ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Використання інформаційних технологій в сфері нерухомості на основі блокчейну»

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми Комп'ютерні науки
(назва)

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

_____ Іван Панахно
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача)*

Виконав:
здобувач вищої освіти Іван Панахно
група КНД-41

Керівник: Сергій Іщеряков
науковий ступінь, вчене звання к.т.н, доцент

Рецензент:
науковий ступінь, вчене звання
_____
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Київ 2024

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій

Кафедра Комп'ютерних наук

Ступінь вищої освіти Бакалавр

Спеціальність Комп'ютерні науки

Освітньо-професійна програма Комп'ютерні науки

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедрою Комп'ютерних наук

_____ Віктор ВИШНІВСЬКИЙ
«_____» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Панахну Івану Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Використання інформаційних технологій в сфері нерухомості на основі блокчейну

керівник кваліфікаційної роботи Сергій Іщеряков к.т.н., доцент,
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від «27» 02.2024р. №36

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «31» травня 2024р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: науково-технічна література, смарт контракт, вебсайт для використаання смарт контракту.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Дослідження роботи блокчейну
Аналіз технологій блокчейну для використання в сфері нерухомості
Розробка смарт контракту і веб сайту

5. Перелік графічного матеріалу: *презентація*
    1. Історія і розвиток блокчейну
    2. Недоліки традиційної сфери нерухомості
    3. Покращення в сфері нерухомості за допомогою блокчейн технологій

6. Дата видачі завдання «23» лютого 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання ет роботи	Примітка
1	Підбір науково-технічної літератури	20.02-01.03.24	
2	Вивчення блокчейн технологій	02.03-18.03.24	
3	Аналіз класичних процесів сфери нерухомості	19.03-24.03.24	
4	Аналіз застосування блокчейн технологій в сфері нерухомості	25.03-02.04.24	
5	Вивчення і розробка смарт контрактів	03.04-16.04.24	
6	Розробка веб сайту для використання смарт контр	17.04-26.04.24	
7	Написання вступу, висновків, реферату	27.04-05.05.24	
8	Написання основних розділів пояснювальної запи	06.05-30.05.24	
9	Подання роботи в деканат	31.05.24	

Здобувач вищої освіти _____ Іван ПАНАХНО
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Керівник
кваліфікаційної роботи _____ Сергій Іщеряков
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

РЕФЕРАТ

Текстова частина бакалаврської роботи: 42 с., 8 рис., 11 джерел.

Наукове завдання – дослідження і розробка веб сайту для використання інформаційних технологій в сфері нерухомості на основі блокчейну

Мета роботи – вирішення головних проблем в сфері нерухмості за допомогою блокчейн технологій.

Об'єкт дослідження – аналіз блокчейн технології.

Предмет дослідження – технології блокчейну для вирішення задач в сфері нерухомості.

Короткий зміст роботи: Проведено аналіз сучасних технології блокчейн технологій. Розглянуто шляхи розробки смарт контрактів в сфері нерухомості.

Розглянуто недоліки традиційної роботи сфери нерухомості. Визначена достатня кількість проблем, які некомфортні для користувачі.

Розроблено смарт контракт на мові Solidity. Веб сайт розроблено за допомогою JavaScript, Css, HTML.

Проведено тести для перевірки надійності смарт контракта і його комфортного використання користувачами.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: БЛОКЧЕЙН, СМАРТ КОНТРАКТ, ETHEREUM, НЕРУХОМІСТЬ, КРИПТОВАЛЮТА, КРИПТОГРАФІЯ, SOLIDITY

ABSTRACT

The text part of the bachelor thesis: 42 pp., 8 figures, 11 sources.

Scientific task - research and development of a website for the use of information technologies in the field of real estate based on blockchain

The purpose of the work is to solve the main problems in the field of real estate with the help of blockchain technologies.

The object of the research is the analysis of blockchain technology.

The subject of the research is blockchain technology for solving problems in the real estate sector.

Brief content of the work: An analysis of modern blockchain technologies was carried out. Ways of developing smart contracts in the real estate sector are considered.

Disadvantages of traditional work in the field of real estate are considered. A sufficient number of problems that are uncomfortable for users have been identified.

A smart contract has been developed in the Solidity language. The website is developed using JavaScript, CSS, and HTML.

Tests were conducted to check the reliability of the smart contract and its comfortable use by users.

KEYWORDS: BLOCKCHAIN, SMART CONTRACT, ETHEREUM, REAL ESTATE, CRYPTOCURRENCY, CRYPTOGRAPHY, SOLIDITY

ЗМІСТ

ВСТУП

У сучасному світі розвиток інформаційних технологій проникає в усі сфери людської діяльності, змінюючи їхні уявлення про ефективність, безпеку та транспарентність. Однією з галузей, яка активно впроваджує інноваційні рішення на базі новітніх технологій, є сфера нерухомості. Використання блокчейн-технологій у нерухомісному секторі відкриває безліч можливостей для оптимізації процесів управління нерухомістю, підвищення безпеки та ефективності операцій, а також забезпечує стійкість до змін та підвищує рівень довіри між учасниками ринку.

Ця робота присвячена вивченню та аналізу можливостей використання інформаційних технологій на основі блокчейну в сфері нерухомості. В рамках даної дослідницької роботи буде розглянуто широкий спектр питань, починаючи від теоретичних аспектів блокчейн-технологій та їхнього потенціалу для вдосконалення управління нерухомістю, і закінчуючи практичними застосуваннями цих технологій у різних сегментах ринку нерухомості.

Перехід до цифрової моделі управління нерухомістю на основі блокчейну є не лише необхідністю у зв'язку зі зростанням обсягів операцій та складності управління, але й стратегічним кроком для розвитку сучасної нерухомісної галузі. Тому дослідження вказаної проблематики має важливе значення як для теорії, так і для практики управління нерухомістю у сучасних умовах.

Актуальність: Використання інформаційних технологій на базі блокчейну в сфері нерухомості сприятиме оптимізації управління, забезпечить безпеку даних та підвищить довіру між учасниками ринку. Впровадження інноваційних рішень у нерухомісному секторі є стратегічно важливим для його конкурентоспроможності та розвитку в умовах сучасних викликів.

Об'єкт дослідження: сфера нерухомості з усіма її аспектами, включаючи управління об'єктами нерухомості, проведення транзакцій, фінансові операції.

Предмет дослідження: икористання інформаційних технологій на основі блокчейну в сфері нерухомості.

Мета роботи: дослідження потенціалу використання інформаційних технологій на основі блокчейну в сфері нерухомості. Конкретні цілі включають вивчення технологічних аспектів блокчейну, оцінку можливостей їх впровадження в управління нерухомістю, аналіз переваг та викликів такого застосування, а також розробку практичних рекомендацій щодо ефективного використання блокчейн-технологій у нерухомісному секторі.

Метою роботи є проведення комплексного аналізу можливостей використання інформаційних технологій на основі блокчейну для оптимізації процесів управління нерухомістю. Конкретні завдання включають в себе вивчення принципів роботи технології блокчейн, аналіз сучасних тенденцій у використанні блокчейну в нерухомісному секторі, визначення переваг та обмежень застосування блокчейну в даній галузі, а також розробку рекомендацій щодо впровадження інформаційних технологій на основі блокчейну для покращення управління нерухомістю.

1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГІЙ

1.1 Опис принципів роботи блокчейну

Концепція блокчейну є базовим принципом, на якому ґрунтується весь функціонал та основні властивості цієї технології. В основі блокчейну лежить ідея створення розподіленої бази даних, яка забезпечує безпеку, надійність та децентралізацію. Основними складовими концепції блокчейну є:

1. Блоки: Це фундаментальні одиниці даних, які зберігають інформацію про певну кількість транзакцій або подій. Кожен блок містить дані, хеш-суму попереднього блоку та підтвердження (чи підпис) учасників мережі.
2. Ланцюжки: Блоки впорядковані в ланцюжки, де кожен новий блок посилається на попередній, утворюючи неперервну послідовність транзакцій. Це дозволяє забезпечити хронологічний порядок подій та неперебореність системи.
3. Децентралізація: Блокчейн зазвичай працює у відсутності централізованого управління. Замість цього, він базується на мережі вузлів, кожен з яких має копію всієї історії транзакцій. Це забезпечує розподіленість та надійність даних.
4. Хеш-функції: Використовуються для створення унікального ідентифікатора для кожного блоку. Це дозволяє забезпечити неможливість зміни вмісту блоку без виявлення цього у всій мережі.

Загальний огляд концепції блокчейну включає розуміння того, як ці складові спільно працюють для створення безпечного та надійного середовища для зберігання та обміну даними без посередництва централізованих організацій.

1.2 Історичний нарис розвитку технології блокчейн.

Історія розвитку технології блокчейну може бути узагальненою наступним чином:

1. Початок (2008-2009 рр.): В 2008 році анонімна особа під псевдонімом Сатоші Накамото опублікувала білий папір, в якому вперше було представлено концепцію біткойну, першої криптовалюти, яка використовує технологію блокчейн. У 2009 році був запущений перший блокчейн біткойну.
2. Розвиток (2010-2013 рр.): У цей період блокчейн біткойну став більш широко відомим і використовуваним. Виникло багато альтернативних криптовалют, кожна з яких мала свій власний блокчейн.

3. Відомості (2014-2016 рр.): Концепція блокчейну стала більш відомою в кількох інших галузях, окрім криптовалют. Багато компаній почали досліджувати та експериментувати з технологією блокчейну для застосування в фінансах, логістиці, медицині та інших галузях.
4. Експансія (з 2017 р.): 2017 рік був роком значного зростання інтересу до блокчейну та криптовалют, що призвело до буму ICO (Initial Coin Offering), публічних продажів токенів. Крім того, багато великих корпорацій почали вивчати та розробляти власні блокчейн-рішення.
5. Сучасність (з 2020 р.): У сучасний період технологія блокчейну стала більш зрілим та широко використовуваним рішенням. Багато країн розробляють та впроваджують власні стратегії щодо регулювання криптовалют та блокчейну. Технологія блокчейну залишається дуже активною областю досліджень та інновацій.

1.3 Опис структури блокчейну: блоки, ланцюжки, мережі.

Зглиблене розуміння структури блокчейну включає розгляд кожного з його компонентів більш детально:

1) Блоки:
a) Дані блоків: Кожен блок містить дані, які можуть бути представлені у будь-якому форматі. Ці дані можуть бути транзакціями, текстом, файлами або будь-якою іншою інформацією.
b) Хеш-сума блоків: Кожен блок також містить хеш-суму (криптографічний ідентифікатор) попереднього блоку. Це зв'язує блоки між собою та створює послідовний порядок блоків.
c) Метадані блоків: Крім того, блок може містити додаткові метадані, такі як час створення блоку, інформація про транзакції, ідентифікатор створника блоку тощо.
2) Ланцюжки:
a) Послідовність блоків: Блокчейн представляє собою послідовність блоків, де кожен новий блок посилається на попередній. Це створює неперервний ланцюжок блоків, який можна відстежувати від початку до кінця.
b) Генезис-блок: Перший блок у ланцюжку називається генезис-блоком. Він є початком блокчейну і не посилається на попередній блок.
3) Мережі вузлів:
a) Децентралізованість: Мережа вузлів складається з децентралізованих комп'ютерів, які взаємодіють між собою без централізованого контролю.
b) Консенсус: Вузли мережі спільно працюють для досягнення консенсусу щодо правильності транзакцій. Це забезпечує однаковість даних у всій мережі та уникнення подвійних витрат.

c) Реплікація даних: Кожен вузол мережі має копію всієї історії блокчейну, що забезпечує резервне копіювання даних та надійність системи.

Розуміння деталей кожного з цих компонентів допомагає краще зрозуміти, як працює технологія блокчейну та як вона забезпечує безпеку, надійність та децентралізованість своєї структури.

1.4 Розгляд основних понять: хеш-функції, криптографічний підпис, децентралізація.

Розглянемо основні поняття, які є ключовими для розуміння технології блокчейну:

1. Хеш-функції:
2. Визначення: Хеш-функція - це функція, яка приймає вхідні дані будь-якої довжини і перетворює їх у фіксовану довжину бітів, називається хешем або хеш-сумою.
3. Властивості:

a. *Детермінізм*: Тобто однаковий вхід завжди буде мати однаковий вихід.
b. *Скорочення*: Вихідний хеш має фіксовану довжину, незалежно від розміру вхідних даних.
c. *Співвідношення випадковості*: Навіть невеликі зміни у вхідних даних призводять до значних змін у вихідному хеші.

4. Застосування в блокчейні: Хеш-функції використовуються в блокчейні для створення унікальних ідентифікаторів для блоків та транзакцій, що забезпечує неможливість зміни даних без виявлення цього.
5. Криптографічний підпис:

a. Визначення: Криптографічний підпис - це цифровий еквівалент підписування документів у світі реальних ресурсів. Він гарантує автентичність та цілісність даних.
b. Властивості:

i. *Аутентифікація*: Підписувач може підтвердити свою ідентичність.
ii. *Цілісність*: Будь-яка зміна підписаного повідомлення призведе до іншого підпису.
iii. *Неузнавання*: Підпис не може бути відкинутий підписувачем після підписання.

c. Застосування в блокчейні: Криптографічні підписи використовуються в блокчейні для підтвердження авторства транзакцій та забезпечення цілісності даних.

6. Децентралізація:

a. Визначення: Децентралізація - це розподілення контролю або влади по всій мережі, замість централізованого авторитету.
b. Властивості:
   i. *Відсутність центрального контролю*: Рішення приймаються демократично від учасників мережі.
   ii. *Стійкість до відмов*: Мережа продовжує працювати навіть у випадку відмови окремих вузлів.
   iii. *Безпека*: Децентралізовані системи складніше атакувати через відсутність одного центрального пункту вразливості.
   iv. Застосування в блокчейні: Децентралізація є ключовою властивістю блокчейну, що дозволяє йому функціонувати без централізованого контролю та забезпечує високий рівень безпеки та надійності.

Ці поняття є основними для розуміння та застосування технології блокчейну, і вони спільно допомагають забезпечити безпеку, надійність та децентралізацію системи.

1.5 Захист даних в блокчейні

Блокчейн забезпечує безпеку даних за допомогою декількох ключових механізмів:

1. Криптографічне хешування: Кожен блок у блокчейні містить унікальний хеш, який визначається за допомогою криптографічних хеш-функцій. Цей хеш включає в себе дані блоку, а також хеш попереднього блоку. Будь-яка навіть найменша зміна в даних блоку призведе до зміни його хешу. Це забезпечує неможливість модифікації блоку без виявлення цього у всій мережі.
2. Децентралізована мережа вузлів: Блокчейн працює на основі децентралізованої мережі вузлів, кожен з яких має копію повної історії блокчейну. Це означає, що жоден вузол не має централізованого контролю над мережею. Якщо один вузол намагається змінити дані в блокчейні, інші вузли виявлять невідповідність у хешах та відхилять таку спробу.
3. Криптографічні підписи: Кожна транзакція в блокчейні підписується відповідним приватним ключем користувача. Цей криптографічний підпис гарантує автентичність та неперебірність транзакції. Будь-яка спроба зміни транзакції призведе до порушення підпису та відхилення транзакції мережею.
4. Принцип консенсусу: Блокчейн використовує механізми консенсусу, щоб досягти згоди всіх учасників мережі щодо правильності та легітимності транзакцій. В залежності від конкретної реалізації блокчейну, це може бути

Proof of Work, Proof of Stake або інший механізм. Коли більшість вузлів погоджуються з правильністю транзакції, вона додається до блокчейну.

Ці механізми спільно працюють для забезпечення безпеки даних у блокчейні, унеможливлюючи модифікацію історії та забезпечуючи автентичність та цілісність транзакцій.

1.6 Аналіз механізмів захисту від зміни історії блокчейну

Механізми захисту від зміни історії блокчейну (імутабельність) грають ключову роль у забезпеченні безпеки та надійності цієї технології. Ось деякі аспекти цих механізмів:

1. Криптографічне хешування: Кожен блок містить унікальний хеш, який визначається за допомогою криптографічних хеш-функцій. Цей хеш включає в себе дані блоку, а також хеш попереднього блоку. Навіть найменша зміна в даних блоку призведе до зміни його хешу. Таким чином, імутабельність досягається за рахунок унікальності кожного хешу, що робить будь-яку спробу змінити дані в блокчейні легко виявленою.
2. Принцип консенсусу: Блокчейн використовує механізми консенсусу для досягнення згоди всіх учасників мережі щодо правильності та легітимності транзакцій. В залежності від конкретної реалізації блокчейну, це може бути Proof of Work, Proof of Stake або інший механізм. Коли більшість вузлів погоджуються з правильністю транзакції, вона додається до блокчейну. Цей механізм забезпечує імутабельність, оскільки будь-яка спроба змінити історію вимагає більшості голосів у мережі, що є вкрай важким.
3. Децентралізація: Блокчейн працює на основі децентралізованої мережі вузлів, кожен з яких має копію повної історії блокчейну. Якщо один вузол намагається змінити дані в блокчейні, інші вузли виявлять невідповідність у хешах та відхилять таку спробу. Це створює неперебірність та гарантує, що історія блокчейну залишиться незмінною.

Ці механізми спільно гарантують імутабельність блокчейну, що робить його дуже надійною та безпечною системою зберігання даних.

1.7 Роль криптографії у забезпеченні конфіденційності та аутентифікації

Криптографія грає ключову роль у забезпеченні конфіденційності та аутентифікації в інформаційних системах, включаючи технологію блокчейн. Ось як це відбувається:

1. Конфіденційність:

Криптографічні алгоритми шифрування дозволяють перетворювати звичайний текст (повідомлення) у нечитабельний формат за допомогою ключа.

Тільки особа, яка володіє відповідним ключем, може розшифрувати шифроване повідомлення. Це забезпечує конфіденційність інформації, оскільки навіть якщо зловмисник отримає доступ до зашифрованого повідомлення, він не зможе його прочитати без ключа.

2. Аутентифікація:

Криптографічні підписи використовуються для перевірки автентичності повідомлень та транзакцій.

Кожен учасник мережі має приватний ключ і відповідний публічний ключ. Приватний ключ використовується для підписування повідомлень, тоді як публічний ключ використовується для перевірки підпису.

Підпис дозволяє іншим користувачам в мережі перевірити, що повідомлення було підписане валідним ключем і не було змінено під час передачі.

Крім цього, криптографія використовується для забезпечення інших аспектів безпеки, таких як цілісність даних, невідмовність (неможливість відкинути підписаний документ), аутентифікація та авторизація користувачів. У контексті блокчейну, криптографія дозволяє забезпечити безпеку транзакцій та конфіденційність даних, що зберігаються в блоках.

1.8 Порівняння та аналіз переваг та недоліків кожного механізму консенсусу

Розглянемо порівняння та аналіз переваг та недоліків кожного механізму консенсусу: Proof of Work (PoW), Proof of Stake (PoS), Delegated Proof of Stake (DPoS) та Proof of Authority (PoA).

1. Proof of Work (PoW) (рис. 1.1):

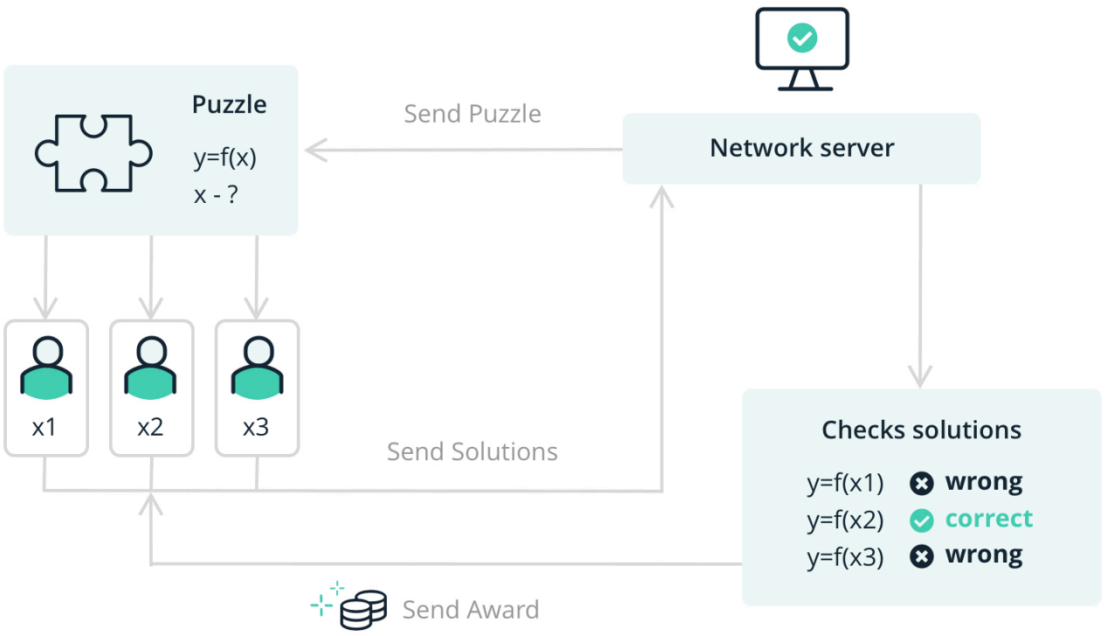


Рисунок 1.1- PoW

1. Переваги:
   i. Висока безпека: PoW мережі відповідно до концепції "51% атаки" вимагають значних обчислювальних ресурсів для зламу.
   ii. Децентралізація: Будь-хто може стати майнером, що сприяє децентралізації мережі.
   b. Недоліки:
   i. Високі витрати енергії: Майнінг PoW вимагає значних енергетичних ресурсів, що призводить до екологічних проблем.
   ii. Повільність: Необхідність обчислення складних задач робить мережу повільною.

2. Proof of Stake (PoS) (рис. 1.2):

Рисунок 1.2 - PoS

a. Переваги:
i. Економія енергії: PoS не вимагає таких же великих витрат енергії, як PoW.
ii. Висока швидкість транзакцій: Благодаря відсутності майнінга PoS мережі можуть обробляти транзакції швидше.
b. Недоліки:
i. Ризик централізації: Власники більших обсягів монет мають більше шансів стати "форжерами" та отримувати нагороди, що може призвести до концентрації влади.
ii. Холодні атаки: Атаки, що базуються на утриманні монет на довгий термін для негативного впливу на мережу.

3. Delegated Proof of Stake (DPoS) (рис. 1.3):

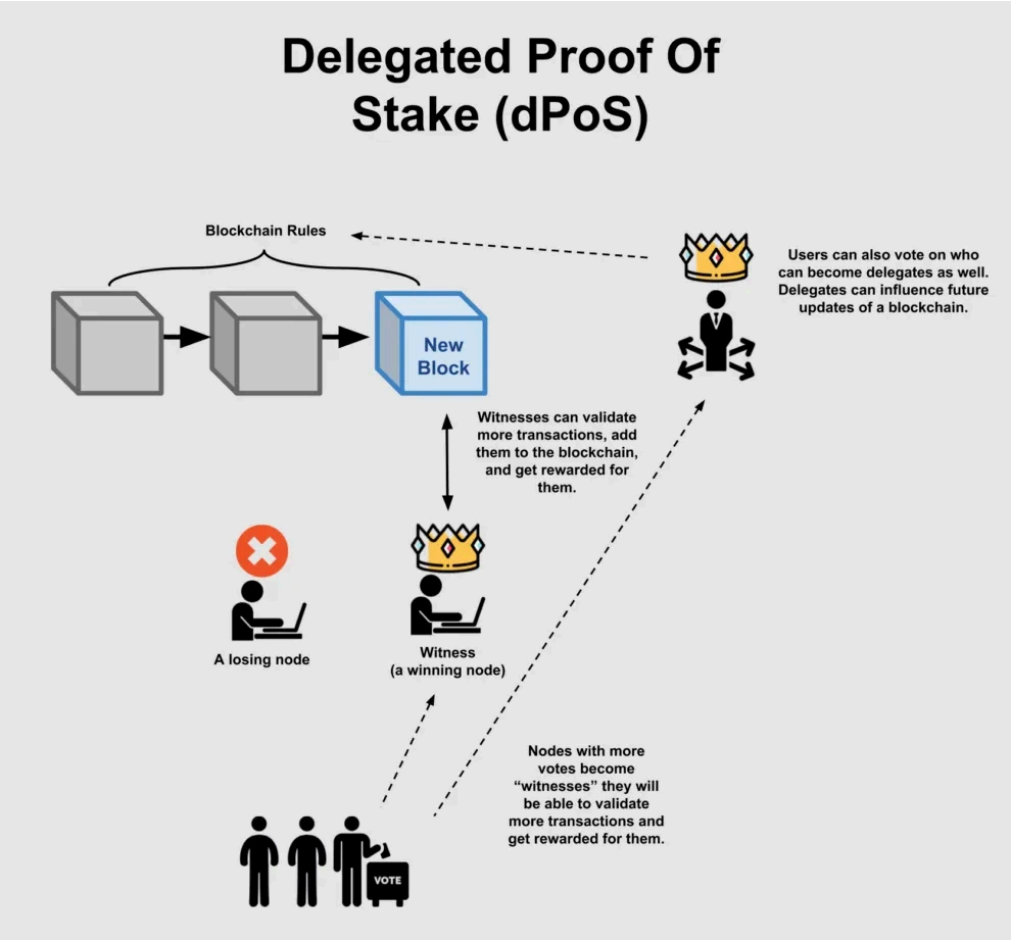


Рисунок 1.3 - PoS

a. Переваги:
   i. Швидкість транзакцій: DPoS може обробляти транзакції набагато швидше за PoW та навіть PoS.
   ii. Менша централізація: DPoS може забезпечити більшу децентралізацію, оскільки злісні учасники можуть бути позбавлені своїх делегованих прав.
b. Недоліки:
   i. Ризик централізації: Хоча DPoS зазвичай є менш централізованим, аніж PoS, він все ще може страждати від концентрації влади у вибраних делегатах.

4. Proof of Authority (PoA) (рис. 1.4):

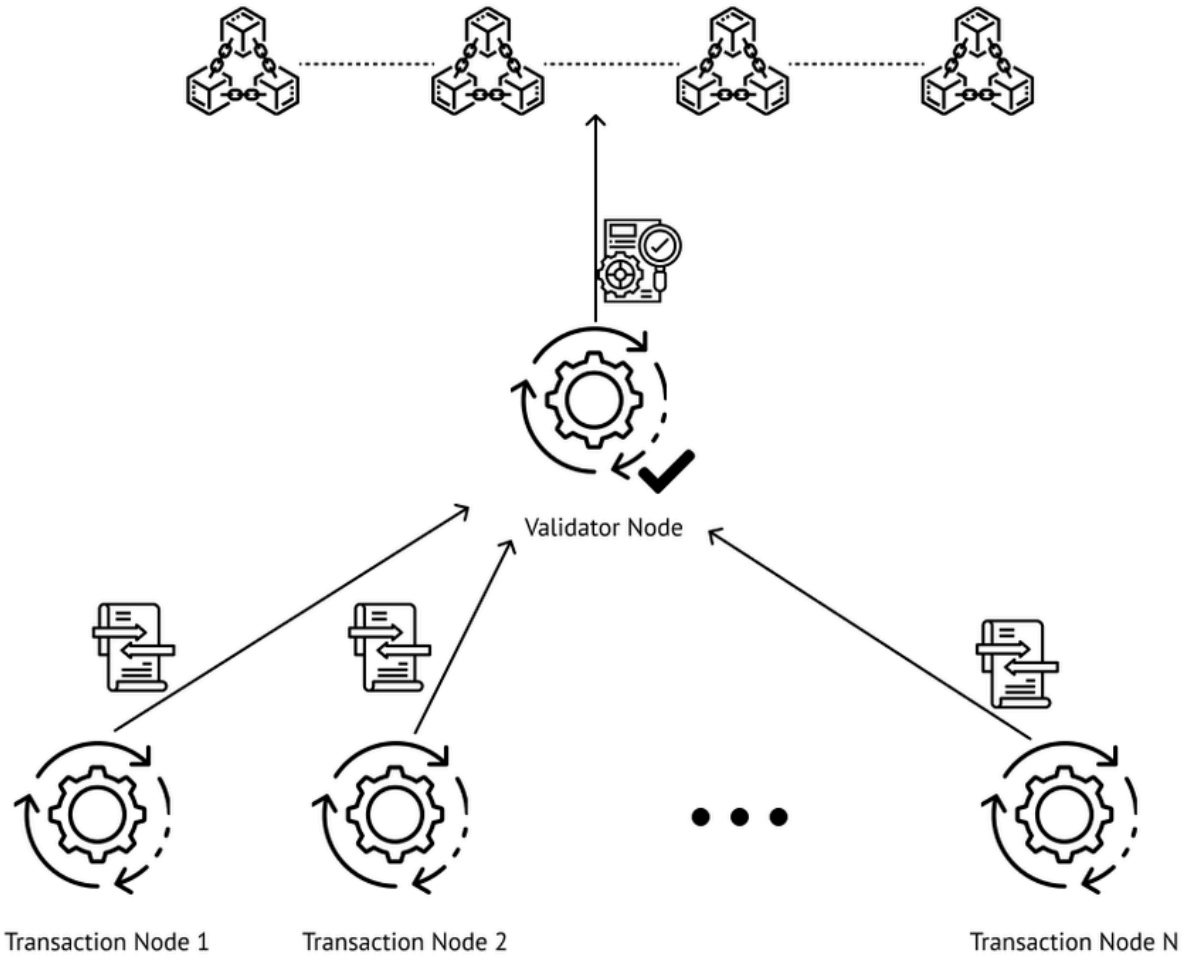


Рисунок 1.4 - PoA

a. Переваги:
i. Швидкість транзакцій: PoA може обробляти транзакції швидше за PoW, оскільки немає необхідності виконувати складні обчислення.
ii. Відсутність витрат на майнінг: PoA мережі не потребують великих обчислювальних потужностей та енергетичних ресурсів.
b. Недоліки:
i. Централізований контроль: PoA мережі мають обмежену кількість вузлів, які мають право генерації блоків, що призводить до централізації влади.

У виборі механізму консенсусу важливо враховувати конкретні потреби та вимоги проекту, зокрема щодо швидкості, децентралізації, вартості та безпеки. Кожен

механізм має свої переваги та недоліки, які необхідно враховувати при прийнятті рішення.

1.9 Класифікація блокчейнів за різними критеріями

Блокчейни можна класифікувати за різними критеріями (рис. 1.5), такими як рівень доступу, тип консенсусу, масштабність та призначення. Ось деякі типи класифікації блокчейнів:

1. За рівнем доступу:
a. Публічні (відкриті) блокчейни: Доступні для всіх користувачів без обмежень. Будь-хто може приєднатися до мережі, переглядати дані та створювати транзакції (наприклад, Bitcoin, Ethereum).
b. Приватні (закриті) блокчейни: Мережа доступна лише обмеженому колу користувачів. Для отримання доступу до такого блокчейну потрібно дозвіл від адміністратора. Це часто використовується в корпоративних або комерційних застосунках.
2. За типом консенсусу:

a. Proof of Work (PoW): Використовується в таких мережах як Bitcoin, де майнери розв'язують складні обчислювальні завдання.
b. Proof of Stake (PoS): Учасники мережі мають право генерації блоків на основі свого власного капіталу.
c. Proof of Authority (PoA): Визначені вузли мають право генерації блоків на основі свого авторитету.

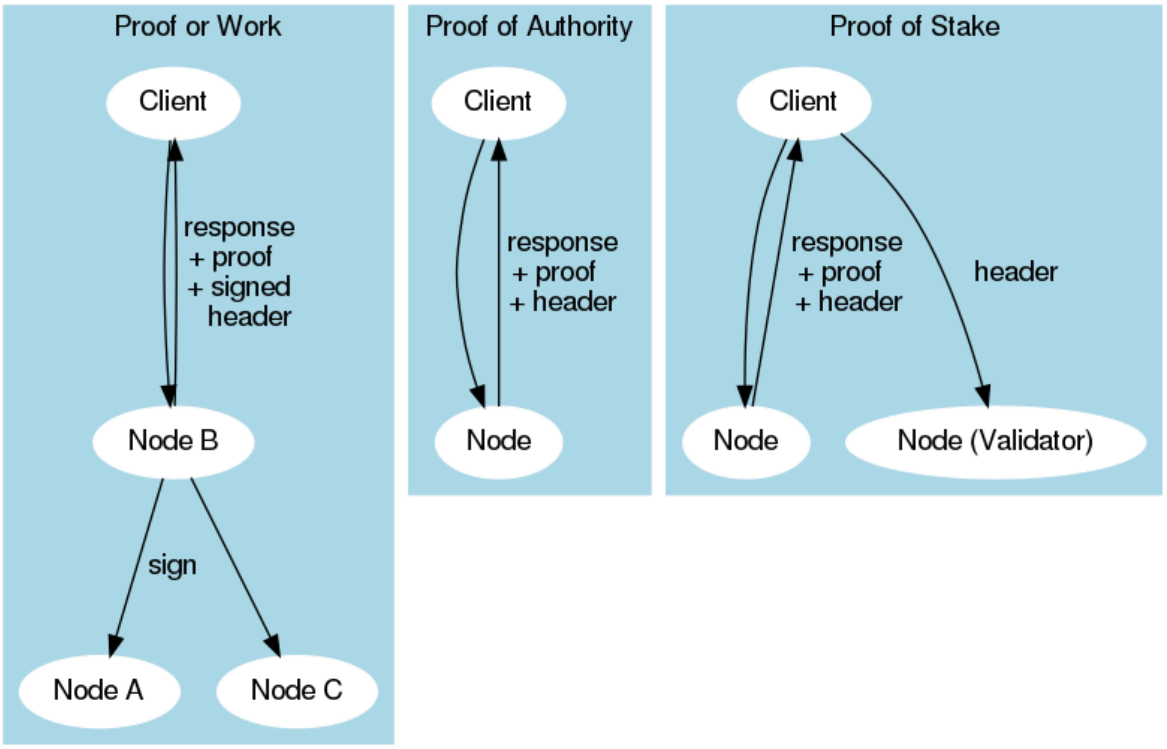


Рисунок 1.5 - Різниця роботи різних технологій блокчейну

3. За масштабністю:
a. Публічні блокчейни з високою масштабністю: Такі мережі можуть обробляти великий обсяг транзакцій за короткий період часу (наприклад, Ethereum 2.0).
b. Приватні блокчейни з низькою масштабністю: Мережі, призначені для обмеженого кола учасників та меншого обсягу транзакцій.
4. За призначенням:
a. Фінансові блокчейни: Призначені для проведення фінансових операцій та переказу цифрових активів (наприклад, Ripple).
b. Ланцюжки постачання: Використовуються для відстеження ланцюга постачання виробничих товарів та послуг.
c. Медичні блокчейни: Застосовуються для збереження та обміну медичних даних пацієнтів.

Класифікація блокчейнів за цими критеріями допомагає розуміти їх особливості та застосування у різних галузях та сценаріях.

1.10 Огляд технологій та платформ блокчейну

Ось огляд деяких популярних технологій та платформ блокчейну:

1. Ethereum (рис 1.6):

Рисусок 1.6 - Логотип Ethereum

1.1. Ethereum - це відкрита блокчейн-платформа, яка дозволяє розробникам створювати та розгортати децентралізовані додатки (DApps) та смарт-контракти.
1.2. Ethereum використовує механізм консенсусу Proof of Work (PoW), хоча планується перехід на Proof of Stake (PoS) у майбутньому.
1.3. Його основною мовою програмування є Solidity, а популярна розробка DApps часто використовує фреймворк Truffle.

2. Hyperledger (рис. 1.7):

Рисусок 1.7 - Логотип Hyperledger

2.1. Hyperledger - це ініціатива відкритого джерела Linux Foundation для розробки промислових рішень на основі блокчейну.

2.2. Проект Hyperledger включає різні підпроекти, такі як Hyperledger Fabric, Hyperledger Sawtooth, Hyperledger Besu та інші, кожен з яких має свої особливості та використання.
2.3. Hyperledger Fabric, наприклад, надає платформу для побудови приватних блокчейнів з можливістю контролю доступу.

3. Corda (рис. 1.8):

Рисусок 1.8 - Логотим Corda

3.1. Corda - це блокчейн-платформа, призначена для розробки та виконання децентралізованих додатків у фінансовій сфері.
3.2. Відмінністю Corda є його акцент на конфіденційності та скасуванні подвійних витрат у фінансових транзакціях.
3.3. Corda також підтримує інтеграцію з традиційними системами здійснення платежів та фінансовими інструментами.

Кожна з цих платформ має свої унікальні особливості та відмінності у функціональності, концепції консенсусу, мов програмування та спрямованості на різні галузі та сценарії застосування. Обираючи платформу для розробки свого блокчейн-додатку, важливо враховувати вимоги проекту та його специфічні потреби.

1.11 Підсумки огляду принципів роботи блокчейну

Підсумовуючи огляд принципів роботи блокчейну, можна зазначити наступне:

1. Децентралізація: Блокчейн базується на принципі децентралізації, що означає відсутність централізованої влади та контролю. Кожен вузол мережі має однакові права та можливість взаємодіяти без посередника.
2. Розподілена книга транзакцій: Блокчейн - це розподілена книга транзакцій, яка зберігається на кожному вузлі мережі. Кожен новий блок транзакцій додається до ланцюжка блоків і підтверджується мережею.
3. Хеш-функції та криптографія: Блокчейн використовує хеш-функції для забезпечення безпеки та цілісності даних. Криптографічний підпис дозволяє підтверджувати автентичність та невідмінність транзакцій.
4. Консенсус: Блокчейн використовує механізми консенсусу для досягнення узгодженості між учасниками мережі щодо стану системи та порядку транзакцій. Різні механізми консенсусу можуть використовувати різні підходи, такі як Proof of Work, Proof of Stake тощо.
5. Імутабельність та безпека: Дані в блокчейні неможливо змінити або вилучити, що забезпечує їх імутабельність. Це забезпечує безпеку та надійність збереження інформації.
6. Смарт-контракти: Блокчейн дозволяє виконувати смарт-контракти - програми, які автоматично виконуються при виконанні певних умов. Це розширює можливості застосування блокчейну у багатьох галузях, включаючи фінанси, логістику, нерухомість та інші.

Загалом, принципи роботи блокчейну забезпечують децентралізацію, безпеку, невідмінність даних та автоматизацію деяких процесів, що робить його потужним та інноваційним інструментом для розвитку різних галузей.

1.12 Визначення ключових висновків та важливих аспектів для подальшого розгляду

Підсумовуючи розгляд принципів роботи блокчейну та його застосування в різних галузях, можна виділити декілька ключових висновків та важливих аспектів для подальшого розгляду:

1. Децентралізація та безпека: Блокчейн відкриває можливості для створення децентралізованих та безпечних систем обміну даними та цінностями, що зменшує ризики маніпуляцій та втрат даних.
2. Інновації у фінансових послугах: Технологія блокчейну перетворює фінансовий сектор, забезпечуючи ефективніші та дешевші способи проведення платежів, кредитування та обміну активами.
3. Використання в ланцюгах постачання та логістиці: Блокчейн дозволяє створювати прозорі та ефективні системи відстеження походження товарів та оптимізації логістичних процесів.

4. Застосування в медицині та фармації: Використання блокчейну дозволяє зберігати та обмінюватися медичними даними безпечно та конфіденційно, що сприяє покращенню якості медичних послуг.
5. Трансформація ринку нерухомості: Блокчейн може революціонізувати ринок нерухомості, забезпечуючи швидше та безпечніше проведення операцій з оренди, продажу та реєстрації власності.

Ці аспекти вказують на потенціал блокчейну для зміни різних сфер господарського життя та підтримують потребу в подальшому дослідженні та впровадженні цієї технології.

2 ЗАСТОСУВАННЯ БЛОКЧЕЙНУ В СФЕРІ НЕРУХОМСТІ

2.1 Проблеми та недоліки традиційної системи реєстрації власності в нерухомості

Після аналізу традиційної системи реєстріції властності в нерухомсті, я побачив головні проблеми:

Недостатня прозорість:

Традиційні системи реєстрації власності можуть бути недостатньо прозорими, що ускладнює перевірку та підтвердження власництва прав на нерухомість. Це може сприяти випадкам фальсифікації документів та шахрайству.

Повільність та складність процесу:

Процес реєстрації власності в традиційних системах може бути дуже складним та часоємким через необхідність заповнення та подання різних документів, відвідування різних установ та очікування на рішення відповідних органів.

Ризики втрати даних:

У централізованих системах можливість втрати даних або їхнього викривання піддає ризику конфіденційність та цілісність інформації про власність.

Високі витрати:

Операції з реєстрації власності можуть вимагати значних витрат на оплату податків, комісій за послуги та інші адміністративні витрати.

Правові аспекти:

В різних країнах можуть існувати різні правові норми та процедури, що може призводити до правової невизначеності та складнощів у визначенні власності.

Вразливість до шахрайства та зловживань:

Традиційні системи реєстрації можуть бути вразливими до шахрайства та зловживань через можливість підробки документів або використання неправомірних методів отримання прав на нерухомість.

Ці проблеми вказують на необхідність модернізації та вдосконалення систем реєстрації власності в нерухомості, включаючи впровадження технологій блокчейну, які можуть допомогти вирішити багато з цих проблем.

2.2 Опис принципів та особливостей блокчейну, які роблять його ідеальним для реєстрації власності.

Блокчейн - це розподілена база даних, яка зберігається на кожному вузлі мережі і підтримується шляхом створення блоків даних, які забезпечують невідмінність та безпеку інформації. Ось деякі принципи та особливості блокчейну, які роблять його ідеальним для реєстрації власності:

Децентралізація:

Блокчейн працює в режимі розподіленої системи, де кожен вузол мережі має копію бази даних. Це робить систему більш стійкою до атак та втрати даних, оскільки немає єдиного централізованого пункту вразливості.

Невідмінність даних:

Дані в блокчейні зберігаються у блоках, кожен з яких містить хеш попереднього блоку. Це створює ланцюжок блоків, де будь-яка зміна в одному блоку автоматично призведе до зміни хешів у всіх наступних блоках, що робить будь-яке маніпулювання даними надзвичайно складним.

Прозорість:

Блокчейн відкритий для перегляду та перевірки всіма учасниками мережі. Це забезпечує прозорість та доступність інформації про власність для всіх зацікавлених сторін.

Безпека:

За допомогою криптографічних методів, блокчейн забезпечує високий рівень безпеки даних. Кожен блок містить хеші, які захищають його від змін, а криптографічні підписи забезпечують автентифікацію та невідмінність транзакцій.

Швидкість та ефективність:

Блокчейн може прискорити процес реєстрації власності, зменшивши кількість посередників та операцій, а також за допомогою автоматизації процесів за допомогою смарт-контрактів.

Ці принципи та особливості роблять блокчейн ідеальним для реєстрації власності, оскільки вони забезпечують безпеку, прозорість та невідмінність даних, а також сприяють зменшенню бюрократичних процесів та ефективнішому взаємодії між учасниками ринку нерухомості.

2.3 Застосування смарт-контрактів у процесі оренди та продажу

Застосування смарт-контрактів у процесі оренди та продажу нерухомості може значно спростити та автоматизувати ці процеси. Ось деякі основні аспекти використання смарт-контрактів:

Автоматизація оплати:

Смарт-контракти можуть автоматично здійснювати оплату орендної плати або вартості нерухомості з урахуванням умов договору. Наприклад, контракт може автоматично стягувати орендну плату з рахунку орендаря та переказувати її власнику нерухомості визначеним чином.

Управління умовами контракту:

Смарт-контракти можуть програмуватися таким чином, щоб автоматично виконувати певні умови контракту. Наприклад, контракт може виконати автоматичне перерахування депозиту після закінчення терміну оренди або відправити повідомлення про продовження договору.

Підтвердження прав власності:

Смарт-контракти можуть включати механізми для автоматичного підтвердження прав власності на нерухомість. Наприклад, після проведення операції купівлі-продажу, контракт може автоматично оновити запис про власність у блокчейні.

Виконання умов контракту:

Смарт-контракти можуть гарантувати виконання умов контракту за допомогою програмованого коду. Наприклад, контракт може автоматично змінювати статус оренди з "активний" на "завершений" після закінчення терміну дії договору.

Зменшення потреби в посередниках:

Використання смарт-контрактів може зменшити потребу в посередниках у процесі оренди та продажу нерухомості, так як багато функцій можуть бути автоматизовані та програмовані безпосередньо в контракті.

Застосування смарт-контрактів у процесі оренди та продажу нерухомості дозволяє підвищити ефективність, прозорість та безпеку цих операцій, зменшити ризики та витрати, а також спростити взаємодію між сторонами контракту.

2.4 Що таке смарт контракти

Смарт-контракти - це програмні коди, що автоматизують виконання та управління угодами на блокчейні. Вони дозволяють двом або більше сторонам укласти угоду, не вдаючись до посередників, таких як адвокати або банки. Основні характеристики смарт-контрактів:

1. Автоматизація: Вони автоматично виконують умови угоди без необхідності втручання третьої сторони.
2. Децентралізованість: Вони працюють на блокчейні, що робить їх незмінними та стійкими до втручання.
3. Безпека: Транзакції у смарт-контрактах криптографічно захищені та неможливо підробити.
4. Прозорість: Умови смарт-контракту доступні для перегляду всіма учасниками мережі блокчейн.
5. Ефективність: Усунення посередників може значно знизити витрати та час, пов'язаний з укладенням та виконанням угод.

Застосування смарт-контрактів може бути різноманітним - від фінансових угод до управління ланцюжками постачання, виборів, страхування та багато іншого.

2.5 Ethereum платформа для створення смарт контрактів

Для виконання смарт контракта для моєї роботи, я буду використовувати блокчейн мережі Ethereum.

Ефіріум був запропонований Віталіком Бутеріним (рис 2.1) у листопаді 2013 року як розширення його роботи з біткойн-проектів та платформи. Віталік був

співзасновником Bitcoin Magazine та розумів потенційні обмеження біткойну щодо програмування смарт-контрактів. Таким чином, він розпочав розробку нової блокчейн-платформи з підтримкою смарт-контрактів.

Рисунок 2.1 - Віталій Бутерін

У січні 2014 року Бутерін опублікував білий папір Ethereum, в якому описувалися технічні деталі та функціональні можливості нової платформи. За підтримки колег із біткойн-спільноти він зібрав команду розробників, і в грудні 2014 року Ethereum пройшов своє перше приватне тестування, випущене як прототип.

У липні 2015 року відбувся запуск головної мережі Ethereum, що дозволило розробникам створювати та розгортати смарт-контракти на платформі. Ethereum став першим блокчейном, який підтримував повноцінну мову програмування, що відкрило широкі можливості для створення децентралізованих додатків (DApps) у різних сферах.

З того часу Ethereum зазнавав швидкого росту популярності, стаючи однією з найбільш важливих та впливових блокчейн-платформ у світі. Його екосистема постійно розвивається, привертаючи як індустріальні, так і інноваційні проекти, які використовують його для створення нових технологій та рішень.

Ethereum - це одна з найбільш відомих та поширених платформ для створення смарт-контрактів. Вона була створена як відкрита блокчейн-платформа з можливістю виконання смарт-контрактів. Ось деякі особливості Ethereum як платформи для смарт-контрактів:

1. Тьюрінг-повнота: Ethereum надає повністю функціональне середовище для виконання смарт-контрактів, що дозволяє реалізовувати складні алгоритми та програми.
2. Власна криптовалюта (Ether): Ефір - це криптовалюта, яка використовується для оплати транзакцій та виконання смарт-контрактів на платформі Ethereum.

3. ERC-стандарти: Ethereum має набір стандартів, таких як ERC-20 (для токенів на основі Ethereum), ERC-721 (для невід'ємних токенів, таких як криптоарт) та інші, які стандартизують розробку та взаємодію смарт-контрактів.
4. Гнучкість та масштабованість: Ethereum активно розробляється для поліпшення масштабованості та зниження вартості транзакцій, щоб забезпечити більшу швидкість та ефективність мережі.
5. Розвиток екосистеми: Ethereum має велику та активну спільноту розробників та користувачів, що сприяє появі різноманітних проектів та додатків на основі смарт-контрактів.

Ці характеристики роблять Ethereum дуже популярною платформою для розробки та виконання смарт-контрактів, особливо у сфері децентралізованих фінансів (DeFi), ігор та цифрових майбутніх активів.

2.6 Правила написання смарт контрактів

Написання смарт-контрактів вимагає розуміння кількох базових концепцій та технологій. Ось деякі ключові аспекти, які варто врахувати:

1. Мови програмування: Смарт-контракти часто програмуються за допомогою мов програмування, таких як Solidity для Ethereum, Vyper, або мови, спеціально розроблені для блокчейн-платформ. Розуміння синтаксису та функціоналу вибраної мови дуже важливе для успішного написання контракту.
2. Блокчейн-платформа: Вибір блокчейн-платформи, на якій буде виконуватися смарт-контракт, визначає доступні можливості та обмеження. Кожна платформа може мати власні характеристики, протоколи та інструменти для розробки та тестування смарт-контрактів.
3. Безпека: Написання безпечних смарт-контрактів вимагає уважності та дотримання найкращих практик програмування. Це включає валідацію вхідних даних, управління внутрішнім станом контракту, уникнення уразливостей типу переповнення буфера, а також аудит коду на предмет потенційних проблем безпеки.
4. Тестування та валідація: Важливо провести ретельне тестування смарт-контракту перед розгортанням на головній мережі блокчейну. Це включає модульне тестування різних функцій контракту, симуляцію різних умов, а також аналіз безпеки.
5. Документація та коментарі: Написання чіткої документації та коментарів у коді допоможе іншим розробникам краще зрозуміти функції та логіку смарт-контракту. Це також сприяє підтримці та розширенню контракту в майбутньому.

Загалом, написання смарт-контрактів - це складний та відповідальний процес, який вимагає не лише технічних знань програмування, але й розуміння економічних та безпекових аспектів блокчейн-технологій.

2.7 Solidity як мова розробки смарт контрактів

Для своєї роботи я буду використовувати мову розробки смарт контрактів Solidity (рис2.2).

Рисунок 2.2 - Логотип Solidity

Solidity - це одна з найпоширеніших мов програмування для розробки смарт-контрактів на платформі Ethereum. Ось кілька ключових рис та характеристик мови Solidity:

Синтаксис і структура коду: Solidity виглядає дуже схоже до синтаксису мови програмування JavaScript, що робить його досить доступним для програмістів, які знайомі з веб-розробкою. Код смарт-контрактів у Solidity структурований за допомогою класів, функцій та змінних.

Типи даних: Solidity підтримує стандартні типи даних, такі як цілі числа, рядки, масиви, структури тощо. Також він має спеціальні типи даних, які використовуються для роботи з Ethereum, такі як адреси, токени та інші.

Смарт-контракти та інтерфейси: Solidity дозволяє оголошувати смарт-контракти та їх функції, а також взаємодіяти з іншими контрактами через їх інтерфейси.

Безпека: Хоча Solidity має вбудовані механізми безпеки, такі як обмеження стеку та обмеження газу, важливо ретельно перевіряти та тестувати код на предмет потенційних уразливостей, таких як переповнення буфера або захоплення управління.

ERC-стандарти: Solidity широко використовується для реалізації стандартів токенів Ethereum, таких як ERC-20 (стандарт токенів), ERC-721 (стандарт невід'ємних токенів), що дозволяє легко створювати та взаємодіяти з токенами на базі Ethereum.

Написання смарт-контрактів на Solidity вимагає ретельного розуміння його особливостей та найкращих практик програмування для забезпечення безпеки та ефективності контракту.

Давайте розглянемо приклади частини методів з реалізації смарт контрактів, які будуть використанні для нашої роботи

Смарт-контракт для укладання угоди про купівлю-продаж нерухомості:

```
pragma solidity ^0.8.0;


contract PropertySaleContract {
    address payable public seller;  // Адреса продавця (відкритий для зміни)
    address payable public buyer;   // Адреса покупця (відкритий для зміни)
    uint256 public price;           // Ціна нерухомості
    bool public isSold;             // Прапорець, що вказує, чи була нерухомість продана

    event PropertySold(address indexed _buyer, uint256 _price);

    constructor(address payable _seller, uint256 _price) {
        seller = _seller;           // Ініціалізуємо адресу продавця
        price = _price;             // Ініціалізуємо ціну нерухомості
            isSold = false;                 // Встановлюємо прапорець isSold у значення "непродана"
    }

    // Функція для купівлі нерухомості
    function buyProperty() external payable {
        require(!isSold, "Property has already been sold"); // Перевірка, що нерухомість ще не була продана
        require(msg.sender != seller, "Seller cannot buy his own property"); // Перевірка, що продавець не може купити власну нерухомість
```

```
        require(msg.value >= price, "Insufficient funds"); // Перевірка, що покупець передав достатньо коштів для оплати нерухомості

        buyer = payable(msg.sender); // Зберігаємо адресу покупця
        isSold = true; // Встановлюємо прапорець isSold у значення "продана"

        seller.transfer(msg.value); // Передача коштів продавцю

        emit PropertySold(buyer, price); // Відправляємо подію про продаж нерухомості
    }
}
```

Цей код смарт-контракту для укладання угоди про купівлю-продаж нерухомості вирішує декілька позитивних аспектів порівняно з традиційними способами укладання таких угод:

Автоматизація процесу: Смарт-контракт автоматично виконує умови угоди при виклику функції buyProperty, що зменшує необхідність участі посередників та ручного управління операцією.

Прозорість та незмінність: Операції, які відбуваються в смарт-контракті, є публічними та доступними для перевірки кожним учасником мережі. Кожен може перевірити, коли була здійснена оплата та кому була передана власність нерухомості.

Безпека та відсутність посередників: Оскільки угода відбувається безпосередньо між продавцем і покупцем, це зменшує ризики маніпуляцій або шахрайства з боку посередників або сторонніх осіб.

Швидкість та ефективність: Операції з продажу нерухомості відбуваються швидше та більш ефективно, оскільки вони автоматизовані та виконуються без зайвих затримок чи необхідності узгодження з третіми особами.

Можливість верифікації: Учасники угоди можуть перевірити статус операції у будь-який момент часу, використовуючи публічний реєстр транзакцій на блокчейні.

Отже, цей смарт-контракт дозволяє спростити та поліпшити процес укладання угоди про купівлю-продаж нерухомості, забезпечуючи більшу ефективність, безпеку та прозорість порівняно з традиційними методами.

Також можемо розглянути код для смарт контракта для реєстрації прав власності

```
pragma solidity ^0.8.0;

contract PropertyRegistry {
    struct Property {
        address owner;   // Власник нерухомості
        string location; // Місцезнаходження нерухомості
    }

    mapping(uint256 => Property) public properties; // Мапуємо ідентифікатори нерухомості на їх властивості
    uint256 public propertyCount; // Лічильник кількості нерухомостей

    event PropertyRegistered(address indexed _owner, uint256 _id, string _location);

    // Функція для реєстрації нової нерухомості
    function registerProperty(string memory _location) external {
        propertyCount++; // Збільшуємо лічильник кількості нерухомостей
        properties[propertyCount] = Property(msg.sender, _location); // Додаємо нову нерухомість у мапу

        emit PropertyRegistered(msg.sender, propertyCount, _location); // Відправляємо подію про реєстрацію нерухомості
    }
}
```

Цей код смарт-контракту для реєстрації прав власності на нерухомість також розв'язує кілька позитивних аспектів порівняно з традиційними методами:

Децентралізоване зберігання даних: Вся інформація про власність на нерухомість зберігається у розподіленому блокчейні Ethereum, що забезпечує незмінність та доступність даних у будь-який момент часу.

Прозорість та відкритість: Усі зареєстровані нерухомості та їх власники стають публічно доступними, що забезпечує відкритість та прозорість процесів управління нерухомістю.

Ефективність та зменшення витрат: Реєстрація прав власності здійснюється безпосередньо у блокчейні, що зменшує час та витрати на оформлення документів та виконання угод.

Безпека та надійність: Записи у блокчейні незмінні та захищені криптографією, що забезпечує високий рівень безпеки та надійності даних про власність на нерухомість.

Самостійність та автономія: Смарт-контракт функціонує безпосередньо на блокчейні, що означає, що він працює автономно без необхідності участі третіх осіб чи посередників.

Отже, цей смарт-контракт дозволяє поліпшити ефективність, безпеку та прозорість процесів реєстрації прав власності на нерухомість у порівнянні з традиційними методами.

2.8 Висновок

Застосування технології блокчейну в сфері нерухомості відкриває широкі можливості для поліпшення ефективності, безпеки та прозорості процесів управління нерухомістю. Наведені приклади смарт-контрактів для укладання угоди про купівлю-продаж нерухомості та реєстрації прав власності демонструють переваги цієї технології в порівнянні з традиційними методами.

Використання блокчейну забезпечує автоматизацію процесів, зменшення витрат та часу, збільшення прозорості та безпеки операцій, а також надає можливість учасникам ринку нерухомості здійснювати угоди без посередників та ризику фальсифікації даних. Отже, розвиток та впровадження блокчейну в сфері нерухомості має великий потенціал для трансформації галузі та поліпшення якості надання послуг у цьому секторі.

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1 Розробка смарт контракту

Для розробки смарт контракту, нам потрібно відкрити компілятор на сайті remix.com (рис. 3.1) і реалізувати на цьому вебсайті

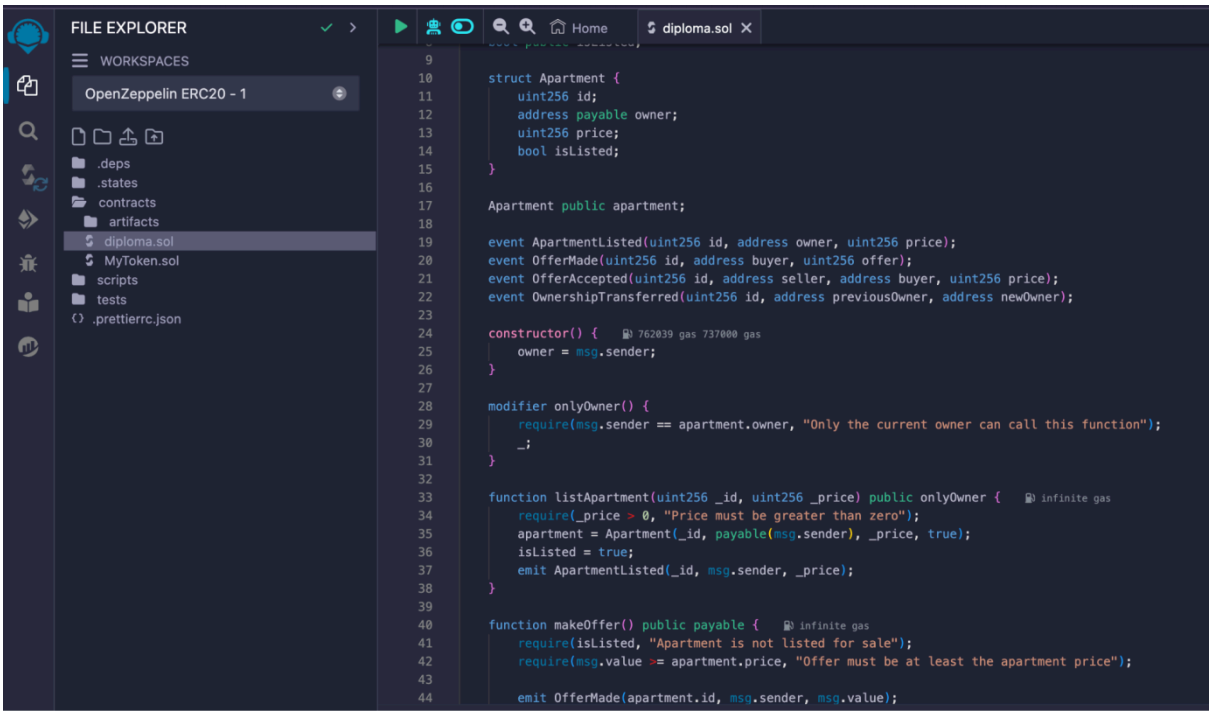


Рисунок 3.1 - Розробка смарт контракту в remix

3.2 Деплой смарт контракту в блокчейн

Для деплою нашого смарт контракту в блокчейн, нам потрібно його скомпілювати (рис. 3.2), після чого від додастя на сканер (рис 3.3), де ми можемо його перевірити

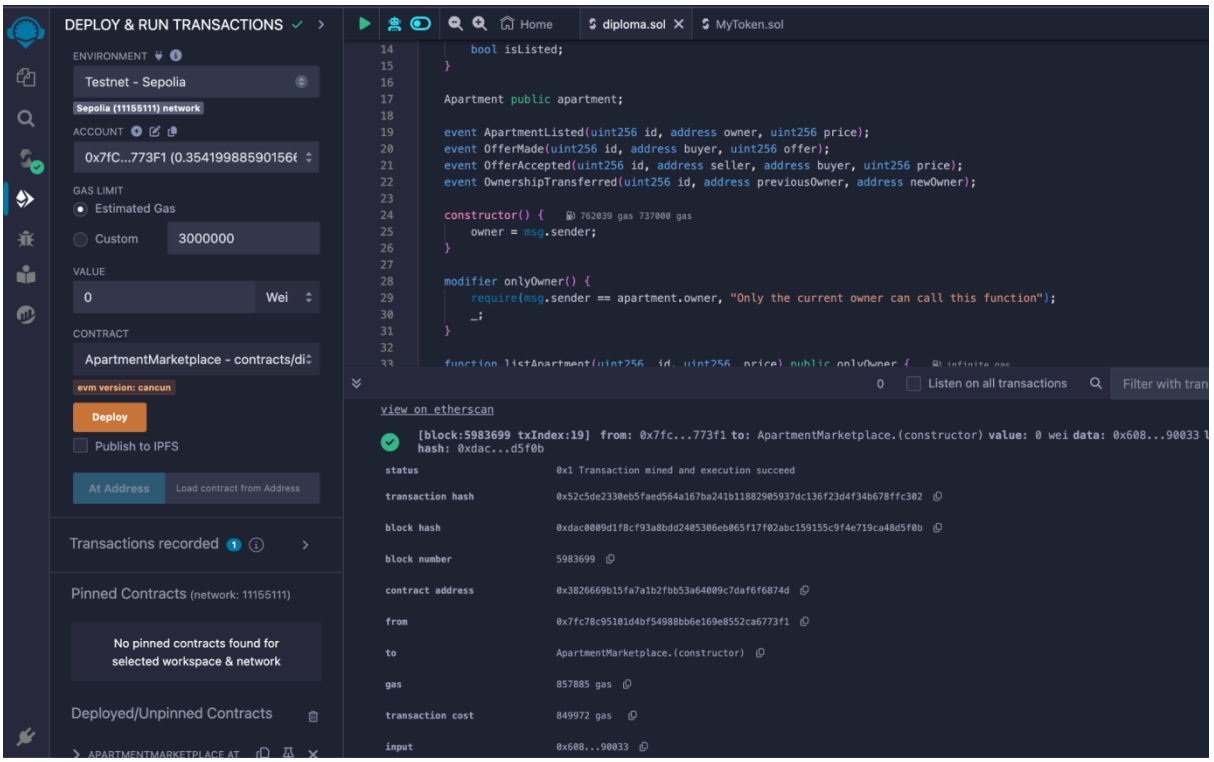


Рисунок 3.2 - Деплой і компіляція контракту

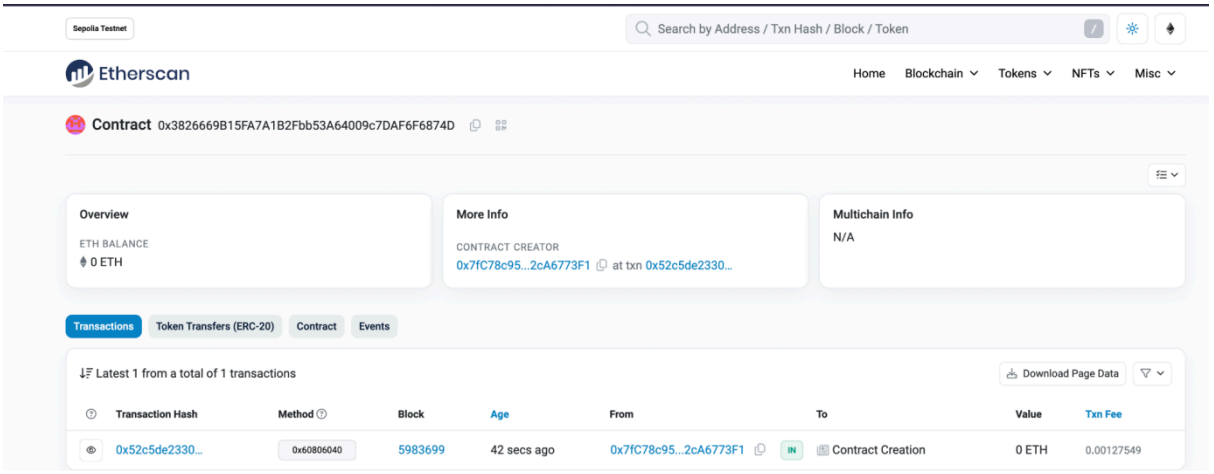


Рисунок 3.3 - Смарт конракт на сайті сканеру блокчейна

3.3 Розробка веб сайту для використання смарт контракту

І тепер нам потрібно реалізувати вебсайт (рис. 3.4), для простого користування і взаємодії з нашим смарт контрактом, для цього я розробив простенький сайт з мінімалістичним дизайном

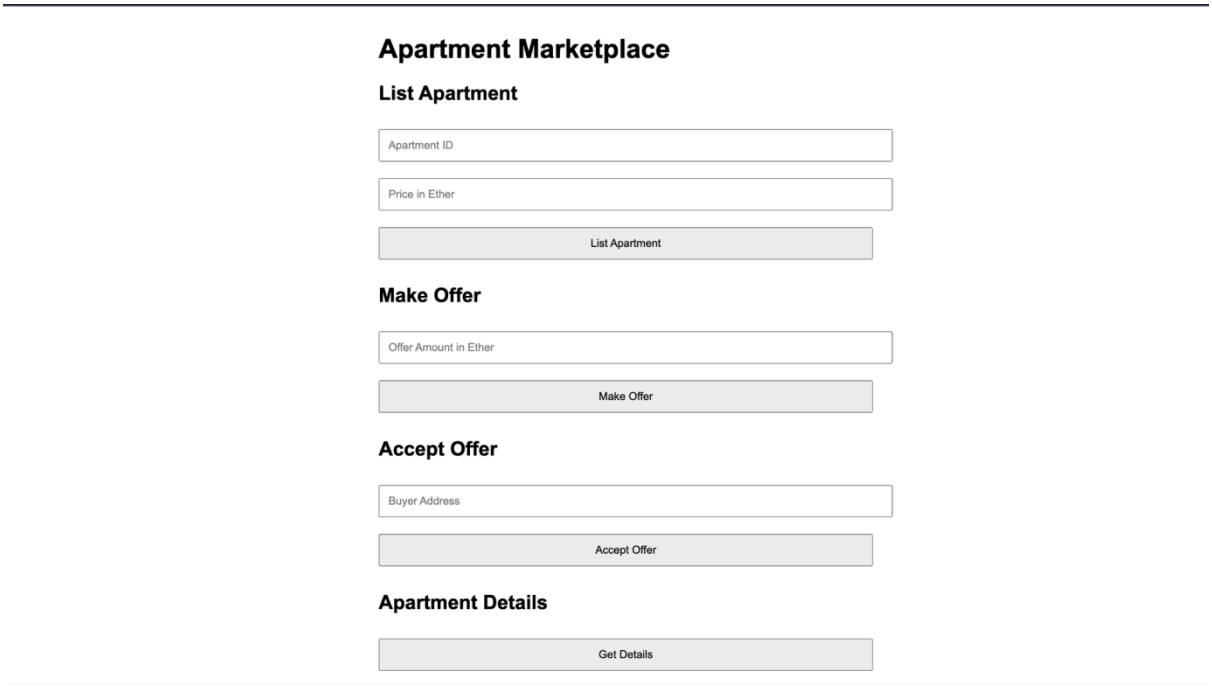


Рисунок 3.4 - Показ однієї з сторінок зробленого веб сайту

3.5 Висновок

Розроблена програма для купівлі-продажу нерухомості на базі смарт-контрактів та блокчейн технологій продемонструвала значний потенціал для оптимізації процесів у сфері нерухомості. Основні переваги впровадження цієї програми включають підвищення прозорості, зниження витрат, та автоматизацію транзакцій.

Її основні переваги:

1. Безпека: Використання криптографічних методів для захисту даних забезпечує високий рівень безпеки інформації та транзакцій, що знижує ризики шахрайства.
2. Ефективність: Автоматизація процесів через смарт-контракти зменшує час, необхідний для завершення угод, і знижує ймовірність людських помилок. Програма забезпечує швидке та ефективне виконання контрактних умов.
3. Прозорість: Завдяки використанню блокчейну, всі транзакції з нерухомістю зберігаються у незмінному реєстрі, що дозволяє учасникам легко перевірити історію угод та забезпечує високий рівень довіри між сторонами.

4. Зниження витрат: Система смарт-контрактів автоматизує багато аспектів процесу купівлі-продажу, що значно знижує потребу в посередниках та відповідні витрати. Це робить транзакції більш доступними та швидкими.

ВИСНОВКИ

Використання блокчейн технологій у сфері нерухомості має значний потенціал для трансформації галузі шляхом підвищення прозорості, ефективності та безпеки транзакцій. Аналіз літератури та проведені дослідження показують, що блокчейн може суттєво змінити традиційні методи управління нерухомістю, зокрема, шляхом впровадження смарт-контрактів, токенізації активів та децентралізованих реєстрів.

З моєї роботи я виділив основні переваги блокчейну в сфері нерухомості:

1. Прозорість та безпека: Блокчейн забезпечує високу ступінь прозорості та захисту даних, оскільки всі транзакції записуються у незмінний реєстр, доступний для всіх учасників. Це мінімізує ризики шахрайства та забезпечує довіру між сторонами угоди.

2. Ефективність процесів: Використання смарт-контрактів автоматизує виконання договорів, зменшуючи потребу у посередниках та прискорюючи процес укладення угод. Це дозволяє суттєво знизити витрати на проведення транзакцій та адміністративні витрати.

3. Токенізація нерухомості: Токенізація дозволяє розділити власність на нерухомість на менші частки, що полегшує інвестиції для дрібних інвесторів та збільшує ліквідність активів. Це створює нові можливості для залучення капіталу та розвитку ринку нерухомості.

В цілому, блокчейн технології мають потенціал значно покращити сферу нерухомості, роблячи її більш прозорою, ефективною та безпечною. Незважаючи на наявні виклики, перспективи їх впровадження є надзвичайно обнадійливими. Для досягнення максимального ефекту необхідно продовжувати дослідження, розробку стандартів та сприяти співпраці між усіма учасниками ринку.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Patrick Schueffe: Blockchain in Real Estate: Tokenizing the Future
2. Andreas M. Antonopoulos, Gavin Wood: Mastering Ethereum: Building Smart Contracts and DApps
3. Bellaj Badr, Richard Horrocks, Xun (Brian) Wu: Blockchain by Example: A Developer's Guide
4. Ritesh Modi: Solidity Programming Essentials: A Beginner's Guide to Build Smart Contracts for Ethereum and Blockchain
5. Narayan Prusty: Building Blockchain Projects: Building Decentralized Blockchain Applications with Ethereum and Solidity
6. Introduction to Smart Contracts[Електронний ресурс] - https://docs.soliditylang.org/en/latest/introduction-to-smart-contracts.html
7. Deploy Your First Smart Contract[Електронний ресурс] - https://www.web3.university/tracks/create-a-smart-contract/deploy-your-first-smart-contract
8. Deploy smart contract[Електронний ресурс] - https://ethereum.org/en/developers/docs/smart-contracts/deploying/
9. Ethereum development documentation[Електронний ресурс] - https://ethereum.org/en/developers/docs
10. Blockchain’s Grand Promise for the Real Estate Sector: A Systematic Review [Електронний ресурс] - https://www.mdpi.com/2076-3417/12/23/11940

Додаток А

Лістинги програми:

смарт контракт

```
// SPDX-License-Identifier: MIT
pragma solidity ^0.8.0;

contract ApartmentMarketplace {
    address public owner; // Адреса власника контракту
    uint256 public apartmentPrice; // Ціна квартири
    address public currentOwner; // Поточний власник квартири
    bool public isListed; // Чи перерахована квартира на продаж

    struct Apartment {
        uint256 id; // Ідентифікатор квартири
        address payable owner; // Адреса власника
        uint256 price; // Ціна квартири
        bool isListed; // Статус продажу квартири
    }

    Apartment public apartment;

    event ApartmentListed(uint256 id, address owner, uint256 price); // Подія, коли квартира перерахована на продаж
    event OfferMade(uint256 id, address buyer, uint256 offer); // Подія, коли зроблено пропозицію на квартиру
    event OfferAccepted(uint256 id, address seller, address buyer, uint256 price); // Подія, коли пропозиція прийнята
    event OwnershipTransferred(uint256 id, address previousOwner, address newOwner); // Подія, коли власність передана
```

```
    constructor() {
        owner = msg.sender; // Встановлює адресу власника контракту
    }

    modifier onlyOwner() {
        require(msg.sender == apartment.owner, "Only the current owner can call this function"); // Перевірка, що викликає функцію лише поточний власник
        _;
    }

    function listApartment(uint256 _id, uint256 _price) public onlyOwner {
        require(_price > 0, "Price must be greater than zero"); // Перевірка, що ціна більша за нуль
        apartment = Apartment(_id, payable(msg.sender), _price, true); // Перераховує квартиру на продаж
        isListed = true;
        emit ApartmentListed(_id, msg.sender, _price); // Випускає подію про перерахування квартири на продаж
    }

    function makeOffer() public payable {
        require(isListed, "Apartment is not listed for sale"); // Перевірка, що квартира перерахована на продаж
        require(msg.value >= apartment.price, "Offer must be at least the apartment price"); // Перевірка, що пропозиція не менша за ціну квартири

        emit OfferMade(apartment.id, msg.sender, msg.value); // Випускає подію про зроблену пропозицію
    }

    function acceptOffer(address _buyer) public onlyOwner {
```

```
        require(isListed, "Apartment is not listed for sale"); // Перевірка, що квартира перерахована на продаж
        require(address(this).balance >= apartment.price, "Contract balance is less than the apartment price"); // Перевірка, що баланс контракту не менший за ціну квартири

        address payable seller = apartment.owner; // Адреса продавця
        uint256 price = apartment.price; // Ціна квартири

        isListed = false;
        apartment.owner = payable(_buyer); // Передача власності новому власнику
        seller.transfer(price); // Переведення грошей продавцю

        emit OfferAccepted(apartment.id, seller, _buyer, price); // Випускає подію про прийняту пропозицію
        emit OwnershipTransferred(apartment.id, seller, _buyer); // Випускає подію про передачу власності
    }

    function getApartmentDetails() public view returns (uint256, address, uint256, bool) {
        return (apartment.id, apartment.owner, apartment.price, apartment.isListed); // Повертає деталі квартири
    }
}
```

html сторінка для використання контракту

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
    <meta charset="UTF-8">
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale
```

```
    <title>Apartment Marketplace</title>
    <style>
        body { font-family: Arial, sans-serif; }
        .container { max-width: 600px; margin: 0 auto; padding: 20px; }
        input, button { width: 100%; padding: 10px; margin: 10px 0; }
    </style>
</head>
<body>
    <div class="container">
        <h1>Apartment Marketplace</h1>
        <h2>List Apartment</h2>
        <input type="text" id="apartmentId" placeholder="Apartment ID" />
        <input type="text" id="apartmentPrice" placeholder="Price in Ether" />
        <button onclick="listApartment()">List Apartment</button>

        <h2>Make Offer</h2>
        <input type="text" id="offerAmount" placeholder="Offer Amount in Ether" />
        <button onclick="makeOffer()">Make Offer</button>

        <h2>Accept Offer</h2>
        <input type="text" id="buyerAddress" placeholder="Buyer Address" />
        <button onclick="acceptOffer()">Accept Offer</button>

        <h2>Apartment Details</h2>
        <button onclick="getApartmentDetails()">Get Details</button>
        <pre id="apartmentDetails"></pre>
    </div>
```

```
    <script src="https://cdn.jsdelivr.net/gh/ethereum/web3.js/dist/web3.min.js"></script>
    <script src="app.js"></script>
</body>
</html>
```

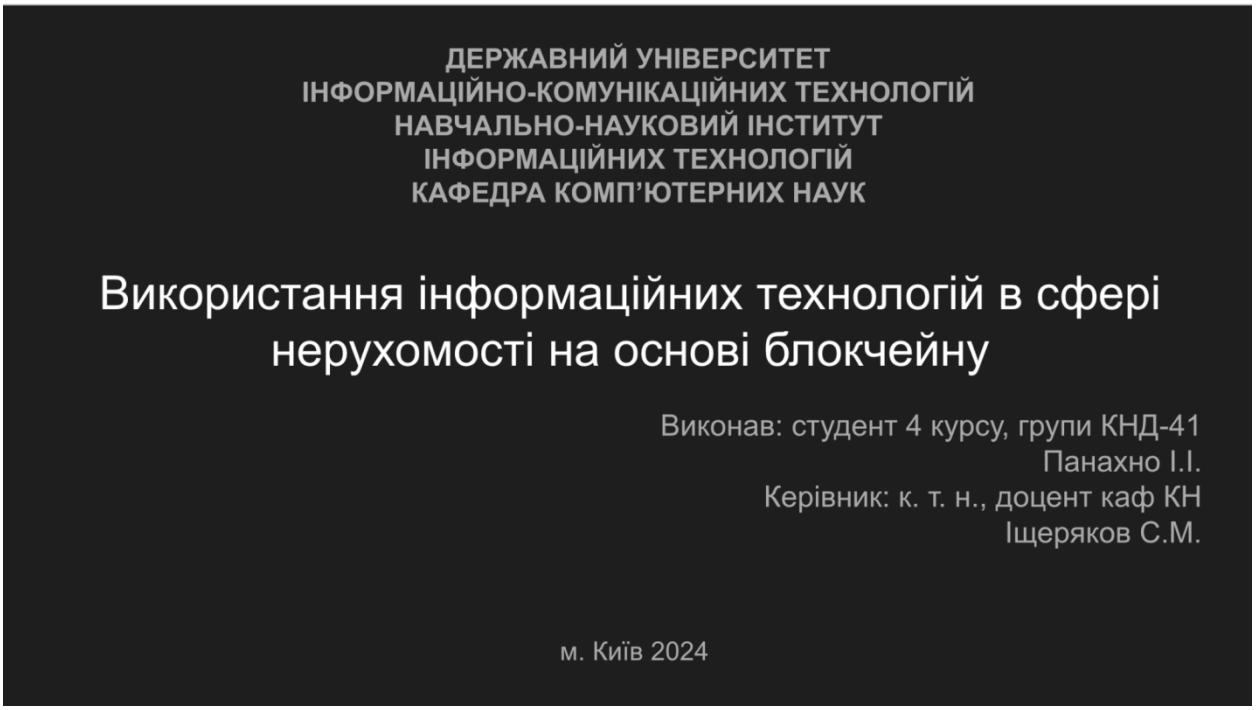
js скрипт для сторінки(без додавання параметрів)

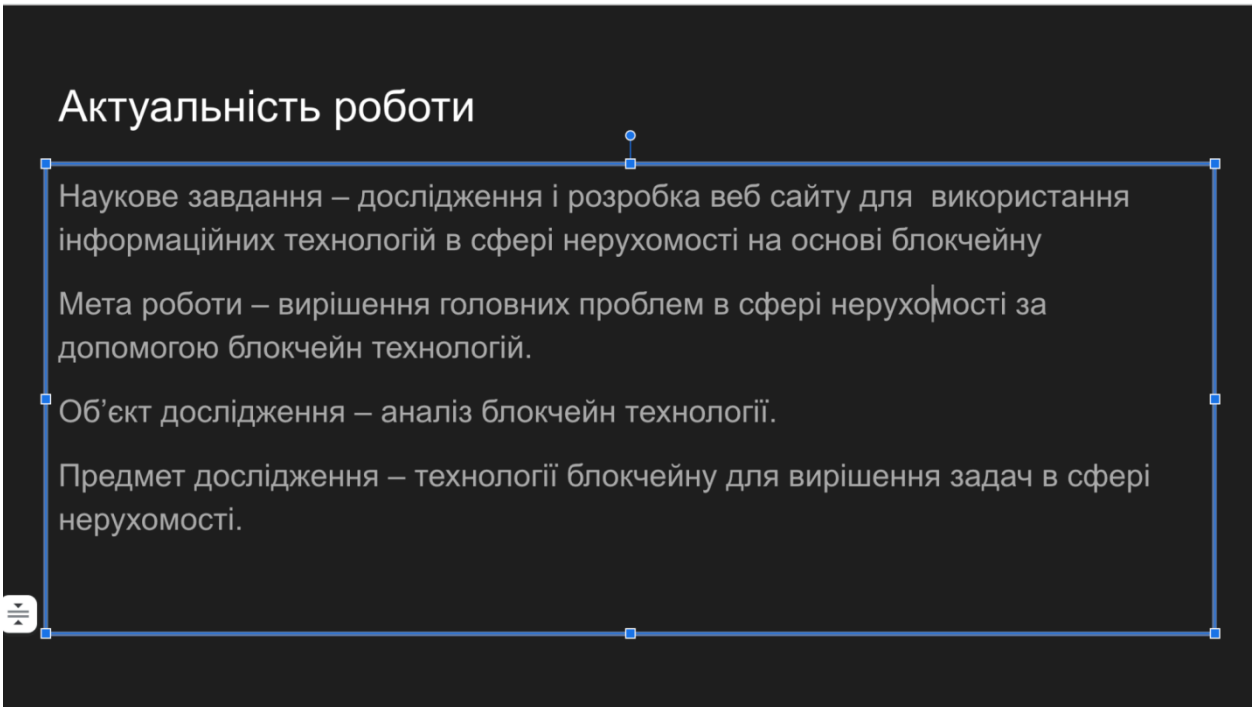
```
const contractAddress = 'YOUR_CONTRACT_ADDRESS';
const abi = [
    // ABI JSON goes here
];

window.addEventListener('load', async () => {
    if (window.ethereum) {
        window.web3 = new Web3(window.ethereum);
        await window.ethereum.enable();
    } else {
        console.log('Non-Ethereum browser detected. You should consider trying MetaMask!');
    }

    const contract = new web3.eth.Contract(abi, contractAddress);
    window.contract = contract;
});

async function listApartment() {
    const accounts = await web3.eth.getAccounts();
    const apartmentId = document.getElementById('apartmentId').value;
```

```
    const apartmentPrice =
web3.utils.toWei(document.getElementById('apartmentPrice').value, 'ether');


    await contract.methods.listApartment(apartmentId, apartmentPrice).send({ from:
accounts[0] });
    alert('Apartment listed successfully!');
}


async function makeOffer() {
    const accounts = await web3.eth.getAccounts();
    const offerAmount =
web3.utils.toWei(document.getElementById('offerAmount').value, 'ether');


    await contract.methods.makeOffer().send({ from: accounts[0], value: offerAmount
});
    alert('Offer made successfully!');
}


async function acceptOffer() {
    const accounts = await web3.eth.getAccounts();
    const buyerAddress = document.getElementById('buyerAddress').value;


    await contract.methods.acceptOffer(buyerAddress).send({ from: accounts[0] });
    alert('Offer accepted successfully!');
}


async function getApartmentDetails() {
    const details = await contract.methods.getApartmentDetails().call();
```

```
    document.getElementById('apartmentDetails').textContent = JSON.stringify(details, null, 2);
}
```

Додаток Б


ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК
Використання інформаційних технологій в сфері нерухомості на основі блокчейну
Виконав: студент 4 курсу, групи КНД-41
Панахно І.І.
Керівник: к. т. н., доцент каф КН
Іщеряков С.М.
м. Київ 2024

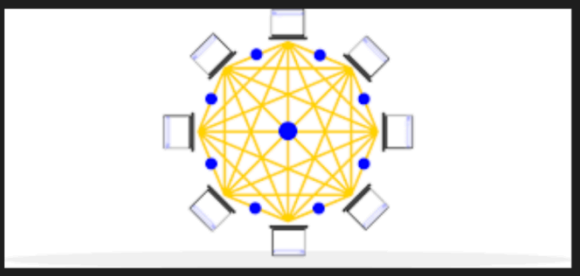

Актуальність роботи
Наукове завдання – дослідження і розробка веб сайту для використання інформаційних технологій в сфері нерухомості на основі блокчейну
Мета роботи – вирішення головних проблем в сфері нерухомості за допомогою блокчейн технологій.
Об'єкт дослідження – аналіз блокчейн технології.
Предмет дослідження – технології блокчейну для вирішення задач в сфері нерухомості.

Недоліки традиційної сфери нерухомості

- Прозорість та довіра
- Зниження витрат на посередників
- Прискорення процесів
- Безпека даних
- Зменшення ризику шахрайства
- Володіння не однією людиною

Вступ до блокчейн технології

- Децентралізація
- Прозорість
- Незмінність даних



Переваги блокчейну для сфери нерухомості

- Прозорість та довіра
- Зниження витрат на посередників
- Прискорення процесів
- Безпека даних
- Зменшення ризику шахрайства
- Покращення доступу до інформації
- Фракціональне володіння

Технології для розробки програми

SOLIDITY

JS

Виклики та обмеження

- Технічні складнощі
- Регуляторні питання
- Прийняття технології на ринку
- Інші потенційні ризики

Висновок

Сфера нерухомості має багато гострих кутів, які не подобаються клієнтам. І в роки розвитку інформаційних технологій, ці проблеми можна вирішити новими ідеями. І тому блокчейн може по новому відкрити цю сферу для людей