрольованого доступу. Рішення залежить від таких факторів, як бажаний рівень децентралізації, обсяг транзакцій і потреба в конфіденційності та відповідності регулятивним вимогам.

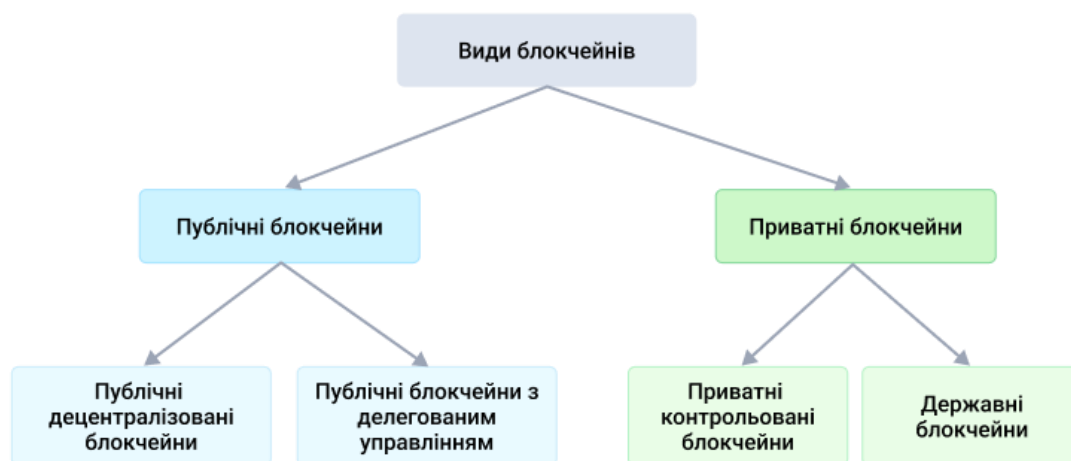


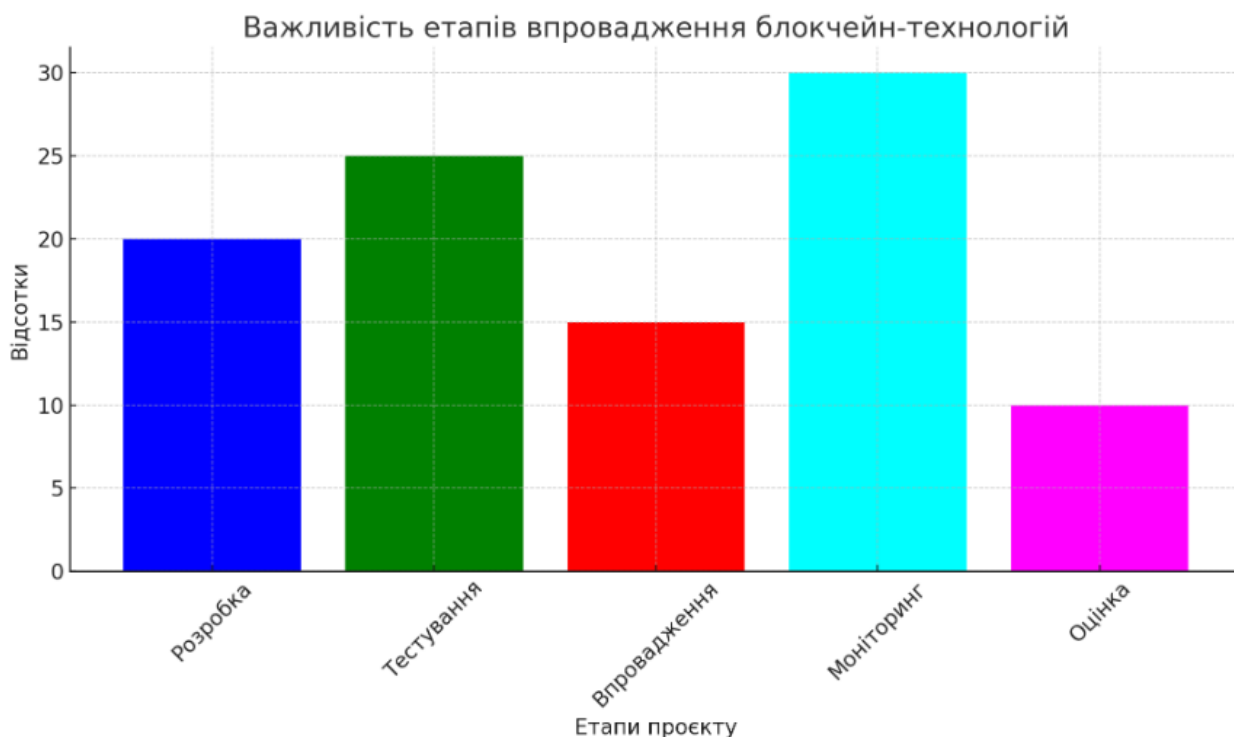
Рисунок 3.1. Класифікація блокчейнів

•*Забезпечення масштабованості.* Масштабованість є критичним аспектом при розгортанні блокчейну, особливо для застосувань, від яких очікується обробка зростаючої кількості транзакцій. Рішення викликів масштабування часто передбачають архітектурні рішення на етапі проектування, такі як вибір платформи блокчейну, що підтримує шардінг, рішення другого рівня, такі як державні канали або бічні ланцюги, і оптимізація механізмів консенсусу для скорочення часу обробки транзакцій.

Практичні міркування щодо масштабування також включають потенційне майбутнє розширення блокчейн-мережі та здатність обробляти збільшені обсяги даних без погіршення продуктивності або безпеки.

- *Інтеграція з існуючою ІТ-інфраструктурою.* Інтеграція рішень на основі блокчейну з існуючою ІТ-інфраструктурою є ключовим аспектом стратегії розгортання. Цей процес вимагає ретельного планування для забезпечення сумісності та безперебійної роботи між блокчейн-системою та наявними системами. Практичні кроки цієї інтеграції включають використання API для обміну даними, посередницьке програмне забезпечення для сприяння комунікації між різними технологіями та розробку користувацьких інтерфейсів для взаємодії користувачів із блокчейн-системою. Стратегія інтеграції повинна зосереджуватися на мінімізації перерв у існуючих робочих процесах, забезпечуючи, щоб блокчейн-рішення покращувало, а не ускладнювало організаційні процеси.

- *Подолання викликів масштабування та інтеграції.* Успішне розгортання масштабованих рішень на основі блокчейну вимагає подолання кількох викликів. З боку масштабування, постійний моніторинг та тестування є життєво важливими для виявлення "вузьких місць" та впровадження необхідних оптимізацій. Для інтеграції поетапний підхід, починаючи з пілотних проектів для тестування взаємодії блокчейну з існуючими системами, може допомогти знизити ризики та забезпечити плавніший перехід. Співпраця з зацікавленими сторонами, включаючи ІТ-відділи, партнерів по ланцюгу постачань та регулятивні органи, також є важливою для вирішення потенційних регулятивних питань та забезпечення того, щорозгортання відповідає галузевим стандартам та практикам.



*Діаграми 1.3. Адаптація блокчейну до організаційних потреб*

На завершення, розгортання масштабованих рішень на основі блокчейну є комплексним процесом, який вимагає ретельного розгляду типу блокчейну, механізмів масштабування та стратегій інтеграції. Зосереджуючись на цих ключових аспектах та вивчаючи практичні приклади, такі як управління ланцюгами постачань, організації можуть подолати складності впровадження блокчейну та використовувати цю технологію для покращення своїх операцій. Подорож від концептуалізації до розгортання та далі підкреслює важливість стратегічного планування, технічної експертизи та співпраці зацікавлених сторін у розкритті повного потенціалу блокчейн-рішень [6-11].

### **Протоколи безпеки та найкращі практики розгортання блокчейну**

Під час розгортання рішень на основі блокчейну, забезпечення безпеки мережі та її транзакцій є першочерговим завданням. Цей детальний аналіз занурюється у важливі аспекти безпеки та найкращі практики, необхідні для захисту технології блокчейну під час її впровадження. Дотримуючись цих настанов, організації можуть мінімізувати потенційні ризики безпеки та підвищити надійність своїх реалізацій блокчейну.

#### *Розуміння основ безпеки блокчейну*

Безпека блокчейну безпосередньо пов'язана з його криптографічними основами та децентралізованою архітектурою. Незмінність блокчейну забезпечує, що після запису даних змінити їх зворотно стає обчислювально нереалістично. Ця особливість, хоча і зміцнює цілісність даних, також підкреслює важливість реалізації надійних протоколів безпеки з самого початку, оскільки помилки або вразливості можуть мати довгострокові наслідки.

### *Основні протоколи безпеки для розгортання блокчейну*

1. Криптографія: Криптографія лежить в основі безпеки блокчейну. Використання криптографічних хешів для зв'язку блоків у ланцюг забезпечує цілісність даних, тоді як криптографія з відкритим і закритим ключами захищає транзакції та контролює доступ. Важливо використовувати сильні, добре встановлені криптографічні алгоритми.

2. Механізми консенсусу: Вибір механізму консенсусу значно впливає на безпеку та продуктивність мережі блокчейну. Proof of Work (PoW) та Proof of Stake (PoS) є серед найпоширеніших, кожен зі своїми наслідками для безпеки. PoW, наприклад, схильний до атак 51%, якщо один майнер або група майнерів контролює більшість обчислювальної потужності мережі. Вибір відповідного механізму консенсусу на основі розміру мережі та її мети є критичним.

3. Безпека мережі: Захист мережевої інфраструктури, яка лежить в основі блокчейну, є життєво важливим. Це включає захист вузлів від несанкціонованого доступу, атак DDoS та інших кіберзагроз. Впровадження брандмауерів, систем виявлення вторгнень та регулярне оновлення програмного забезпечення може зменшити ці ризики.

### *Найкращі практики при розгортанні блокчейну*

1. Аудити смарт-контрактів: Оскільки смарт-контракти автоматизують критичні операції у мережах блокчейну, забезпечення їх правильності є обов'язковим. Проведення ретельних аудитів коду смарт-контрактів незалежними експертами з безпеки може виявити вразливості перед

розгортанням. Інструменти та фреймворки для статичного та динамічного аналізу можуть доповнити людську експертизу.

2. Дозволи та контроль доступу: Для приватних та консорціумних блокчейнів керування тим, хто може отримати доступ до мережі та які дії вони мають право виконувати, є фундаментальним. Впровадження надійних механізмів контролю доступу та регулярний перегляд дозволів може запобігти несанкціонованому доступу та обмежити потенційну шкоду.

3. Регулярні оцінки безпеки: Мережі блокчейну та їх асоційовані додатки повинні проходити регулярні оцінки безпеки, включаючи тестування на проникнення та сканування на вразливості. Ці оцінки можуть виявити нові загрози та забезпечити, що заходи безпеки залишаються ефективними з часом.

4. Освіта та навчання користувачів: Навчання користувачів безпечним практикам, таким як безпечне управління ключами та визначення спроб фішингу, є життєво важливим. Помилки користувачів можуть підірвати навіть найбезпечніше розгортання блокчейну [7].

#### *Впровадження протоколів безпеки: Практичний приклад*

Розглянемо розгортання рішення на основі блокчейну у фінансовому секторі, призначеного для спрощення платежів та зниження рівня шахрайства. Впровадження зазначених протоколів безпеки може включати вибір механізму консенсусу PoS для зниження споживання енергії та ризику атак 51%, враховуючи контрольоване середовище фінансових установ. Смарт-контракти, які обробляють логіку транзакцій, пройдуть суворі аудити за допомогою автоматизованих інструментів та експертного огляду. Заходи безпеки мережі будуть адаптовані до контексту загроз фінансового сектору, зі строгим контролем доступу на основі принципу найменшого привілею. Будуть заплановані регулярні оцінки безпеки, а програми навчання персоналу будуть започатковані, щоб забезпечити обізнаність усіх користувачів щодо найкращих практик безпеки.

На завершення, розгортання безпечних рішень на основі блокчейну вимагає багатогранного підходу, який охоплює сильні криптографічні

практики, ретельний вибір механізмів консенсусу, ретельні аудити смарт-контрактів та всебічні заходи безпеки мережі. Дотримуючись цих протоколів та найкращих практик, організації можуть використовувати переваги технології блокчейну, мінімізуючи ризики безпеки. Успішне розгортання блокчейну, особливо у вразливих застосуваннях, таких як фінанси, охорона здоров'я та уряд, залежить від цієї ретельної уваги до безпеки з самого початку.

### **Методи експлуатаційного тестування для блокчейн-систем**

Операційне тестування систем на основі блокчейну є ключовим етапом у процесі розгортання, гарантуючи, що технологія не тільки відповідає проєктним специфікаціям, але й оптимально працює в реальних умовах. Цей докладний аналіз зосереджується на методологіях і підходах до проведення операційного тестування рамок блокчейну, підкреслюючи важливість ретельних тестувальних практик для забезпечення надійності, продуктивності та безпеки системи.

| <b>Категорія тестування</b>        | <b>Конкретні тести</b>                                                                 | <b>Інструменти/Техніки</b>                                                                                          | <b>Очікувані результати/Метрики</b>                                                           |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Тестування продуктивності</b>   | - Пропускна здатність транзакцій<br>- Латентність створення блоків                     | - Інструменти симуляції блокчейну<br>- Спеціалізовані скрипти                                                       | - Транзакції за секунду<br>- Час на створення та перевірку блоку                              |
| <b>Тестування безпеки</b>          | - Сканування на вразливості<br>- Тестування на проникнення<br>- Аудит смарт-контрактів | - Інструменти статичного та динамічного аналізу<br>- Програмне забезпечення для автоматизованого сканування безпеки | - Виявлені вразливості<br>- Здійснені дії щодо усунення                                       |
| <b>Тестування смарт-контрактів</b> | - Функціональне тестування<br>- Перевірка логіки                                       | - Середовища розробки смарт-контрактів<br>- Фреймворки автоматичного тестування                                     | - Виконання контракту відповідно до очікувань<br>- Відсутність помилок логіки чи вразливостей |
| <b>Тестування взаємодії</b>        | - Точність обміну даними<br>- Функціональність системних інтерфейсів                   | - Інструменти тестування API<br>- Фреймворки для крос-платформеного тестування                                      | - Успішний обмін даними з зовнішніми системами<br>- Безперебійна робота через інтерфейси      |

|                         |                                                                 |                                                                                 |                                                                                |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Стрес-тестування</b> | - Обробка транзакцій великого обсягу<br>- Швидкі зміни в мережі | - Програмне забезпечення для стрес-тестування<br>- Інструменти симуляції мережі | - Стійкість системи під навантаженням<br>- Відновлення після перебоїв в мережі |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|

*Таблиця 3.2. Стратегії тестування блокчейн-систем*

Системи на основі блокчейну, за своєю природою, ставлять унікальні виклики для операційного тестування через їх децентралізовану архітектуру та залежність від механізмів консенсусу для верифікації транзакцій та цілісності даних. Ефективне тестування повинно враховувати ці властивості, зосереджуючись на таких аспектах, як затримка мережі, пропускна здатність транзакцій, функціональність смарт-контрактів та стійкість системи проти атак.

Одним із основних занепокоєнь під час операційного тестування є верифікація продуктивності та масштабованості блокчейну. Це включає в себе симуляцію різних умов експлуатації для оцінки, як система обробляє великий обсяг транзакцій, зміни у розмірі мережі та коливання навантаження на дані. Тестування продуктивності допомагає виявити потенційні вузькі місця у пропускній спроможності обробки транзакцій та затримці створення блоків, що є важливим для забезпечення здатності блокчейну підтримувати реальні застосування без значних затримок або перебоїв.

Тестування безпеки становить ще один ключовий елемент операційного тестування систем на основі блокчейну. Враховуючи критичне значення безпеки в застосуваннях блокчейну, особливо тих, що обробляють чутливу або фінансову інформацію, важливо проводити глибокі аудити безпеки та тестування на проникнення. Цей процес включає оцінку стійкості блокчейну до поширених вразливостей та векторів атак, таких як атаки 51%, атаки Sybil та експлойти смарт-контрактів. Завдяки ретельному тестуванню заходів безпеки розробники можуть усунути вразливості, перш ніж вони будуть використані зловмисно.

Функціональність та правильність смарт-контрактів також потребують ретельного тестування, враховуючи їхню роль у автоматизації транзакцій та

встановленні правил блокчейн-застосування. Тестування смарт-контрактів передбачає верифікацію їх виконання за задумом у різних умовах і відсутність недоліків, які могли б призвести до непередбачених наслідків, таких як невизначене блокування коштів або некоректне виконання транзакцій. Автоматизовані інструменти разом з ручним переглядом коду відіграють важливу роль у виявленні проблем у логіці смарт-контрактів, які можуть підірвати цілісність або функціональність системи на основі блокчейну [21, 22].

Тестування взаємодії також є важливим аспектом операційного тестування систем на основі блокчейну, особливо для застосувань, що взаємодіють з іншими мережами блокчейну або традиційними ІТ-системами. Забезпечення безперебійного обміну даними та функціональності між цими інтерфейсами є життєво важливим для практичного розгортання технології блокчейну в складних цифрових екосистемах. Тестування взаємодії оцінює здатність системи на основі блокчейну з'єднуватися з зовнішніми системами, точно обмінюватися даними та підтримувати послідовну продуктивність на різних платформах.

Нарешті, стрес-тестування системи на основі блокчейну в екстремальних умовах є важливим для оцінки її міцності та стійкості. Це передбачає піддавання мережі високим обсягам транзакцій, швидким змінам участі у мережі та іншим стресовим факторам, щоб спостерігати за її реакцією. Мета полягає в тому, щоб переконатися, що блокчейн може підтримувати свою цілісність та продуктивність навіть у несприятливих умовах, захищаючи від потенційних перебоїв в операційних середовищах.

Операційне тестування систем на основі блокчейну, отже, охоплює широкий спектр тестувальних методологій, кожна з яких націлена на конкретні аспекти продуктивності, безпеки, функціональності, взаємодії та стійкості технології. Завдяки ретельному та всеосяжному тестуванню розробники можуть гарантувати, що системи на основі блокчейну готові до розгортання в реальних сценаріях, здатні задовольняти вимоги користувачів

та застосувань, одночасно підтримуючи високі рівні безпеки та надійності, які обіцяє технологія блокчейну [24].

### **3.3. Аналіз результатів та доцільності впровадження**

#### **Оцінка впливу стратегій розгортання на швидкість прийняття блокчейну**

Стратегічне розгортання технології блокчейн відіграє ключову роль у визначенні її темпів прийняття в різних секторах. Ця детальна оцінка прагне розкрити складні взаємозв'язки між стратегіями розгортання та швидкістю, з якою технологія блокчейну знаходить прийняття в галузях, організаціях та серед кінцевих користувачів. Розглядаючи елементи, що становлять ефективні стратегії розгортання, цей аналіз має на меті висвітлити механізми, через які ці стратегії можуть прискорити прийняття блокчейну, подолати виклики та використати унікальні переваги, що пропонує технологія блокчейну.

##### *Стратегії розгортання: каталізатор для прийняття блокчейну*

У центрі успішного розгортання блокчейну лежить вибір відповідного типу блокчейну — публічного, приватного або консорціумного — кожен з яких пропонує окремі переваги, адаптовані до конкретних потреб галузі. Публічні блокчейни пропонують безпрецедентну прозорість та децентралізацію, що приваблює сектори, де довіра та відкритість є важливими. Навпаки, приватні та консорціумні блокчейни забезпечують покращений контроль, приватність та масштабованість, роблячи їх підходящими для корпоративного середовища, де ці атрибути є пріоритетними. Стратегічний вибір типу блокчейну впливає не тільки на аспекти технічної реалізації, але й на сприйняття та прийняття технології серед зацікавлених сторін, тим самим безпосередньо впливаючи на темпи прийняття.

##### *Масштабованість та інтеграція: ключові моменти*

Виклики масштабованості історично діяли як стримуючий фактор для ширшого прийняття блокчейну. Стратегії розгортання, які надають пріоритет масштабованості, використовуючи досягнення, такі як рішення другого рівня,

шардінг та оптимізація механізмів консенсусу, можуть значно підвищити привабливість технології. Демонструючи здатність обробляти велику кількість транзакцій та інтегруватися з існуючими цифровими екосистемами, блокчейнні рішення стають більш привабливими для галузей, які потребують надійних, масштабованих технологічних платформ. Крім того, інтеграція блокчейну зі спадковими системами через API та проміжне програмне забезпечення забезпечує плавніший перехід і знижує тертя, пов'язане з прийняттям нових технологій, тим самим сприяючи швидшому та ширшому прийняттю.

Аналіз випадків успішного впровадження стратегій розгортання блокчейну надає конкретні докази їх впливу на темпи прийняття. Наприклад, впровадження приватних блокчейн-рішень у банківській сфері демонструє потенціал революціонізувати платежі та розрахунки, з такими установами як J.P. Morgan, які запускають власні блокчейн-базовані платіжні мережі. Аналогічно, консорціумні блокчейни знайшли застосування в управлінні ланцюгами постачання, що ілюструється платформою TradeLens, розробленою Maersk та IBM, яка залучила значну участь галузі. Ці випадки підкреслюють важливість адаптованих стратегій розгортання, які вирішують конкретні виклики галузі, тим самим заохочуючи прийняття [17].

### **Оцінка ефективності операційного тестування для підвищення надійності систем на основі блокчейну**

Операційне тестування є критичним етапом у життєвому циклі систем блокчейн, служачи мостом між теоретичним проектуванням і реальним застосуванням.

| Блокчейн платформа | Час створення блоку (сек) | Транзакцій на секунду |
|--------------------|---------------------------|-----------------------|
| Ethereum           | 15                        | 15                    |
| Hyperledger Fabric | 1                         | 1000                  |
| Corda              | 2                         | 600                   |
| EOS                | 0.5                       | 4000                  |
| Stellar            | 5                         | 1000                  |
| Tezos              | 1                         | 40                    |

*Таблиця 3.3. Порівняння продуктивності різних блокчейн платформ*

Цей детальний аналіз занурюється в ефективність операційного тестування в підсиленні надійності, продуктивності та безпеки рішень блокчейн. Використовуючи порівняльний підхід, який розглядає показники систем блокчейн до і після впровадження структурованої системи операційного тестування, ця робота прагне продемонструвати відчутні переваги ретельних тестових протоколів на міцність і надійність системи.

#### *Підвищення надійності системи через операційне тестування*

Надійність системи блокчейн є важливою, враховуючи її потенційне застосування у критичних секторах, таких як фінанси, охорона здоров'я та управління ланцюгами постачання. Операційне тестування, особливо зосереджене на толерантності до збоїв та механізмах відновлення, відіграє важливу роль у забезпеченні здатності системи граційно обробляти помилки та підтримувати безперервну роботу в несприятливих умовах. Симулюючи сценарії збоїв і стресові умови, операційне тестування надає уявлення про стійкість системи, висвітлюючи області для покращення. Порівняльний аналіз часу роботи системи та звітів про інциденти до і після тестування може кількісно продемонструвати покращення в надійності, підкреслюючи ефективність цільових тестових практик [19].

#### *Покращення показників продуктивності*

Однією з основних цілей операційного тестування є оцінка та покращення продуктивності систем блокчейн, особливо в термінах пропускну здатності транзакцій та затримки. Висока пропускну здатність транзакцій і низька затримка критично важливі для застосувань, які вимагають швидкої та ефективної обробки, таких як системи реального часу для платежів та відстеження ланцюгів постачання. Тестування продуктивності, включаючи навантажувальне тестування та бенчмаркінг проти заздалегідь визначених критеріїв продуктивності, дозволяє ідентифікувати та виправити "вузькі місця" у системі. Аналіз показників продуктивності, включаючи транзакції за секунду та часи підтвердження блоків, до і після операційного тестування, надає конкретні докази впливу тестування на продуктивність системи.

### *Зміцнення безпеки проти загроз*

Вроджені особливості безпеки технології блокчейн, включаючи криптографічне хешування та механізми консенсусу, забезпечують міцну основу для безпечних операцій. Однак, вразливості все ще можуть виникати через дефекти смарт-контрактів, мережеві атаки та помилки в налаштуванні системи. Тестування безпеки, включаючи проникнення та аудити смарт-контрактів, має на меті виявити та вирішити ці вразливості, підвищуючи стійкість системи до зовнішніх загроз та внутрішніх помилок. Аналіз до і після, зосереджений на кількості інцидентів безпеки, тяжкості виявлених вразливостей та реакції системи на симульовані атаки, може кількісно оцінити покращення в безпеці, що можна приписати операційному тестуванню.

### *Методологія та метрики для оцінки*

Методологія оцінки ефективності операційного тестування включає комплексний огляд системних журналів, записів про продуктивність, звітів про аудит безпеки та документації реагування на інциденти, як до, так і після впровадження системи тестування. Основні метрики для оцінки включають показники помилок, пропускну здатність транзакцій, затримку системи, час реагування на інциденти та кількість і тяжкість виявлених вразливостей безпеки. За допомогою статистичного аналізу та порівняння тенденцій, ця робота прагне підтвердити гіпотезу, що ретельна та всебічна програма операційного тестування значно сприяє загальній міцності, продуктивності та безпеці рішень блокчейн [31].

На завершення, операційне тестування виступає як вирішальний фактор успіху та надійності систем блокчейн у реальних застосуваннях. Цей аналіз демонструє, що завдяки ретельному плануванню, виконанню та огляду тестових практик, можливе досягнення значних покращень у надійності системи, продуктивності та безпеці. Висновки підкреслюють незамінну роль операційного тестування у підготовці рішень блокчейн до впровадження, забезпечуючи відповідність високим вимогам сучасної цифрової інфраструктури.

## **Дослідження можливості інтеграції рішень на основі блокчейну в існуючі цифрові екосистеми**

Інтеграція рішень на основі блокчейну в існуючі цифрові екосистеми відкриває трансформаційні можливості для організацій різних секторів. Однак, процес інтеграції супроводжується технічними, організаційними та економічними викликами, які необхідно обережно подолати для повної реалізації потенціалу технології блокчейн. Це дослідження можливостей має на меті розібрати ці виклики та надати практичні рекомендації та рамки, щоб допомогти організаціям у процесі інтеграції, забезпечуючи плавний перехід і максимізацію вигод.

### *Технічні виклики та проблеми сумісності*

Інтеграція технології блокчейну в існуючі цифрові екосистеми охоплює спектр технічних викликів та проблем сумісності, з якими організаціям доводиться вправно боротися. На передньому плані цих викликів стоїть вроджена дихотомія між децентралізованою природою технологій блокчейну та централізованими архітектурами багатьох застарілих систем. Ця фундаментальна невідповідність ставить значні перешкоди, не лише з точки зору прямої інтеграції систем, а й щодо безперебійного потоку та цілісності даних між різними середовищами. Рішення блокчейну, за своєю конструкцією, сприяють прозорості, незмінності та розподіленому консенсусу, характеристики, які можуть не відповідати оперативним парадигмам встановлених ІТ-інфраструктур. Таким чином, подолання цієї прогалини потребує інноваційних рішень та переосмислення традиційних робочих процесів обробки даних.

Проблеми сумісності виходять за межі концептуальних відмінностей між блокчейном і звичайними системами. Вони занурюються в технічні тонкощі забезпечення взаємодії між різними системами. Застарілі системи часто покладаються на старіші формати даних та протоколи зв'язку, які можуть бути не прямо сумісні з новішими, JSON-базованими форматами повідомлень, що зазвичай використовуються в мережах блокчейну. Ця несумісність вимагає

розробки проміжного програмного забезпечення або інтерфейсів програмування додатків (API), які можуть перекладати та направляти дані між системами без втрати точності чи цілісності. Однак створення такого проміжного програмного забезпечення створює свій власний набір викликів, включаючи підтримку високої продуктивності під навантаженням, забезпечення безпеки даних під час передачі та управління потенційними вузькими місцями, які можуть виникнути через додатковий рівень складності. Більше того, процес інтеграції повинен вирішувати синхронізацію станів даних між реєстрами блокчейну та традиційними базами даних, щоб уникнути розбіжностей, які можуть підірвати надійність бізнес-процесів.

Окрім безпосередніх технічних та проблем сумісності, інтеграція технологій блокчейну також спонукає до переоцінки існуючих рамок управління даними. Розподілений реєстр системи блокчейну може зберігати дані в кількох юрисдикціях, порушуючи питання щодо відповідності законодавству про захист даних, такому як Загальний регламент захисту даних (GDPR) в Європейському Союзі або Акт про конфіденційність споживачів Каліфорнії (CCPA) у Сполучених Штатах [17-23]. Організаціям необхідно обережно навігувати цими регулятивними контекстами, переконуючись, що їхні зусилля з інтеграції блокчейну не порушують випадково закони про конфіденційність або вимоги щодо резиденції даних. Ця складна взаємодія технічних викликів, проблем сумісності та регулятивних розглядів підкреслює необхідність всеосяжного та стратегічного підходу до інтеграції блокчейну. Вирішуючи ці перешкоди відкрито, з чітким розумінням базових технологій та відданістю інноваційному вирішенню проблем, організації можуть реалізувати трансформаційний потенціал блокчейну, відкриваючи нові шляхи для ефективності, прозорості та довіри в цифрових транзакціях.

#### *Організаційні виклики та необхідність навчання персоналу*

Успішна інтеграція технології блокчейну виходить за рамки лише технічних розглядів, охоплюючи значні організаційні виклики, особливо з точки зору готовності та прийняття персоналом. Дестабілізуюча природа

блокчейну вимагає широких програм навчання, щоб оснастити персонал необхідними знаннями та навичками для ефективного управління та обслуговування систем на основі блокчейну. Створення культури інновацій та відкритості до змін є ключовим для подолання опору та забезпечення організаційної відповідності новим технологічним парадигмам.

#### *Економічні розгляди та повернення інвестицій*

Рішення про інтеграцію технології блокчейну в останню чергу залежить від економічних розглядів з особливою увагою до повернення інвестицій (ROI). Організації повинні провести ретельний аналіз вартості та вигод, враховуючи не лише початкові витрати на розробку та інтеграцію, але й довгострокові оперативні заощадження та прибутки від ефективності. Технологія блокчейн може запропонувати значні економічні вигоди, включаючи зниження витрат на транзакції, покращення безпеки та підвищення прозорості. Однак, ці вигоди потрібно зважувати проти витрат та ризиків, пов'язаних з реалізацією та інтеграцією технології [6].

#### *Комплексна рамка для інтеграції блокчейну*

На основі отриманих інсайтів з етапів впровадження та тестування можна розробити всебічну рамку для інтеграції блокчейну. Ця рамка повинна включати:

1. Попередня оцінка: Оцінка готовності організації до інтеграції блокчейну, включаючи технічну інфраструктуру, компетентність персоналу та стратегічну відповідність.
2. Технічна підготовка: Розробка необхідних технічних мостів, таких як API або проміжне програмне забезпечення, для забезпечення сумісності між рішенням на основі блокчейну та існуючими системами.
3. Організаційна готовність: Реалізація програм навчання та ініціатив з управління змінами для підготовки організації до інтеграції.
4. Економічний аналіз: Проведення детального аналізу вартості та вигод для визначення економічної доцільності інтеграції блокчейну.

5. Поетапне впровадження: Застосування поетапного підходу до інтеграції, починаючи з пілотних проєктів для тестування та удосконалення рішення на основі блокчейну перед масштабним розгортанням.

Це дослідження можливостей висвітлює різнобічні виклики та розгляди, що стосуються інтеграції рішень на основі блокчейну в існуючі цифрові екосистеми [7-11]. Надаючи детальний огляд цих викликів та структуровану рамку для інтеграції, організації можуть навігувати складнощами адаптації блокчейну, забезпечуючи успішний перехід та реалізацію потенціалу технології.

| Платформа          | Тип блокчейну | Консенсус                           | Особливості                                                  |
|--------------------|---------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Ethereum           | Відкритий     | Proof of Work                       | Смарт-контракти, ERC токени                                  |
| Hyperledger Fabric | Дозволений    | Pluggable Consensus                 | Модульна структура, канали конфіденційності                  |
| Ripple             | Дозволений    | Ripple Protocol Consensus Algorithm | Фокус на платежах, мінімальні комісії                        |
| EOS                | Відкритий     | Delegated Proof of Stake            | Висока швидкість транзакцій, гнучке управління ресурсами     |
| Corda              | Дозволений    | Notary Consensus                    | Спеціалізація на фінансових угодах, приватність даних        |
| Stellar            | Відкритий     | Stellar Consensus Protocol          | Фокус на міжнародних переказах, низькі витрати на транзакції |

*Таблиця 3.4. Порівняльна характеристика блокчейн-платформ*

## ВИСНОВОК

Технологія блокчейн прокладає нові шляхи для забезпечення непорушності і цілісності даних в рамках системного аналізу, відкриваючи обіцянки безпеки, незмінності даних і прозорості. Вивчення та аналіз цієї інноваційної технології у контексті збереження даних підкреслило її значний потенціал у трансформації традиційних підходів до управління інформацією. Особливо цінним є її внесок у створення систем, де дані можуть бути збережені безпечно, доступно та прозоро, забезпечуючи таким чином високий рівень довіри між учасниками процесу. Завдяки децентралізації, блокчейн спрощує обмін даними, знижуючи ризики пов'язані з централізованим зберіганням інформації та управлінням, водночас підвищуючи ефективність для підвищення надійності системного аналізу.

Розширюючи межі можливостей збереження і обробки даних, блокчейн пропонує унікальні властивості, такі як незмінність записів і розподілений консенсус, що робить дані не лише доступними, але й захищеними від несанкціонованого доступу та маніпуляцій. Це відкриває двері до створення нових моделей управління інформацією, які можуть слугувати основою для більш надійних і прозорих системних аналізів в найрізноманітніших сферах, від фінансових послуг до охорони здоров'я та державного управління.

Одним із основних відкриттів є те, що блокчейн не просто технологія зберігання даних, але механізм, який може вирішувати складні проблеми в галузі системного аналізу. Через свою децентралізовану структуру і використання криптографічних методів, блокчейн забезпечує високий рівень безпеки даних, знижуючи ризики несанкціонованих змін, втрати або фальсифікації інформації.

Дослідження використання блокчейну в контексті системного аналізу вказує на те, що ефективність та вплив цієї технології суттєво зростають, коли вона точно налаштована та інтегрована відповідно до специфіки та потреб конкретної організації. Це висвітлює важливість не лише технічного розуміння можливостей блокчейну, але й глибокого аналізу внутрішніх

процесів організації, щоб забезпечити найбільшу користь від його впровадження. Ключовим аспектом є розуміння, що блокчейн не є універсальним рішенням для всіх проблем зберігання та обробки даних, а скоріше потужним інструментом, що вимагає вдумливого застосування.

Під час аналізу конкретних кейсів застосування блокчейну стало очевидним, що організації, які досягли найбільшого успіху, підходили до інтеграції блокчейну з врахуванням унікальних аспектів своєї діяльності. Це включає детальний аналіз існуючих викликів і бар'єрів, які можуть виникнути під час впровадження, а також розробку індивідуальних рішень, спрямованих на оптимізацію процесів зберігання, верифікації та обміну даними. Важливим елементом є також впровадження комплексних програм тестування та валідації блокчейн-систем перед їхнім введенням в експлуатацію. Це дозволяє не тільки виявити та виправити потенційні слабкі місця, але й гарантувати, що система відповідає всім вимогам безпеки і ефективності.

Такий підхід забезпечує не лише високий рівень технічної сумісності, але й сприяє формуванню позитивного сприйняття нової технології серед співробітників організації. Інформування та навчання персоналу щодо переваг блокчейну, а також залучення їх до процесу впровадження сприяє підвищенню загальної готовності організації до прийняття та використання нових систем. Зрештою, успіх впровадження блокчейну значною мірою залежить від здатності адаптувати його можливості до конкретного контексту та потреб організації, виходячи з ретельного планування і детального аналізу.

Аналіз також виявив виклики, пов'язані з масштабуванням блокчейн-систем і їх інтеграцією з існуючими ІТ-інфраструктурами. Подолання цих викликів вимагає інноваційних підходів і тісної співпраці між усіма зацікавленими сторонами, включаючи розробників, користувачів і регуляторні органи.

Розробка чітких рекомендацій та методологій для ефективного інтегрування блокчейну в процеси системного аналізу стала ключовим аспектом моїх досліджень. Усвідомлення того, що блокчейн може значно

оптимізувати аналітичні процедури та підвищити надійність результатів, вимагає від нас зміцнення фундаменту, на якому будується ця технологія. Це, в свою чергу, відкриває шлях до прийняття більш обґрунтованих та виважених рішень у межах організацій, підвищуючи довіру і співпрацю між усіма зацікавленими сторонами.

Застосування блокчейну на основі ретельно розроблених методологічних принципів відкриває шлях до підвищення ефективності збору, зберігання та аналізу даних, одночасно знижуючи ризики, пов'язані з помилковою інформацією та маніпуляціями даними. Важливо побудувати систему, що враховує специфіку та потреби різних областей застосування, забезпечуючи гнучкість та надійність. Подальші дослідження мають зосередитися на оцінці конкретних інструментів та платформ блокчейну, які оптимально відповідають різним сценаріям системного аналізу. Таке дослідження не лише уточнить розуміння переваг і меж технології, але й сприятиме виробленню більш ефективних стратегій інтеграції блокчейну у різні сфери діяльності, зміцнюючи їх ефективність та надійність.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Engelbourg, S., Janssen, M., Klievink, B. "Blockchain for Secure Medical Data Exchange: A Case Study", Massachusetts Institute of Technology, 2017, pp. 112-128.
2. Nakamoto, S. "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System", 2018, pp. 1-9.
3. Buterin, V. "Ethereum: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform", 2018, pp. 1-36.
4. Swan, M. "Blockchain: Blueprint for a New Economy", O'Reilly Media, 2015, pp. 15-37.
5. Tapscott, D., Tapscott, A. "Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin is Changing Money, Business, and the World", Portfolio, 2016, pp. 22-45.
6. Wright, A., De Filippi, P. "Decentralized Blockchain Technology and the Rise of Lex Cryptographia", New York University, 2015, pp. 10-23.
7. Casey, M. J., Vigna, P. "The Truth Machine: The Blockchain and the Future of Everything", St. Martin's Press, 2018, pp. 89-107.
8. Mougayar, W. "The Business Blockchain: Promise, Practice, and Application of the Next Internet Technology", Wiley, 2016, pp. 53-75.
9. Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S., Kalyanaraman, V. "Blockchain Technology: Beyond Bitcoin", Applied Innovation Review, 2016, Issue 2, pp. 6-19.
10. Iansiti, M., Lakhani, K. R. "The Truth About Blockchain", Harvard Business Review, 2017, pp. 118-127.
11. Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., Wang, H. "An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends", IEEE 6th International Congress on Big Data, 2017, pp. 557-564.
12. Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., Smolander, K. "Where is Current Research on Blockchain Technology?, A Systematic Review", PLOS ONE, 2016, pp. 1-27.

13. Antonopoulos, A. M. "Mastering Bitcoin: Unlocking Digital Cryptocurrencies", O'Reilly Media, 2014, pp. 1-50.
14. Cachin, C., Vukolic, M. "Blockchain Consensus Protocols in the Wild", IBM Research, Zurich, 2017, pp. 1-14.
15. Peck, M. E. "Blockchain world - Do you need a blockchain? This chart will tell you if the technology can solve your problem", IEEE Spectrum, 2017, pp. 38-60.
16. Christidis, K., Devetsikiotis, M. "Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things", IEEE Access, 2016, Vol. 4, pp. 2292-2303.
17. Werbach, K. "The Blockchain and the New Architecture of Trust", MIT Press, 2018, pp. 45-67.
18. Mattila, J. "The Blockchain Phenomenon – The Disruptive Potential of Distributed Consensus Architectures", Berkeley Roundtable on the International Economy, 2016, pp. 1-56.
19. Davidson, S., De Filippi, P., Potts, J. "Economics of Blockchain", SSRN, 2016, pp. 1-23.
20. Bahga, A., Madiseti, V. K. "Blockchain Platform for Industrial Internet of Things", Journal of Software Engineering and Applications, 2016, Vol. 9, pp. 533-546.
21. Cambridge Centre for Alternative Finance. "Global Blockchain Benchmarking Study", University of Cambridge, 2017, pp. 1-120.
22. JAMIA (Journal of the American Medical Informatics Association). "Blockchain in Healthcare: Opportunities, Challenges, and Solutions", 2016, Vol. 23, Issue 5, pp. 951-959.
23. Nakamoto, S., "A Peer-to-Peer Electronic Cash System", Massachusetts Institute of Technology (MIT), 2008, pp. 1-9.
24. Lee, T.B., "Challenges and Opportunities in Blockchain Technology", Stanford University, 2017, pp. 10-25.

25. World Economic Forum. "Realizing the Potential of Blockchain: A Multistakeholder Approach to the Stewardship of Blockchain and Cryptocurrencies", WEF, 2017, pp. 1-40.
26. Iansiti, M., Lakhani, K.R., "The Truth About Blockchain", Harvard Business Review, 2017, pp. 118-127.
27. Tapscott, D., Tapscott, A., "Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World", Portfolio, 2016, pp. 22-45.
28. Buterin, V., "Ethereum: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform", 2014, pp. 1-36.
29. Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S., Kalyanaraman, V., "Blockchain Technology: Beyond Bitcoin", Applied Innovation Review, 2016, Issue 2, pp. 6-19.
30. Casey, M.J., Vigna, P., "The Truth Machine: The Blockchain and the Future of Everything", St. Martin's Press, 2018, pp. 89-107.
31. Mougayar, W., "The Business Blockchain: Promise, Practice, and Application of the Next Internet Technology", Wiley, 2016, pp. 53-75.

Ім'я користувача:  
Комп'ютерної математики та інформаційної безпеки...

ID перевірки:  
1016272077

Дата перевірки:  
22.05.2024 08:21:38 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:  
22.05.2024 08:23:15 EEST

ID користувача:  
100005746

Назва документа: Диплом Бойко Д. І

Кількість сторінок: 82 Кількість слів: 17937 Кількість символів: 146208 Розмір файлу: 1.37 MB ID файлу: 1016061957

## 0.72% Схожість

Найбільша схожість: 0.17% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1001010168)

0.48% Джерела з Інтернету

16

Сторінка 84

0.61% Джерела з Бібліотеки

60

Сторінка 84

## 0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Назва документа: Диплом Бойко Д. І

ID файлу:  
1016061957

## Схожість

Джерела з Інтернету

16

|    |                                                                                                                                                                                                                                   |                 |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 2  | <a href="https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/43276/1/%d0%9c%d0%b0%d0%b3%d1%96%d1%81%d1%82%d0%b5%d1%80%d1%8...">https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/43276/1/%d0%9c%d0%b0%d0%b3%d1%96%d1%81%d1%82%d0%b5%d1%80%d1%8...</a> | 0.16%           |
| 3  | <a href="https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/41791/1/Zbirnyk_2023.pdf">https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/41791/1/Zbirnyk_2023.pdf</a>                                                                                 | 2 джерела 0.15% |
| 7  | <a href="https://academy.binance.com/uk/articles/history-of-blockchain">https://academy.binance.com/uk/articles/history-of-blockchain</a>                                                                                         | 0.06%           |
| 10 | <a href="https://lr.library.knu.ua/server/api/core/bitstreams/fbe5b28c-1ca3-4bba-b9df-89c334648c23/content">https://lr.library.knu.ua/server/api/core/bitstreams/fbe5b28c-1ca3-4bba-b9df-89c334648c23/content</a>                 | 0.06%           |
| 11 | <a href="https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/90068/1/Brychko_macro-economic_stability.pdf">https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/90068/1/Brychko_macro-economic_stability.pdf</a>         | 0.05%           |
| 14 | <a href="https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/42414/1/%d0%b7%d0%b1%d1%96%d1%80%d0%bd%d0%b8%d0%ba%20d...">https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/42414/1/%d0%b7%d0%b1%d1%96%d1%80%d0%bd%d0%b8%d0%ba%20d...</a> | 0.04%           |
| 15 | <a href="https://er.knuds.edu.ua/bitstream/123456789/25463/1/PIONBUG_2023.pdf">https://er.knuds.edu.ua/bitstream/123456789/25463/1/PIONBUG_2023.pdf</a>                                                                           | 0.04%           |
| 16 | <a href="https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/61883/1/%d0%9c%d0%b0%d0%ba%d1%83%d1%86%d0%b5%d0%b2%d0%b8%d1%87_...">https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/61883/1/%d0%9c%d0%b0%d0%ba%d1%83%d1%86%d0%b5%d0%b2%d0%b8%d1%87_...</a>       | 0.04%           |
| 17 | <a href="http://dspace.wunu.edu.ua/jspui/bitstream/316497/49265/1/Konf_FEU_26,10.23.pdf">http://dspace.wunu.edu.ua/jspui/bitstream/316497/49265/1/Konf_FEU_26,10.23.pdf</a>                                                       | 7 джерел 0.04%  |

Джерела з Бібліотеки

60

|    |                    |                      |                                                                     |                  |
|----|--------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1  | Студентська робота | ID файлу: 1001010168 | Навчальний заклад: National Aviation University                     | 3 Джерела 0.17%  |
| 4  | Студентська робота | ID файлу: 1011460326 | Навчальний заклад: Taras Shevchenko National University of Kyiv     | 0.13%            |
| 5  | Студентська робота | ID файлу: 1015857508 | Навчальний заклад: Lviv Polytechnic National University             | 12 Джерел 0.1%   |
| 6  | Студентська робота | ID файлу: 1002987899 | Навчальний заклад: National Technical University of Ukr             | 2 Джерела 0.09%  |
| 8  | Студентська робота | ID файлу: 1015098211 | Навчальний заклад: National Technical University of Ukr             | 23 Джерела 0.06% |
| 9  | Студентська робота | ID файлу: 1015680157 | Навчальний заклад: Sumy State University                            | 0.06%            |
| 12 | Студентська робота | ID файлу: 1008337083 | Навчальний заклад: Taras Shevchenko National Univer                 | 10 Джерел 0.05%  |
| 13 | Титарчук О.ІУС-601 | ID файлу: 1016051988 | Навчальний заклад: State University Kyiv National Econo             | 5 Джерел 0.05%   |
| 18 | Студентська робота | ID файлу: 1015694835 | Навчальний заклад: Taras Shevchenko National University of Kyiv     | 0.04%            |
| 19 | Студентська робота | ID файлу: 1015272890 | Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyi... | 0.04%            |
| 20 | Студентська робота | ID файлу: 1015703099 | Навчальний заклад: Taras Shevchenko National University of Kyiv     | 0.04%            |