

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

На тему: Метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна з використанням смарт-контрактів.

Галузь знань: 12 – Інформаційні технології

Спеціальність: 122 – Комп'ютерні науки

Освітня програма: Комп'ютерні науки

Назва освітньої програми

Виконав: студент 2 курсу, група КНМ-22-1


Підпис

В.В. Федоренко
Ініціали, прізвище

Керівник: доцент кафедри КН, к.т.н


Підпис

О.А. Пасічник
Ініціали, прізвище

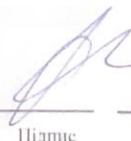
Нормконтроль: доцент кафедри КН, к.т.н


Підпис

Р.О. Багрії
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри КН, д.т.н., професор


Підпис

О.В. Бармак
Ініціали, прізвище

5 грудня 2023 р.

Хмельницький, 2023

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Інформаційні технології

Кафедра: Комп'ютерні науки


Освітній ступінь: Магістр

Галузь знань: 12 – Інформаційні технології

Спеціальність: 122 – Комп'ютерні науки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри комп'ютерних наук


Підпис

д.т.н., професор О.В. Бармак

« 01 » вересня 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра: «Метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації майна з використанням смарт-контрактів»
2. Завдання видано студенту: Федоренку Владиславу Вікторовичу
3. Керівник роботи: доцент кафедри комп'ютерних наук, к.т.н., доцент, Пасічник Олександр Анатолійович
Посада, Прізвище, ім'я, по батькові
4. Затверджено наказом університету від « 15 » серпня 2023 р. № 30
5. Зміст пояснювальної записки: Метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна з використанням смарт-контрактів спрямований на унеможливлення недозволених та незатверджених змін. Метод ґрунтується на технології блокчейн, об'єктами є записи про нерухоме майно, які представлені у вигляді смарт-контрактів.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра присвячена розробці методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна з використанням смарт-контрактів.

Актуальність теми. Забезпечення цілісності даних є актуальною проблемою та нагальним завданням у світі, яке набуває все більшого значення, і це не випадково. Реєстрація нерухомого майна є ключовим елементом функціонування суспільства, оскільки вона впливає на правові відносини, фінансовий стан громадян, а також має значущий вплив на економіку країни в цілому.

Сучасна система реєстрації нерухомого майна часто стикається з проблемами, такими як бюрократія, можливість зловживань та шахрайство, а також значний обсяг робіт, пов'язаних з підтриманням документації та веденням реєстру. Використання новітнього інформаційного інструментарію, зокрема технології блокчейн у поєднанні з алгоритмом смарт-контрактів, відкриває можливості для вирішення проблем у цій сфері.

За допомогою смарт-контрактів можна створити надійну систему реєстрації, в якій дані не піддаються маніпуляціям та зберігаються в розподіленому реєстрі, що робить унеможливлене, недозволені та незатверджені зміни, дозволяє автоматизувати багато процесів, зменшуючи адміністративні витрати та ризики людських помилок.

Забезпечення цілісності даних в частині унеможливлення недозволених та незатверджених змін за допомогою смарт-контрактів також сприяє підвищенню довіри до системи реєстрації нерухомості.

Мета і задачі роботи: Мета кваліфікаційної роботи полягає в створенні методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за використанням смарт-контрактів, що дозволить реалізувати механізм, який унеможливлене, недозволені та незатверджені зміни, що до права власності на нерухоме майно.

Для досягнення поставленої мети визначенні такі задачі дослідження:

- аналіз традиційних методів реєстрації нерухомого майна;
- проведення аналізу сучасного інформаційного інструментарію реєстрації прав на нерухоме майно;
- побудова методу забезпечення цілісності даних у сфері нерухомості на основі технології блокчейн у поєднанні з алгоритму смарт-контракту;
- побудова структурної та функціональної моделі методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна;
- виконання програмної реалізації методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за використанням смарт-контрактів;
- валідація та верифікація методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за використанням смарт-контрактів.

Об’єкт дослідження – процес забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна, що унеможливорює недозволені та незатверджені зміни.

Предмет дослідження – моделі, алгоритми та засоби для створення методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за допомогою смарт-контрактів.

Методи дослідження, застосовані для вирішення поставлених задач: Аналіз традиційних методів реєстрації нерухомого майна – законодавство України та нормативні акти у сфері реєстрації нерухомого майна; Проведення аналізу сучасного інформаційного інструментарію реєстрації прав на нерухоме майно – функціональний аналіз, системний аналіз; Побудова методу забезпечення цілісності даних у сфері нерухомості на основі технології блокчейн у поєднанні з алгоритму смарт-контракту – системний аналіз, функціональний аналіз, методи криптографії; Побудова структурної та функціональної методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна – структурний аналіз, функціональний аналіз, системний

аналіз; Виконання програмної реалізації методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за допомогою смарт-контрактів – методологія проектування програмних систем, методологія проектування розподілених баз даних, об'єктно орієнтований підхід; валідація та верифікація методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за використанням смарт-контрактів – теорія тестування програмних систем.

Наукова новизна: В результаті проведення кваліфікаційної роботи були отримані наступні результати:

– удосконалено метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна, що унеможливило недовольні та незатвержені зміни, шляхом застосування технології блокчейн у поєднанні з алгоритмом смарт-контрактом.

Практичне значення одержаних результатів: Розроблено метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за використанням смарт-контрактів. І в результаті проведених досліджень було створено програмне застосування відносно забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра та публікації: Основні наукові та практичні результати опубліковані в науковому виданні МОН України та пройшли апробації на науково-практичній конференції:

За темою кваліфікаційної роботи магістра автором виконано дві наукові публікації:

1. Федоренко В.В. Технологія блокчейн у сфері реєстрації майнових прав / В.В. Федоренко, О.А. Пасічник, Т.К. Скрипник // Актуальні проблеми комп'ютерних наук. Збірник наукових праць за матеріалами XV Всеукраїнської науково-практичної конференції “Актуальні проблеми комп'ютерних наук (АПКН – 2023)”. – Хмельницький: ХНУ, 2023. – С. 300 - 303.

2. Федоренко В. В. Метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна з використанням смарт контрактів / В.В. Федоренко, О.А. Пасічник, Т.К. Скрипник, Е.А. Манзюк // Вісник Хмельницького національного університету, 2023, № 6

Структура та обсяг роботи: Кваліфікаційна робота магістра складається з завдання, реферату, змісту, переліку скорочень, вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань із 50 найменувань та 4 додатків. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 109 сторінок, з них 70 сторінки основного тексту та 39 сторінка додаткові. У роботі наведено 36 рисунків та 5 таблиць.

Ключові слова: цілісність, данні, метод, смарт-контракт, нерухоме, забезпечення, майно, блокчейн.

ЗМІСТ

Перелік Скорочень	2
ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. Аналіз предметної області, формулювання мети та задач дослідження, визначення об'єкта та предмета дослідження	7
1.1 Право власності, важливість та надійність нерухомості	7
1.2 Традиційні методи реєстрації нерухомого майна	8
1.3 Роль технології блокчейн у забезпеченні цілісності даних	9
1.4 Роль смарт-контрактів у забезпеченні цілісності даних	14
1.5 Аналіз предметної області, включаючи її структурні та функціональні характеристики	16
1.6 Аналіз сучасних підходів та технології забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації прав	19
1.7 Постановка задачі	23
1.8 Висновок до розділу 1	24
РОЗДІЛ 2. Метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації майна на основі технології блокчейн за допомогою смарт-контрактів	25
2.1 Загальна структура методу	25
2.2 Моделювання процесу роботи блокчейну у сфері реєстрації нерухомого майна	34
2.3 Структурна та функціональна модель методу	41
2.4 Висновок до розділу 2	49
РОЗДІЛ 3. Програмна реалізація методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації майна на основі технології блокчейн	50

3.1	Моделювання інформаційної системи забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації майна.....	50
3.2	Проектування баз даних.....	53
3.3	Програмна реалізація методу забезпечення даних у сфері реєстрації нерухомого майна з використанням смарт-контрактів.....	55
3.4	Висновок до розділу 3	62
РОЗДІЛ 4. Дослідження методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації майна з використанням смарт-контрактів		64
4.1	Налаштування віртуально середовища технології блокчейн.....	64
4.2	Тестування методу забезпечення цілісності даних	67
4.3	Висновок до розділу 4	70
ВИСНОВКИ.....		71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		73
Додатки		

Перелік Скорочень

Скорочення, термін, позначення	Пояснення
БД	Бази даних
СКБД	Система керування базами даних
СК	Смарт-контракт
ПЗ	Програмне забезпечення
ІС	Інформаційна система
EVM	Ethereum Virtual Machine

ВСТУП

Актуальність теми. Забезпечення цілісності даних є актуальною проблемою та нагальним завданням у світі, яке набуває все більшого значення, і це не випадково. Реєстрація нерухомого майна є ключовим елементом функціонування суспільства, оскільки вона впливає на правові відносини, фінансовий стан громадян, а також має значущий вплив на економіку країни в цілому.

Сучасна система реєстрації нерухомого майна часто стикається з проблемами, такими як бюрократія, можливість зловживань та шахрайство, а також значний обсяг робіт, пов'язаних з підтриманням документації та веденням реєстру. Використання новітнього інформаційного інструментарію, зокрема технології блокчейн у поєднанні з алгоритмом смарт-контрактів, відкриває можливості для вирішення проблем у цій сфері.

За допомогою смарт-контрактів можна створити надійну систему реєстрації, в якій дані не піддаються маніпуляціям та зберігаються в розподіленому реєстрі, що робить унеможлиблює недозволені та незатверджені зміни, дозволяє автоматизувати багато процесів, зменшуючи адміністративні витрати та ризики людських помилок.

Забезпечення цілісності даних в частині унеможливлення недозволених та незатверджених змін за допомогою смарт-контрактів також сприяє підвищенню довіри до системи реєстрації нерухомості.

Мета і задачі роботи: Мета кваліфікаційної роботи полягає в створенні методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за використанням смарт-контрактів, що дозволить реалізувати механізм, який унеможлиблює недозволені та незатверджені зміни, що до права власності на нерухоме майно.

Для досягнення поставленої мети визначенні такі задачі дослідження:

- аналіз традиційних методів реєстрації нерухомого майна;

- проведення аналізу сучасного інформаційного інструментарію реєстрації прав на нерухоме майно;
- побудова методу забезпечення цілісності даних у сфері нерухомості на основі технології блокчейн у поєднанні з алгоритму смарт-контракту;
- побудова структурної та функціональної моделі методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна;
- виконання програмної реалізації методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за використанням смарт-контрактів;
- валідація та верифікація методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за використанням смарт-контрактів.

Об’єкт дослідження – процес забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна, що унеможливорює недозволені та незатвержені зміни.

Предмет дослідження – моделі, алгоритми та засоби для створення методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за допомогою смарт-контрактів.

Методи дослідження, застосовані для вирішення поставлених задач: Аналіз традиційних методів реєстрації нерухомого майна – законодавство України та нормативні акти у сфері реєстрації нерухомого майна; Проведення аналізу сучасного інформаційного інструментарію реєстрації прав на нерухоме майно – функціональний аналіз, системний аналіз; Побудова методу забезпечення цілісності даних у сфері нерухомості на основі технології блокчейн у поєднанні з алгоритму смарт-контракту – системний аналіз, функціональний аналіз, методи криптографії; Побудова структурної та функціональної методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна – структурний аналіз, функціональний аналіз, системний аналіз; Виконання програмної реалізації методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за допомогою смарт-контрактів –

методологія проектування програмних систем, методологія проектування розподілених баз даних, об'єктно орієнтований підхід; валідація та верифікація методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за використанням смарт-контрактів – теорія тестування програмних систем.

Наукова новизна: В результаті проведення кваліфікаційної роботи були отримані наступні результати:

– удосконалено метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна, що унеможлиблює недозволені та незатвержені зміни, шляхом застосування технології блокчейн у поєднанні з алгоритмом смарт-контрактом.

Практичне значення одержаних результатів: Розроблено метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за використанням смарт-контрактів. І в результаті проведених досліджень було створено програмне застосування відносно забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра та публікації: Основні наукові та практичні результати опубліковані в науковому виданні МОН України та пройшли апробації на науково-практичній конференції:

За темою кваліфікаційної роботи магістра автором виконано дві наукові публікації:

1. Федоренко В.В. Технологія блокчейн у сфері реєстрації майнових прав / В.В. Федоренко, О.А. Пасічник, Т.К. Скрипник // Актуальні проблеми комп'ютерних наук. Збірник наукових праць за матеріалами XV Всеукраїнської науково-практичної конференції “Актуальні проблеми комп'ютерних наук (АПКН – 2023)”. – Хмельницький: ХНУ, 2023. – С. 300 - 303.

2. Федоренко В. В. Метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна з використанням смарт контрактів / В.В. Федоренко, О.А.

Пасічник, Т.К. Скрипник, Е.А. Манзюк // Вісник Хмельницького національного університету, 2023, № 6

Структура та обсяг роботи: Кваліфікаційна робота магістра складається з завдання, реферату, змісту, переліку скорочень, вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань із 50 найменувань та 4 додатків. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 109 сторінок, з них 70 сторінки основного тексту та 39 сторінка додаткові. У роботі наведено 36 рисунків та 5 таблиць.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ, ФОРМОЛЮВАННЯ МЕТИ ТА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ, ВИЗНАЧЕННЯ ОБЄКТА ТА ПРЕДМЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Право власності, важливість та надійність нерухомості

Право власності – це юридична концепція, яка надає особі чи організації право власності або контролю над певним об’єктом чи ресурсом, наприклад, нерухомістю, землею, транспортними засобами чи іншим майном. Це право визнається законом і дає власнику право вільно розпоряджатися, продавати, здавати в оренду або користуватися майном [1].

Важливість прав власності відзначається через декілька ключових аспектів:

- захист прав власності гарантує інвестиційну привабливість та економічний розвиток, це пов’язано з тим, що приватні особи та організації з більшою ймовірністю інвестуватимуть у власність, якщо знатимуть, що їхні права належним чином захищені;
- право власності є основою для визначення прав та обов’язків власника щодо майна, тобто міри управління в частині користування та розпорядження майном;
- точна реєстрація прав власності важлива для забезпечення правопорядку та усунення можливості виникнення конфліктів і протистоянь.

Однак існує ризик спотворення прав на нерухомість та незаконного захоплення або рейдерства. Рейдерство – це незаконне захоплення майна або бізнесу шляхом шахрайства, підробки документів або перешкоджання судочинству. Це серйозна проблема, яка завдає шкоди, як окремим власникам, так й корпораціям, й економіці держав та світу створюючи правову нестабільність [2].

У цьому контексті блокчейн виявляється важливим інструментом для забезпечення цілісності та надійності даних про нерухомість. Блокчейн – це

система, в якій інформація записується у вигляді блоків, пов'язаних між собою в ланцюжок і інформацій в блокчейні не може бути змінена без згоди більшості учасників мережі [3].

Це робить його ідеальним для створення реєстрів власності на нерухомість, які неможливо змінити або підробити. Всі записи в блокчейні можна публічно перевірити і підтвердити, що гарантує автентичність і забезпечуючи надійність, безпеку та конфіденційність операцій даних про власність. Забезпечуючи цифрову фіксацію та захист прав власності, блокчейн допомагає боротися з мародерством та іншими формами зловживання правом власності.

1.2 Традиційні методи реєстрації нерухомого майна

Традиційна система реєстрації прав власності базується на паперових документах та інституціях, відповідальній за реєстрацію та зберігання інформації про власність. Система використовує класичні методи і не базується на сучасних технологіях чи цифрових рішеннях [4].

Вони можуть бути різних типів:

- державні реєстраційні органи;
- паперова документація;
- акти інвентаризації;
- реєстраційні журнали;
- офіційні документи про угоди.

Державні реєстраційні органи відповідальні за прийом та обробку і зберігання документів пов'язаних із власністю про нерухомість. Ці органи здійснюють контроль за процесами реєстрації та підтримують базу даних щодо власників та їх прав на майно [5].

Основними документами в цій системі є свідоцтва власників, акти на право власності, договори купівлі-продажу, спадкування чи подарунки. Ці документи підтверджують право власності та ідентифікують власників

нерухомості, а також описують межі та характеристики нерухомості. Ці документи зазвичай підтверджуються спеціалізованими органами, які здійснюють оцінку майна. Для фіксації поданих заяв, відомостей про власників та будь-яких змін у правах власності використовуються спеціальні журнали. Ці журнали служать, як основне джерело інформації для реєстраційних документів. Наприклад, нотаріально засвідчені документи, які підтверджують угоди між сторонами. Ці документи можуть бути використані для підтвердження змін у власності.

Отже, традиційні паперові системи реєстрації прав власності мають, як переваги, так і недоліки. Вони вимагають уваги до зберігання та управління документами, забезпечуючи при цьому доступність для різних верств населення.

1.3 Роль технології блокчейн у забезпеченні цілісності даних

Технологія блокчейн є інноваційною концепцією, яка відіграє важливу роль у забезпеченні цілісності даних. Вона виникла, як відповідь на проблеми цілісності, безпеки та довіри у віртуальних середовищах, і її основна ідея полягає в створенні розподіленого реєстру, який забезпечує надійність та недоторканість даних без посередництва централізованих організацій або посередників [6].

Основні аспекти ролі технології блокчейн у забезпеченні цілісності даних наведені у таблиці 1.1.

Роль технології блокчейн у забезпеченні цілісності даних в реєстрації майна полягає в створенні надійного та довіреного середовища для фіксації прав на майно та забезпечення безпеки та точності цих даних. Блокчейн може значно полегшити процес реєстрації, зменшити ризики фальсифікації та вдосконалити систему контролю за майном.

Децентралізація є одним із ключових принципів технології блокчейн і відіграє важливу роль у забезпеченні цілісності даних та безпеки інформації.

Цей принцип означає розподіл функцій та контролю між багатьма вузлами чи комп'ютерами, які утримують мережу блокчейну.

Таблиця 1.1 – Основні аспекти блокчейну

Аспект	Опис
Децентралізованість	В блокчейн дані розподіляються на багато комп'ютерів (вузлів), що робить неможливим контроль над системою однією централізованою організацією чи особою. Це зменшує ризик впливу третьої сторони на дані та забезпечує безпеку від зовнішніх атак.
Розподілена книга реєстрації	Блокчейн є формою, де дані записуються в блоки, які зв'язані один з одним у послідовний ланцюг. Це створює стійку до змін історію та реєстр, де дані не можуть бути легко вилучені або змінені.
Транспарентність	Блокчейн доступний для перегляду всім зацікавленим сторонам, інформація в ньому є громадською та перевірено.
Криптографічна безпека	Блокчейн використовує криптографічні методи для захисту даних. Кожен блок містить хеш попереднього блоку, що робить надійним виявлення будь-яких незаконних змін у блоках.
Смарт-контракти	Блокчейн може включати смарт-контракти, які автоматизовано виконують умови, що були записані в них. Це сприяє точності та недоторканості угод.
Доступність та розподіленість	Технологія блокчейн робить дані доступними цілодобово та розподіленими по всьому світу, що зменшує можливість втрати даних у разі аварії.

У контексті забезпечення цілісності даних, децентралізація має ряд переваг. Вона робить систему менш уразливою до атак, оскільки зловмисники повинні атакувати багато різних вузлів, щоб вплинути на мережу. Крім того,

децентралізація сприяє забезпеченню доступності даних та унеможлиблює маніпуляцію інформацією однією централізованою стороною.

У відношенні до реєстрації майна на блокчейні, децентралізація забезпечує створення надійної системи, в якій дані про власність розподілені та мають високий рівень довіри завдяки відсутності уразливих централізованих точок.

Розподілена книга реєстрації є концепцією, на якій ґрунтується технологія блокчейн. Це принципово важлива складова системи, яка забезпечує надійність, доступність та недоторканість даних. Описує спосіб зберігання і обробки даних у розподіленій мережі, де кожен вузол мережі підтримує свою копію реєстру даних [6].

Розподілена книга реєстрації служить фундаментальним принципом, який дозволяє створювати надійний та недоторканий реєстр даних. Ця розподілена книга реєстрації робить блокчейн ідеальним інструментом для реєстрації майна, оскільки вона забезпечує надійність та доступність інформації про власність для всієї мережі, а також консенсус щодо змін у даних.

Розподілений реєстр функціонує у поєднанні із системою криптографічного захисту. Криптографічний захист є надзвичайно важливою складовою технології блокчейн, який забезпечує захист даних та конфіденційність інформації в мережі. Він використовує різні методи та алгоритми криптографії безпеки даних на ідентифікації користувачів.

Основні аспекти криптографічної безпеки включають:

- шифрування;
- хешування;
- цифрові підписи;
- ключовий обмін;
- відмовостійкість.

Технологія блокчейн ґрунтується на важливому принципі, що включає в себе об'єднання всіх транзакцій в блоки за допомогою складних

математичних алгоритмів. Ці блоки об'єднуються в послідовний ланцюжок і взаємо пов'язуються за допомогою криптографічних методів. Ключовим елементом кожного блоку є його хеш, що представляє собою унікальний цифровий підпис, що обчислюється на основі даних з попереднього блоку [8].

Постійне додавання нових блоків до кінця ланцюжка та незмінність створених блоків (створений блок залишається незмінним назавжди) є ключовою особливістю, яка гарантує надійний захист від можливої підробки чи фальсифікації даних. Наявні блоки не редагуються, інформація додається шляхом створення нових блоків та їх додавання до наявних блоків. Ця властивість робить технологію блокчейн особливо корисною для сфери нерухомості.

Для прикладу, в галузі нерухомості можна впроваджувати технологію блокчейн для реєстрації усіх змін (транзакцій), таких як купівля, продаж або оренда нерухомості. Цей реєстр забезпечує надійний захист даних від будь-яких несанкціонованих змін і забезпечує їхню доступність в мережі. Кожну транзакцію перевіряють, що гарантує надійність операцій та конфіденційність інформації. Таким чином, технологія блокчейн сприяє високому рівню довіри в операціях з оплатою та обміном конфіденційною інформацією в сфері нерухомості. Це підвищує ефективність і надійність операцій, що стає ключовим для цієї галузі.

Технологія блокчейн та смарт-контракти представляють собою перспективні інновації, які можуть революціонізувати сферу нерухомості, забезпечуючи надійність, безпеку та конфіденційність операцій. Ці технології відкривають нові можливості для оптимізації процесів і покращення взаємодії всіх сторін, залучених до операцій з нерухомістю.

Загалом, блокчейн та смарт-контракти дозволяють створити надійний, безпечний та ефективно середовище для управління нерухомістю, що може сприяти розвитку цієї галузі та поліпшити життя людей, які користуються нерухомістю в різних цілях.

Використання технології блокчейн має численні переваги:

- важливими характеристиками технології блокчейн є відкритість і безпека. Інформація про транзакції, угоди та смарт-контракти є загальнодоступними, проте вони захищені від будь-яких спроб несанкціонованого доступу чи змін завдяки криптографічним методам. Особисті дані учасників залишаються конфіденційними, і кожен користувач має унікальний ключ, який забезпечує надійність системи та захищає інформацію від потенційних хакерських атак;
- кожен блок в блокчейні є незмінним, що перешкоджає будь-якій спробі недозволених та незатверджених змін з метою фальсифікації даних;
- блокчейн оновлюється одночасно на всіх комп'ютерах мережі, що надійно захищає дані від недозволених та незатверджених змін;
- високий рівень довіри в операціях та обміні конфіденційною інформацією робить технологію блокчейн популярною в різних галузях, включаючи сферу нерухомості;
- децентралізованість системи робить її досить стійкою до недозволених та незатверджених змін, можливого зламу чи пошкодження;
- технологія блокчейн має важливу перевагу у тому, що ланцюжок може бути безмежно розширений додаванням будь-якої кількості блоків. Це відкриває безмежні перспективи в різних галузях, створюючи масштабовану та надійну інфраструктуру для реєстрації та відстеження транзакцій і даних.

Блоки у ланцюжку мають стандартизовану структуру, яка включає такі основні компоненти:

- адреса – це публічний ключ, що генерується на основі приватного ключа користувача за допомогою симетричного алгоритму шифрування;
- дата і час – це інформація, яка фіксує момент створення блоку і дозволяє визначити час проведення операції;
- хеш блоку – обчислюється за допомогою алгоритму хешування і ґрунтується на сумі хешів всіх транзакцій у поточному блоці, а також на хеші

попереднього блоку. Це гарантує незмінність даних та послідовність у ланцюзі блоків;

- інформація – це частина блоку, яка містить довільні дані або повідомлення. У випадку операцій з нерухомістю, цей компонент може містити інформацію про документи, суми грошей, що передаються в операціях купівлі-продажу чи оренди нерухомості;

- смарт-контракти – це програмний код, який автоматизує певні процеси в мережі блокчейн, роблячи їх більш ефективними та безпечними.

Отже, криптографічна безпека гарантує, що дані, які зберігаються у реєстрі, залишаються конфіденційними і не можуть бути змінені без авторизації. Кожен блок містить у собі хеш попереднього блоку і цифровий підпис, що підтверджує походження та забезпечуючи надійність, безпеку та конфіденційність операцій даних. Це забезпечує високий рівень надійності і безпеки інформації у блокчейн-мережі.

1.4 Роль смарт-контрактів у забезпеченні цілісності даних

Роль смарт контракту є ключовою у технології блокчейн та грає важливу роль у забезпеченні цілісності даних та автоматизації угод. Смарт-контракти – це програми, які зберігаються на блокчейні та автоматично виконують умови угод, засновані на заданих правилах [14].

Основні аспекти смарт контрактів включають:

- смарт-контракти дозволяють автоматично виконувати умови угод, коли вони стають виконуваними, без необхідності дійсної участі сторін угоди. Це робить процес більш ефективним та економічно вигідним;

- умови смарт-контракту записані в коді, і всі учасники мережі можуть перевірити, які умови будуть виконані. Це створює високий рівень довіри між сторонами угоди;

- смарт-контракти, як і дані в блокчейні, не можуть бути змінені без створення нового контракту;

- смарт-контракти можуть функціонувати автономно без потреби у третій стороні або посередника;
- смарт-контракти використовують різні методи криптографії для захисту даних та виконання безпеки.

Для забезпечення надійності та безпеки транзакцій, використання смарт-контрактів у технології блокчейн є найоптимальнішим рішенням.

Смарт-контракт – це комп'ютерний алгоритм, призначений для формування, управління і надання інформації про володіння чимось.

Смарт-контракти забезпечують можливість безпечного та прозорого проведення операцій без посередників. Ці операції є публічними та необоротними. Вони містять усю необхідну інформацію про умови контракту і автоматично виконують ці умови. Це сприяє можливості зацікавленим сторонам обмінюватися активами без необхідності залучення посередників та відіграє важливу роль у скороченні витрат на майнові операції.

Основні риси смарт контрактів включають таке:

- використання методів електронного підпису: смарт-контракти використовують публічні та приватні ключі, для підпису та автентифікації транзакцій, належать різним сторонам угоди;
- децентралізоване зберігання: смарт-контракти зазвичай знаходяться в децентралізованому приватному середовищі, що забезпечує незалежність та безпеку, уникаючи централізованих систем;
- опис предмета контракту та засоби виконання: сам смарт-контракт містить опис предмету угоди та необхідні інструменти для його виконання, включаючи функції розрахунків, програми-оракули та інші складові.

Смарт-контракт для реєстрації нерухомого майна, застосований у блокчейн-технології, включає в себе створення та використання смарт-контракту, який дозволяє реєструвати та керувати правами на майно в безпечній та автоматизованій формі.

Розробка створення смарт-контракту, який містить логіку реєстрації майна. Цей контракт визначає, кому належить певне нерухоме майно, які дані

повинні бути введені для реєстрації, за яких реєстрація може відбутися, а також яким чином ця власність може бути використана або передана.

Власники майна або інші уповноважені особи вносять необхідні дані в смарт-контракт. Це може включати в себе ідентифікаційну інформацію, опис майна, частиною угоди, закону або іншого юридичного документу, що визначає правовий статус власності. Смарт-контракт автоматично перевіряє введені дані та визначає чи відповідають вони умовам для реєстрації майна. Якщо умови виконані, то майно реєструється контрактом. Також смарт-контракт може автоматично керувати правами на майно. Наприклад, він може дозволити власникам майна передавати або продавати свої права іншим користувачам шляхом виконання умов угоди. Інші користувачі мережі можуть перевіряти реєстраційні дані та права на майно використовуючи публічний реєстр смарт-контракту, а для забезпечення безпеки та надійності використовується криптографія та механізми безпеки для захисту даних та угод від несанкціонованого доступу та змін.

Використання смарт контрактів для реєстрації майна дозволяє створити надійну та автоматизовану систему, яка спрощує та забезпечує надійність процесу реєстрації майна, а також дозволяє легко керувати правами на майно в майбутньому.

1.5 Аналіз предметної області, включаючи її структурні та функціональні характеристики

На сьогоднішній день всі підприємці та фірми розуміють важливість забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за допомогою смарт-контрактів. Незалежно від розміру компанії, кожен власник підприємства володіє можливістю реєстрації своєї нерухомості та активів за допомогою цих смарт контрактів.

Смарт-контракти гарантують надійність та забезпечуючи надійність, безпеку та конфіденційність операцій даних про нерухомість. Вони також

можуть бути використанні для проведення рекламних акцій, спрямованих на збільшення популярності та прибутковості нерухомого майна та активів.

Суспільство виявило зацікавленість у простоті та швидкості використання смарт контрактів для реєстрації нерухомого майна, оскільки цей процес вимагає лише доступу до комп'ютера чи мобільного телефону. Розвиток комп'ютерних технологій швидко призвів до діджиталізації суспільства, а з ростом Інтернету, взагалі стало можливим здійснювати всі необхідні операції в галузі реєстрації нерухомості за допомогою лише кількох натискань.

У зв'язку зі зростанням конкуренції та швидким розвитком технологій, бізнеси в галузі реєстрації нерухомого майна вимагають створення інформаційних, безпечних систем, що об'єднують всі необхідні інструменти для успішного управління. Окрім того, з розвитком блокчейн виникає велика потреба у створенні веб-сайтів для надання різноманітної інформації.

У контексті забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації майна важливо враховувати, що сайти можуть мати різну природу. Деякі з них можуть представляти собою компактні інтернет-платформи, де подається загальна інформація про фірму або її послуги. В той час як інші можуть бути інтернет-каталогами з максимально деталізованою інформацією та характеристиками. Забезпечення цілісності даних у цій галузі гарантує, що користувач може надійно отримати доступ до докладних описів нерухомого майна.

Смарт-контракт - це програмний код, який самостійно активується та здійснює певні дії, якщо певні умови, описані у контракті виконуються. Це все відбувається без участі людини або необхідності додаткового підтвердження. У підсумку, це своєрідна програма, що самостійно реагує на умови та виконує відповідні дії. У контексті методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна, смарт-контракт може бути використаний для автоматизації та забезпечення надійності процесу реєстрації. Приклад роботи смарт-контрактів наведено у таблиці 1.2.

Проблеми впровадження смарт-контрактів у сфері реєстрації нерухомого майна включають правові аспекти та визнання юридичної цінності, приватність та захист особистих даних, технічні перешкоди та доступ до технологій, безпеки смарт-контрактів та вразливості, потрібний час для прийняття та впровадження, ризик технічних помилок та втрати даних, фінансові витрати на розробку та імплементацію. Для успішного впровадження смарт контрактів у даній сфері необхідно враховувати ці аспекти та знаходити рішення, які враховують правові вимоги, забезпечують конфіденційність та забезпечують відповідність безпеці та нормативним вимогам.

Таблиця 1.2 – приклад роботи смарт-контрактів у даному контексті

Створення контракту	Смарт-контракт створюється та впроваджується у блокчейні, які частина інфраструктури реєстрації нерухомого майна
Автоматизація	Смарт-контракт дозволяє автоматизувати процеси реєстрації та виконувати їх у відповідності до програмованих правил, зменшуючи ризики людських помилок та шахрайства
Визначення умов	У контракті задаються умови реєстрації, такі як обов'язкові поля, стандарти документів і.т.д. Ці умови є прозорими та недопустимими до зміни для будь якої сторони
Події та дії	Контракт відслідковує події, такі як подання документів для реєстрації нерухомого майна. Якщо всі умови виконані, контракт автоматично забезпечує реєстрацію даних
Цілісність даних	Смарт-контракт також може забезпечити цілісність даних шляхом криптографічної перевірки, що дані не були змінені або підроблені після їхнього введення
Доступ до даних	Результати реєстрації можуть бути доступні для всіх зацікавлених сторін, забезпечуючи прозорість та відкритий доступ до інформації

Популярність використання смарт-контрактів зросла завдяки кільком факторам – це автоматизації інтерфейсу, надійності та безпеці даних, швидкості та ефективності, підвищення довіри, спрощенню процедури та зменшенню ризиків шахрайства. Такі контракти стали привабливим інструментом для забезпечення цілісності даних у цій галузі та сприяють підвищенню ефективності та безпеці у реєстрації нерухомого майна.

1.6 Аналіз сучасних підходів та технології забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації прав

Було вибрано декілька проектів із схожою тематикою та функціоналом для оцінки програмно-технічного забезпечення.

Одним з наявних вирішень є веб-сайт Propy представлений на рисунку 1.1. Propy – це один з веб-додатків, який використовує Ethereum, для реєстрації нерухомості та використання смарт-контрактів для управління процесами купівлі-продажу нерухомості. Станом на 2023 рік активно працює, він забезпечує автоматизацію процесів продажі нерухомості, автоматизує процеси закриття угоди для всіх учасників купівлі нерухомості, щоб зробити закриття угоди швидше, простіше та безпечніше Propy допомагає агентами з продажу та титульним компанія перейти на блокчейн.

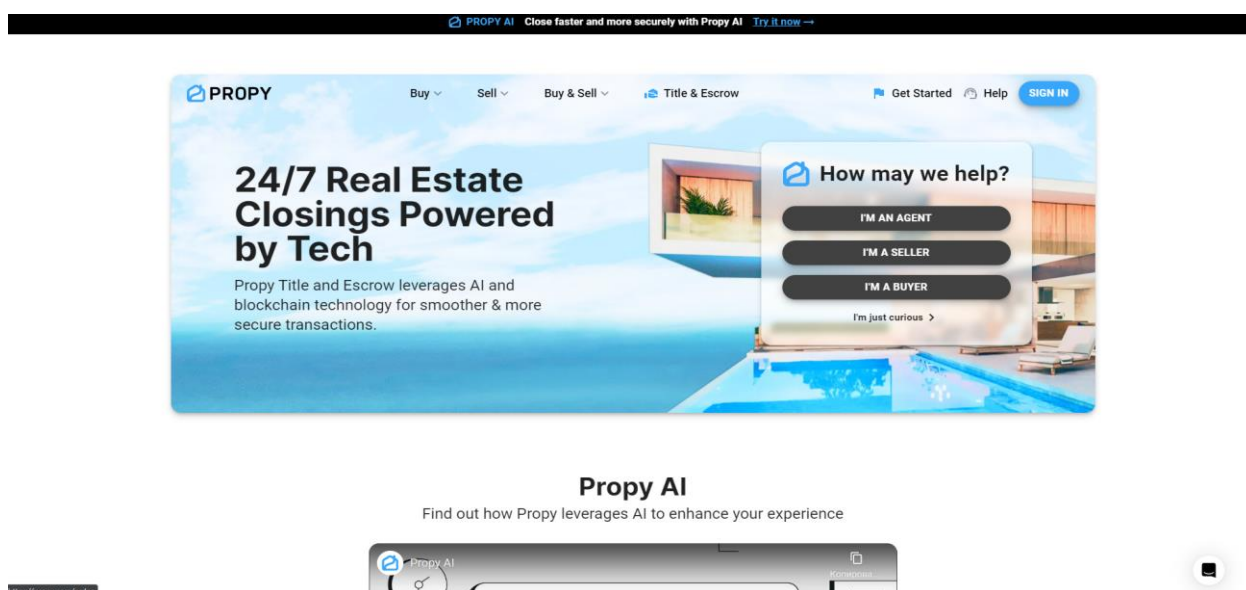


Рисунок 1.1 – Головна сторінка сервісу Propy [15]

Також з подібним функціоналом існує Land Registry Systems. Land Registry Systems – це система реєстрації нерухомості, яку використовують багато країн, які базуються на програмах для ведення реєстру та забезпечення цілісності даних.

Система реєстрації нерухомості Land Registry Systems сприяє у фіксації прав власності та інших даних про нерухомість, забезпечуючи їхню цілісність. Такі системи допомагають у введенні публічного реєстру власності, контролю за земельними правами, спадковими правами, обтяженнями нерухомості та іншими суттєвими даними про нерухомість. Система реєстрації нерухомості базується на програмах та блокчейн-технологіях, які пов'язані зі смарт-контрактами, для поліпшення безпеки, ефективності та автоматизації ряду процесів.

В цій системі смарт-контракт автоматично оновлює реєстраційні дані щодо власності та нерухомості при укладенні угод, надає можливість сторонам перевірити стан прав власності, автоматично розраховувати податки на нерухомість або інші витрати, а також блокчейн використовується для збереження реєстраційних даних, і смарт-контракти гарантують цілісність цих даних. Це запобігає можливим фальсифікаціям та несанкціонованим змінам.

За допомогою таких функцій, Land Registry Systems може сприяти створенню більш автоматизованої, надійної та прозорої системи реєстрації нерухомості. Це покращить ефективність та зменшить можливість помилок, що часто робить ці системи привабливими для бізнесу.

Ubiquity – це компанія, яка спеціалізується на використанні технології блокчейн та смарт-контрактів для модернізації та забезпечення безпеки системи реєстрації нерухомості та оформлення необхідної документації у сфері нерухомості. Представлений на рисунку 1.2.

Ubiquity надає технологічний стек для перенесення систем реєстрації нерухомості на блокчейн. Технологія блокчейн дозволяє зберігати реєстраційні дані у розподіленому реєстрі, який захищений від

несанкціонованого доступу та маніпуляцій. Смарт-контракти виступають, як механізм для автоматизації процесів угод та реєстрації майна та нерухомості. За допомогою блокчейну Ubitquity може гарантувати цілісність даних. Один раз внесена інформація не може бути змінена або вилучена без відповідного авторизованого доступу.

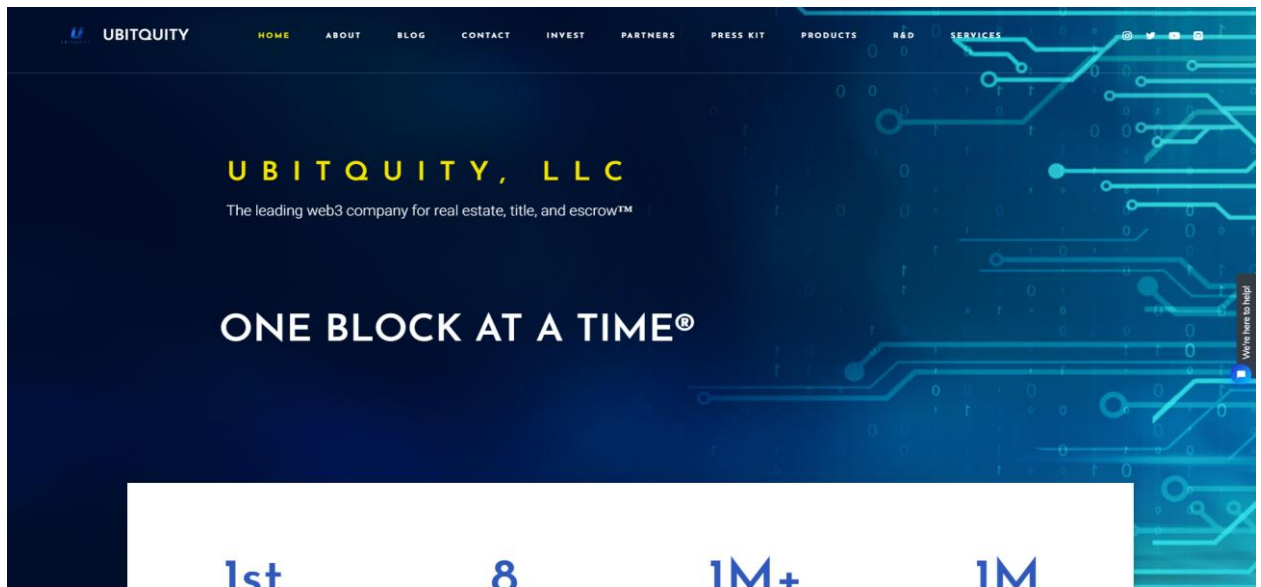


Рисунок 1.2 – Головна сторінка сервісу Ubitquity [16]

Factom – це компанія та платформа, яка використовує технологію блокчейн для зберігання даних з метою забезпечення цілісності, безпеки та автентичності цих даних, включаючи інформацію про власність нерухомості. Приставлений на рисунку 1.3.

Factom використовує технологію блокчейн для створення надійного реєстру даних. Замість того, щоб зберігати всю інформацію безпосередньо на головному ланцюжку блокчейну, вони використовують децентралізовану мережу серверів, яка забезпечує швидкість обробки і високий рівень безпеки. Перш ніж дані будуть додані до блокчейну, вони перетворюються на хеш. Це дозволяє легко перевірити, чи були дані змінені або підроблені, оскільки будь-яка зміна даних веде до зміни хешу.

Після додавання даних до блокчейну та отримання хешу, дані стають незмінними. Це означає, що навіть власник системи не може змінити вже збережені дані, що забезпечує надійність реєстраційної інформації про нерухомість.

Поза системами реєстрації нерухомості, Factom знаходить застосування в інших галузях, таких як фінанси, охорона здоров'я, урядові послуги та багато інших. Їхній блокчейн-протокол може використовуватися для зберігання будь-яких даних, які потребують безпеки та цілісності.

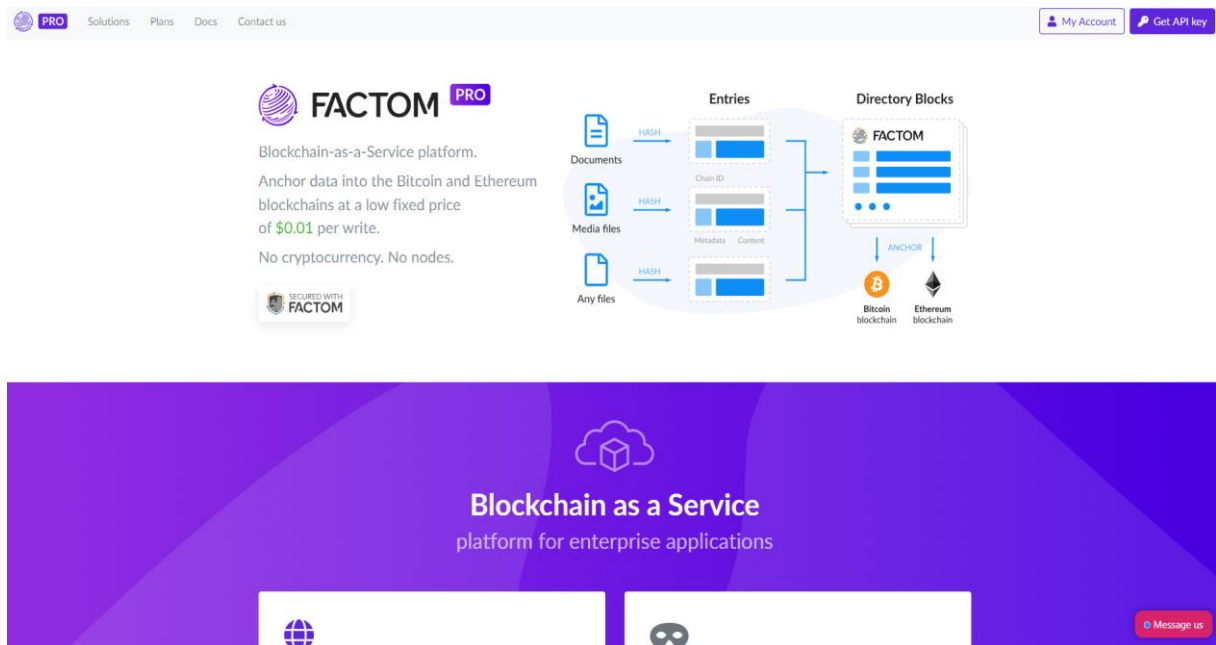


Рисунок 1.3 – Головна сторінка сервісу Factom [17]

Хоча існує значна кількість різних сервісів зі схожими цілями, всі вони мають свої обмеження, недоліки та переваги:

Переваги

- широкий прийом;
- надійність;
- підвищена безпека;
- розширення функціональності;
- застосування в різних галузях;

- забезпечення цілісності даних.

Недоліки

- обмежена доступність;
- високі витрати;
- питання юридичної акцептованості;
- важкість впровадження;
- недостатня популярність.

Такий аналіз систем призвів до виявлення як недоліків, так і переваг кожної з систем. Це допоможе у розробці системи, яка враховуватиме переваги та недоліки інших систем.

1.7 Постановка задачі

Мета кваліфікаційної роботи полягає в створенні методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за допомогою смарт-контрактів, що дозволить реалізувати механізм, який унеможливило б недозволенні та незатвердженні зміни, що до права власності на нерухоме майно.

Для досягнення поставленої мети визначенні такі задачі дослідження:

- аналіз традиційних методів реєстрації нерухомого майна;
- проведення аналізу сучасного інформаційного інструментарію реєстрації прав на нерухоме майно;
- побудова методу забезпечення цілісності даних у сфері нерухомості на основі технології блокчейн у поєднанні з алгоритму смарт-контракту;
- побудова структурної та функціональної методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна;
- виконання програмної реалізації методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за допомогою смарт-контрактів;

– валідація та верифікація методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за допомогою смарт-контрактів.

1.8 Висновок до розділу 1

Під час виконання першого розділу був проведений аналіз сучасного стану забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна згідно із чиним законодавством України.

Проаналізовано традиційні та цифрові методи реєстрації майна юридичних і фізичних осіб, включно із сучасним інформаційним інструментарієм, їх потенційні переваги та обмеження та недоліки.

Були розглянуті методи забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна, що унеможлиблюють недозволені та незатвержені зміни. З урахування переваг та недоліків, для задачі забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за допомогою смарт-контрактів, що ґрунтується на технології блокчейн.

РОЗДІЛ 2. МЕТОД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ ДАНИХ У СФЕРІ РЕЄСТРАЦІЇ МАЙНА НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН ЗА ДОПОМОГОЮ СМАРТ-КОНТРАКТІВ

2.1 Загальна структура методу

Цілісність даних визначається як важлива характеристика інформації та даних, що гарантує їхню недоторканість і незмінність. У контексті безпеки і захисту інформації це означає, що дані залишаються недоступними для незаконного доступу і не піддаються змінам без належного дозволу. Сутність цілісності даних полягає в тому, щоб забезпечити, щоб дані залишаються точними і не пошкодженими протягом всього їхнього життєвого циклу.

Загальна структура методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації майна на основі технології блокчейн за допомогою смарт-контрактів зображена на рисунку 2.1.

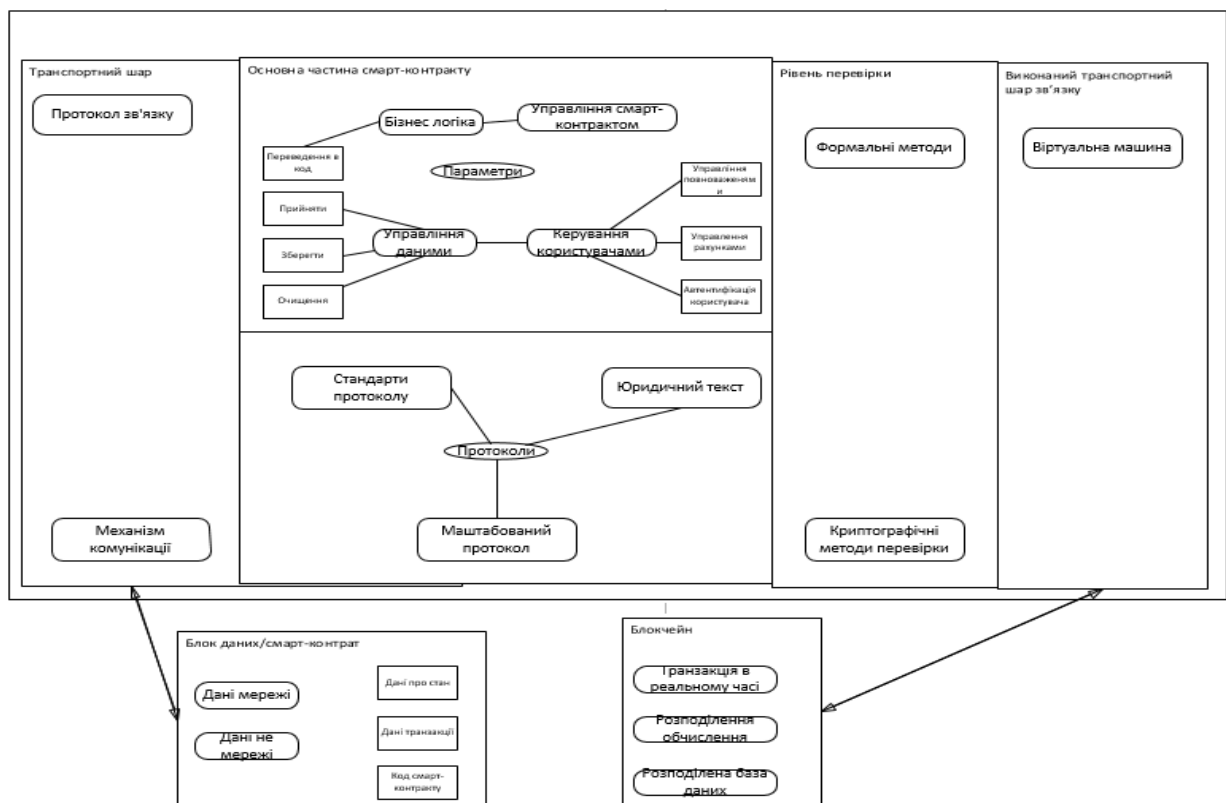


Рисунок 2.1 – Загальна структура роботи методу для забезпечення цілісності даних за допомогою смарт-контракту

Діаграма первинного збереження даних зображена на рисунку 2.2.

Цілісність даних важлива для будь-якої системи чи платформи, що обробляє інформацію, оскільки вона визначає рівень довіри до цих даних. Забезпечення цілісності даних допомагає уникнути неправомірного втручання, змін або втрати інформації.



Рисунок 2.2 – Діаграма первинного збереження даних

Цей принцип також включає в себе заходи безпеки, такі як шифрування, аунтифікація та авторизація, які спрямовані на захист даних від несанкціонованого доступу. Ці заходи спільно працюють, щоб створити надійний захист, який гарантує недоторканість даних. Діаграма цифрового збереження даних на рисунку 2.3.

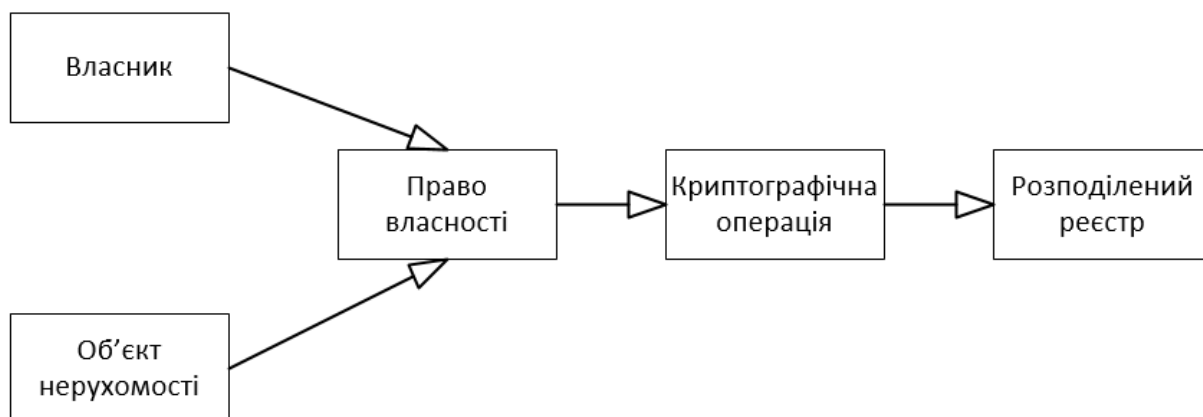


Рисунок 2.3 – Діаграма цифрового збереження даних

Основні аспекти цілісності даних включають в себе кілька важливих складових, спрямованих на забезпечення безпеки та надійності інформації:

- забезпечення того, щоб авторизовані користувачі мали доступ до даних і їх зміни;
- гарантування того, що дані не втрачаються або не пошкоджуються внаслідок помилок або випадкових подій;
- забезпечення того, що дані не піддаються незаконним змінам або маніпуляціям.

Цілісність даних є критичним аспектом у реєстрації майна, оскільки власники майна мають впевнитися, що інформація про їх власність залишається недоторканою та достовірною.

Цілісність бази даних – це важливий аспект, який забезпечує, що всі дані в базі даних відображають реальний стан речей і відповідають заданим обмеженням точності і часової цілісності, а також дотримуються встановлених правил взаємної узгодженості. Забезпечення цілісності бази даних включає в себе важливі аспекти, такі як перевірка даних на відповідність усім цим умовам та відновлення даних після виявлення будь-яких некоректностей, що лежать у сфері відповідальності адміністратора бази даних. Це важливий процес для забезпечення надійності та точності інформації, збереженої в базі даних.

В базі даних використовуються правила для забезпечення надійності та цілісності даних, які допомагають підтримувати узгодженість між записами в пов'язаних таблицях та захищають їх від випадкового видалення або змін. Забезпечення цілісності даних включає в себе ряд заходів, спрямованих на забезпечення стійкості та точності інформації.

Одним із ключових елементів є використання обмежень, таких як унікальність, первинний ключ, зовнішній ключ і перевірку. Унікальність гарантує, що важливі дані не мають дублікатів, а первинний ключ визначає унікальний ідентифікатор для кожного запису.

Також використання транзакцій є важливою складовою для гарантії, що зміни в базі даних відбуваються атомарно, тобто або всі зміни застосовуються, або жодна. Це допомагає уникнути ситуацій, коли лише частина операцій виконується, що може порушити цілісність даних.

Резервне копіювання і обмеження доступу, до даних є важливими для запобігання втрати або порушення цілісності даних. Всі ці заходи спільно створюють надійний фундамент для забезпечення цілісності та достовірності інформації в БД.

Крім цього, поля, які використовуються для встановлення зв'язків між таблицями, повинні мати однаковий тип даних. Зазвичай це числові поля або стрічкові. Забезпечення однорідності типів даних допомагає уникнути конфліктів та непорозумінь при взаємодії між таблицями. Якщо поля, які використовуються для створення зв'язків, мають різні типи даних, це може призвести до помилок у виконанні операцій та порушити цілісність та послідовність даних.

У випадках, коли використовуються числові поля для встановлення зв'язків, важливо також забезпечити відповідність величин та діапазон значень. Це допоможе уникнути потенційних проблем при порівнянні та фільтрації даних.

Забезпечення відповідності типів даних є ключовим елементом БД, оскільки це сприяє правильному функціонуванню системи, а також допомагає у попередженні помилок та забезпеченні коректності операцій з даними.

Для забезпечення цілісності даних база даних, в якій розташована таблиця, повинна бути відкритою. Цілісність даних не може бути забезпечена для таблиць, які належать до інших баз даних. Щоб зберегти цілісність даних у пов'язаних таблицях, необхідно виконувати каскадне оновлення або видалення всіх пов'язаних записів у підпорядкованих таблицях під час оновлення або видалення записів у головній таблиці.

Каскадне оновлення забезпечує автоматичне оновлення залежних записів у підпорядкованих таблицях при зміні відповідного запису у головній

таблиці. Це дозволяє уникнути розбіжностей та зберегти послідовність даних в усіх пов'язаних таблицях. Каскадне видалення, з свого боку, гарантує видалення всіх пов'язаних записів у підпорядкованих таблицях, коли відповідний запис у головній таблиці видаляється.

Ці механізми важливі для збереження цілісності даних в системі та надання достовірної інформації усіх її компонентів. Правильна реалізація каскадних операцій дозволяє уникнути ситуацій, коли дані можуть залишатися некоректними або суперечити між собою, забезпечуючи стабільність та надійність бази даних.

Система вважається безпечною, якщо вона використовує відповідне апаратне та програмне забезпечення для контролю доступу до інформації і забезпечує, що лише належним чином уповноважені особи або процеси, які діють від її імені, мають можливість читати, записувати, створювати або видаляти інформацію. Така система гарантує, що інформація залишається захищеною від несанкціонованого доступу.

Ключовим елементом безпеки є визначення чітких політик доступу та використання механізмів автентифікації та авторизації. Автентифікація впевнюється, що особа чи процес, що намагається отримати доступ, є тим, за кого себе видає. Авторизація визначає, які дії або ресурси має право виконувати чи отримувати даний суб'єкт.

Додатково, система безпеки повинна виявляти та реагувати на потенційні загрози. Це включає в себе виявлення аномалій в поведінці користувачів, моніторинг мережевої активності та вчасне виявлення можливих атак.

Технічні аспекти цього питання пов'язані з різними типами обмежень, які повинні підтримуватись структурою СКБД і бути доступними для користувачів:

- обмеження, які регулюють можливість оновлення певних атрибутів з метою збереження необхідних відношень між їх попередніми та новими значеннями;

- обмеження, які вимагають, щоб значення конкретного поля знаходилися в певному заданому діапазоні;
- обмеження, пов'язані із визначеними функціональними залежностями між різними атрибутами.

Політика безпеки виступає, як складова частина захисту та включає в себе аналіз потенційних загроз і вибір відповідних заходів для їх упередження. Політика безпеки формулює набір правил, законів та стандартів поведінки, які встановлюються конкретною організацією з метою обробки, захисту та поширення інформації.

Однією з ключових функцій політики безпеки є визначення засобів захисту для запобігання несанкціонованому доступу до інформації. Це може включати в себе встановлення паролів, визначення рівнів доступу для різних користувачів та механізмів шифрування для конфіденційних даних. Політика також повинна уточнювати процедури введення та виходу з інформаційної системи, включаючи автентифікацію та деавтентифікацію.

Крім того, політика безпеки визначає правила взаємодії з іншими системами та користувачами, враховуючи сучасні стандарти та регулятивні вимоги. Вона може регулювати обмін інформацією, встановлювати вимоги до захисту під час передачі даних та визначати політику відновлення в разі порушення безпеки.

З іншого боку, гарантованість є пасивним компонентом захисту і відображає ступінь довіри до архітектури та реалізації системи. Вона вказує на те, наскільки ефективно обрані механізми, що забезпечують безпеку системи, здатні захистити її від потенційних загроз та атак.

Гарантованість включає в себе різні аспекти, такі як стійкість до атак, забезпечення конфіденційності та цілісності даних, а також доступність системи навіть у випадках можливих неполадок чи відмов. Вона допомагає визначити, наскільки система може відновлюватись та зберігати свої основні функції під час негативних впливів.

Гарантованість також включає оцінку дотримання системою визначених стандартів та політик безпеки, визначених регуляторами або внутрішньою політикою організації. Цей аспект пасивного захисту визначає, наскільки ефективно система виконує встановлені вимоги та рекомендації у сфері безпеки.

Сучасні системи управління базами даних підтримують один із двох загальних підходів до забезпечення безпеки даних: вибіркового та обов'язкового підходи. В обох випадках «об'єктом даних» для створення системи безпеки може бути як вся база даних в цілому, так і окремі об'єкти всередині бази даних.

Вибірковий підхід передбачає встановлення заходів безпеки для конкретних об'єктів або користувачів в залежності від їхніх прав і потребностей доступу. Цей підхід дозволяє більш гнучко налаштовувати рівні безпеки для різних частин бази даних відповідно до конкретних вимог та політики організації.

Обов'язковий підхід, навпаки, використовує жорсткі правила та політики, які обов'язково застосовуються до всієї бази даних або конкретних її частин. Цей підхід спрощує управління безпекою та забезпечує стандартизацію заходів безпеки для всіх об'єктів даних.

Вибірковий та обов'язковий підходи можуть використовуватися як окремо, так і в поєднанні, створюючи комплексну систему безпеки бази даних. Важливо збалансувати рівні безпеки з потребами бізнесу та враховувати специфіку обробки даних в конкретній області, щоб забезпечити оптимальний рівень захисту та ефективності використання бази даних.

У виборчому управлінні базою даних, різні користувачі мають унікальні повноваження для взаємодії з об'єктами даних, дозволяючи налаштовувати рівні доступу для кожного користувача окремо. Тобто різні користувачі можуть мати різний рівень доступу до одних і тих самих об'єктів бази даних, що надає велику гнучкість в управлінні доступом.

Цей підхід дозволяє точно визначити, які операції може виконати кожен користувач, і які дані вони можуть переглядати, редагувати чи видаляти. Наприклад, адміністратор бази даних може мати повний доступ до всіх об'єктів, включаючи можливість створення, модифікації та видалення даних, тоді як звичайні користувачі можуть мати обмежений доступ тільки до певних частин інформації.

Це особливо важливо в ситуаціях, де необхідно обмежити доступ до конфіденційних або важливих даних, забезпечуючи при цьому користувачам достатній рівень доступу для виконання їхніх робочих обов'язків. Вибіркове управління базою даних забезпечує баланс між безпекою і зручністю використання системи, дозволяючи ефективно впоратися з управлінням доступом в різноманітних сценаріях використання.

З іншого боку, в обов'язковому управлінні, кожен об'єкт даних класифікується на певний рівень конфіденційності, і кожен користувач має свій рівень допуску. В цьому підході, доступ до конкретного об'єкта даних можуть мати лише користувачі з відповідним рівнем допуску.

Така жорстка класифікація дозволяє забезпечити високий рівень захисту для конфіденційних чи важливих даних. Наприклад, якщо певний об'єкт даних має рівень конфіденційності, тоді тільки користувачі з відповідним рівнем допуску матимуть доступ до цього об'єкта.

Обов'язковий підхід використовує систему міток або класифікацій для категоризації даних та користувачів. Такий метод вимагає відповідності строгих політик безпеки, і він особливо ефективний у випадках, коли необхідно захищати конфіденційні дані або виконувати регулятивні вимоги щодо безпеки.

Важливо враховувати, що обов'язкове управління може бути менш гнучким у порівнянні з вибіркоким, оскільки воно встановлює жорсткі правила для доступу. Однак в областях з високими стандартами безпеки цей підхід може бути найбільш ефективним для захисту найцінніших ресурсів та забезпечення дотримання строгих вимог з безпеки даних.

Для впровадження обов'язкового підходу в системі управління базами даних вводяться нові об'єкти - користувачі, кожному з яких надається унікальний ідентифікатор. Також кожен користувач отримує унікальний пароль для додаткового забезпечення. Зазвичай ідентифікатори користувачів відомі адміністратору системи, але паролі зберігаються у зашифрованому вигляді та доступні тільки самим користувачам.

Цей підхід дозволяє чітко ідентифікувати та автентифікувати кожного користувача в системі. Унікальні ідентифікатори та паролі гарантують, що лише авторизовані особи можуть отримати доступ до бази даних та виконувати необхідні операції з даними.

Крім того, для підвищення безпеки можуть використовуватися додаткові методи автентифікації, такі як двофакторна автентифікація. Це дозволяє зробити процес автентифікації ще надійнішим та ускладнити несанкціонований доступ.

Перевірка прав доступу базується на визначенні набору дій, які кожен користувач або процес може виконувати в межах інформаційної системи щодо конкретних об'єктів. Перевірка автентичності передбачає достовірне підтвердження того, що користувач або процес, який намагається виконати санкціоновану дію, дійсно є тим, за кого вони себе видають.

Система надання повноважень має ієрархічний характер. Найвищим рівнем прав та повноважень володіє системний адміністратор або адміністратор сервера бази даних. Ці користувачі мають виключні права на управління всією системою бази даних, включаючи створення та конфігурацію баз даних, надання прав доступу іншим користувачам, а також розв'язання технічних проблем.

На рівні адміністраторів бази даних може існувати ієрархія, де різні адміністратори відповідають за конкретні аспекти функціонування системи. Наприклад, може бути окремий адміністратор для резервного копіювання та відновлення даних, а інший - для моніторингу та оптимізації продуктивності бази даних.

Під адміністраторами рівня сервера бази даних можуть бути інші користувачі, які відповідають за конкретні бази даних чи групи користувачів. Вони мають права на управління конкретними аспектами відповідних баз даних, такими як створення та модифікація таблиць, введення даних чи виконання запитів.

Кожному користувачеві присвоюється конкретний рівень прав та повноважень в залежності від їхніх функціональних обов'язків та відповідальності в системі. Це забезпечує ефективне розподіл завдань та мінімізацію ризиків несанкціонованого доступу до важливих частин бази даних.

Система надання повноважень дозволяє точно налаштувати, які дії та рівні доступу різні користувачі можуть мати в інформаційній системі, що забезпечує відповідну безпеку та контроль доступу до даних та ресурсів.

Технологія блокчейн та смарт-контракти можуть бути ефективними інструментами для забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації майна, оскільки вони надають можливість створити недоторканий та безпечний запис власності, який не піддається маніпуляціям або втратам.

Ця комбінація технологій дозволяє створювати системи реєстрації майна, де кожна транзакція зберігається в блокчейні, а смарт-контракти автоматично виконують угоди та переведення власності. Такий підхід не тільки забезпечує високий рівень цілісності даних, але і дозволяє створювати довірені та ефективні системи управління власністю без проміжних посередників.

2.2 Моделювання процесу роботи блокчейну у сфері реєстрації нерухомого майна

Рисунок 2.4 ілюструє типову архітектуру блокчейну. На рисунку показано послідовність блоків, які разом записують кожну транзакцію. Кожен блок містить заголовок, який зберігає хеш попереднього блоку викликаного

батьківським блоком. Блок може мати лише один батьківський блок. Єдиний виняток це блок генезису, який є першим блоком у ланцюжку, який зображений на рисунку 2.5. Це перешкоджає додаванню фальшивих блоків до центральної ланки, забезпечуючи систему від шахрайських дій.

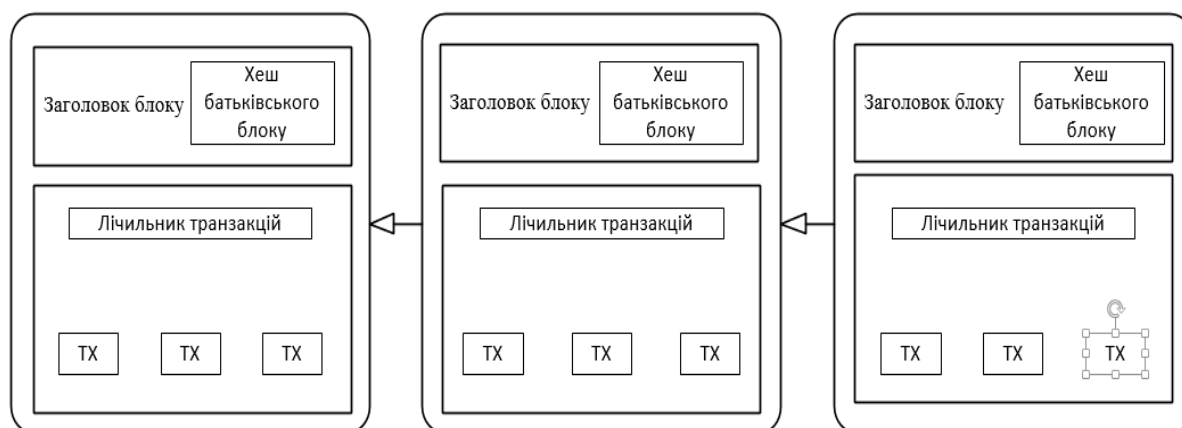


Рисунок 2.4 – Приклад типової архітектури блокчейну, що складається з трьох послідовних блоків

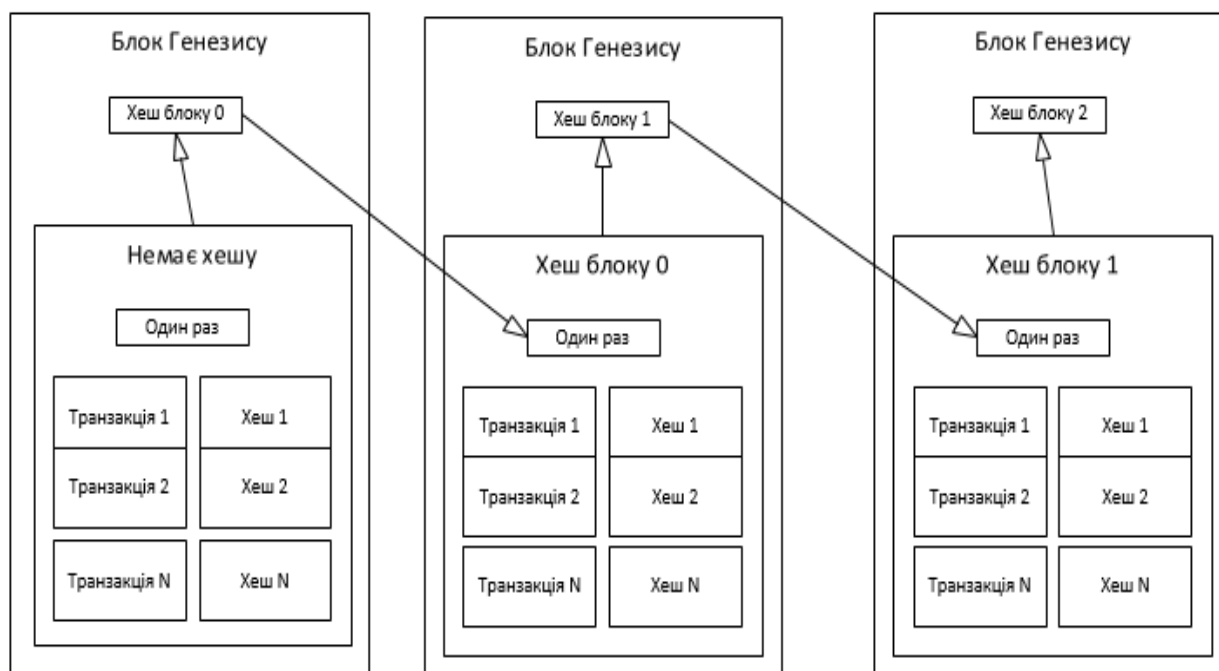


Рисунок 2.5 – Генезис блоку

Архітектура блокчейну дозволяє створювати децентралізовані системи, де інформація зберігається та підтверджується розподіленим

способом. Кожна транзакція фіксується у блоках і забезпечується унікальним хешем, який включає дані з попереднього блоку. Ця послідовність блоків формує ланцюг, що робить систему надійною та стійкою до втручання.

У системі блокчейн концепція блоку генезису визначає початок ланцюжка. Цей блок блокчейну і встановлює початковий стан системи, що робить її невразливою до неузгоджених змін.

Загальна структура блокчейну – (див. рис. 2.4), забезпечує прозорість, відсутність централізованого управління та великий рівень безпеки. Ці особливості роблять блокчейн ефективним рішенням для реалізації різних додатків, від фінансових транзакцій до управління ланцюгами постачання та багатьох інших сфер.

На нульовому рівні процеси розглядаються як блоки із всіма відповідними робочими та керуючими об'єктами, а діаграма, представлена на – рис 2.6, відображає усі потрібні дані та інформацію, які використовуються для забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна з використанням смарт-контрактів.

Цей рівень аналізує і визначає всі необхідні компоненти, які взаємодіють у системі реєстрації нерухомості. Кожен блок представляє окремий елемент, включаючи робочі процеси та керуючі механізми. Діаграма надає візуальне уявлення про взаємодію цих елементів, що сприяє кращому розумінню системи в цілому.

У контексті смарт-контрактів, які використовуються для автоматизації процесів реєстрації нерухомості, важливо мати повний огляд всіх етапів та елементів, які взаємодіють між собою. Дані, подані – (див. рис. 2.5), допомагають виявити ключові точки взаємодії та забезпечують основу для подальшого вдосконалення та оптимізації процесів.

Загалом, на нульовому рівні візуалізація процесів та взаємодій допомагає створити чітку картину всієї системи реєстрації нерухомості, що використовують смарт-контракти. Це сприяє ефективній роботі та підвищує рівень автоматизації та цілісності в області управління нерухомістю.

Діаграма нульового рівня або контекстна діаграма відображає основні суб'єкти та компоненти системи, які взаємодіють для забезпечення цілісності даних у реєстрації нерухомого майна через смарт-контракт.



Рисунок 2.6 – Контекстна модель нульового рівня

Перший рівень діаграми розглядає функціональний блок нульового рівня, поділяючи його на набір взаємозалежних функцій, які представлені на – рис 2.7. У контексті методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна з використанням смарт-контрактів, це означає, що функціональність системи розкладається на окремі функції або процеси, які взаємодіють та спільно працюють для забезпечення цілісності даних.

Кожна функція або процес, представлені на діаграмі, виконують конкретну роль у забезпеченні цілісності даних. Ці елементи можуть включати в себе різні аспекти реєстрації нерухомості, такі як верифікація власності, обробка та реєстрація транзакцій, взаємодія з смарт-контрактами та інші ключові функції.

Важливою частиною цього рівня є взаємодія між різними функціями, яка визначає, як вони обмінюються даними та як це впливає на цілісність інформації. Кожен елемент виконує свою функцію в контексті загальної мети системи, а його взаємодія з іншими функціями створює узгоджену систему для

ефективного управління реєстрацією нерухомості за допомогою смарт-контрактів.

Ці функції включають в себе такі аспекти:

- реєстрація нерухомого майна через смарт-контракти;
- перевірка і автентифікація користувачів;
- моніторинг та логування подій у системі;
- захист від несанкціонованого доступу та атак на дані;
- автоматизований аудит та перевірка цілісності даних у смарт-контрактах.

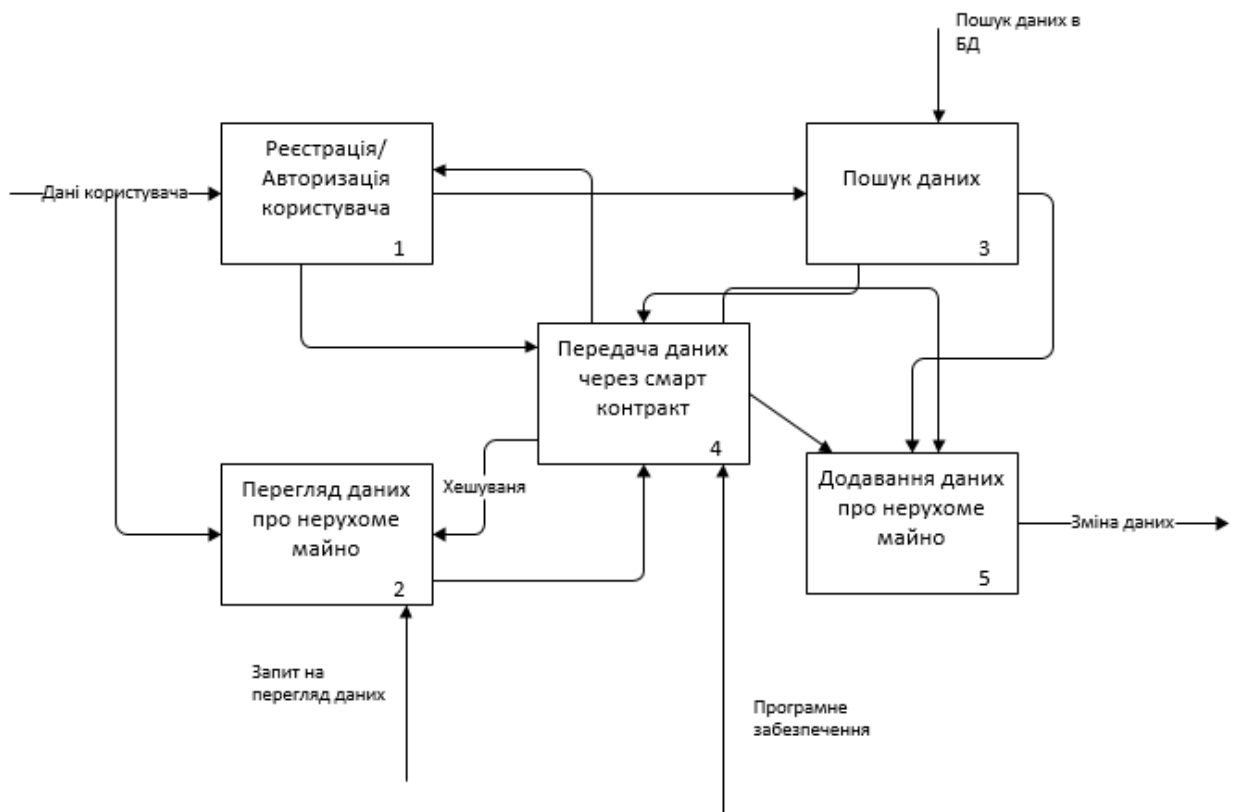


Рисунок 2.7 – Контексна модель першого рівня

Розробка діаграм використання вимагає побудови ієрархічного процесу, розглядаючи конкретний рівень деталізації від найбільш абстрактної та загальної концептуальної моделі до входу системи та логіки відповідно до

системи, а потім до фізичної моделі. В контексті методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна з використанням смарт-контрактів, такий підхід дозволяє крок за кроком розгортати деталі функціональності та взаємодії системи на різних рівнях абстракції.

Починаючи з найвищого рівня абстракції, концептуальна включає загальні принципи та основні компоненти системи. На цьому етапі ідентифікуються ключові сценарії використання, які визначають важливі функціональність та потреби системи в цілому.

На наступному рівні, входи системи та логіка відповідно до системи конкретизуються, розкриваючи деталі процесів та взаємодії. Це включає в себе інтерфейс користувача, обмін даними та логічні кроки, необхідні для виконання конкретних сценаріїв використання.

На найнижчому рівні абстракції розглядається фізична модель, де конкретні технічні аспекти та імплементація системи стають об'єктом дослідження. Це може включати в себе аспекти, такі як бази даних, мережеві з'єднання та взаємодію з смарт-контрактами на бізнес-рівні.

Загальний підхід до розробки діаграм використання дозволяє крок за кроком розкривати та вдосконалювати рівні деталізації системи, що сприяє кращому розумінню та управлінню функціональністю та взаємодією в контексті забезпечення цілісності даних у реєстрації нерухомого майна за допомогою смарт-контрактів.

Приклад діаграми використання, поданий на рисунку 2.8 – 2.10, відображає ці взаємодії і дозволяє зрозуміти, як користувачі взаємодіють з системою в конкретних ситуаціях.

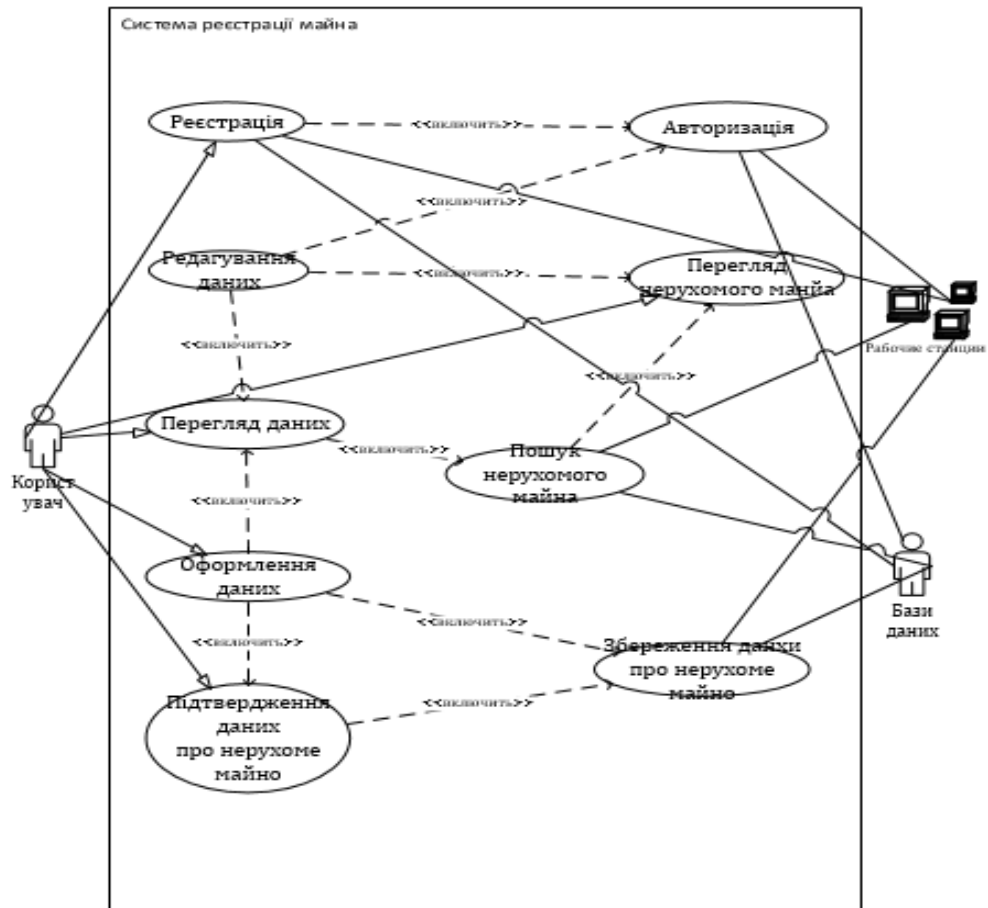


Рисунок 2.8 – Діаграма варіантів використання

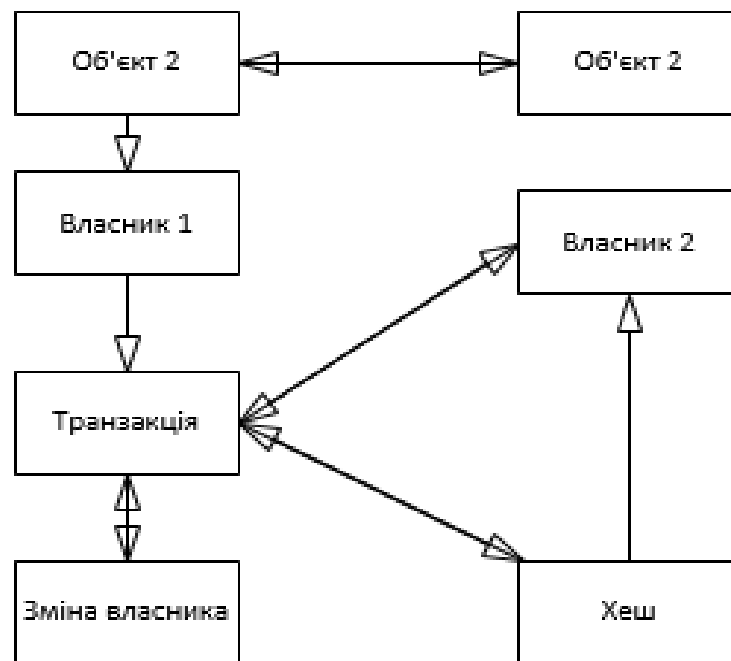


Рисунок 2.9 – Схема зміни власника, як елемент технології блокчейн

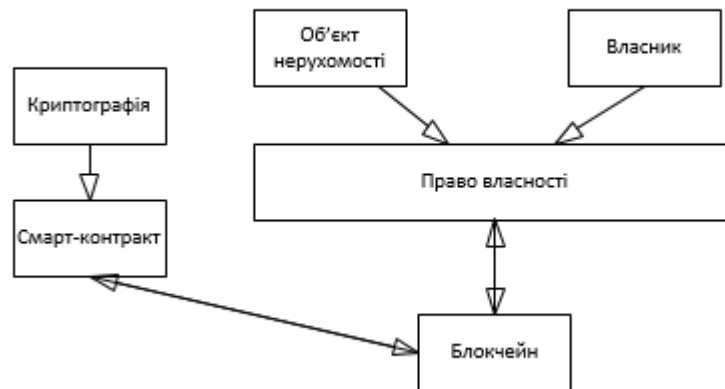


Рисунок 2.10 – Схема забезпечення цілісності даних у сфері нерухомого майна

2.3 Структурна та функціональна модель методу

Використання методу для забезпечення цілісності даних у системі реєстрації нерухомості за допомогою смарт-контрактів відіграє ключову роль у розумінні та виборі архітектури програмного забезпечення. Цей вибір може суттєво впливати на розробку нових функцій системи, її ефективність та гнучкість для майбутніх модифікацій. Ефективна архітектура дозволяє легко розширювати та модифікувати систему, роблячи розробку нового функціоналу зручною та економічно вигідною. Неправильно обрана архітектура може призвести до складнощів у подальшому розвитку системи та її підтримки.

Під час розробки системи реєстрації нерухомості із використанням смарт-контрактів, важливо враховувати взаємодію та взаємозалежність між різними компонентами. Обдуманий вибір архітектурних рішень може сприяти забезпеченню стійкості системи до змін, дозволяючи легше реагувати на швидкі зміни в вимогах проекту та збільшувати гнучкість коду для подальшої роботи. Підтримка цілісності даних у сфері реєстрації нерухомості вимагає уважного розгляду та управління взаємозалежністю компонентів під час вибору архітектури ПЗ.

Застосування шаблонів проектування є одним з ключових аспектів у розробці програмного забезпечення. Вони дозволяють стандартизувати та спрощувати рішення типових проблем, підвищуючи якість та стійкість системи. Також важливо враховувати, що недбале застосування шаблонів може ускладнити розробку та призвести до недоліків у програмному продукті. Підбір шаблонів повинен бути обґрунтованим та зорієнтованим на вимоги проекту.

Загалом, управління цілісністю даних у реєстрації нерухомості з використанням смарт-контрактів потребує глибокого розуміння принципів архітектури програмного забезпечення та вміння використовувати шаблони проектування для оптимізації системи. Одним з основних шаблонів роботи смарт-контракту наведено на рисунку 2.11.

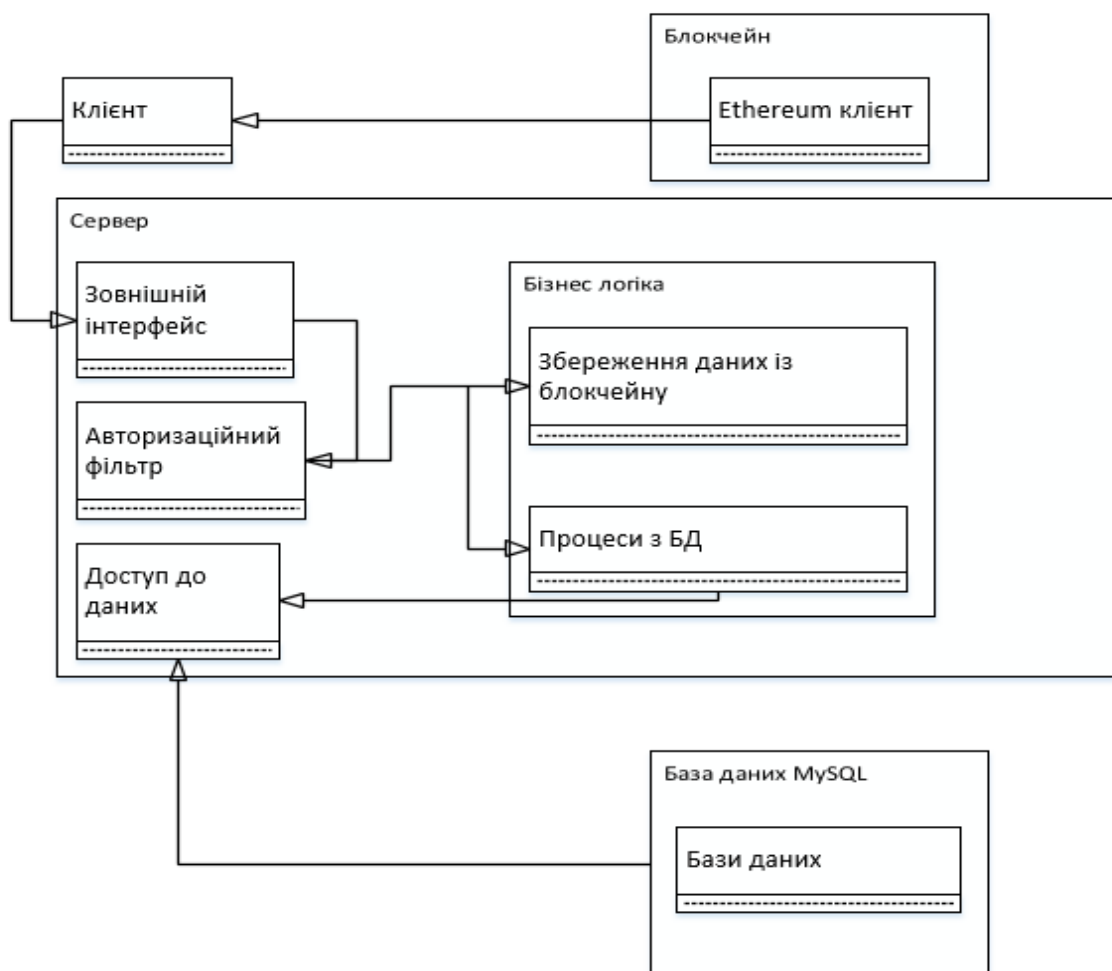


Рисунок 2.11 – Діаграма компонентів системи для безпечних операцій з нерухомим майном

Реалізація смарт-контрактів базується на мові програмування Solidity, що є об'єктно-орієнтованою мовою і була спеціально створена для ефективного створення смарт-контрактів, що функціонують на платформі Ethereum. Solidity надає засоби для створення програми, які автоматично виконують угоди на базі блокчейну, дозволяючи відтворювати логіку угод безпосередньо в коді контракту.

Для прискорення процесу розробки та розширення можливостей смарт-контрактів використовуються різноманітні бібліотечні інструменти. Ці інструменти можуть містити готові реалізації певних функцій, алгоритмів чи шаблонів, що дозволяють ефективно використовувати готові рішення без необхідності написання коду з нуля.

Дані, які зберігаються в блокчейні Ethereum, організовані у формі префіксного дерева Меркле, яке є асоціативною ієрархічною структурою. Це дерево є файловою структурою, що містить інформацію про вузли різних рівнів, цього дерева.

На найнижчому рівні знаходяться листки дерева, які містять основні дані користувача та інші дані, що зберігаються в мережі. Інформація, що міститься в листках – це дані про транзакції та контракти.

Проміжні вузли створюються з хешів найближчих проміжних вузлів в ієрархії. Кожен вузол, окрім листків дерева має хеш, що представляє певну суміш даних, зазвичай це дочірній вузол або хеш інших даних. Це дозволяє швидко перевірити цілісність даних у блокчейні, порівнюючи ці хеші без необхідності завантажувати всі дані.

Дерево Меркле – це древо, що використовується в хешуванні в інформаційних системах для генерації хешу (коротких унікальних фрагментів інформації) з даних для ефективною перевірки цілісності та автентичності даних в розподілених системах і мережах, таких як блокчейн. Зображено на рисунку 2.12.

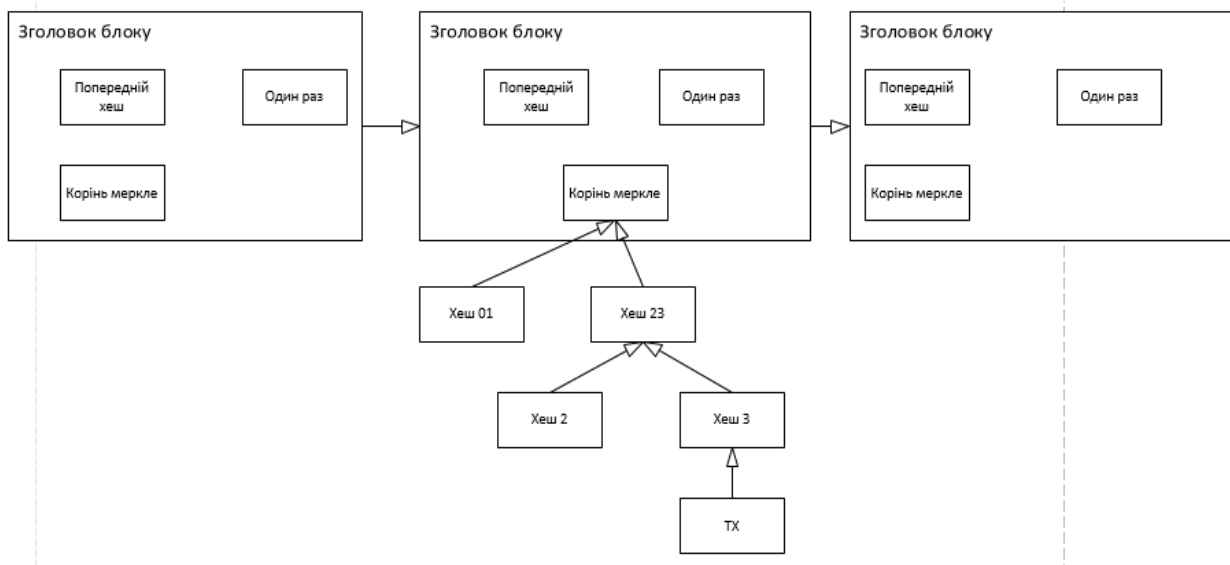


Рисунок 2.12 – Найдовший ланцюжок доказів роботи дерева Меркле

Дерево Меркле складається з вузлів, де кожен вузол представляє собою хеш певних даних. Верхній вузол, який називається коренем дерева Меркле, представляє собою хеш всіх даних в дереві. Представлено на рисунку 2.13.

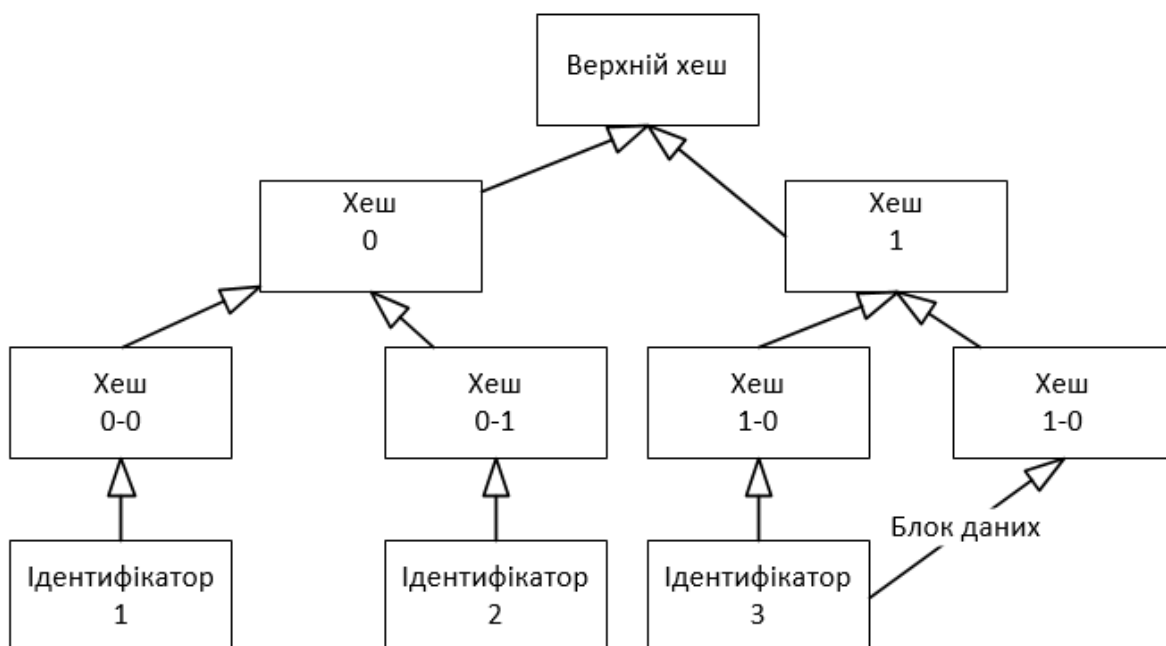


Рисунок 2.13 – Хешування суми даних до отримання кореня Меркле

Веб-клієнт виступає важливим інтерфейсом для користувача, що дозволяє взаємодіяти з системою в контексті нерухомості. Функціональність

веб-клієнта визначається роллю користувача, який може виступати у ролі орендаря, орендодавця, продавця або покупця нерухомості. Кожна з цих ролей надає унікальні можливості та функціонал, відповідно до потреб користувача.

Усі взаємодії між веб-клієнтом і мережею блокчейн реалізуються за допомогою мови програмування Solidity. Ця мова дозволяє виконувати різні дії, такі як передача даних з одного облікового запису на інший, читання та запис даних зі смарт-контрактів, а також створення нових смарт-контрактів. Solidity забезпечує потужний та гнучкий інструментарій для розробки різноманітних операцій, що відбуваються в екосистемі нерухомості.

Орендарі можуть взаємодіяти з системою для оренди нерухомості, орендодавці встановлюють умови та управляють своєю власністю, продавці можуть виставляти нерухомість на продаж, а покупці здійснюють покупку та власність. Веб-клієнт, діючи як посередник, дозволяє всім сторонам ефективно спілкуватися з блокчейн-мережею та здійснювати операції в зручний та доступний спосіб.

Смарт-контракти можуть бути застосовані в реєстрації майна для автоматизації процесів створення, зміни та визнання прав на майно. Наприклад, при продажі нерухомого майна смарт-контракт може автоматично перевести власність на нового власника, якщо відповідні умови угоди виконані. Це спрощує та прискорює процес та забезпечує високий рівень довіри між сторонами. Де схема робочого процесу зображена на рисунку 2.14.

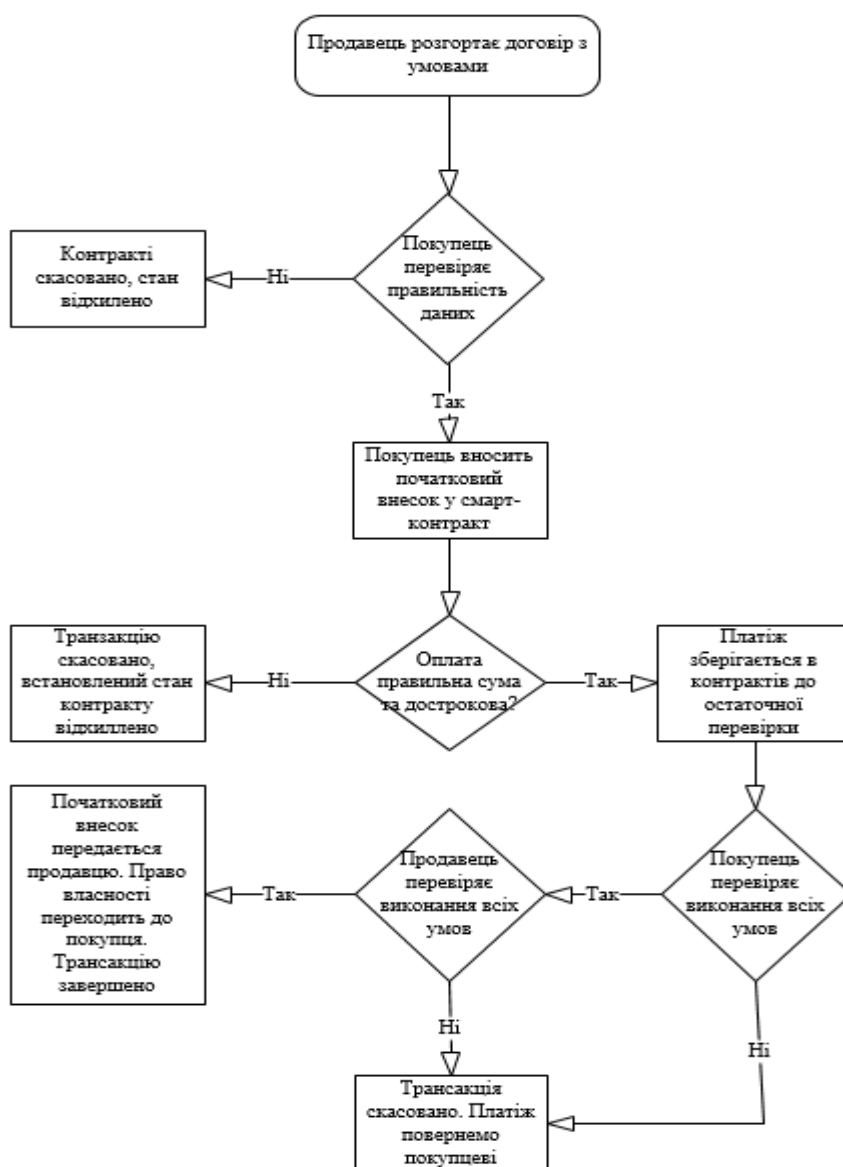


Рисунок 2.14 – Схема робочого процесу для прототипу, що показує результат кожного кроку

Реалізація Solidity відкриває можливість взаємодії з мережею Ethereum через HTTP за допомогою JSON RPC-викликів. Це означає, що веб-клієнт може ефективно взаємодіяти з окремими вузлами Ethereum, використовуючи стандартизовані протоколи обміну даними. Цей механізм дозволяє веб-клієнту надсилати запити та отримувати відповіді, читати та записувати дані в блокчейн.

Основний об'єкт Solidity виступає в ролі ефективного посередника між веб-клієнтом та блокчейн-мережею. Він діє свого роду як «міст»,

забезпечуючи передачу даних між клієнтом і провайдером, який є реальним вузлом в мережі блокчейн Ethereum. Під час взаємодії веб-клієнта з блокчейном, Solidity взаємодіє з провайдером, використовуючи JSON RPC-виклики, та забезпечує передачу запитів та отримання відповідей від мережі.

Цей процес надає веб-клієнту можливість вільно обмінюватися даними з Ethereum, що включає в себе читання та запис даних в блокчейні, а також виконання різноманітних операцій за допомогою смарт-контрактів. Такий механізм взаємодії дозволяє ефективно використовувати можливості блокчейн-технологій для реалізації різноманітних бізнес-логік та функціональностей у контексті нерухомості.

Необхідність додавання нових транзакцій до блоку та їхнє підтвердження може призводити до затримок у зберіганні даних у блокчейні, що може виявитися довгим процесом.

Використання реляційної бази даних дозволяє ефективно управляти великим обсягом структурованої інформації, що стосується нерухомості та учасників системи. MySQL надає надійний механізм для зберігання та оптимізації доступу до даних, забезпечуючи швидкі та ефективні операції читання та запису.

У блокчейні зберігаються лише основні документи, які містять ключові умови договору, такі як ціна нерухомості, строк оплати та інші важливі дані та додаткові умови. Цей підхід дозволяє забезпечити ефективність блокчейну в збереженні критично важливих та незмінних елементів, зберігаючи при цьому решту даних у та легкодоступній реляційній базі даних.

Така комбінація дозволяє впроваджувати принципи децентралізації та ефективно використовувати блокчейн, одночасно оптимізуючи продуктивність та доступність до інформації для користувачів системи.

Система обмеження доступу до даних виступає як ключова абстракція між веб-сервісами та базами даних у проекті. Для проектування бази даних використовували мову програмування Solidity, яка дозволяє створювати структуровані та ефективні бази даних відповідно до потреб системи. Цей

підхід передбачає ініціалізацію сутностей та подальше створення схеми бази даних, основаної на цих сутностях.

З метою введення абстракції між базою даних та клієнтом, було впроваджено шаблон репозиторію. Репозиторій функціонує як посередник між рівнем визначення та рівнем розподілу даних, надаючи інтерфейс, що подібний до колекції, для доступу до об'єктів на рівні визначення. Ця архітектурна особливість допомагає забезпечити ефективний та безпечний обмін та збереження даних у системі.

За допомогою Solidity забезпечено структурованість та зручний доступ до даних для різних взаємодіючих компонентів системи. Цей спосіб допомагає забезпечити стабільність та надійність бази даних, при цьому забезпечуючи високий рівень безпеки та контроль доступу до важливої інформації у системі.

Система ефективно використовує метод автентифікації на основі програмних токенів для забезпечення надійності та безпеки ідентифікації користувачів. При успішній автентифікації, кожен користувач отримує спеціальний токен, який надає йому привілеї доступу до конкретних ресурсів та веб-сервісів у системі. Цей токен функціонує як унікальний маркер, підтверджуючи ідентифікацію користувача та дозволяючи йому використовувати систему.

Автентифікаційний токен забезпечує ефективний механізм безпеки, оскільки він обмежує доступ лише до певних ресурсів та функціональностей, визначених користувачем. Це створює високий рівень контролю та безпеки в системі, оскільки кожен токен має обмежений обсяг повноважень, що відповідає ролі та потребам користувача.

Метод автентифікації на основі програмних токенів дозволяє ефективно впроваджувати сучасні стандарти безпеки та забезпечує зручний та безпечний спосіб ідентифікації користувачів. Крім того, цей підхід дозволяє забезпечити легкість взаємодії та інтеграції з іншими системами та службами, роблячи використання системи ще більш зручним та безпечним для кожного користувача.

2.4 Висновок до розділу 2

Було запропоновано метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за допомогою смарт-контрактів. Запропонований метод ґрунтується на технологію блокчейн у поєднанні із алгоритмом смарт-контракту. Такий підхід унеможлиблює недозволені та незатверджені зміни в сфері реєстрації нерухомого майна. Метод включає використання розподіленого реєстру, формування записів до блоків якого відбувається через алгоритм смарт-контракту на основі процедур хешування.

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ ДАНИХ У СФЕРІ РЕЄСТРАЦІЇ МАЙНА НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН

3.1 Моделювання інформаційної системи забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації майна

Діаграма прецедентів відображає ключових користувачів системи та основні завдання, які система має виконати під час своєї роботи, а діаграма послідовності, відображає послідовність дій, які виконуються у процесі взаємодії користувачів з системою, зокрема, зі зверненням до смарт-контрактів для забезпечення цілісності даних про нерухомість. Зображено на рисунках 3.1-3.6.

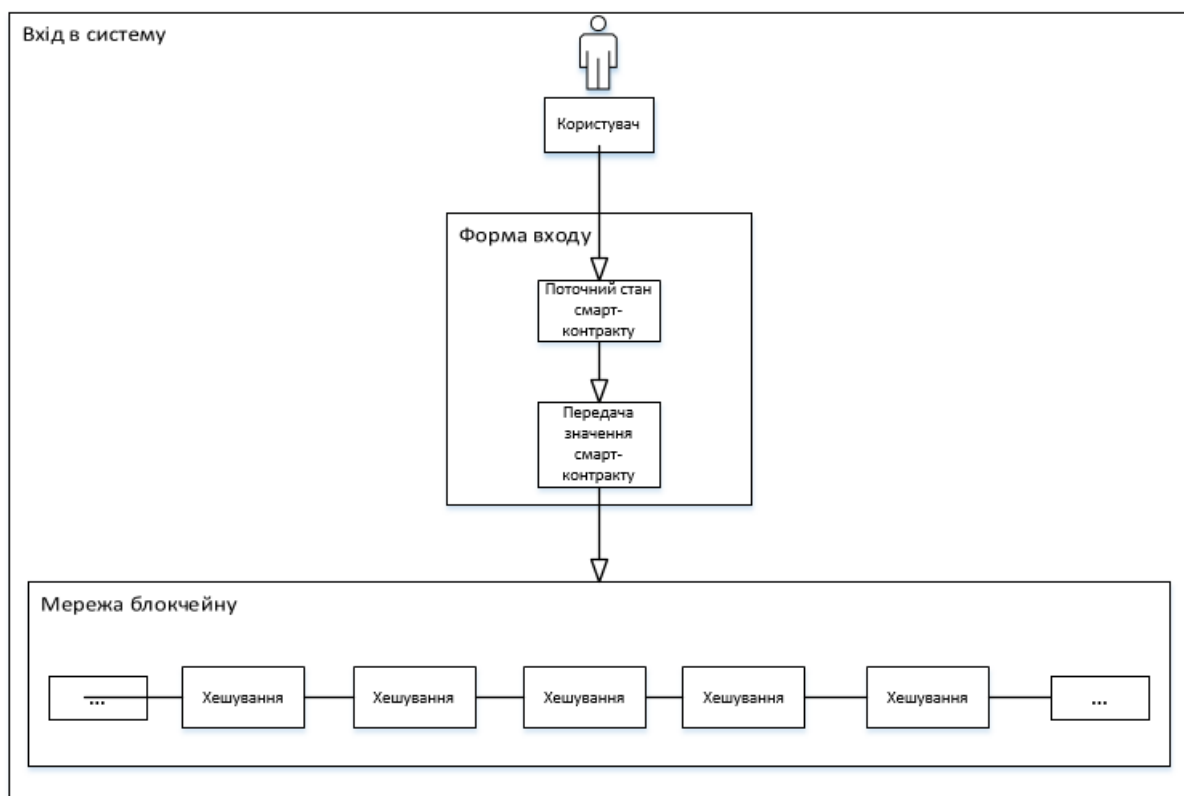


Рисунок 3.1 – Діаграма послідовності авторизації користувача

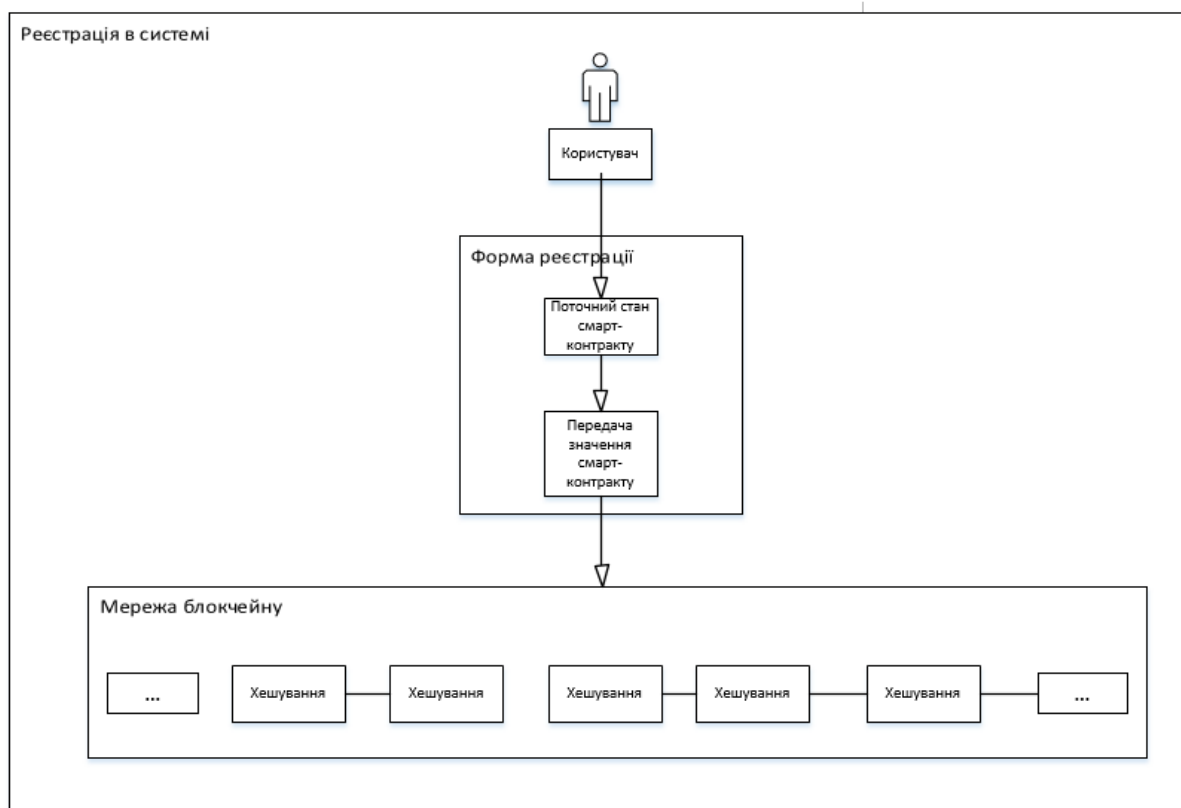


Рисунок 3.2 – Реєстрація користувача

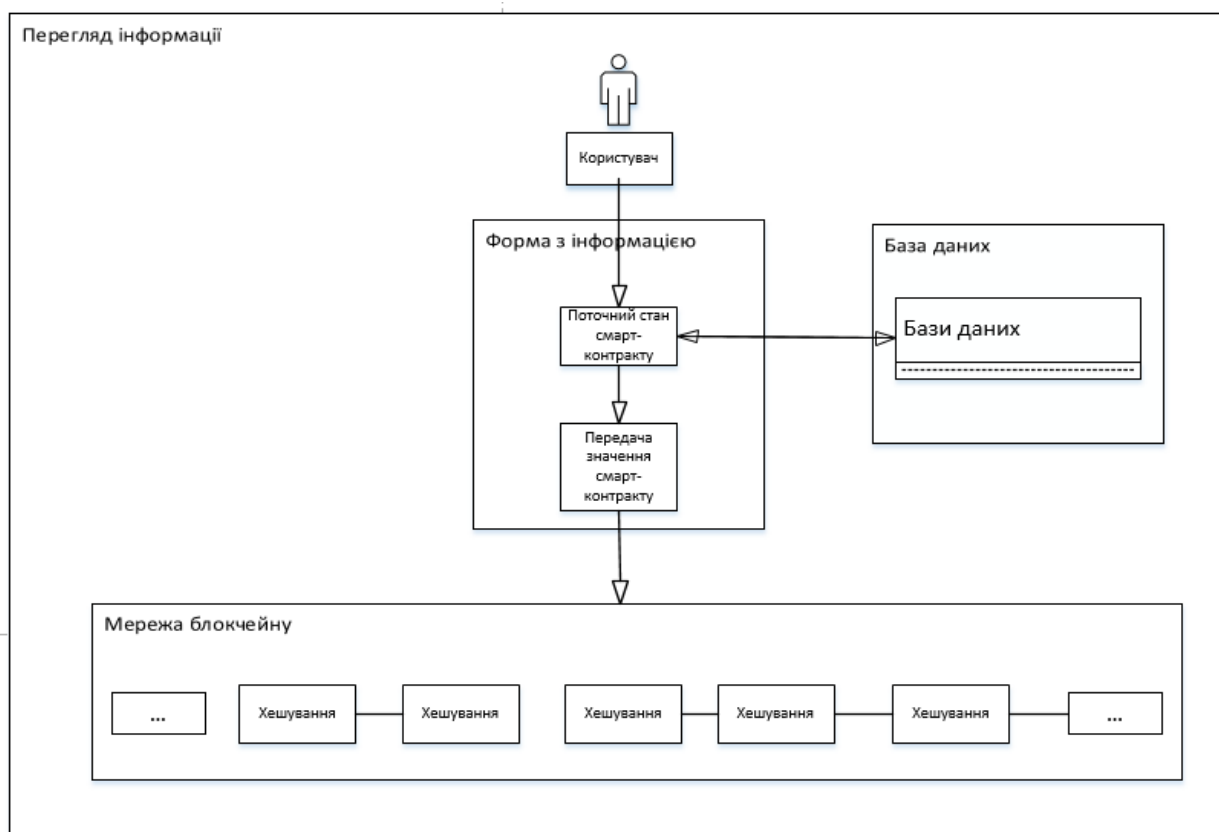


Рисунок 3.3 – Діаграма послідовності перегляду інформації

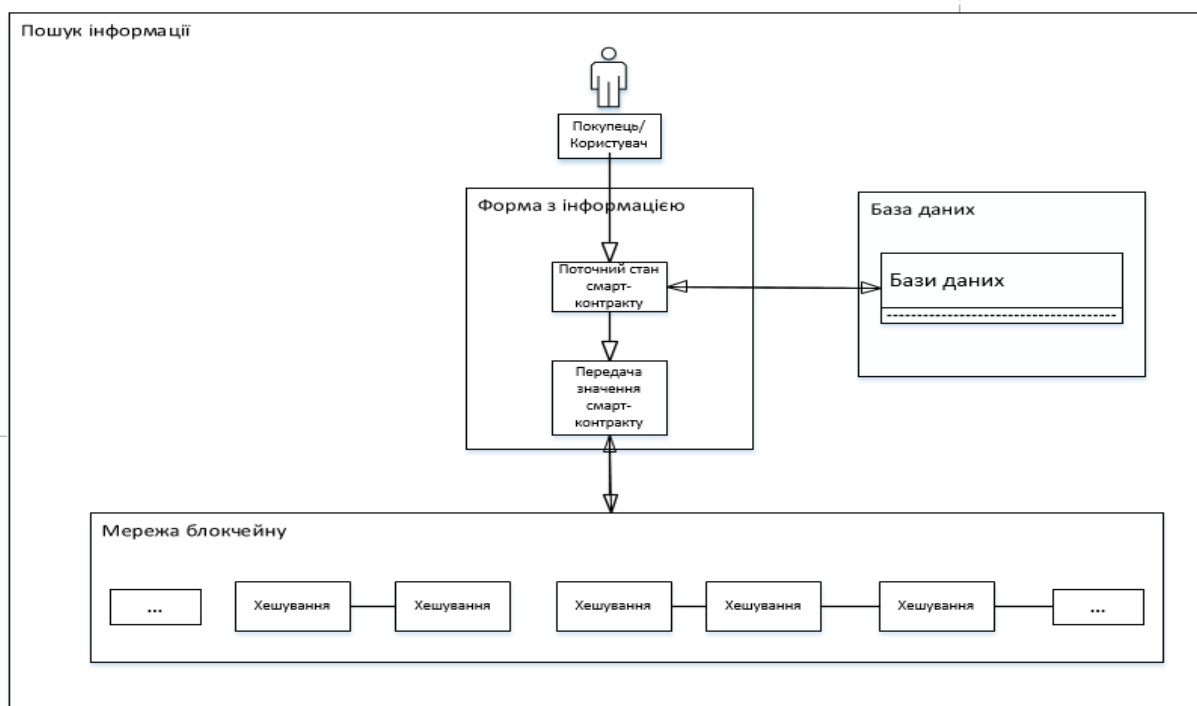


Рисунок 3.4 – Діаграма послідовності пошуку інформації

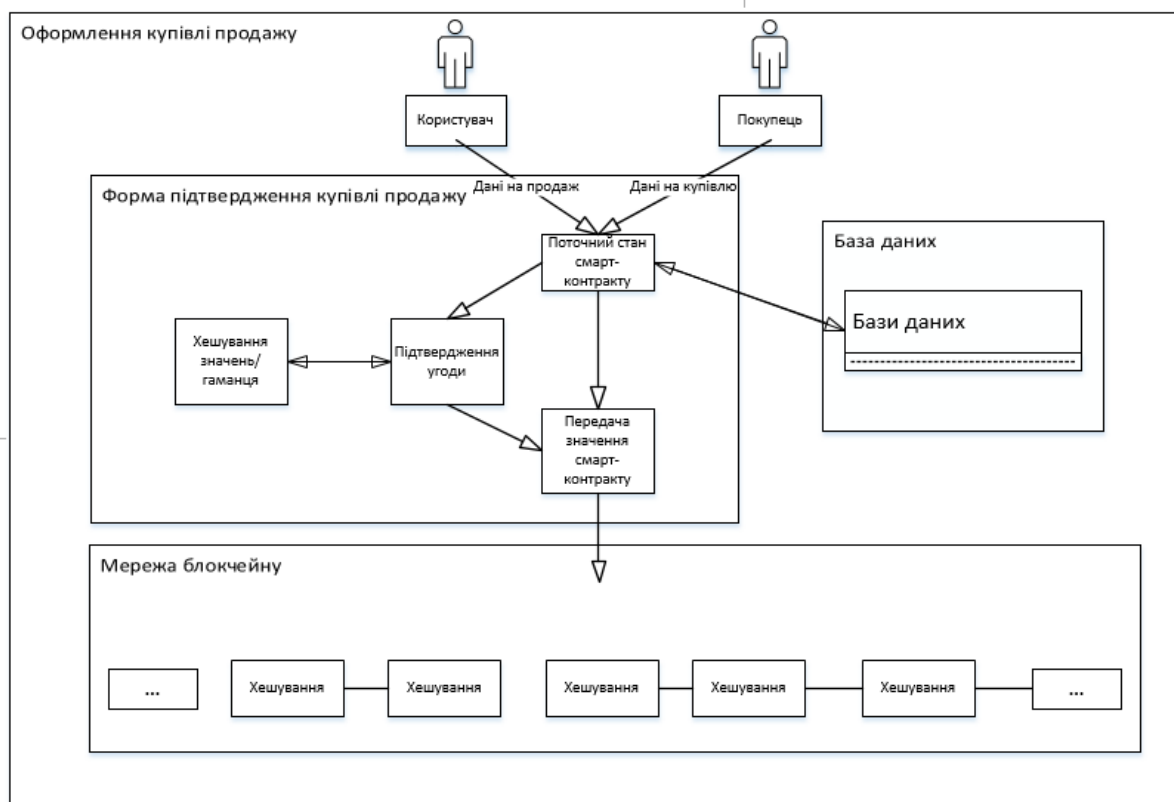


Рисунок 3.5 – Діаграма послідовності для заключення договору купівлі-продажу

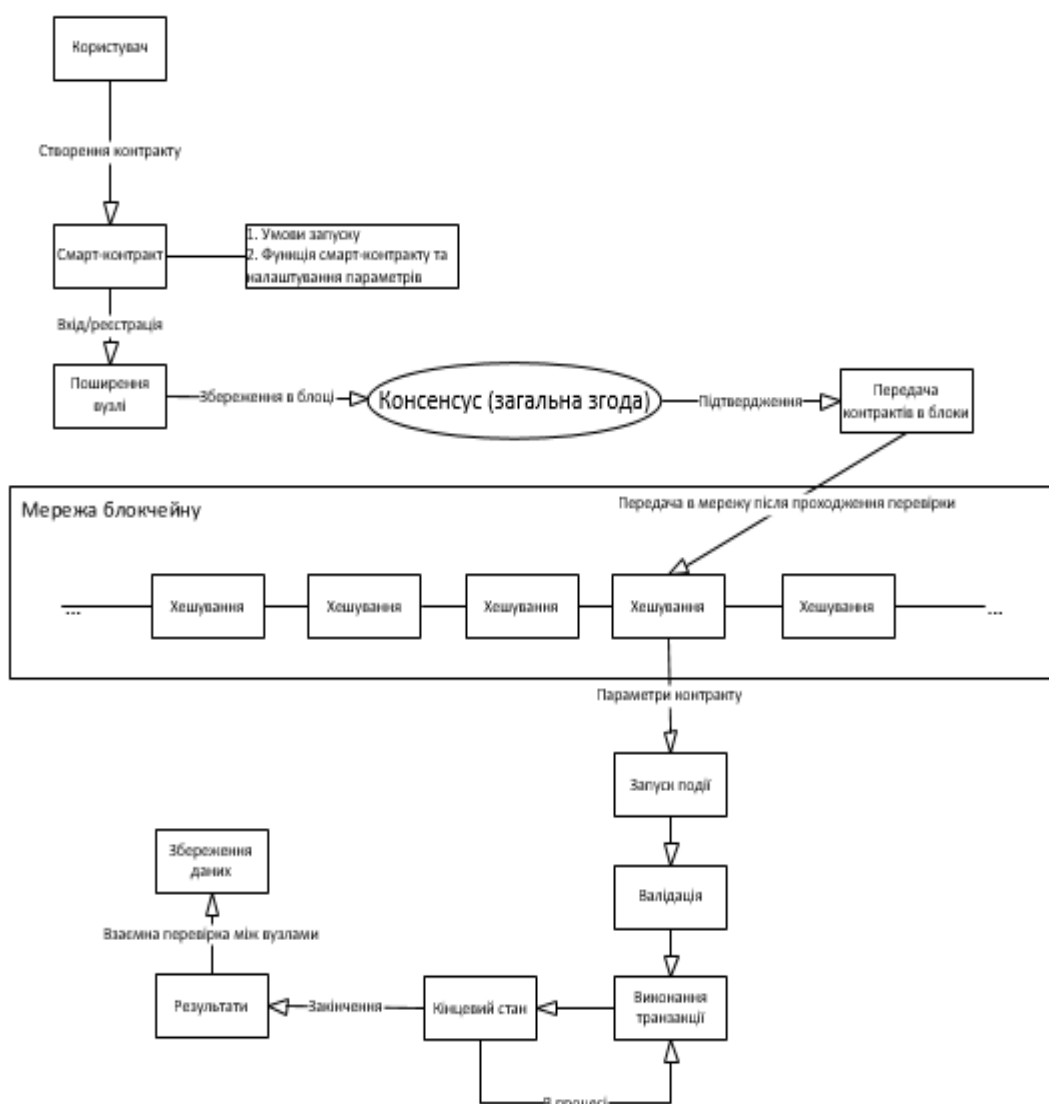


Рисунок 3.6 – Загальна схема взаємодії користувача з системою забезпечення недозволених та незатверджених змін в мережі блокчейн за допомогою смарт-контракту

3.2 Проектування баз даних

Для збереження та обробки даних про реєстрацію прав на нерухоме майно використовується БД. Інформацію та поля, які містить БД представлені на таблицях 3.1-3.3. Для того, щоб розуміти структуру баз даних її об'єктів у програмному забезпеченні та бізнес-процесах у сфері реєстрації нерухомого майна.

Таблиця «Users» містить основну інформацію про користувачів, таку як їх особисті дані та контактну інформацію.

Таблиця 3.1 – Таблиця бази даних «Users»

Поле	Тип даних	NULL/NOT NULL	Опис
id	Integer	NOT NULL	Особливий ідентифікатор
last_name	VARCHAR(100)	NOT NULL	Адреса користувача у блокчейні
first_name	VARCHAR(100)	NOT NULL	Ім'я користувача
last_name	VARCHAR(100)	NOT NULL	Прізвище користувача
middle_name	VARCHAR(100)	NOT NULL	По батькові користувача
phone_number	VARCHAR(100)	NOT NULL	Номер телефону користувача
email	VARCHAR(100)	NULL	Електронна пошта користувача

Таблиця «Properties» містить інформацію про нерухомість, її характеристик та поточного власника. Представлена на таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Таблиця бази даних «Properties»

Поле	Тип даних	NULL/NOT NULL	Опис
id	Integer	NOT NULL	Особливий ідентифікатор
property_type	Integer	NOT NULL	Тип нерухомості
size	Integer	NOT NULL	Розмір нерухомості
property_price	Integer	NOT NULL	Ціна нерухомості
property_address	VARCHAR(100)	NOT NULL	Адреса нерухомості
build_date	Integer	NOT NULL	Дата побудови нерухомості
purchase_date	Integer	NOT NULL	Дата покупки нерухомості
owner_address	VARCHAR(100)	NULL	Адреса власника нерухомості

Таблиця «Transactions» зберігає інформацію про транзакції, пов'язані з купівлею та продажем нерухомості, включаючи стан транзакції, власника нерухомості, ціну та учасників транзакції. Представлена в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Таблиця бази даних «Transactions»

Поле	Тип даних	NULL/NOT NULL	Опис
id	Integer	NOT NULL	Особливий ідентифікатор
transaction_state	VARCHAR(100)	NOT NULL	Стан транзакції
property_address	VARCHAR(100)	NOT NULL	Адреса нерухомості, яка об'єкт транзакції
property_owner	VARCHAR(100)	NOT NULL	Адреса поточного власника нерухомості
final_price	Integer	NOT NULL	Кінцева ціна нерухомості
down_payment	Integer	NOT NULL	Початковий внесок.
seller_address	VARCHAR(100)	NOT NULL	Адрес продавця нерухомості.
buyer_address	VARCHAR(100)	NOT NULL	Адрес покупця нерухомості.

3.3 Програмна реалізація методу забезпечення даних у сфері реєстрації нерухомого майна з використанням смарт-контрактів

У роботі блокчейну та смарт-контрактів, де безпека та надійність виконання операцій мають велике значення, можливості реєстрації та ведення інформації щодо нерухомого майна стають надзвичайно важливим. Саме для вирішення цих завдань було створено смарт-контракт «UserRegistry». Розглянемо, як смарт-контракт виконує реєстрацію користувачів та дозволяє їм додавати інформацію про їх нерухоме майно.

Подивимося на метод реєстрації користувачів в смарт-контракті «UserRegistry». Цей метод називається «registerUser» і призначений для

додавання нових користувачів у реєстр. Представлений на рисунку 3.7, який демонструє взаємодію між користувачем та контрактом.

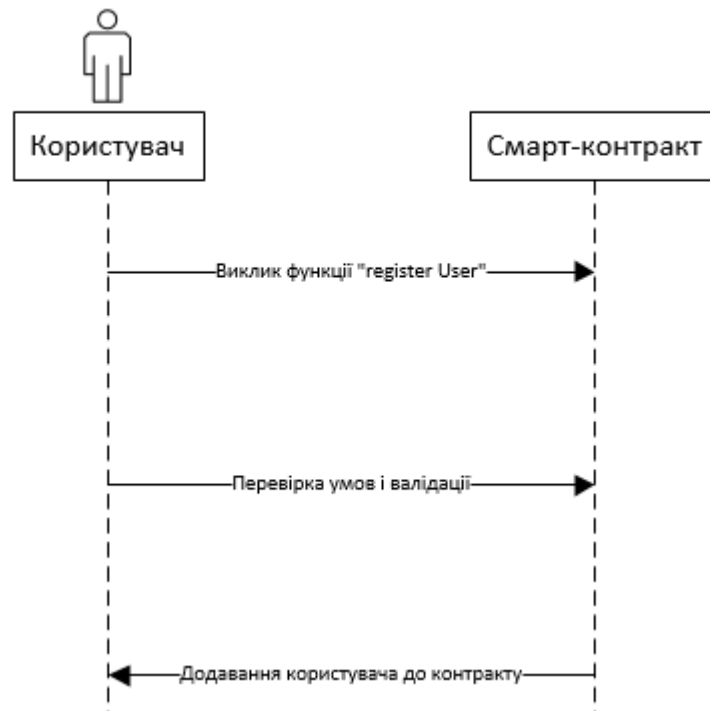


Рисунок 3.7 – Метод реєстрації користувача

На діаграмі послідовності «registerUser», передає необхідні параметри «firstName», «lastName», «middleName», «phoneNumber» і «email». Смарт-контракт перевіряє умови, щоб переконатися, що всі обов'язкові поля заповненні. Якщо умови виконанні, то дані користувача зберігаються в контракті, а спілкування між користувачем і смарт-контрактом завершується.

Після успішної реєстрації, користувача можна додавати інформацію про нерухоме майно. Для цього використовується метод «addProperty». Представлений на рисунку 3.8.

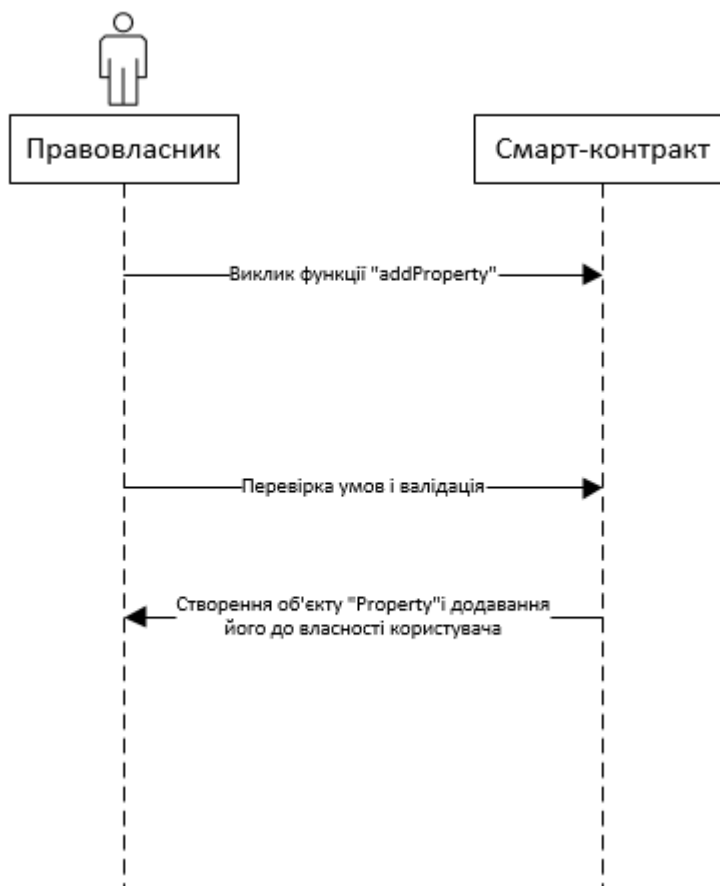


Рисунок 3.8 – Метод для додавання інформації про нерухоме майно

На діаграмі послідовності користувач викликає функцію «addProperty», передаючи параметри «propertyType», «size», «propertyPrice», «propertyAddress», «buildDate», «purchaseDate». Смарт-контракт перевіряє умови, щоб всі необхідні поля заповнені. Якщо умови виконані, то створюється об'єкт властивості і додається користувач.

Смарт-контракт «UserRegistry» надає можливість отримувати інформацію про зареєстрованих користувачів та їх нерухоме майно. Представлено на рисунку 3.9 і 3.10.

Смарт-контракт "UserRegistry" дозволяє користувачам зберігати та отримувати інформацію про своє нерухоме майно у безпечному та надійному середовищі блокчейну. Це може бути корисним в різних сценаріях, таких як управління нерухомістю, або для будь-яких інших випадків, де потрібно довіряти та перевіряти інформацію про власність на блокчейні.

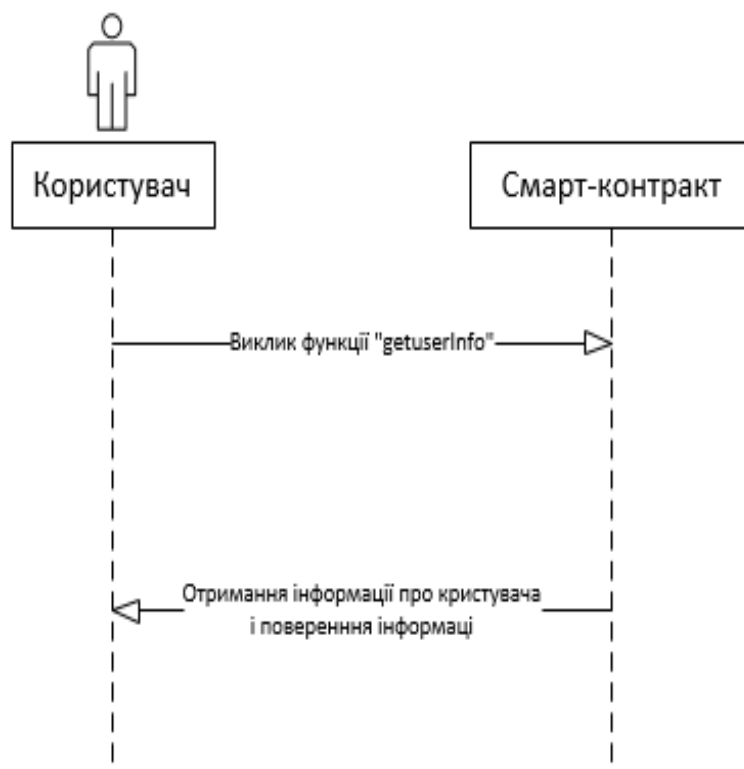


Рисунок 3.9 – Отримання інформації про зареєстрованих користувачів

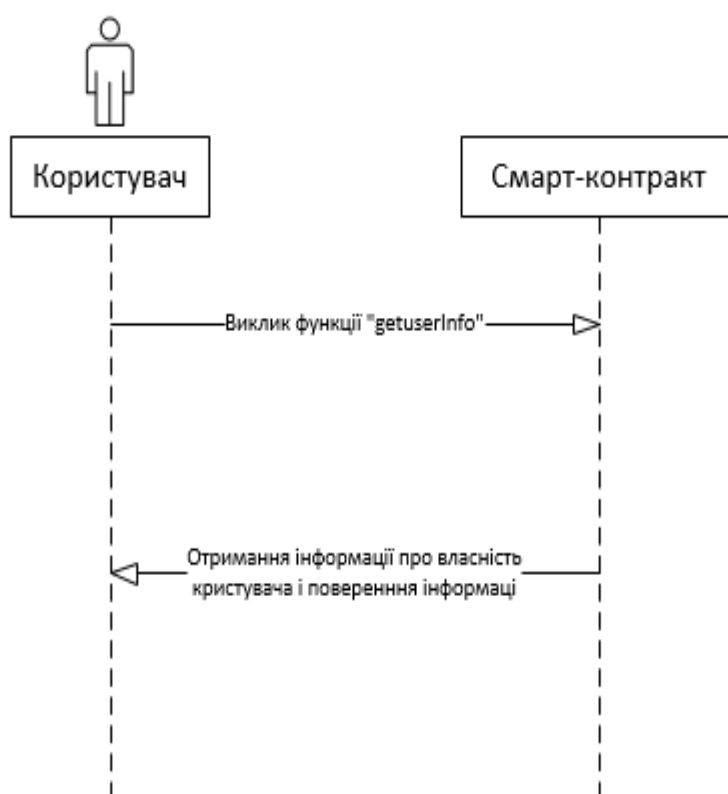


Рисунок 3.10 – Отримання інформації про власність користувача

Операції з продажу та передачі власності мають велике значення. Зазвичай такі операції вимагають багато документації та сторонніх посередників. Смарт-контракт «PropertyTransferContract» дозволяє автоматизувати та спростити процес продажу нерухомості на блокчейні.

Смарт-контракт «PropertyTransferContract» ініціюється за допомогою конструктора при створенні контракту. Представлений на рисунку 3.11.



Рисунок 3.11 – Конструктор для ініціалізації даних

Смарт-контракт «PropertyTransferContract» використовує перерахування «TransactionState» для відстеження стану транзакції. Також смарт-контракт «PropertyTransferContract» включає ряд методів для взаємодії між сторонами транзакції. Представлений на рисунку 3.12-3.16.

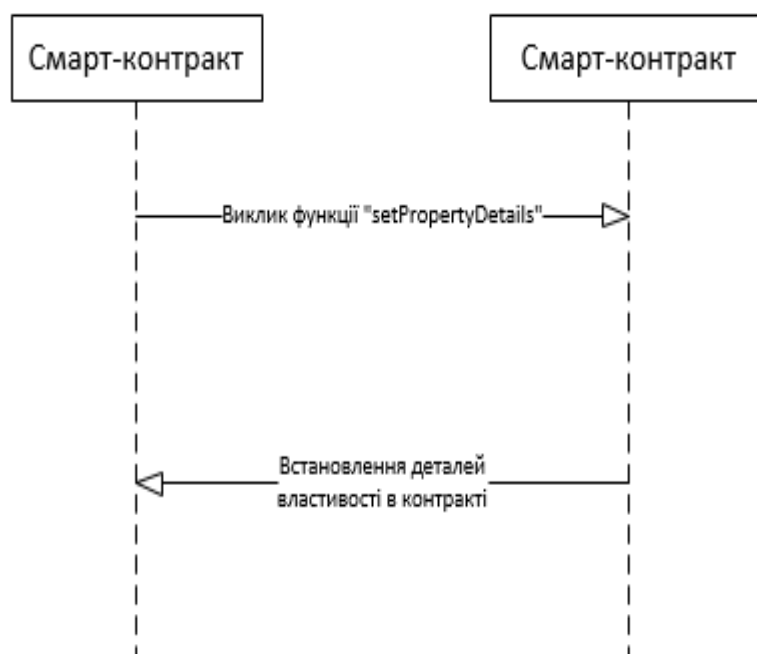


Рисунок 3.12 – Встановлення деталей власності у смарт-контрактів

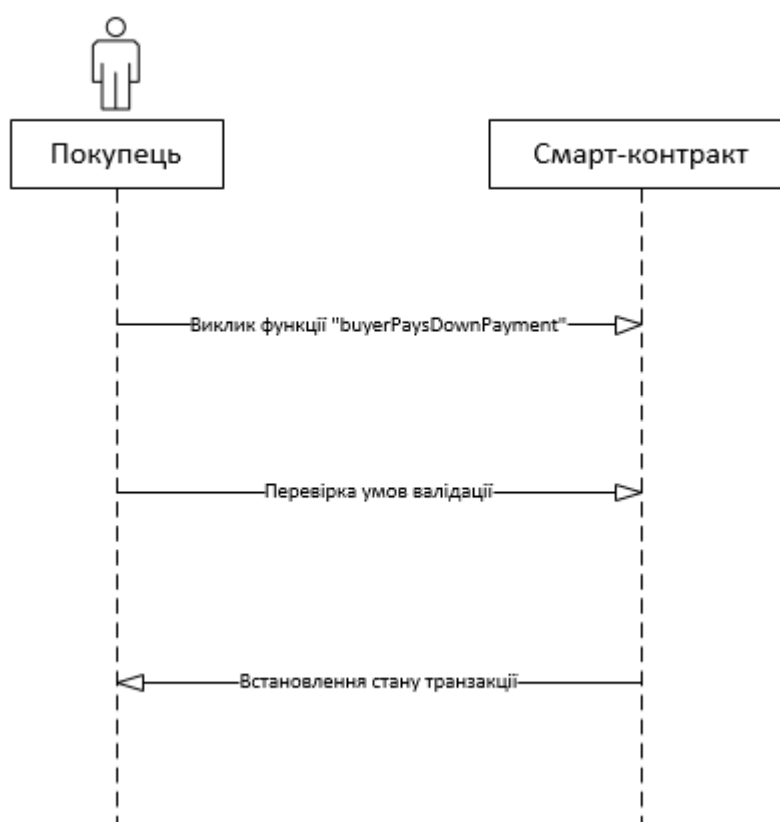


Рисунок 3.13 – Покупець сплачує перший внесок

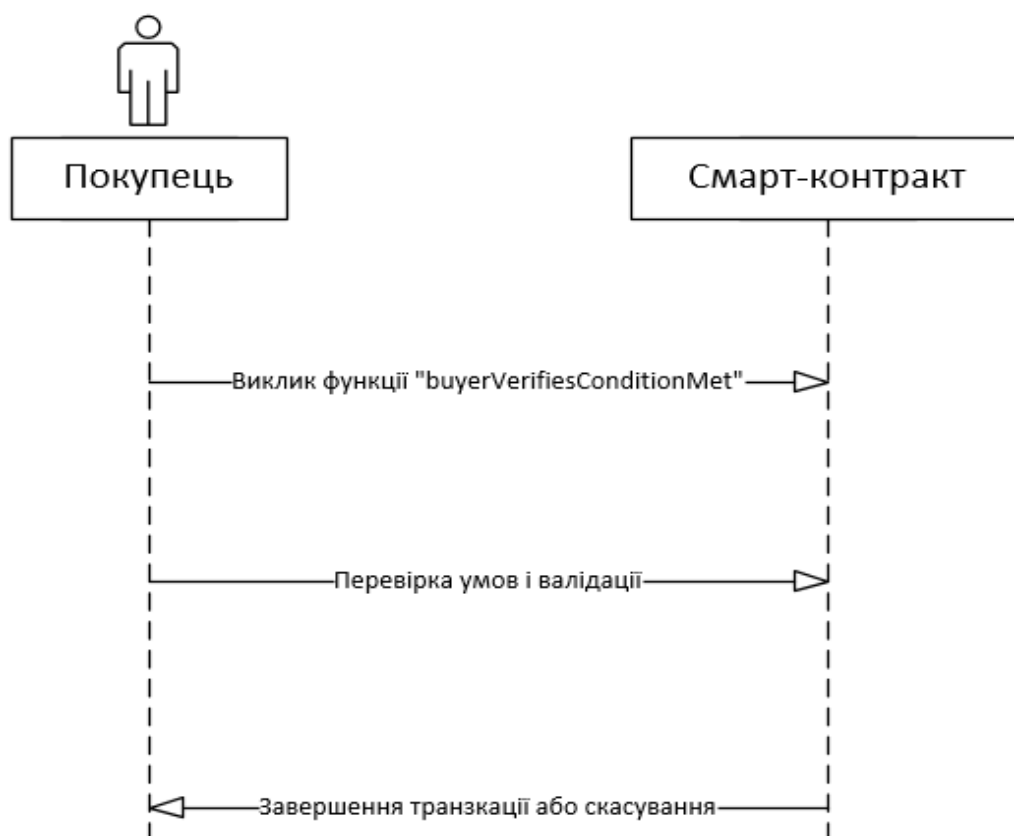


Рисунок 3.14 - Перевірка виконаних умов

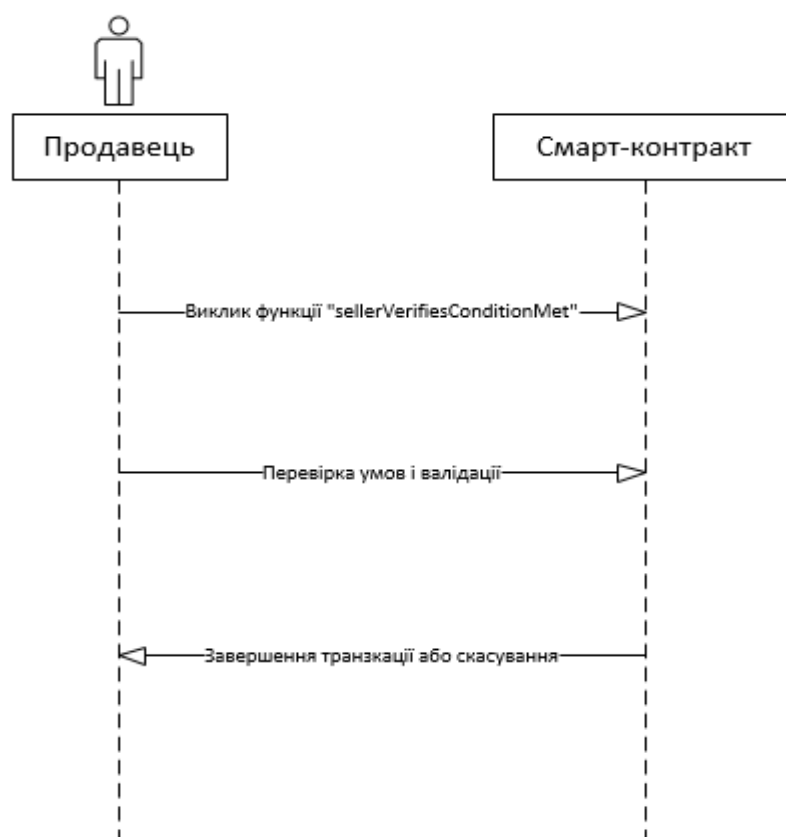


Рисунок 3.15 – Продавець перевіряє умови купівлі-продажу нерухомості

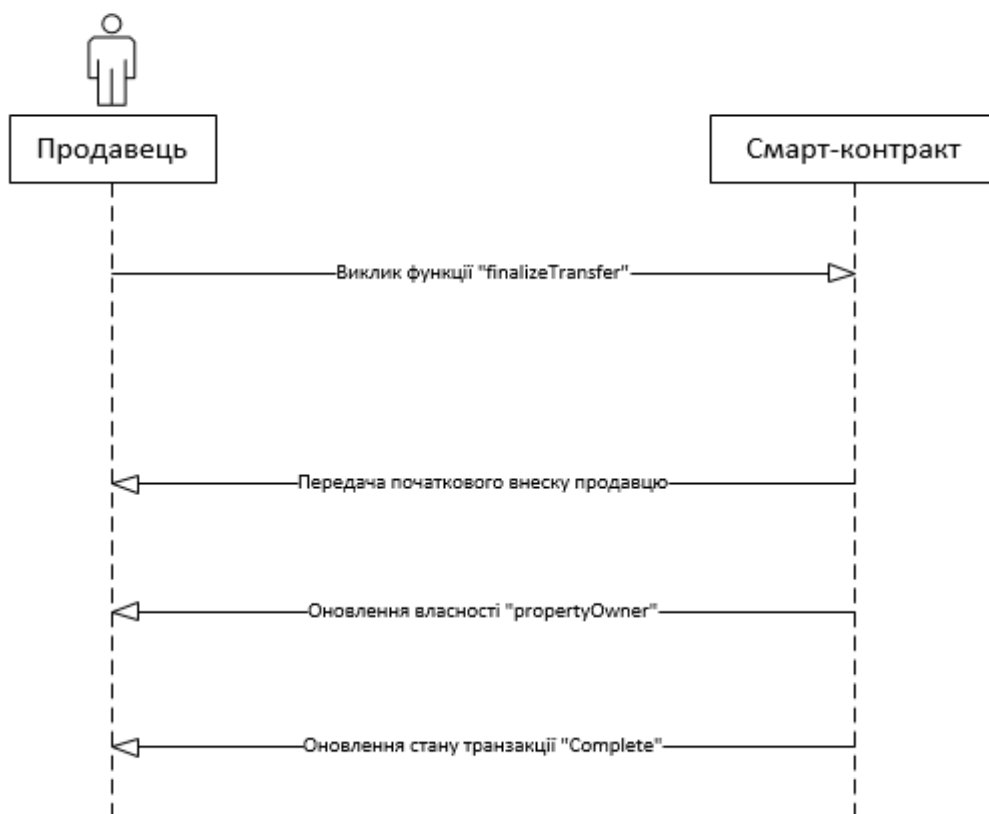


Рисунок 3.16 – Діаграма послідовності завершення транзакції

На діаграмі послідовності продавець викликає функції «finalizeTransfer», а смарт-контракт виконує операцію початкового внеску продавцю за допомогою «sellerTransfer». Властивість «propertyOwner» оновлюється на покупця, а стан транзакції оновлюється завдяки «Complete», позначаючи завершення транзакції.

Смарт-контракт «PropertyTransferContract» забезпечує безпечну та надійну транзакцію купівлі-продажу нерухомості на блокчейні та гарантує, що умови транзакції виконуються до її завершення. Це революційний підхід до нерухомості та укладання угод в цифровому світі, що робить процес надійним та ефективним.

3.4 Висновок до розділу 3

У процесі реалізації методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна з використанням смарт-контрактів, була

розроблена інформаційна система, що базується на принципах технології блокчейн, із визначенням, ролей учасників – власник, набувач права власності та учасника реєстрації.

Функції власника охоплюють створення та перегляд записів.

Роль набувача право власності на початку обмежується функцією перегляду записів з метою можливого подальшого проведення транзакції (набуття право власності) з формуванням нового запису ланцюг блоків, що дозволяє подальшого ідентифікувати його, як нового власника.

Роль учасника реєстрації обмежується лише переглядом наявних записів з метою отримання даних про власників і власність з інформаційною або контрольною метою. Для учасників з цією роллю не передбачається транзакцій.

У відповідності до цих ролей, створені програмні модулі спрямовані на забезпечення коректної роботи системи. Реалізовано модуль авторизації для надання прав конкретним учасникам, а також модулі для додавання блоків даних про власників, їх нерухомість. Реалізовано модулі проведення транзакції з формуванням блоків первинне набуття власності, про зміну власників та їх нерухомість.

Розроблені програмні модулі системи реєстрації нерухомості реалізовані, як повнофункціональний програмний продукту. Він забезпечує цілісність даних та здійснює реєстрацію відповідно до вимог регуляторних органів у галузі нерухомості.

РОЗДІЛ 4. Дослідження методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації майна з використанням смарт-контрактів

4.1 Налаштування віртуально середовища технології блокчейн

У четвертому розділі описуються кроки, зроблені для демонстрації та ручного тестування прототипу та збору даних. Контракт був розгорнутий у віртуальному середовищі за допомогою Remix IDE, щоб його можна було протестувати не вимагаючи використання реального Ethereum. Налаштування компілятора Remix було встановлено так, як показано на рисунку 4.1.

Під час виконання тестувальних робіт було використано ручний метод тестування, що означає, що оцінку функціоналу програмного забезпечення здійснювали вручну без використання автоматизованих інструментів. Цей підхід дозволив детально вивчити кожну функцію смарт-контракту та переконатися у її правильному функціонуванні.

Тепер розглянемо результати тестування методу. Вони свідчать про те, що прототип смарт-контракту успішно проходив всі тести та виконував свої функції без помилок. Всі запити та операції, пов'язані з реєстрацією користувачів та продажом майна, щоб виконувалися коректно і безперебійно. Це підтверджує надійність та ефективність смарт-контракту.

Такий підхід до тестування дозволив не лише перевірити функціональність контракту, але й збирати дані про його продуктивність та витрати газу. Ця інформація може бути корисною для подальшої оптимізації та покращення контракту, що є важливим завданням у розробці блокчейн-рішень.

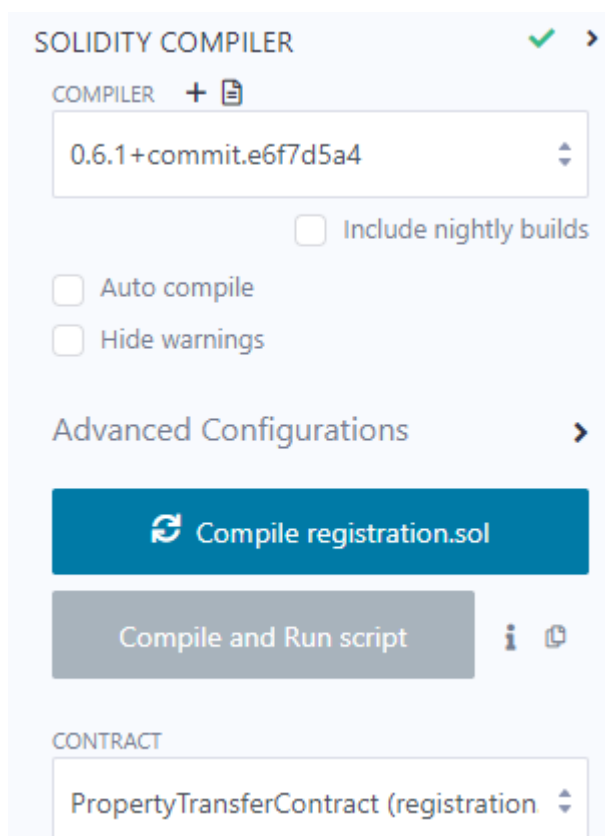


Рисунок 4.1 – Налаштування компілятора Remix IDE

На рисунку 4.2 показано налаштування середовища, у якому використовувалася віртуальна машина Remix VM (London). Це дозволило змодельовати віртуальний блокчейн в межах браузера. Тепер можна було запускати і тестувати смарт-контракти.

По-перше, умови угоди були завантажені до конструктора перед розгортанням, як показано на рисунку 4.2. Найважливішою частиною були дві адреси гаманців. Одна для продавця і одна для покупця. Remix IDE надає декілька віртуальних адрес, які можна було вибрати у будь-який час, натиснувши на вкладку облікового запису на вкладці акаунта. Тільки авторизовані адреси можуть взаємодіяти з контрактом, інакше транзакція не відбудеться. Зверніть увагу, що обидва рахунки починається з 10 Ethereum.

Решта полів розгортання були заповнені фіктивними даними, як показано на рисунку 4.2. Вартість нерухомості та початковий внесок були вказані в еквіваленті ефіру. Для тестування було використано остаточну ціну

в 100 Ethereum та перший внесок у розмірі та остаточний кінцевий термін передачі були виражені в термінах міток часу Unix. Це механізми часу за замовчуванням, що використовуються в смарт-контрактах Solidity. Наведені дати були на 10 жовтня та листопад 2023 року відповідно. Нарешті, ліміт газу було встановлено на значення за замовчуванням 3 000 000. Відправлення більшої кількості газу, ніж необхідно, є безпечним, оскільки будь-який невикористаний газ повертається відправнику

DEPLOY & RUN TRANSACTIONS ✓

ENVIRONMENT 🌱

Remix VM (London) ⓘ

VM

ACCOUNT +

0xAb8...35cb2 (99.99999999%) ⓘ

GAS LIMIT

3000000

VALUE

0 Wei

CONTRACT

PropertyTransferContract - registrar

evm version: istanbul

DEPLOY ^

_SELLER: 0x5B38Da6a701c568545dCfc803Fc8

_BUYER: 0xAb8483F64d9C6d1EcF9b849Ae67

_PROPERTYADDRESS: Пілотська

_FINALPRICE: 100

_DOWNPAYMENT: 20

_USERREGISTRYCONTRACT: 0xEDB39b5A4De0Dd3C87

Calldata Parameters transact

Рисунок 4.2 – Налаштування розгортання смарт контракту

4.2 Тестування методу забезпечення цілісності даних

Для створення користувача потрібно заповнити спеціальну форму після чого смарт-контракт збереже користувача в базу даних. Форма заповнення зображена на рисунку 4.3.

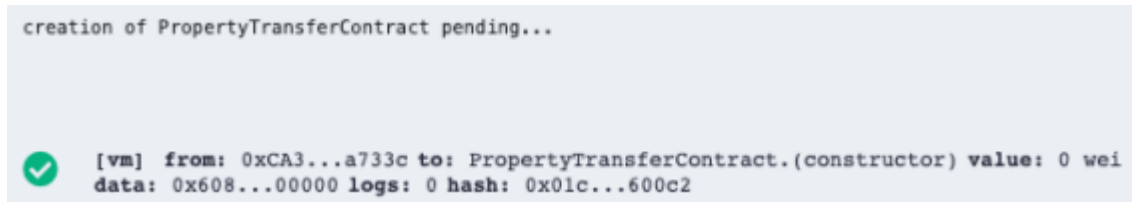
The screenshot displays a web interface for a smart contract registry. At the top, it shows the account name 'USERREGISTRY AT 0XEDB...5878A (MI)' and a balance of '0 ETH'. Below this, there are two main sections:

- addProperty**: This section contains six input fields for property details:
 - `_propertyType`: Кваритра
 - `_size`: 70
 - `_propertyPrice`: 100
 - `_propertyAddress`: Пілотська
 - `_buildDate`: 1992
 - `_purchaseDate`: 2020Below these fields are buttons for 'Calldata', 'Parameters', and a prominent orange 'transact' button.
- registerUser**: This section contains five input fields for user registration:
 - `_firstName`: Влад
 - `_lastName`: Федоренко
 - `_middleName`: Вікторович
 - `_phoneNumber`: +380680320041
 - `_email`: vlad@mail.uaBelow these fields are buttons for 'Calldata', 'Parameters', and a prominent orange 'transact' button.

Рисунок 4.3 – Форма для створення користувача

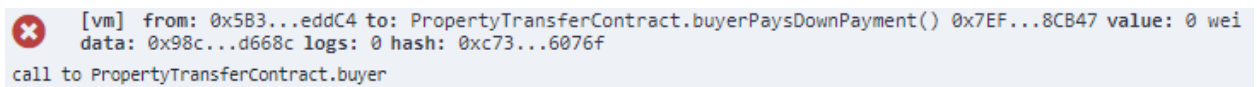
Вибравши рахунок продавця, контракт було розгорнуто. А в консолі було надруковано журнал успішного виводу, як показано на рисунку 4.4-4.5.

Натиснувши на журнал транзакцій, ми отримали дані про вартість кожної транзакції, які представлені в розділі.



```
creation of PropertyTransferContract pending...
[vm] from: 0xCA3...a733c to: PropertyTransferContract.(constructor) value: 0 wei
data: 0x608...00000 logs: 0 hash: 0x01c...600c2
```

Рисунок 4.4 - Журнал вихідних даних для розгортання контракту, що показує його успішне розгортання



```
[vm] from: 0x5B3...eddC4 to: PropertyTransferContract.buyerPaysDownPayment() 0x7EF...8CB47 value: 0 wei
data: 0x98c...d668c logs: 0 hash: 0xc73...6076f
call to PropertyTransferContract.buyer
```

Рисунок 4.5 – Журнал вихідних даних для розгортання контракту, що показує його не успішне розгортання через зміну даних

Після успішного розгортання контракту обліковий запис було змінено на обліковий запис покупця. Покупець повинен перевірити правильність умов, завантажених правильність умов, завантажених продавцем. Ми припустили, що вони правильні, і ввели «true» в поле поруч з функції «buyerVerifiesContractTerms(bool)», як показано на рисунку 4.5.

Консоль показала, що транзакція пройшла успішно. Покупець тепер міг внести перший внесок. Для цього ми ввели 20 ефірів в поле «value» і запустили функцію «buyerPaysDownPayment()». Транзакція пройшла успішно і на рахунку покупця було списано 20 ефірів, як показано на рисунку 4.5.

На завершальному етапі угоди покупець і продавець повинні були перевірити, чи всі умови угоди були виконані. Ми ввели значення «true» в поле поруч з функціями «buyerVerifiesConditionsMet(bool)» і «sellerVerifiesConditionsMet(bool)», переконавшись, що використовуємо правильні облікові записи при виконанні функцій. Транзакції пройшли

4.3 Висновок до розділу 4

При виконанні четвертого розділу було проведено апробацію та верифікацію методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна на прикладі формування тестового ланцюга блоків з подальшою процедурою виявлення недозволених та незатверджених змін.

Було підтверджено, що реалізований метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна унеможлиблює внесення непідтверджених та недозволених змін й такі зміни є забороненими.

ВИСНОВКИ

Результатом кваліфікаційно роботи є метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна з використанням смарт-контрактів.

Для досягнення поставленої мети було вирішено такі задачі дослідження:

- проаналізовано традиційні методи реєстрації нерухомого майна;
- проведено аналіз сучасного інформаційного інструментарію реєстрації прав на нерухоме майно;
- побудовано метод забезпечення цілісності даних у сфері нерухомості на основі технології блокчейн у поєднанні з алгоритму смарт-контракту;
- побудовано структурну та функціональну модель методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна;
- виконано програмну реалізацію методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за допомогою смарт-контрактів;
- виконано валідацію та верифікацію методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за допомогою смарт-контрактів.

Пропонований метод гарантує цілісність даних у сфері реєстрації нерухомого майна, використовуючи технологію блокчейн та алгоритм смарт-контракту. Ця комбінація перешкоджає будь-яким несанкціонованим або непідтвердженим змінам в системі реєстрації нерухомості. Метод передбачає використання розподіленого реєстру, до якого дані додаються через алгоритм смарт-контракту на основі процедур хешування.

У процесі впровадження методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за допомогою смарт-контрактів, була розроблена ІС, що ґрунтується на принципах технології блокчейн. У цій системі визначені ролі учасників, такі як власник нерухомості, особа, яка набуває право власності, та учасник процесу реєстрації.

Було виконано апробацію та перевірку методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна, за результатами якої підтверджено неможливість внесення непідтверджених та недозволених змін й такі зміни є забороненими.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Коротюк О. Державний реєстр речових прав на нерухоме майно та їх обтяжень. Алгоритм роботи нотаріуса. Поділ об'єкта нерухомого майна. Київ : ОВК, 2022. 75 - 932 с.
2. Легезава Є. О. Адміністративні процедури у сфері нерухомого майна: державна реєстрація речових прав та особливості реалізації через електронні торги : монографія. Запоріжжя : Вид. дім "Гельветика", 2022. 30 - 71 с.
3. Elrom E. The Blockchain Developer: A Practical Guide for Designing, Implementing, Publishing, Testing, and Securing Distributed Blockchain-based Projects. Apress, 2019. 50 – 70.
4. Журавльов Д.В., Чижмарь К.І. Державна реєстрація речових прав на нерухоме майно та їх обтяжень. Київ : ОВК, 2019. 33-56 с.
5. Коротюк О.В., Чижмарь К.І., Журавльов Д.В. Державний реєстр речових прав на нерухоме майно та їх обтяжень. Алгоритм роботи нотаріуса. Київ : ОВК, 2032.10 - 13 с.
6. Tapscott D., Tapscott A. Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin and Other Cryptocurrencies Is Changing the World. Portfolio, 2018. 30 - 43 с.
7. P. Williams S. Blockchain: The Next Everything. 100-те вид. New-York : Scribner, 2019. 102 -153 с.
8. Drescher D. Blockchain Basics: A Non-Technical Introduction in 25 Steps. Apress, 2019. 157 – 163 с.
9. Laurence T. Introduction to Blockchain Technology: The many faces of blockchain technology in the 21st century. Hertogenbosch : Van Haren Publishing, 2019. 168 - 207 с.
10. Журавльов Д. В., Чижмарь К.І. Державна реєстрація юридичних осіб, фізичних осіб-підприємців та громадських формувань. Київ : ЦНЛ, 2019. 72 - 101 с.

11. Мусієнко Ю. Все про Типи та Створення Смарт Контрактів - Merehead. Merehead. URL: <https://merehead.com/ua/blog/how-develop-smart-contract/> (дата звернення: 10.10.2023).
12. Guland. Блокчейн в нерухомості - майбутнє ринку. Guland - портал про заробіток і все що з ним пов'язано. URL: <https://guland.com.ua/kryptovalyuta/blockchain/blokcheyn-v-nerukhomosti.htm> (дата звернення: 09.10.2023).
13. Вакеров П. Ethereum for Java developers | ethereum.org. ethereum.org. URL: <https://ethereum.org/ru/developers/docs/programming-languages/java/> (дата звернення: 30.09.2023).
14. What are smart contracts on blockchain? | IBM. IBM in Deutschland, Österreich und der Schweiz | IBM. URL: <https://www.ibm.com/topics/smart-contracts> (дата звернення: 20.10.2023).
15. Propy | 24/7 Real Estate Closings Powered by Tech. Propy | 24/7 Real Estate Closings Powered by Tech. URL: <https://propy.com/home/> (дата звернення: 10.10.2023).
16. UBITQUITY, LLC The leading web3 company for real estate, title and escrow. UBITQUITY, LLC. URL: <https://ubitquity.io/web3/> (дата звернення: 10.10.2023).
17. Factom® PRO – Blockchain as a Service (BaaS) platform, anchor data into the Bitcoin and Ethereum blockchains. Factom® PRO – Blockchain as a Service (BaaS) platform, anchor data into the Bitcoin and Ethereum blockchains. URL: <https://factom.pro/> (дата звернення: 10.10.2023).
18. Pacheco G. 10 examples of smart contracts on blockchain | TechTarget. CIO. URL: <https://www.techtarget.com/searchcio/feature/Examples-of-smart-contracts-on-blockchain> (дата звернення: 27.09.2023).
19. Frankenfield J. What Are Smart Contracts on the Blockchain and How They Work. Investopedia. URL: <https://www.investopedia.com/terms/s/smart-contracts.asp> (дата звернення: 28.09.2023).

20. Garnett E. G., Montevirgen C. Britannica Money. Encyclopedia Britannica | Britannica. URL: <https://www.britannica.com/money/how-smart-contracts-work> (дата звернення: 11.10.2023).
21. Що таке смарт-контракт?. coinbase. URL: <https://www.coinbase.com/ru/learn/crypto-basics/what-is-a-smart-contract> (дата звернення: 15.10.2023).
22. Creating and Deploying Smart Contracts with Solidity | Baeldung. Baeldung. URL: <https://www.baeldung.com/smart-contracts-ethereum-solidity> (дата звернення: 17.10.2023).
23. Smart Contracts in Blockchain Technology - Javatpoint. www.javatpoint.com. URL: <https://www.javatpoint.com/smart-contracts-in-blockchain-technology> (дата звернення: 20.10.2023).
24. Gai K., Zhu L. Blockchain Technology Application in Security: A Systematic Review. MDPI. URL: <https://www.mdpi.com/2813-5288/1/2/5> (дата звернення: 30.10.2023).
25. Aich S., Muduli K., Tripathy S. A Blockchain-Based Framework for Rural Property Rights Transactions. MDPI. URL: <https://www.mdpi.com/2079-9292/12/20/4334> (дата звернення: 19.10.2023).
26. De Paola P. Blockchain-Based Trusted Property Transactions in the Built Environment: Development of an Incubation-Ready Prototype. MDPI. URL: <https://www.mdpi.com/2075-5309/11/11/560> (дата звернення: 03.10.2023).
27. Ethereum Smart Contract Deployment for a Real Estate Management System (REMS) Implemented in Blockchain / A. Aliti та ін. URL: https://www.temjournal.com/content/123/TEMJournalAugust2023_1383_1389.pdf (дата звернення: 07.10.2023).
28. Frąckiewicz M. The Role of Blockchain in Land Registry: How It Helps to Improve Transparency and Security. URL: <https://ts2.space/en/the-role-of-blockchain-in-land-registry-how-it-helps-to-improve-transparency-and-security/> (дата звернення: 03.11.2023).

29. Stefanovych M., Ristich S., Nikolych D. IEEE Xplore - Temporarily Unavailable. IEEE Xplore - Temporarily Unavailable. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9748126> (дата звернення: 15.10.2023).

30. Panda D. S. K. Smart contract-based land registry system to reduce frauds and time delay. Academia.edu - Share research. URL: https://www.academia.edu/50287167/Smart_contract_based_land_registry_system_to_reduce_fraud_and_time_delay (дата звернення: 15.10.2023).

31. Державна реєстрація речових прав на нерухоме майно та їх обтяжень. Офіційний сайт Могилів-Подільської міської ради. URL: <https://mpmr.gov.ua/cnarp/reestracia-neruhomogo-majna/derzavna-reestracia-recovih-prav-na-neruhome-majno-ta-ih-obtazen-20> (дата звернення: 01.11.2023).

32. Державна реєстрація прав власності на нерухоме майно: проблеми та перспективи розвитку. Міністерство юстиції України. URL: https://minjust.gov.ua/m/str_3668 (дата звернення: 01.11.2023).

33. What is Blockchain Technology? | IBM. IBM in Deutschland, Österreich und der Schweiz | IBM. URL: <https://www.ibm.com/topics/blockchain> (дата звернення: 29.10.2023).

34. Patrick. Блокчейн - що це? Blockchain - технологія, яка змінить світ!. Tokeny.pl – Kryptowaluty | Tokeny | Blockchain. URL: <https://tokeny.pl/uk/blockchain/> (дата звернення: 27.10.2023).

35. Blockchain. ENISA. URL: <https://www.enisa.europa.eu/topics/incident-response/glossary/blockchain> (дата звернення: 28.10.2023).

36. Daley S. What Is Blockchain Technology? How Does It Work? | Built In. builtin. URL: <https://builtin.com/blockchain> (дата звернення: 03.10.2023).

37. What is a smart contract?. coinbase. URL: <https://www.coinbase.com/ru/learn/crypto-basics/what-is-a-smart-contract> (дата звернення: 29.09.2023).

38. Boisard A. What is a Smart Contract?. Yousign • The eSignature solution for SMBs. URL: <https://yousign.com/blog/smart-contract> (дата звернення: 05.10.2023).

39. What is a smart contract in crypto currencies?. The Motley Fool. URL: <https://www.fool.com/terms/s/smart-co> (дата звернення: 04.10.2023).

40. Santander. What are smart contracts?. Santander Corporate Website. URL: <https://www.santander.com/en/stories/smart-contracts> (дата звернення: 03.10.2023).

41. Rosen A. What Are Smart Contracts in Cryptocurrency?. nerdwallet. URL: <https://www.nerdwallet.com/article/investing/smart-contracts> (дата звернення: 04.10.2023).

42. Solidity Smart Contracts / А. Чистяков та ін. Prometheus. URL: https://prometheus.org.ua/course/course-v1:Prometheus+SSC101+2023_T2 (дата звернення: 16.10.2023).

43. Solidity & Smart Contracts: A quick introduction. PLURALSIGHT. URL: <https://www.pluralsight.com/blog/software-development/what-is-solidity-smart-contracts> (дата звернення: 09.10.2023).

44. Introduction to Smart Contracts. soliditylang. URL: <https://docs.soliditylang.org/en/latest/introduction-to-smart-contracts.html> (дата звернення: 17.10.2023).

45. Idowu D., Werkheiser B. Introduction to Solidity Smart Contracts. alchemy. URL: <https://www.alchemy.com/overviews/solidity-smart-contract> (дата звернення: 19.10.2023).

46. Solidity – Solidity 0.8.23 documentation. Solidity – Solidity 0.8.23 documentation. URL: <https://docs.soliditylang.org/en/v0.8.23/> (дата звернення: 23.10.2023).

47. Simplilearn. What Is Solidity Programming in Ethereum | Simplilearn. Simplilearn.com. URL: <https://www.simplilearn.com/tutorials/blockchain-tutorial/what-is-solidity-programming> (дата звернення: 23.10.2023).

48. Introduction to Solidity - GeeksforGeeks. GeeksforGeeks. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/introduction-to-solidity/> (дата звернення: 25.10.2023).

49. Порядок ведення реєстру прав власності на нерухоме майно. НАІС. URL: https://nais.gov.ua/m/str_373 (дата звернення: 29.09.2023).

50. ІПС ЛІГА:ЗАКОН - система пошуку, аналізу та моніторингу нормативно-правової бази. ІПС ЛІГА:ЗАКОН. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/JF10W00A> (дата звернення: 30.09.2023).

51. ЮРЛІГА. Процедура реєстрації прав на нерухомість в Україні | ЮРЛІГА. ЮРЛІГА. URL: https://jurliga.ligazakon.net/news/195752_protседura-restrats-prav-na-nerukhomst-v-ukran (дата звернення: 30.10.2023).

52. Про новий порядок реєстрації речових прав на нерухоме майно. МПІК. URL: <https://iceg.com.ua/pro-novyi-poriadok-reestratsii-rechovyh-prav-na-nerukhome-maino/> (дата звернення: 01.10.2023).

53. Про новий порядок реєстрації речових прав на нерухоме майно. МПІК. URL: <https://iceg.com.ua/pro-novyi-poriadok-reestratsii-rechovyh-prav-na-nerukhome-maino/> (дата звернення: 01.10.2023).

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Програмний код

```
// SPDX-License-Identifier: MIT
pragma solidity ^0.6.1;

contract UserRegistry {
    struct Property {
        string propertyType;
        uint size;
        uint propertyPrice;
        string propertyAddress;
        uint buildDate;
        uint purchaseDate;
    }

    struct User {
        string firstName;
        string lastName;
        string middleName;
        string phoneNumber;
        string email;
        Property[] properties;
    }

    mapping(address => User) public users;

    function registerUser(
        string memory _firstName,
        string memory _lastName,
        string memory _middleName,
        string memory _phoneNumber,
        string memory _email
    ) public {
        require(bytes(_firstName).length > 0,
            "Ім'я обов'язкове.");
        require(bytes(_lastName).length > 0,
            "Прізвище обов'язкове.");
        require(bytes(_middleName).length > 0,
            "По батькові обов'язково.");
        require(bytes(_phoneNumber).length > 0,
            "Номер телефону обов'язковий");
        require(bytes(_email).length > 0,
            "Необхідно вказати адресу електронної пошти");

        User storage user = users[msg.sender];
        user.firstName = _firstName;
        user.lastName = _lastName;
        user.middleName = _middleName;
        user.phoneNumber = _phoneNumber;
        user.email = _email;
    }

    function addProperty(
        string memory _propertyType,
        uint _size,
        uint _propertyPrice,
        string memory _propertyAddress,
        uint _buildDate,
        uint _purchaseDate
    ) public {
        require(bytes(_propertyType).length > 0,
            "Property type is required");
        require(bytes(_propertyAddress).length > 0,
            "Property address is required");

        User storage user = users[msg.sender];
        user.properties.push(Property(_propertyType,
            _size, _propertyPrice, _propertyAddress,
            _buildDate, _purchaseDate));
    }

    function getUserInfo(address _userAddress)
    public view returns (
        string memory firstName,
        string memory lastName,
        string memory middleName,
        string memory phoneNumber,
        string memory email
    )
    }
}
```

```

    ) {
        User storage user = users[_userAddress];

        return (user.firstName, user.lastName,
            user.middleName, user.phoneNumber, user.email);
    }

    function getPropertyByIndex(address
        _userAddress, uint _index) public view returns (
        string memory propertyType,
        uint size,
        uint propertyPrice,
        string memory propertyAddress,
        uint buildDate,
        uint purchaseDate
    ) {
        User storage user = users[_userAddress];
        require(_index < user.properties.length,
            "Property index out of bounds");

        Property storage prop =
            user.properties[_index];

        return (prop.propertyType, prop.size,
            prop.propertyPrice, prop.propertyAddress,
            prop.buildDate, prop.purchaseDate);
    }
}

contract PropertyTransferContract {
    address payable public buyer;
    address payable public seller;

    enum TransactionState {
        Initiated, DataVerifeied,
        ConditionsConfirmedBuyer, Complete, Rejected
    }

    TransactionState public state;

    struct PropertyDetails {
        string propertyAddress;
        address payable propertyOwner;
        uint finalPrice;
        uint downPayment;

        uint downPaymentDeadline;
        uint transferDeadline;
    }

    PropertyDetails public property;

    constructor(
        address payable _seller,
        address payable _buyer,
        string memory _propertyAddress,
        uint _finalPrice,
        uint _downPayment,
        uint _downPaymentDeadline,
        uint _transferDeadline
    ) public {
        require(_downPayment <= _finalPrice,
            "Початковий внесок повинен бути менше кінцевої
            ціни нерухомості.");
        seller = _seller;
        buyer = _buyer;

        setPropertyDetails(_propertyAddress,
            _seller, _finalPrice, _downPayment,
            _downPaymentDeadline, _transferDeadline);

        state = TransactionState.Initiated;
    }

    function setPropertyDetails(
        string memory _propertyAddress,
        address payable _seller,
        uint _finalPrice,
        uint _downPayment,
        uint _downPaymentDeadline,
        uint _transferDeadline
    ) private {
        property = PropertyDetails(
            _propertyAddress,
            _seller,
            _finalPrice,
            _downPayment,
            _downPaymentDeadline,
            _transferDeadline
        );
    }
}

```

```

    }

    function buyerPaysDownPayment() public payable {

        require(msg.sender == buyer, "Перший внесок повинен бути надісланий покупцем.");

        require(state == TransactionState.DataVerifeied, "Необхідно перевірити умови договору.");

        require(msg.value / (1 ether) >= property.downPayment && msg.value / (1 ether) <= property.finalPrice, "Надіслана вартість має бути більшою або дорівнювати початковому внеску та меншою або дорівнювати кінцевій ціні.");

        require(block.timestamp <= property.downPaymentDeadline, "Граничний термін для початкового внеску минув, транзакцію скасовано.");

        state = TransactionState.ConditionsConfirmedBuyer;

    }

    function buyerVerifiesConditionMet(bool confirmed) public {

        require(msg.sender == buyer, "Покупец повинен перевірити виконання умов.");

        require(block.timestamp <= property.transferDeadline, "Дедлайн трансферу минув.");

        if (confirmed) {

            finalizeTransfer();

        } else {

            buyer.transfer(property.downPayment);

            state = TransactionState.Rejected;

        }

    }

    function sellerVerifiesConditionsMet(bool confirmed) public {

        require(msg.sender == seller && state == TransactionState.ConditionsConfirmedBuyer, "Продавець повинен перевірити виконання умов після підтвердження покупцем.");

        require(block.timestamp <= property.transferDeadline, "Дедлайн трансферу минув.");

        if (confirmed) {

            finalizeTransfer();

        } else {

            cancelTransfer();

        }

    }

    function finalizeTransfer() private {

        seller.transfer(property.downPayment);

        property.propertyOwner = buyer;

        state = TransactionState.Complete;

    }

    function cancelTransfer() private {

        buyer.transfer(property.downPayment);

        state = TransactionState.Rejected;

    }

    function getOwner() public view returns(address) {

        return property.propertyOwner;

    }

    function getTransactionState() public view returns (TransactionState) {

        return state;

    }

}

```

ДОДАТОК Б
ТЕЗИ

Хмельницький національний університет

**XV ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА
КОНФЕРЕНЦІЯ**



**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК**
АПКН-2023

17-18 листопада 2023 р.

м. Хмельницький

УДК 004.4

Федоренко В.В., Пасічник О.А., Скрипник Т.К.

Хмельницький національний університет

ТЕХНОЛОГІЯ БЛОКЧЕЙН У СФЕРІ РЕЄСТРАЦІЇ МАЙНОВИХ ПРАВ

Технологія блокчейн ґрунтується на створенні двох списків даних, де окремі елементи, відомі, як блоки, поєднуються в ланцюжок завдяки криптографії. Блокчейн забезпечує відкрите зберігання потрібної інформації, забезпечуючи незмінність даних і збереження конфіденційності особистої інформації. Важливо відзначити, що блокчейн можна розглядати, як безмежну цифрову книгу економічних транзакцій, яку можна використовувати для фінансових операцій і обробки практично будь-яких даних, що мають велику цінність.

Блокчейн – це інноваційна технологія, що активно застосовується в різних галузях, таких як економіка, фінанси, медицина, правова сфера та інші. Проте використання блокчейну та смарт-контрактів в сфері нерухомості досі залишається недостатньо дослідженим. В цьому дослідженні розглядаються переваги та недоліки використання блокчейну та смарт-контрактів, і пропонується безпечна система для укладення угод, пов'язаних з орендою та продажем нерухомості, з використанням цих технологій.

Blockchain technology is based on the creation of two lists of data, where individual elements, known as blocks, are linked together in a chain using cryptography. The blockchain provides open storage of the necessary information, ensuring data integrity and maintaining the confidentiality of personal information. It is important to note that the blockchain can be viewed as a limitless digital ledger of economic transactions that can be used for financial transactions and processing of almost any data of great value.

Blockchain is an innovative technology that is actively used in various industries, such as economics, finance, medicine, legal, and others. However, the use of blockchain and smart contracts in the real estate sector is still insufficiently researched. This study examines the advantage and disadvantages of using blockchain and smart contracts, and proposes a secure system for concluding real estate transactions using these technologies.

З розвитком новітніх технологій та постійними ризиками викриття чи несанкціонованого доступу до даних перестає мета забезпечити цілісність даних у сфері реєстрації майна, одним з найкращих це технологія блокчейн ...

Блокчейн – це інноваційна децентралізована система зберігання даних, що фактично представляє собою електронний журнал транзакцій, угод, контрактів та різноманітної інформації, який побудований на послідовних записах. Однією з основних переваг цієї технології є те, що дані не централізовано зберігаються на одному центральному сервері.

Технологія блокчейн спирається на важливий принцип групування всіх транзакцій у блоки,

використовуючи складні математичні алгоритми. Ці блоки об'єднуються в послідовний ланцюжок і криптографічно зв'язуються між собою. Ключовим елементом кожного блоку є його хеш – це унікальний цифровий підпис, який ґрунтується на інформації з попереднього блоку.

Підсумовуючи, можна виділити наступні основні переваги використання технології блокчейн:

1. У технології блокчейн відкритість та безпека є ключовими аспектами. Інформація щодо транзакцій, угод та смарт-контрактів доступна для загального перегляду, але неможливість змін чи втручання у ці дані гарантується. Подробиці про учасників процесу залишаються конфіденційними, і кожен користувач блокчейн має унікальний ключ - набір криптографічних записів, які не лише забезпечують надійність системи, але й захищають інформацію від потенційних хакерських атак. В контексті нерухомості ця перевага стає особливо корисною, оскільки фінансові операції між учасниками можуть бути чітко ідентифіковані, при цьому не потрібно розголошувати особисті дані;

2. Неможливість підробки: Кожен блок в блокчейні є незмінним, що запобігає будь-якій можливості підробки чи фальсифікації даних;

3. Стійкість до вторгнень: Через одночасне оновлення реєстру на всіх комп'ютерах в мережі технологія блокчейн надійно захищає дані від можливих вторгнень та змін;

4. Гарантований рівень довіри: Високий рівень довіри в операціях та обміні конфіденційною інформацією робить технологію блокчейн популярною для застосування в різних галузях, включаючи сферу нерухомості.

5. Децентралізація – рівність і різноманітність системи робить її майже неможливою для злому або пошкодження;

6. Необмеженість – це важлива особливість технології блокчейн є те, що теоретично її ланцюжок може бути безмежно розширений шляхом додавання будь-якої кількості блоків. Це означає, що система може безперервно розвиватися та розширюватися, не обмежуючись кількістю блоків. Така можливість створює безмежні перспективи застосування технології блокчейн у різних галузях, забезпечуючи масштабовану та надійну інфраструктуру для реєстрації та відстеження транзакцій і даних.

Для забезпечення надійності та безпеки майнових транзакцій, використання смарт-контрактів у технології блокчейн є оптимальним рішенням. Смарт-контракти представляють собою спеціальні протоколи, які записуються у вигляді програмного коду і функціонують у децентралізованому реєстрі, який керується комп'ютерною мережею. Зазвичай вони визначають та перевіряють умови контракту.

Блокчейн-додатки ґрунтуються на революційній моделі розробки масштабованих систем, яка спирається на використання децентралізованих додатків. Важливим прикладом цієї моделі є біткоїн, який вперше представив новий підхід до створення системи з відкритим вихідним кодом. Його архітектура базується на однорангових вузлах, де дані зберігаються у зашифрованому вигляді. Крім того, інші проекти, такі як Ethereum, Omni і Sage Network, також застосовують

цю модель, запропоновану розробниками біткоїна, для створення децентралізованих додатків.

Мережа блокчейн представляє собою мережу вузлів, кожен з яких має розгорнутий Ethereum-клієнт і з'єднується з іншими вузлами. Цей компонент відповідає за виконання смарт-контрактів та обробку різних транзакцій між користувачами системи. Блокчейн та смарт-контракти взаємодіють так: смарт-контракти – це фрагменти коду, що розміщені у блокчейні і виконують певні операції за умови задовільнення певних умов. Як тільки ці операції завершуються, вони стають сталі записи у мережі блокчейн і не піддаються змінам.

На Рисунок 1 можна побачити діаграму компонентів розробленої системи, призначеної для здійснення безпечних операцій з нерухомістю. Система складається із чотирьох основних частин: мережі блокчейн, веб-клієнта, серверної частини та реляційної бази даних.

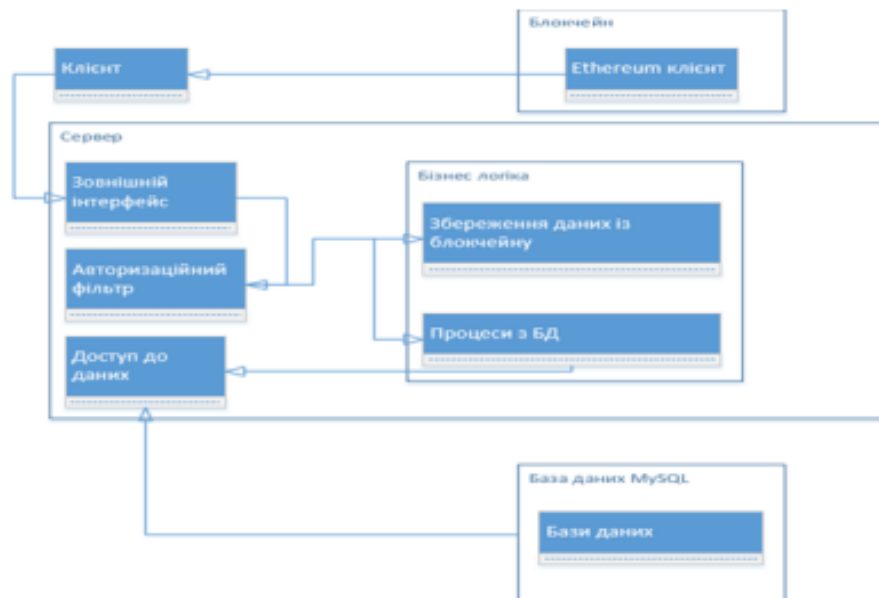


Рисунок 1 – діаграма компонентів системи для безпечних операцій з нерухомим майном

Реалізація смарт-контрактів базується на використанні мови програмування Solidity, яка є об'єктно-орієнтованою і була спеціально створена для ефективного створення смарт-контрактів, що функціонують на платформі Ethereum. Додатково для прискорення процесу розробки додатків використовуються різноманітні бібліотечні інструменти.

Веб-клієнт – це інтерфейс, який користувач використовує для взаємодії з системою. Функціональність веб-клієнта залежить від ролі користувача, який може виступати як орендар, орендодавець, продавець або покупець нерухомості. Усі взаємодії між клієнтом і мережею блокчейн здійснюються за допомогою набору

бібліотек Spring Boot, які дозволяють виконувати різні дії, такі як передача даних з одного облікового запису на інший, читання та запис даних зі смарт-контрактів, створення смарт-контрактів.

Реалізація Spring Boot дає змогу взаємодіяти з Ethereum через HTTP за допомогою JSON RPC- викликів. Це означає, що веб-клієнт може надсилати запити до окремих вузлів Ethereum та здійснювати читання та запис даних в блокчейні. Для підключення до вузлів мережі, основний об'єкт Spring Boot виступає як певний "міст" між клієнтом і блокчейном і передає дані провайдеру, де розгорнута мережа блокчейн.

Система використовує метод аутентифікації на основі програмних токенів для перевірки ідентифікації користувачів. Після успішної аутентифікації, користувачі отримують спеціальний токен, який надає їм право доступу до конкретних ресурсів та веб-сервісів. Цей токен служить маркером, що підтверджує їхню ідентифікацію та дозволяє використовувати систему.

Отже, у сфері нерухомості, роль смарт-контрактів та платформи Ethereum виявляється критично важливою. Крім того, інший галузевий сегмент, який може пройти суттєві зміни завдяки технології блокчейн, це... Провівши аналіз усіх ризиків, що властиві сектору нерухомості, і попередньо розглянувши технологію блокчейн, ми приходимо до висновку, що смарт-контракти можуть істотно покращити, спростити і зробити більш доступними процеси оренди та купівлі нерухомості завдяки зберіганню всіх документів і даних на блокчейні. Важливим аспектом є те, що будь-яка інформація щодо транзакцій, платежів або договірних угод не може бути видалена з блокчейну, що помітно зменшує ризик зловживань і шахрайства.

Перелік посилань

1. Все про типи та створення смарт-контрактів. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://merehead.com/ua/blog/how-develop-smart-contract/>
2. Застосування блокчейн у сфері нерухомості [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://guland.com.ua/kryptovalyuta/blockchain/blockcheyn-v-nerukhomosti.htm>
3. Ethereum для Java розробників [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://ethereum.org/ru/developers/docs/programming-languages/java/>Що таке смарт контракт [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.ibm.com/topics/smart-contracts>
4. Десять видів смарт-контрактів на блокчейні [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.techtarget.com/searchcio/feature/Examples-of-smart-contracts-on-blockchain>
5. Що таке смарт-контракт в блокчейн і як він працює [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.investopedia.com/terms/s/smart-contracts.asp>
6. Як блокчейн працює. Крок-за-кроком [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.britannica.com/money/how-smart-contracts-work>
7. Що таке смарт-контракт? [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.coinbase.com/ru/learn/crypto-basics/what-is-a-smart-contract>
8. Створення і розгортання смарт-контрактів з Solidity [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.baeldung.com/smart-contracts-ethereum-solidity>
9. Смарт-контракт і блокчейн технології [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.javatpoint.com/smart-contracts-in-blockchain-technology>

ДОДАТОК В

ПРЕЗЕНТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

Дипломна робота на тему: Метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна з використанням смарт-контрактів

Виконав: Федоренко В. В

Керівник: Пасічник О. А



Актуальність кваліфікаційної роботи

Забезпечення цілісності даних є досить актуальним у світі, яке набуває все більшого значення, і це не випадково. Реєстрація нерухомого майна є ключовим елементом функціонування суспільства, оскільки вона впливає на правові відносини, фінансовий стан громадян, а також має значущий вплив на економіку країни в цілому.

Сучасна система реєстрації нерухомого майна часто стикається з проблемами, такими як бюрократія, можливість зловживань та шахрайство, а також значний обсяг робіт, пов'язаних з підтриманням документації та веденням реєстру. Використання новітнього інформаційного інструментарію, зокрема технології блокчейн у поєднанні з алгоритмом смарт-контрактів, відкриває можливості для вирішення проблем у цій сфері.

Мета і задачі кваліфікаційної роботи

Мета кваліфікаційної роботи полягає в створенні методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за допомогою смарт-контрактів, що дозволить реалізувати механізм, який унеможливіє недозволені та незатверджені зміни, що до права власності на нерухоме майно.

- Для досягнення поставленої мети визначенні такі задачі дослідження:
- аналіз традиційних методів реєстрації нерухомого майна;
- проведення аналізу сучасного інформаційного інструментарію реєстрації прав на нерухоме майно;
- побудова методу забезпечення цілісності даних у сфері нерухомості на основі технології блокчейн у поєднанні з алгоритму смарт-контракту;
- побудова структурної та функціональної методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна;
- виконання аналітичної, алгоритмічної, структурної та програмної реалізації методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за допомогою смарт-контрактів;
- валідація та верифікація методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за допомогою смарт-контрактів.

Об'єкт і предмет дослідження

Об'єкт дослідження - процес забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна, що унеможливіє недозволені та незатверджені зміни.

Предмет дослідження - моделі, алгоритми та засоби для створення методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за допомогою смарт-контрактів.

Аналіз предметної області, формулювання мети та задач дослідження, визначення об'єкта та предмета дослідження

Право власності - це юридична концепція, яка надає особі чи організації право власності або контролю над певним об'єктом чи ресурсом, наприклад, нерухомістю, землею, транспортними засобами чи іншим майном. Це право визнається законом і дає власнику право вільно розпоряджатися, продавати, здавати в оренду або користуватися майном.

Традиційна система реєстрації прав власності базується на паперових документах та інституціях, відповідальній за реєстрацію та зберігання інформації про власність. Система використовує класичні методи і не базується на сучасних технологіях чи цифрових рішеннях. Вони можуть бути різних типів:

- державні реєстраційні органи;
- паперова документація;
- акти інвентаризації;
- реєстраційні журнали;
- офіційні документи про угоди.

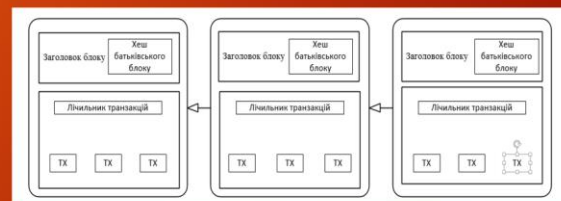
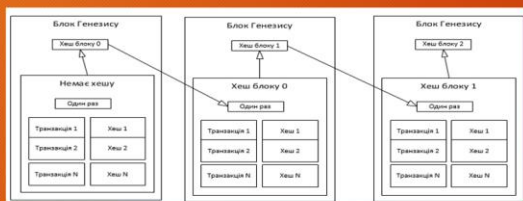
Аналіз існуючого програмного забезпечення



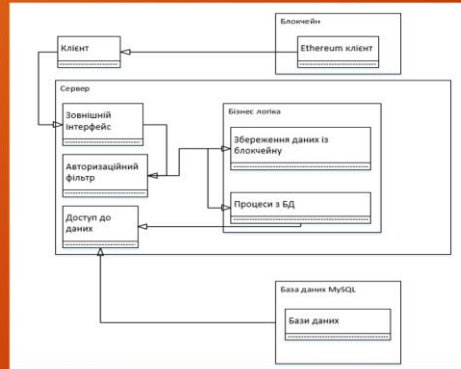
Метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації майна на основі технології блокчейн за допомогою смарт-контрактів



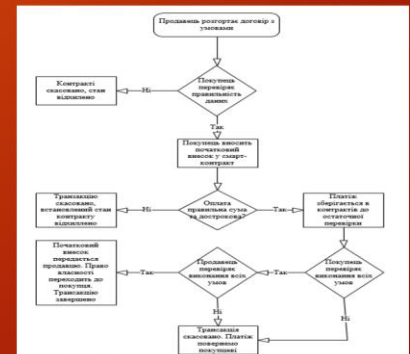
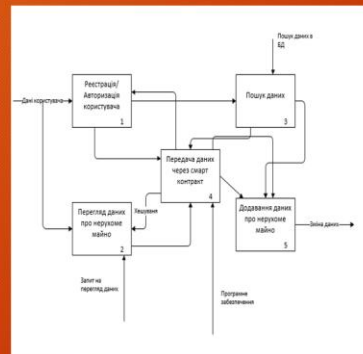
Моделювання процесу роботи блокчейну у сфері реєстрації нерухомого майна



Програмна реалізація способу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації майна на основі технології блокчейн

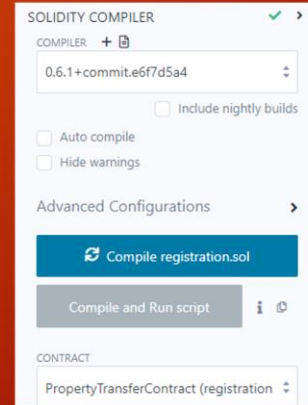


Діаграма варіантів використання і діаграма послідовності заключення договору купівлі-продажу

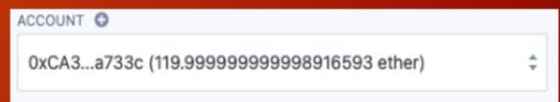
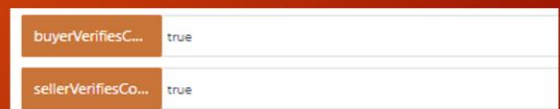
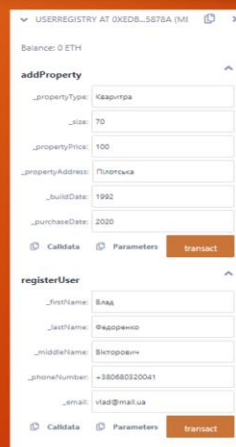
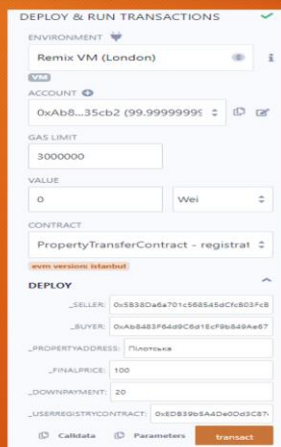


Тестування методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за допомогою смарт-контрактів

- Контракт був розгорнутий у віртуальному середовищі за допомогою Remix IDE, щоб його можна було протестувати без не вимагаючи використання реального Ethereum.
- Під час виконання вимірювань робіт було використано ручний метод тестування, що означає, що оцінку функціоналу програмного забезпечення здійснювали вручну без використання автоматизованих інструментів.



Результати тестування



Висновок

Результатом кваліфікаційно роботи є метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна з використанням смарт-контрактів.

Для досягнення поставленої мети визначені такі задачі дослідження:

- аналіз традиційних методів реєстрації нерухомого майна;
- проведення аналізу сучасного інформаційного інструментарію реєстрації прав на нерухоме майно;
- побудова методу забезпечення цілісності даних у сфері нерухомості на основі технології блокчейн у поєднанні з алгоритму смарт-контракту;
- побудова структурної та функціональної методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна;
- виконання аналітичної, алгоритмічної, структурної та програмної реалізації методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за допомогою смарт-контрактів;
- валідація та верифікація методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за допомогою смарт-контрактів.

Пропонований метод гарантує цілісність даних у сфері реєстрації нерухомого майна, використовуючи технологію блокчейн та алгоритм смарт-контракту. Ця комбінація перешкоджає будь-яким несанкціонованим або непідтвердженим змінам в системі реєстрації нерухомості. Метод передбачає використання розподіленого реєстру, до якого дані додаються через алгоритм смарт-контракту на основі процедур хешування.

У процесі впровадження методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за допомогою смарт-контрактів, була розроблена інформаційна система, що ґрунтується на принципах технології блокчейн. У цій системі визначені ролі учасників, такі як власник нерухомості, особа, яка набуває право власності, та учасник процесу реєстрації. Було виконано апробацію та перевірку методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна.

ДОДАТОК Г

НАУКОВА ПУБЛІКАЦІЯ

УДК 338.242

DOI:

ФЕДОРЕНКО В. В.
Хмельницький національний університет
ORCID ID: 0009-0001-6813-6065
e-mail: vladfeddorenko@gmail.com

ПАСІЧНИК О. А.
Хмельницький національний університет
ORCID ID: 0000-0002-8760-4688
e-mail: o.a.pasichnyk@gmail.com

СКРИПНИК Т.К.
Хмельницький національний університет
ORCID ID: 0000-0002-8531-5348
e-mail: tkskripnik1970@gmail.com

МАНЗЮК Е.А.
Хмельницький національний університет
ORCID ID: 0000-0002-7310-2126
e-mail: eduard.em.km@gmail.com

МЕТОД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ ДАНИХ У СФЕРІ РЕЄСТРАЦІЇ НЕРУХОМОГО МАЙНА З ВИКОРИСТАННЯМ СМАРТ КОНТРАКТІВ

Забезпечення цілісності даних є досить актуальним у світі, яке набуває все більшого значення, і це не випадково. Реєстрація нерухомого майна є ключовим елементом функціонування суспільства, оскільки вона впливає на правові відносини, фінансовий стан громадян, а також має значущий вплив на економіку країни в цілому.

Технологія блокчейн ґрунтується на створенні двох списків даних, де окремі елементи, відомі, як блоки, поєднуються в ланцюжок завдяки криптографії.

Одна з ключових особливостей блокчейну - це його відкрите та децентралізоване зберігання даних. Це означає, що будь-який користувач може перевірити історію транзакцій або дані, збережені в блокчейні, без необхідності спирання на посередника. Такий прозорий доступ до інформації робить блокчейн особливо корисним для фінансових транзакцій, де важлива надійність та довіра.

Для багатьох людей блокчейн в першу чергу асоціюється із криптовалютами, такими як Біткоїн. Він використовується для забезпечення безпеки фінансових операцій і зберігання історії транзакцій. Проте, ця технологія застосовується не лише у фінансовому секторі. Блокчейн може бути використаний для обробки практично будь-яких даних, що мають велику цінність, включаючи ведення документації у медицині, створення систем управління постачанням, трансформацію голосів під час виборів та багато інших застосувань.

Блокчейн – це інноваційна технологія, що активно застосовується в різних галузях, таких як економіка, фінанси, медицина, правова сфера та інші. Проте використання блокчейну та смарт-контрактів в сфері нерухомості досі залишається недостатньо дослідженим. В цьому дослідженні розглядаються переваги та недоліки використання блокчейну та смарт-контрактів, і пропонується безпечна система для укладення угод, пов'язаних з орендою та продажом нерухомості, з використанням цих технологій.

Блокчейн надає можливість створення безпечних та надійних записів про власність, транзакції та історію нерухомості. Кожен блок даних у ланцюжку блоків містить інформацію про конкретну нерухомість і всі транзакції, пов'язані з нею. Ця інформація підтверджується мережею користувачів і залишається незмінною, що гарантує історичну достовірність та надійність даних.

FEDORENKO VLADYSLAV
Khmelnyskyi National University
PASICHNYK OLEKSANDR
Khmelnyskyi National University
SKRYPNYK TETIANA
Khmelnyskyi National University
MANZIUK EDUARD

A METHOD OF ENSURING DATA INTEGRITY IN THE FIELD OF REAL ESTATE REGISTRATION USING SMART CONTRACTS

Ensuring data integrity is quite relevant in an increasingly important world, and this is no coincidence. Registration of real estate is a key element of the functioning of society, as it affects legal relations, the financial condition of citizens, and has a significant impact on the country's economy as a whole.

Blockchain technology is based on the creation of two lists of data, where individual elements, known as blocks, are linked together in a chain using cryptography.

One of the key features of the blockchain is its open and decentralized data storage. This means that any user can check the transaction history or data stored on the blockchain without having to rely on an intermediary. This transparent access to information make blockchain particularly useful for financial transactions, where reliability and trust are important.

For many people, blockchain is primarily associated with cryptocurrencies such as Bitcoin. It is used to secure financial transactions and store transaction history. However, this technology is not only used in the financial sector. Blockchain can be used to process virtually any data of great value, including medical records, supply chain management systems, vote transformation during elections, and many other applications.

Blockchain is an innovative technology that is actively used in various, industries, such as economics, finance, medicine, legal and others. However, the use of blockchain and smart contracts in the real estate sector is still insufficiently researched. This study examines the advantages and disadvantages of using blockchain and smart contracts, and propose a secure system for concluding real estate transactions using these technologies.

Blockchain provides, the ability to create secure and reliable records of property ownership, transaction, and history. Each data block in the blockchain contains information about a specific property and all transactions related to it. This information is confirmed by the user network and remains unchanged, which guarantees the historical accuracy and reliability of the data.

General statement of the problem and its connection with important scientific or practical tasks

Real estate registration requires reliable data integrity to prevent possible fraud and disputes between property owners. One of the promising solutions in this context is the use of smart contracts based on blockchain technology. However, there are a number of scientific and practical challenges related to data integrity methods:

1. guarantee of data integrity;
2. authentication;
3. dispute resolution;
4. legal aspect of privacy and security.

The main scientific and practical challenges are related to the development and implementation of technical, legal, and organizational solutions that address these issues and ensure the safe and efficient registration of real estate using smart contracts. To succeed in this area, information technology experts and stakeholders must work together to develop a comprehensive approach to these issues.

Analysis of recent research and publications

Among the researchers who have studied the method for ensuring data integrity in real estate using smart contracts, I would like to highlight the following: Yuriy Musienko [1], Pierfrancesco de Paola [13], Articlebrata H [12], Kamalakanta Muduli [12], Sushanta Tripathi [12], Keke Guy [11], Lihuang Zhu [11], etc.

These researchers have studied the workings of the blockchain with the smart contract and its implementation in real estate or other areas and have made significant contributions to the field. They have researched and developed methods and tools to help ensure data reliability and security.

Identification of previously unresolved parts of the general problem to which the article is devoted

Given the large number of studies in the field of ensuring data integrity in property registration, we can identify some previously unresolved problems and prospects for further development of this topic.

One of the key problems with centralized registration systems is their vulnerability to manipulation and fraud. In other words, these systems can be subject to attacks or corruption, which can lead to inaccurate property information. The use of blockchain-based smart contract technology can create a decentralized system in which property data is stored safely and securely. The blockchain ensures the reliability of data and complicates any attempts to manipulate it, as the information is distributed across many network nodes.

Transparency and openness of processes is an important component of property registration. The use of decentralized blockchain-based registration systems can provide open access to verify, update, and store real estate

information. Each record in the blockchain can be made available for verification and audit, which contributes to greater transparency and trust in the system.

For the successful development of decentralized property registration systems, it is important to develop international standards and principles to ensure interoperability between different systems.

All these aspects show the importance of further research and development of decentralized property registration systems based on blockchain and other advanced technologies. Such systems can play an important role in increasing the reliability, transparency, and accessibility of property information, thereby contributing to the development of modern societies and economies.

Formulating the objectives of the article

The purpose of this article is to review and analyze the method of ensuring data integrity in the field of real estate registration using smart contracts, as well as to gain an in-depth understanding of the capabilities and limitations of smart contracts in the context of real estate registration.

Basic information

Blockchain is an innovative decentralized data storage system that is actually an electronic journal of transactions, agreements, contracts, and various information that is built on sequential records. One of the main advantages of this technology is that the data is not centrally stored on one central server. Instead the information is distributed among hundreds or even thousands of computers that interact within a single global network. Each participant in this network has free access to the latest versions of the registry and can verify and monitor transactions and data. This technology opens up many opportunities for security, reliability, and enhanced capabilities in various industries, including finance, logistics, contract work, and many others.

Blockchain technology is based on the important principle of grouping all transactions into blocks using complex mathematical algorithms. These blocks are combined into a sequential chain and cryptographically linked to each other. The key element of each block is its hash, which is a unique digital signature based on information from the previous block.

New blocks are always added to the end of this chain, and once created, the block cannot be changed. This is important because it provides reliable protection against possible data forgery or falsification. Instead of changing existing blocks, information can only be added to new blocks. This characteristic makes blockchain technology particularly valuable for the real estate industry.

For example, in real estate, blockchain can be used to register important transactions, such as purchases, sales, or leases. This registry reliably protects data from any unauthorized changes and ensures its immediate availability on the network. Each transaction is subject to verification, which guarantees the reliability of operations and confidentiality of information. Thus, blockchain technology promotes a high level of trust in the payment and exchange of confidential information in the real estate sector.

To summarize, the main advantages of using blockchain technology are as follows:

1. In blockchain technology, openness and security are key aspects. Information about transactions, agreements, and smart contracts is available for public viewing, but the impossibility of changing or interfering with this data is guaranteed. Details about the participants in the process remain confidential, and each blockchain user has a unique key - a set of cryptographic records that not only ensure the reliability of the system but also protect information from potential hacker attacks. In the context of real estate, this advantage is particularly useful, as financial transactions between participants can be clearly identified without the need to disclose personal data.

2. Impossibility of forgery: Each block in the blockchain is immutable, which prevents any possibility of tampering or falsification of data.

3. Resistance to intrusions: By simultaneously updating the registry on all computers in the network, blockchain technology reliably protects data from possible intrusions and changes.

4. Guaranteed level of trust: The high level of trust in transactions and the exchange of confidential information makes blockchain technology popular for use in various industries, including real estate.

5. Decentralization - the equality and diversity of the system makes it almost impossible to hack or damage

6. Limitedness - an important feature of blockchain technology is that, in theory, its chain can be infinitely extended by adding any number of blocks. This means that the system can continuously develop and expand without being limited by the number of blocks. This capability creates endless prospects for the application of blockchain technology in various industries, providing a scalable and reliable infrastructure for recording and tracking transactions and data

Blocks in the chain have a standardized structure consisting of the following main components:

1. The address is a public key that is created based on the user's private key using a symmetric encryption algorithm;

2. Date and time - this information records the moment the block was created and allows you to determine when the operation was performed;

3. The block hash is calculated using a hashing algorithm and is based on the sum of the hashes of all transactions in the current block, as well as the hash of the previous block. This ensures data integrity and consistency in the block chain;

4. Information is a part of the block containing arbitrary data or messages. In the context of real estate transactions, this component may contain information about documents, amounts of money transferred in real estate purchase and sale or lease transactions;

5. Smart contracts are program code that automates certain processes in the blockchain network, making them more efficient and secure.

To ensure the reliability and security of property transactions, the use of smart contracts in blockchain technology is the best solution. Smart contracts are special protocols that are written in the form of program code and operate in a decentralized registry managed by a computer network. They usually define and verify contract terms.

Smart contracts allow for secure transactions without intermediaries that are open and irreversible. They contain all the necessary information about the terms of the contract and automatically fulfill those terms. This enables interested parties to exchange assets without the need for intermediaries and is a key factor in reducing the cost of property transactions.

Among the mandatory characteristics of smart contracts, key aspects stand out:

1. Use of electronic signature methods: Smart contracts are based on the use of public and private keys that belong to different parties to the transaction. These keys are used to sign and authenticate transactions.

2. Decentralized environment: Smart contracts are usually stored in a private and decentralized environment that guarantees security and independence from centralized systems.

3. Subject matter of the contract and tools for its execution: The smart contract itself includes a description of the subject matter of the agreement and the necessary tools for its execution, including settlement functions, oracle programs, and other components.

Vitalik Buterin, one of the most famous Ethereum developers, characterizes the platform as a "global computer." Thanks to the availability of an Internet connection, Ethereum is accessible to all users in the world, and they are free to use its computing capabilities. Despite the fact that the Ethereum network is a fairly young technology (it was launched in June 2015 and has undergone a series of large-scale protocol updates), it has quickly achieved great achievements.

Ethereum provides an ideal platform for systems that automate direct interaction between nodes or facilitate collaborative group behavior on a network. Some examples of such systems include applications that coordinate specialized markets or automate complex financial contracts. From a theoretical point of view, financial transactions of any complexity can be automated and executed reliably by code running on the Ethereum platform.

A blockchain network is a network of nodes, each of which has a deployed Ethereum client and connects to other nodes. This component is responsible for executing smart contracts and processing various transactions between users of the system. The blockchain and smart contracts interact in the following way: smart contracts are code snippets that are placed on the blockchain and perform certain operations when certain conditions are met. Once these operations are completed, they become permanent records in the blockchain network and cannot be changed.

In Figure 2, you can see a diagram of the components of the developed system designed to conduct secure real estate transactions. The system consists of four main parts: a blockchain network, a web client, a server side, and a relational database.

This infrastructure allows the system to reliably track and record all real estate transactions, ensuring data security and integrity. Using a web client, backend and relational database, the system provides users with an intuitive and user-friendly interface for accessing real estate information.

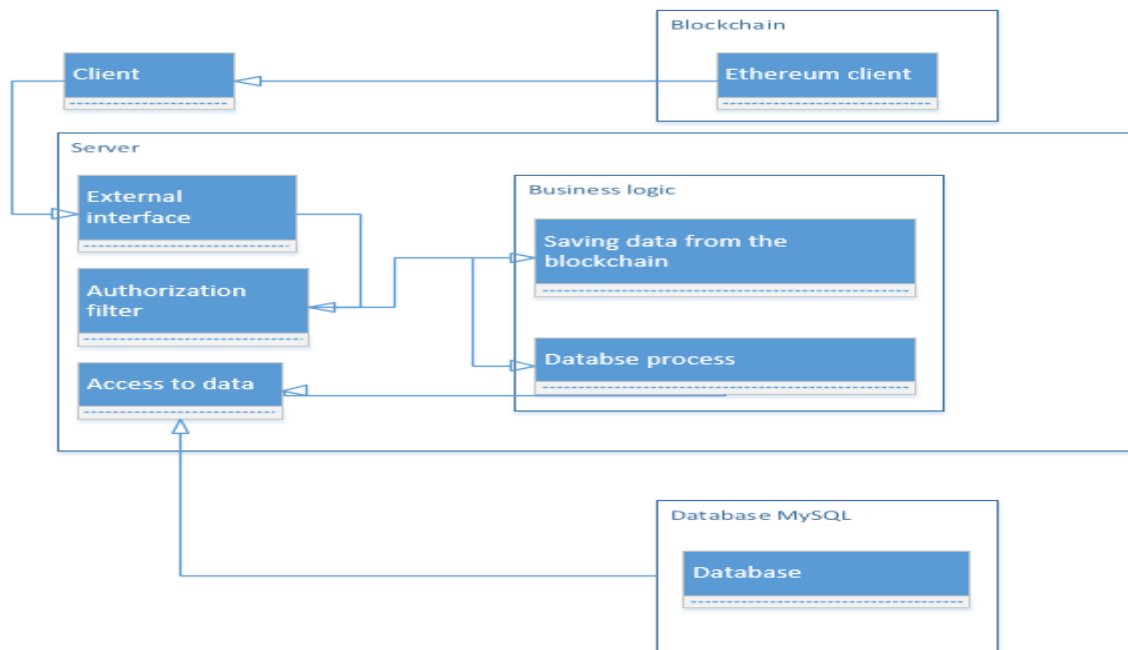


Figure 1 - diagram of system components for secure real estate transactions

The implementation of smart contracts is based on the use of the Solidity programming language, which is object-oriented and was specially designed to efficiently create smart contracts operating on the Ethereum platform. In addition, various library tools are used to speed up the application development process.

The data stored on the Ethereum blockchain is structured according to a relational and hierarchical scheme called the Merkle prefix tree. The leaves of this tree are located at the lower level and include the user's basic data. Each intermediate node is calculated by creating a hash of its two child nodes. The root node is the top of this tree and is formed on the basis of a pair of hashes of the nearest intermediate nodes in the hierarchical structure.

A web client is an interface that a user uses to interact with the system. The functionality of the web client depends on the role of the user, who can act as a tenant, landlord, seller, or buyer of real estate. All interactions between the client and the blockchain network are carried out using a set of Solidity libraries that allow you to perform various actions, such as transferring data from one account to another, reading and writing data from smart contracts, and creating smart contracts.

The Solidity implementation allows you to interact with Ethereum via HTTP using JSON RPC calls. This means that a web client can send requests to individual Ethereum nodes and read and write data on the blockchain. To connect to the network nodes, the main Solidity object acts as a kind of "bridge" between the client and the blockchain and transmits data to the provider where the blockchain network is deployed.

The software implementation of the web client application is based on the Solidity programming language.

To create the business logic of this system, we used the modern Solidity, which is designed for developing web applications. The business logic component is responsible for all aspects of data analysis and storage in the system.

It is important to note that storing data in the blockchain can be a time-consuming process due to the need to add new transactions to the block and confirm them. In order to improve the system's performance, all user data, real estate information, and user feedback are stored in a MySQL relational database. Only the main contractual documents containing the terms of the contract, such as the price of the property, the payment term, and other necessary data and additional conditions, are stored in the blockchain.

A data access control system acts as an abstraction between web services and databases. In the context of our project, we used Solidity to design the database. This approach involves first defining entities and then creating a database schema based on those entities. In order to create an abstraction between the database and the client, we used the repository template. The repository mediates between the definition tier and the data distribution tier and provides a collection-like interface for accessing objects in the definition tier. This architectural feature helps to ensure efficient and secure exchange and storage of data in the system.

The system uses a software token-based authentication method to verify user identity. After successful authentication, users receive a special token that gives them access to specific resources and web services. This token serves as a token that confirms their identity and allows them to use the system.

Conclusion

Thus, in the real estate sector, the role of smart contracts and the Ethereum platform appears to be critical. In addition, another industry segment that may undergo significant changes due to blockchain technology is...

Having analyzed all the risks inherent in the real estate sector and having previously considered blockchain technology, we conclude that smart contracts can significantly improve, simplify and make more accessible the processes of renting and buying real estate by storing all documents and data on the blockchain. An important aspect is that any information regarding transactions, payments or contractual agreements cannot be deleted from the blockchain, which significantly reduces the risk of abuse and fraud.

The main advantages of using smart contracts in real estate include:

1. Transparency: Each contract and all transactions are available for review by all interested parties.
2. Accuracy: The terms of the agreement are stored in detail in smart contracts, which allows for accurate automated calculations of the cost of housing or rent
3. Security: Smart contracts use the highest standards of cryptographic protection, ensuring the reliability of transactions.
4. Direct communication: There is no need to involve intermediaries for interaction between tenants and landlords or buyers and sellers of real estate; all processes take place directly between the parties.
5. Trust: Smart contracts increase the level of trust in the execution of transactions due to their transparency, autonomy, and security.
6. Electronic document management: Smart contracts, as program code, allow transactions to be made without the need for traditional paper documents.
7. Long-term data storage: All transactions carried out within the framework of agreements are recorded in the blockchain, which guarantees the safety of data throughout the existence of the network.

But it is important to note that blockchain is not a one-size-fits-all solution for all types of financial transactions. For example, smart contracts are not capable of automatically triggering each other or other contracts without the active participation of the user to initiate transactions.

The system developed and described above can be widely used in the field of financial transactions and data storage, as it realizes the benefits of using blockchain technology and smart contracts, provides a user-friendly interface, has high performance and the ability to store all the necessary information.

Перелік посилань

1. Юрій Мусієнко. Все про типи та створення смарт-контрактів. [Електронний ресурс]: [веб-сайт]. – Режим доступу : <https://merehead.com/ua/blog/how-develop-smart-contract/> - (Дата звернення 10.10.2023). – Назва з екрана.
2. Застосування блокчейн у сфері нерухомості [Електронний ресурс] : [веб-сайт] – Режим доступу : <https://guland.com.ua/kryptovalyuta/blockchain/blockcheyn-v-nerukhomosti.htm> - (Дата звернення 09.10.2023). – Назва з екрана.
3. Пол Вакеров. Ethereum для Java розробників [Електронний ресурс] : [веб-сайт] Режим доступу: <https://ethereum.org/ru/developers/docs/programming-languages/java/> - (Дата звернення 30.09.2023). – Назва з екрана.
4. IBM. Що таке смарт контракт [Електронний ресурс] : [веб-сайт] Режим доступу: <https://www.ibm.com/topics/smart-contracts> - (Дата звернення 20.10.2023). – Назва з екрана.
5. Гільєан Пачеко. Десять видів смарт-контрактів на блокчейні [Електронний ресурс] : [веб-сайт] Режим доступу: <https://www.techtarget.com/searchcio/feature/Examples-of-smart-contracts-on-blockchain> – (Дата звернення 27.09.2023). – Назва з екрана.
6. Джейк Франкенфілд, Еріка Расур, Сюзанна Квільхауг. Що таке смарт-контракт в блокчейн і як він працює [Електронний ресурс] : [веб-сайт] Режим доступу: <https://www.investopedia.com/terms/s/smart-contracts.asp> - (Дата звернення 28.9.2023). – Назва з екрана.
7. Еллі Грейс Гарнетт, Карл Монтевірген. Як блокчейн працює. Крок-за-кроком [Електронний ресурс] : [веб-сайт] Режим доступу: <https://www.britannica.com/money/how-smart-contracts-work> - (Дата звернення 11.10.2023). – Назва з екрана.
8. Що таке смарт-контракт? [Електронний ресурс] : [веб-сайт] Режим доступу: <https://www.coinbase.com/ru/learn/crypto-basics/what-is-a-smart-contract> - (Дата звернення 15.10.2023). – Назва з екрана.
9. Створення і розгортання смарт-контрактів з Solidity [Електронний ресурс] : [веб-сайт] Режим доступу: <https://www.baeldung.com/smart-contracts-ethereum-solidity> - (Дата звернення 17.10.2023). – Назва з екрана.
10. Смарт-контракт і блокчейн технології [Електронний ресурс] : [веб-сайт] Режим доступу: <https://www.javatpoint.com/smart-contracts-in-blockchain-technology> - (Дата звернення 23.10.2023). – Назва з екрана.
11. Кеке Гай, Ліхуан Чжу. Застосування технології блокчейн у безпеці: систематичний огляд [Електронний ресурс] : [веб-сайт] Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2813-5288/1/2/5> - (Дата звернення 30.10.2023). – Назва з екрана.

12. Сатьябрата Айч, Камалаканта Мудулі, Сушанта Трипаті. [Електронний ресурс] : [веб-сайт] Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2079-9292/12/20/4334> - (Дата звернення 19.10.2023). – Назва з екрана.
13. П'єрфранческо де Паола. Транзакції довіреної власності на основі блокчейну в створеному середовищі: розробка прототипу, готового до інкубації [Електронний ресурс] : [веб-сайт] Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2075-5309/11/11/560> - (Дата звернення 03.10.2023). – Назва з екрана.
14. Адмірім Аліті, Маріка Апостолова, Артан Лума, Азір Аліу, Майлінда Фетаджі, Халіп Снопче. Розгортання смарт-контракту Ethereum для а Система управління нерухомістю (REMS) Реалізовано в Blockchain [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.temjournal.com/content/123/TEMJournalAugust2023_1383_1389.pdf - (Дата звернення 07.10.2023). – Назва з екрана.
15. Роль блокчейну в земельному реєстрі: як він допомагає підвищити прозорість і безпеку. [Електронний ресурс] : [веб-сайт] Режим доступу: <https://ts2.space/en/the-role-of-blockchain-in-land-registry-how-it-helps-to-improve-transparency-and-security/> - (Дата звернення 03.11.2023). – Назва з екрана.
16. Миросла Стефанович, Соня Рістич, Данилок Ніколич. Додаток Smart Contract для управління землею, адміністрування транзакцій системи. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9748126> - (Дата звернення 15.10.2023). – Назва з екрана.
17. Сандіп Кумар Панда. Система земельного реєстру на основі розумних контрактів для зменшення шахрайства та затримок. [Електронний ресурс] : [веб-сайт] Режим доступу: https://www.academia.edu/50287167/Smart_contract_based_land_registry_system_to_reduce_frauds_and_time_delay - (Дата звернення 15.10.2023). – Назва з екрана.

References

1. Iurii Musiienko. Vse pro typu ta stvorennia smart-kontraktiv. [Elektronnyi resurs]: [veb-sait]. – Rezhym dostupu : <https://merehead.com/ua/blog/how-develop-smart-contract/> - (Data zvernennia 10.10.2023). – Nazva z ekrana.
2. Zastosuvannia blokchein u sferi nerukhomosti [Elektronnyi resurs] : [veb-sait] – Rezhym dostupu : <https://guland.com.ua/kryptovalyuta/blockchain/blockcheyn-v-nerukhomosti.htm> - (Data zvernennia 09.10.2023). – Nazva z ekrana.
3. Pol Vakerov. Ethereum dlia Java rozrobnykiv [Elektronnyi resurs] : [veb-sait] Rezhym dostupu: <https://ethereum.org/ru/developers/docs/programming-languages/java/> - (Data zvernennia 30.09.2023). – Nazva z ekrana.
4. IBM. Shcho take smart kontrakt [Elektronnyi resurs] : [veb-sait] Rezhym dostupu: <https://www.ibm.com/topics/smart-contracts> - (Data zvernennia 20.10.2023). – Nazva z ekrana.
5. Hiliean Pacheko. Desiat vydiv smart-kontraktiv na blokcheini [Elektronnyi resurs] : [veb-sait] Rezhym dostupu: <https://www.techtarget.com/searchcio/feature/Examples-of-smart-contracts-on-blockchain> – (Data zvernennia 27.09.2023). – Nazva z ekrana.
6. Dzheik Frankenfeld, Erika Rasur, Siuzanna Kvilkhauh. Shcho take smart-kontrakt v blokchein i yak vin pratsiuie [Elektronnyi resurs] : [veb-sait] Rezhym dostupu: <https://www.investopedia.com/terms/s/smart-contracts.asp> - (Data zvernennia 28.9.2023). – Nazva z ekrana.
7. Elli Hreis Harnett, Karl Montevirhen. Yak blokchein pratsiuie. Krok-za-krokom [Elektronnyi resurs] : [veb-sait] Rezhym dostupu: <https://www.britannica.com/money/how-smart-contracts-work> - (Data zvernennia 11.10.2023). – Nazva z ekrana.
8. Shcho take smart-kontrakt? [Elektronnyi resurs] : [veb-sait] Rezhym dostupu: <https://www.coinbase.com/ru/learn/crypto-basics/what-is-a-smart-contract> - (Data zvernennia 15.10.2023). – Nazva z ekrana.
9. Stvorennia i rozghortannia smart-kontraktiv z Solidity [Elektronnyi resurs] : [veb-sait] Rezhym dostupu: <https://www.baeldung.com/smart-contracts-ethereum-solidity> - (Data zvernennia 17.10.2023). – Nazva z ekrana.
10. Smart-kontrakt i blokchein tekhnolohii [Elektronnyi resurs] : [veb-sait] Rezhym dostupu: <https://www.javatpoint.com/smart-contracts-in-blockchain-technology> - (Data zvernennia 23.10.2023). – Nazva z ekrana.
11. Keke Hai, Likhuan Chzhu. Zastosuvannia tekhnolohii blokchein u bezpetsi: systematychnyi ohliad [Elektronnyi resurs] : [veb-sait] Rezhym dostupu: <https://www.mdpi.com/2813-5288/1/2/5> - (Data zvernennia 30.10.2023). – Nazva z ekrana.
12. Satiabrata Aich, Kamalakanta Muduli, Sushanta Trypati. [Elektronnyi resurs] : [veb-sait] Rezhym dostupu: <https://www.mdpi.com/2079-9292/12/20/4334> - (Data zvernennia 19.10.2023). – Nazva z ekrana.
13. Pierfranchesko de Paola. Tranzaktsii dovirenoi vlasnosti na osnovi blokcheinu v stvorenomu sere dovshchi: rozrobka prototypu, hotovoho do inkubatsii [Elektronnyi resurs] : [veb-sait] Rezhym dostupu: <https://www.mdpi.com/2075-5309/11/11/560> - (Data zvernennia 03.10.2023). – Nazva z ekrana.
14. Admirim Aliti, Marika Apostolova, Artan Luma, Azir Aliu, Mailinda Fetadzhi, Khalip Sнопче. Rozghortannia smart-kontraktu Ethereum dlia a Systema upravlinnia nerukhomistiu (REMS) Realizovano v

Blockchain [Elektronnyi resurs] Rezhy m dostupu: https://www.temjournal.com/content/123/TEMJournalAugust2023_1383_1389.pdf - (Data zvernennia 07.10.2023). – Nazva z ekrana.

15. Rol blokcheinu v zemelnomu reiestri: yak vin dopomahaie pidvyshchyty prozorst i bezpeku. [Elektronnyi resurs] : [veb-sait] Rezhy m dostupu: <https://ts2.space/en/the-role-of-blockchain-in-land-registry-how-it-helps-to-improve-transparency-and-security/> - (Data zvernennia 03.11.2023). – Nazva z ekrana.

16. Myrosla Stefanovych, Sonia Ristych, Danylok Nikolych. Dodatok Smart Contract dlia upravlinnia zemleiu, administruvannya tranzaktsii systemy. [Elektronnyi resurs] Rezhy m dostupu: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9748126> - (Data zvernennia 15.10.2023). – Nazva z ekrana.

17. Sandip Kumar Panda. Systema zemelnoho reiestru na osnovi rozumnykh kontraktiv dlia zmeshennia shakhraistva ta zatrymok. [Elektronnyi resurs] : [veb-sait] Rezhy m dostupu: https://www.academia.edu/50287167/Smart_contract_based_land_registry_system_to_reduce_frauds_and_time_delay - (Data zvernennia 15.10.2023). – Nazva z ekrana.

Довідка: ВХНУ ТН 13/11/23

Видання: Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки

Категорія фаховості видання: фахове видання України, у якому можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії, категорії «Б» філософії, категорії «Б» (наказ МОН №1643 від 28.12.2019, наказ МОН №409 від 17.03.2020).

Напря м – технічні науки за спеціальностями – 101, 121, 122, 123, 124, 125, 141, 151, 161, 172, 181, 182 (28.12.2019), спеціальності – 131, 132, 133 (17.03.2020)

Назва статті: МЕТОД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ ДАНИХ У СФЕРІ РЕЄСТРАЦІЇ НЕРУХОМОГО МАЙНА З ВИКОРИСТАННЯМ СМАРТ КОНТРАКТІВ

Автори: ФЕДОРЕНКО В. В. ПАСІЧНИК О. А., СКРИПНИК Т.К., МАНЗЮК Е.А. (Хмельницький національний університет»)

Номер, у який прийнято статтю: №6 до друку рекомендовано буде до 25 грудня 2023 року.

13.11.2023

Начальник відділу
інтелектуальної власності та трансферу технологій Ю.В.Кравчик



Ім'я користувача:
Кафедра КН

ID перевірки:
1015973655

Дата перевірки:
05.12.2023 19:49:40 EET

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
05.12.2023 19:51:08 EET

ID користувача:
100005671

Назва документа: КНм-22-1 Федоренко

Кількість сторінок: 78 Кількість слів: 12238 Кількість символів: 94508 Розмір файлу: 1.42 MB ID файлу: 1015652910

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

6.22% Схожість

Найбільша схожість: 0.83% з Інтернет-джерелом (http://elar.khmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/11013/1/2021_%d).

6.18% Джерела з Інтернету

661

Сторінка 80

1.5% Джерела з Бібліотеки

85

Сторінка 83

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

1

Підозріле форматування

14
сторінок

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 0.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. **Помилки в документах: 11%**

ID: 121813 Назва: КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА На тему: Метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна з використанням смарт-контрактів Додано в БД: 2023-12-05 Автора: В.В. Федоренко Керівники: О.А. Пасічник Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	79009	1238	1288 (2%)	24 (2%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації майна з використанням смарт-контрактів

Автор: Федоренко Владислав Вікторович

Спеціальність: 122 – Комп'ютерні науки

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: к.т.н., доцент Пасічник Олександр Анатолійович

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) за програмою Anti-Plagiarism виявлені 0 %, схожість виявлена зі звітом автора з науково-дослідної практики.




2) за програмою UNICHECK виявлені 6.22.; Найбільша схожість: 0.83% з Інтернет-джерелом (http://elar.khmn.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/11013/1/2021_%d), яке містить матеріали огляду предметної області; інші схожості є фрагментарними – містять поширені конструкції, загальновідомі терміни, скорочення та визначення.

збігів/ідентичності/схожості, складає 0 % і 6.22% відповідно, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КН

 О.А. Пасічник
 Р. О. Багрій
 О. В. Бармак



ВІДГУК ОПОНЕНТА

на кваліфікаційну роботу магістра

студента гр. КНМ-22-1 Федоренка Владислава Вікторовича за темою: *Метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації майна з використанням смарт-контрактів*

1. Актуальність обраної теми

Забезпечення цілісності даних є актуальною проблемою та нагальним завданням у світі, яке набуває все більшого значення, і це не випадково. Реєстрація нерухомого майна є ключовим елементом функціонування суспільства, оскільки вона впливає на правові відносини, фінансовий стан громадян, а також має значущий вплив на економіку країни в цілому. Сучасна система реєстрації нерухомого майна часто стикається з проблемами, такими як бюрократія, можливість зловживань та шахрайство, а також значний обсяг робіт, пов'язаних з підтриманням документації та веденням реєстру. Використання новітнього інформаційного інструментарію, зокрема технології блокчейн у поєднанні з алгоритмом смарт-контрактів, відкриває можливості для вирішення проблем у цій сфері.

2. Відповідність роботи предметній області спеціальності 122 Комп'ютерні науки та загальним вимогам до наукових робіт

Кваліфікаційна робота магістра КНМ-22-1 Федоренка В.В. за темою: «Метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації майна з використанням смарт-контрактів» за ступенем обґрунтованості наукових положень, новизни, а також обсягом, структурою та змістом викладеного матеріалу відповідає вимогам щодо наукових робіт. У роботі використані методи, що повністю відповідає предметній області спеціальності 122 Комп'ютерні науки

3. Повнота розкриття мети та завдань дослідження

Було проведено порівняння та аналіз можливих методів розв'язання поставленої задачі та обрано сучасний підхід щодо обробки та збереження даних в сфері реєстрації прав на нерухоме майно, який ґрунтується на технології блокчейн у поєднанні з алгоритмом смарт-контрактів. Також було досліджено існуючі реалізації розв'язання подібних задач. В рамках кваліфікаційної роботи магістра було проведено аналіз предметної області, розроблено метод реєстрації прав на нерухоме майно, який забезпечує цілісність даних й унеможливорює недозволені та непідтверджені зміни. Виходячи з наведених положень, тема роботи є повністю розкритою.

4. Наявність наукової новизни

В результаті проведеної кваліфікаційної роботи було удосконалено метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна, що унеможливорює недозволені та

незатвержені зміни, шляхом застосування технології блокчейн у поєднанні з алгоритмом смарт-контрактом. Матеріали кваліфікаційної роботи пройшли належну апробацію.

5. Зміст кожного розділу роботи

Результатом кваліфікаційної роботи магістра є метод, який здатен забезпечувати цілісність даних при реєстрації прав на нерухоме майно, який представлений у вигляді інформаційної системи. Для досягнення поставленої мети були виконані такі задачі: аналіз традиційних методів реєстрації нерухомого майна; проведення аналізу сучасного інформаційного інструментарію реєстрації прав на нерухоме майно; побудова методу забезпечення цілісності даних у сфері нерухомості на основі технології блокчейн у поєднанні з алгоритму смарт-контракту; побудова структурної та функціональної моделі методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна; виконання програмної реалізації методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за використанням смарт-контрактів; валідація та верифікація методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за використанням смарт-контрактів.

В першому розділі проведений аналіз предметної області, який включав розгляд поняття права власності та його важливості в умовах ринкової економіки у поєднанні із традиційними методами реєстрації нерухомого майна. Проаналізовано сучасні підходи забезпечення цілісності даних, зокрема технологію блокчейн, та відповідні алгоритми, зокрема роль смарт-контрактів у забезпеченні цілісності даних. Виконано наявних інформаційних рішень предметної області.

В другому розділі було реалізовано метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації майна з використанням смарт-контрактів, який дозволяє вирішити поставлені задачі та ґрунтується на технології блокчейн у поєднанні з алгоритмом смарт-контракту.

В третьому розділі реалізовано інформаційну систему методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації майна з використанням смарт-контрактів із визначенням ролей її користувачів.

В четвертому розділі здійснено апробацію методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації майна з використанням смарт-контрактів із використанням віртуального середовища. Результати комп'ютерної симуляції довели, що за допомогою запропонованого методу недозволені та незатвержені зміни є неможливими.

6. Ступінь розкриття теми роботи

Основною темою кваліфікаційної роботи магістра є метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації майна з використанням смарт-контрактів. В рамках роботи було дано визначення цілісності даних як недозволених та незатверджених змін. Було проаналізовано предметну область, програмні системи для забезпечення цілісності даних та створено метод її

забезпечення з подальшим його моделюванням та дослідженням. Таким чином, в кваліфікаційній роботі магістра тему розкрито повністю.

7. Якість оформлення кваліфікаційної роботи

Кваліфікаційна робота магістра відповідає всім вимогам до оформлення таких робіт. Стиль подання інформації є фаховим та зрозумілим. Робота не містить стилістичних відхилень та відповідає всім нормам граматики.

8. Недоліки кваліфікаційної роботи

До недоліків можливо віднести певну ускладненість, притаманну технології блокчейн.

9. Загальний висновок (допускається чи не допускається до захисту), якої оцінки заслуговує кваліфікаційна робота.

Беручи до уваги новизну, актуальність, важливість отриманих результатів, їх достовірність та обґрунтованість, вважаю, що кваліфікаційна робота магістра Федоренка Владислава Вікторовича «Метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації майна з використанням смарт-контрактів» є оригінальним та завершеним науковим дослідженням.

Кваліфікаційна робота магістра Федоренка В.В. рекомендується до захисту, рекомендована оцінка «відмінно».

Опонець: Зав. каф. АІТІТІТ Р Валерій Клепач





ВІДГУК НАУКОВОГО КЕРІВНИКА

на кваліфікаційну роботу магістра

студента гр. КНМ-22-1 Федоренка Владислава Вікторовича за темою: Метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації майна з використанням смарт-контрактів

1. Актуальність теми

Фундаментальним базисом сучасної світової економіки є її ринкова природа, яка ґрунтується на святості та недоторканності права власності. Це логічно трансформується у питання забезпечення цілісності даних щодо майнових прав. Сучасна система реєстрації нерухомого майна по суті є паперовою, доцифровою та визначається набором критичних та системних недоліків. Використання певного цифрового інструментарію - технології блокчейн у поєднанні з алгоритмом смарт-контрактів - відкриває можливості для вирішення або суттєвого зменшення проблем у цій сфері.

2. Відповідність роботи предметній області спеціальності 122 Комп'ютерні науки та загальним вимогам до наукових робіт

Кваліфікаційна робота магістра КНМ-22-1 Федоренка В.В. за темою «Метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації майна з використанням смарт-контрактів» за ступенем обґрунтованості наукових положень, новизни, а також обсягом, структурою та змістом викладеного матеріалу відповідає вимогам щодо наукових робіт. У роботі використані методи, що повністю відповідає предметній області спеціальності 122 Комп'ютерні науки

3. Професійні та особистісні якості магістранта

Кваліфікаційна робота магістра Федоренка В.В. є результатом наполегливої та сумлінної праці по розробці та реалізації методу забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації майна з використанням смарт-контрактів. Ним запропоновані і реалізовані основні ідеї, що дозволили отримати достатньо просту та завершену методологію забезпечення унеможливлення недозволених та незатверджених змін даних у сфері реєстрації майна, реалізовано з використанням технології блокчейн у поєднанні з алгоритмом смарт-контракту. Під час роботи над кваліфікаційною роботою магістра Федоренко В.В. виявив себе старанним, працьовитим, сумлінним, кваліфікованим спеціалістом здатним генерувати і реалізовувати нові наукові та інженерні ідеї, виявив здатність самостійно приймати складні технічні рішення та проводити науково-дослідну діяльність.

4. Ступінь самостійності під час виконання кваліфікаційної роботи

Кваліфікаційна робота виконана магістрантом самостійно. Магістрантом особисто виконано аналіз предметної області, проведено теоретичні напрацювання у поєднанні із практичною реалізацією, моделювання та дослідженням. Спільно із науковим керівником: сформульовано мету роботи та завдання дослідження; проведено обговорення отриманих результатів.

5. Наукова новизна та оригінальність запропонованих підходів

В результаті проведеної кваліфікаційної роботи було удосконалено метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна, що унеможливило недозволені та незатверджені зміни, шляхом застосування технології блокчейн у поєднанні з алгоритмом смарт-контрактом. За темою кваліфікаційної роботи магістра автором виконано дві наукових публікації.

6. Ступінь оволодіння методами дослідження

Під час роботи над кваліфікаційною роботою магістра студент Федоренко В.В. продемонстрував здатність формалізувати предметну область запропонованої теми для побудови відповідної інформаційної моделі. Також студентом було опановано методи збору, подання, обробки, зберігання, передачі та доступу до інформації в комп'ютерних системах, зокрема в частині унеможливлення недозволених та непідтверджених змін.

7. Повнота та якість розкриття теми роботи

Студентом було проведено порівняння та аналіз можливих методів розв'язання поставленої задачі та обрано оптимальний варіант. Також було досліджено існуючі реалізації розв'язання подібних задач. В рамках кваліфікаційної роботи магістра було проведено аналіз предметної області, розроблено метод побудови оптимальної освітньої траєкторії здобувачів вищої освіти. Виходячи з наведених положень, тема роботи є повністю розкритою.

8. Логічність, послідовність, аргументованість, літературна грамотність викладу матеріалу

Позитивними рисами кваліфікаційної роботи є системність та послідовність викладення матеріалу. Продемонстрована здатність збирати і аналізувати дані, для забезпечення якості прийняття рішень. У кваліфікаційній роботі магістра формалізовані та систематизовані вимоги до розробленої комп'ютерної системи. Робота відповідає всім граматичним нормам та демонструє зрозумілий, виважений стиль подання інформації.

9. Можливість практичного застосування кваліфікаційної роботи, окремих її частин

Розроблено метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за використанням смарт-контрактів. В результаті проведених досліджень було

створено програмне застосування відносно забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна..

10. Висновок про можливість допуску кваліфікаційної роботи до захисту, на яку оцінку заслуговує робота

Кваліфікаційна робота магістра Федоренка В.В. виконана повністю у відповідності із представленими вимогами та є завершеною науковою працею. Вона містить рішення наукової задачі, яка по суті полягає у реалізації метод забезпечення цілісності даних у сфері реєстрації нерухомого майна за використанням смарт-контрактів. З огляду на вище сказане, робота рекомендується до захисту та заслуговує на оцінку «відмінно».

Науковий керівник _____

 к.т.н., доцент Олександр ПАСІЧНИК