

Міністерство освіти і науки України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЄВО-МОГИЛЯНСЬКА АКАДЕМІЯ»

Кафедра мультимедійних систем факультету інформатики

**Реалізація NFT проекту аналогічного <https://uacatsdivision.com/> на  
блокчейн платформі TON**

Текстова частина до курсової роботи

за спеціальністю «Комп'ютерні науки» - 122

Керівник курсової роботи

Гороховський К.С.

\_\_\_\_\_

(підпис)

«\_\_»\_\_\_\_\_ 2024 року

Виконав студент БП КН-3

Андрусенко М.Д.

«\_\_»\_\_\_\_\_ 2024 року

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>1. ПІДГОТОВКА</b> .....	5
<b>1.1. Проєкт UACatsDivision</b> .....	5
1.1.1 <i>Опис UACatsDivision</i> .....	5
1.1.2 <i>Основні характеристики UACatsDivision</i> .....	5
<b>1.2. Постановка задач розробки</b> .....	6
1.2.1 <i>Чим має бути фінальний продукт?</i> .....	6
1.2.2 <i>Попередній план розробки</i> .....	6
<b>2. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕОРІЇ</b> .....	8
<b>2.1. Загальне дослідження блокчейну</b> .....	8
2.1.1 <i>Блокчейн</i> .....	8
2.1.2 <i>TON</i> .....	8
<b>2.2. Загальні поняття TON</b> .....	8
2.2.1 <i>Криптовалюта й Toncoin</i> .....	8
2.2.2 <i>Смарт-контракт</i> .....	9
2.2.3 <i>Telegram Open Network Virtual Machine</i> .....	9
2.2.4 <i>TON Cell</i> .....	10
2.2.5 <i>Розподіл mainnet й testnet</i> .....	10
2.2.6 <i>Валідатори</i> .....	10
<b>2.3. Проблема консенсусу</b> .....	10
2.3.1 <i>Proof-of-Stake Consensus</i> .....	10
2.3.2 <i>Catchain Consensus Protocol</i> .....	11
<b>2.4. Токени в TON</b> .....	11
2.4.1 <i>Jetton</i> .....	11
2.4.2 <i>NFT</i> .....	11
2.4.3 <i>Маркетплейси NFT</i> .....	12
<b>3. РОЗРОБКА</b> .....	13
<b>3.1. Вибір теми</b> .....	13
<b>3.2. Використана теорія</b> .....	13
3.2.1 <i>NFT</i> .....	13
3.2.2 <i>Testnet</i> .....	14
<b>3.3. Інструменти</b> .....	14
3.3.1 <i>Мови програмування</i> .....	14
3.3.2 <i>Середовища розробки</i> .....	15
3.3.3 <i>Малювання зображень для NFT</i> .....	15
3.3.4 <i>Бібліотеки й фреймворки</i> .....	15
3.3.5 <i>Додаткові інструменти</i> .....	16

<b>3.4.</b>	<b>Колекція</b> .....	16
3.4.1.	<i>Тематика колекції</i> .....	16
3.4.2.	<i>Створення атрибутів NFT</i> .....	17
3.4.3.	<i>Генератор зображень NFT</i> .....	17
3.4.4.	<i>NFT minting</i> .....	18
<b>3.5.</b>	<b>Розробка back-end</b> .....	19
3.5.1.	<i>Сервер</i> .....	19
3.5.2.	<i>Відстеження транзакцій</i> .....	19
3.5.3.	<i>Валідація транзакцій</i> .....	19
3.5.4.	<i>Надсилання NFT</i> .....	20
<b>3.6.</b>	<b>Розробка front-end</b> .....	20
3.6.1.	<i>Архітектура</i> .....	20
3.6.2.	<i>Візуальна складова</i> .....	20
3.6.3.	<i>Топсоекет й транзакції</i> .....	21
<b>3.7.</b>	<b>Тестування та внесені в його результаті зміни</b> .....	22
	<b>ВИСНОВКИ</b> .....	24
	<b>ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА</b> .....	25
	<b>ДОДАТОК А</b> .....	27

## ВСТУП

Криптовалюти та блокчейн наразі є прогресивною галуззю, що все більше привертає увагу суспільства. Важливість цього напрямку важко переоцінити: починаючи з Біткоїну, що невпинно набував відомості з часів своєї появи, були розроблені сотні різних криптовалют. Людей приваблюють їх переваги, такі як безпечні цифрові розрахунки, надійна та конфіденційна цифрова власність тощо.

Завдання цієї курсової роботи – реалізувати NFT проект, аналогічний до проекту UACatsDivision на блокчейн-платформі TON. В роботі опрацьовуються такі теми:

- практичне використання криптовалют, особливо – Toncoin;
- розробка з використанням інструментів блокчейну;
- розробка веб-ресурсу з використанням Node.js;
- знаходження привабливих з точки зору клієнта концептуальних та дизайнерських рішень при розробці веб-ресурсу;
- впровадження безпеки при розробці ресурсу, що працює з валютою.

Для потреб реалізації буде детально розібрано теоретичне підґрунтя блокчейну TON та його особливостей.

# 1. ПІДГОТОВКА

## 1.1. Проєкт UACatsDivision

Перш за все, слід детально роз'яснити оригінальний проєкт, на який спирається ця робота.

### 1.1.1 *Опис UACatsDivision*

«UACatsDivision» – проєкт з продажу NFT з метою збору грошей для потреб Збройних сил України (надалі - ЗСУ). Складаються з вебсайту та колекції NFT. Проєкт співпрацює з відомим благодійним фондом United24.

Колекція NFT UACatsDivision базується на платформі Ethereum й містить цифрові зображення котів у солдатській формі з різноманітними атрибутами. Ці зображення репрезентують солдатів ЗСУ й, відповідно, характеризують мету проєкту.

За даними з сайту [uacatsdivision.com](http://uacatsdivision.com), усі кошти, отримані з продажу NFT та роялті з їх перепродажу спрямовуються на благодійні проєкти.

### 1.1.2 *Основні характеристики UACatsDivision*

Ця робота має на меті розробку проєкту, подібного до UACatsDivision, тому спершу слід визначити, які риси UACatsDivision повинен мати ресурс, що розробляється.

- неприбутковість

UACatsDivision спирається на благодійність та неприбутковість; результуючий проєкт має містити ці якості.

- благодійний продаж NFT

Збір коштів мусить бути здійснений шляхом продажу NFT. На відміну від оригінального проєкту, тут NFT мусять спиратися на блокчейн TON.

- веб-ресурс для спрощення дистрибуції NFT

Хоча NFT можна придбати через спеціальний маркетплейс (для Ethereum, до прикладу - OpenSea) без використання власного сайту, для спрощення процесу продажу та донесення до клієнтів мети проєкту мусить бути створений веб-сайт. Також цей підхід не дозволяє дізнатися зображення NFT, яке він отримає.

- актуальність

UACatsDivision спирається на допомогу ЗСУ, що є як ніколи актуальним. Отже, для того, щоби отримати інвестиції, проєкт мусить спиратися на ідею, що є актуальною та має певну увагу з боку суспільства.

## **1.2. Постановка задач розробки**

### *1.2.1. Чим має бути фінальний продукт?*

Отже, спираючись на п. 1.1.2., проєкт щонайменше має складатися з:

- веб-сайту для розповсюдження;
- колекції NFT в блокчейні TON, що підходить під обрану концепцію.

Окрім якостей з п. 1.1.2., додатково виявлено наступні суттєві ознаки:

- проєкт має бути візуально привабливим для потенційного покупця, що потребує уважного підходу до розробки дизайну;
- проєкт має бути оригінальним;
- безпека: слід пам'ятати, що робота з грошима вимагає високого рівня безпеки. Відповідно, сервер мусить добре відповідати на виняткові ситуації й можливі атаки.

### *1.2.2. Попередній план розробки*

Попередній план розробки, який був створений на основі п. 1.1.2. та п. 1.2.1.:

1. Вибрати актуальну тему для проєкту.
2. Ознайомитися з теоретичним підґрунтям TON.

3. Спираючись на вже існуючі продукти, вибрати інструментарій (мови програмування, бібліотеки, фреймворки тощо), який буде підходити під потреби розробки.
4. Створити колекцію NFT.
5. Створити та протестувати серверну частину веб-сайту.
6. Створити клієнтську частину веб-сайту.
7. Остаточне тестування усього ресурсу.

## 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕОРІЇ

### 2.1. Загальне дослідження блокчейну

#### 2.1.1. Блокчейн

Блокчейн – «ланцюг блоків» - спосіб збереження даних у «ланцюг записів», впорядковані за часом, де кожен наступний блок включає хеш попереднього, що гарантує цілісність й незмінність даних. Через ці властивості використовується у криптовалютах. Вперше був застосований в Біткоїні. Зазвичай блокчейн дозволяє відкритий доступ до інформації блоків, а також можливість децентралізованого внесення змін.

#### 2.1.2. TON

The Open Network (раніше Telegram Open Network) – децентралізована комп'ютерна мережа, що базується на власному блокчейні, розробленому спершу командою Telegram. Створена для розробки так званих «децентралізованих застосунків». Її перевага, за даними розробників, у високій швидкості додавання транзакцій в блокчейн.

TON може використовувати до  $2^{92}$  блокчейнів.

На даний момент TON, завдяки реалізації, є «найшвидшим» блокчейном у світі: була задокументована його можливість опрацьовувати понад 100 000 транзакцій на секунду.

### 2.2. Загальні поняття TON

#### 2.2.1. Криптовалюта й Toncoin

Toncoin – вбудована, або власна (native) криптовалюта блокчейну TON. Використовується для надсилання платежів, у якості комісії при виконанні транзакцій, для покупки токенів та ін. Також Toncoin отримують валідатори за надання своїх послуг.



У ході дослідження було виявлено, що Toncoin з початку 2022-го року та до початку 2024-го був стабільною криптовалютою: ціна трималася приблизно на рівні  $2\$ \text{ USD} = 1 \text{ Toncoin}$ . З початку 2024-го року ціна Toncoin стрімко зростає (приблизно на 250%), що сталося головним чином завдяки оголошенню про рекордно високі інвестиції з боку Panthera Capital. Це привернуло увагу нових користувачів і значно підвищило популярність Toncoin. Останнє підтверджує доцільність використання TON у цій курсовій роботі.

Для користування Toncoin, потрібно мати гаманець. Гаманець можна створити за допомогою, до прикладу, програми Tonkeeper

### *2.2.2. Смарт-контракт*

Смарт-контракт, або розумний контракт – алгоритм, призначений для автоматичного виконання умов контракту. Використовується в блокчейні для виконання транзакцій.

У TON смарт-контракти відповідають за виконання транзакцій. Код смарт-контрактів виконується TON Virtual Machine.

### *2.2.3. Telegram Open Network Virtual Machine*

TON Virtual Machine відповідає за виконання смарт-контрактів. Розроблена Миколаєм Дуровим й командою Telegram. Містить усі необхідні інструменти для взаємодії з блокчейном TON й виконує наступні функції:

- читання й обробка вхідних повідомлень;
- обробка інформації;
- створення повідомлень;
- модифікація даних.

Також надає інструменти з типами даних, характерними TON, таких як TON Cell.

#### *2.2.4. TON Cell*

TON Cell (клітина TON) – структура даних у TON, що дозволяє збереження й обробку даних в блокчейні. Усі дані в блокчейні зберігаються у формі TON Cell.

Кожна клітина може зберігати до 1023 бітів даних й до 4-х посилань на інші клітини.

#### *2.2.5. Розподіл mainnet й testnet*

Для спрощення розробки на основі TON, існує розподіл на мережі mainnet (раніше – testnet2) й testnet. У мережі mainnet відбуваються усі справжні транзакції, в той час як testnet використовується з метою тестування. Відповідно, мережа testnet не потребує від розробника зайвих витрат на етапі розробки й тестування.

#### *2.2.6. Валідатори*

Валідатори – програмні засоби, що працюють для досягнення консенсусу в блокчейні. За роботу валідатори отримують частку супровідних коштів транзакції.

В TON валідатори працюють за принципами Proof-of-Stake й Catchain Consensus.

### **2.3. Проблема консенсусу**

Децентралізованість створює проблему досягнення консенсусу. Внесення одночасних змін у блокчейн може призвести до втрати послідовності ланцюгу, або створення «fork»(відгалуженнь). Для захисту від подібних помилок існують механізми для збереження консенсусу.

#### *2.3.1. Proof-of-Stake Consensus*

Proof-of-Stake («підтвердження ставки», «підтвердження ставкою») – це механізм досягнення консенсусу шляхом вибору «вищої ставки». Ймовірність

вибору блоку пропорційна частці криптовалюти, що належить учаснику. Використовується в TON.

### *2.3.2. Catchain Consensus Protocol*

Протокол Catchain був розроблений спеціально для TON. Складається з Block consensus protocol й Catchain protocol. Працює за принципом «спочатку досягається консенсус, і тільки потім створюється блок».

Основна ідея протоколу полягає в голосуванні за блок, якій вийде в блокчейн. При виборі, проводиться голосування серед валідаторів, кожен з яких представляє свій блок-кандидат. Голосування проводиться у декілька раундів; до участі в наступному вибирається кандидат, що зібрав голоси щонайменш від двох третин валідаторів.

Якщо рішення займає забагато часу, приймається «нульовий блок» (null block).

Важлива мета протоколу – протидія спробам валідаторів надати некоректні дані. Валідатор, який був виявлений на подібній спробі, втрачає свою ставку.

## **2.4. Токени в TON**

### *2.4.1. Jetton*

Jetton – вид токenu в TON, стандарт для створення взаємозамінних одиниць у блокчейні TON. Jetton може бути створений будь-ким і використаний у якості валюти. Позиціонується розробниками як криптовалюта на основі Toncoin.

### *2.4.2. NFT*

NFT (Non-fungible token, невзаємозамінний токен) – унікальна цифрова одиниця для підтвердження власності. На відміну від токенів, NFT є невзаємозамінним, що головним чином виражається в тому, що різні NFT не обов'язково мають однакову цінність. NFT, зазвичай, містить посилання на

певний цифровий актив: зображення, відео тощо. Володіння NFT не вважається законною підставою для володіння цифровим активом, проте часто приймається за таку.

У блокчейні TON, NFT розподіляються за колекціями. Зазвичай, колекція є добіркою схожих за концепцією NFT.

#### *2.4.3. Маркетплейси NFT*

Маркетплейс NFT – сервіс для надання послуг з розповсюдження NFT. Зазвичай складається з веб-сайту, що надає графічний інтерфейс для покупки й продажу NFT.

Одними з найвідоміших маркетплейсів NFT у TON є TON Diamonds та Getgems.

## 3. РОЗРОБКА

### 3.1. Вибір теми

З метою дотримання оригінальності, було вирішено не використовувати ідею допомоги армії, як у UACatsDivision. Вибір оригінальної теми потребує спершу вивчення актуальних у сучасному світі галузей, яким може знадобитися грошова підтримка та які є цікавими для покупців. До прикладу, такими галузями є:

- розробка та впровадження новітніх ліків, медичного обладнання тощо;
- допомога сім'ям за межею бідності;
- сучасні проєкти дослідження космосу;
- проєкти зі збереження навколишнього середовища тощо.

Зрештою, було вирішено зупинитися на останньому, а саме на підтримці проєктів, що так чи інакше покликані протидіяти глобальному потеплінню та змінам у навколишньому середовищі. Рішення спирається, головним чином, на те, що проблема глобального потепління уже багато десятиліть є джерелом побоювань з боку суспільства, й потенційно не втратить актуальності в майбутньому.

### 3.2. Використана теорія

Ознайомлення з теорією мало наступний результат для проєкту:

#### 3.2.1. *NFT*

В результаті огляду NFT у маркетплейсі Getgems було виявлено, що зазвичай для забезпечення водночас масового створення унікальних NFT та зменшення вартості їх створення, автори вдаються до таких методів:

1. Автоматична генерація NFT програмними засобами.
2. Використання фотографій в якості змісту NFT.

### 3. Генерація зображень для NFT засобами штучного інтелекту.

До прикладу, в колекції UACatsDivision зображення котів створюються автоматично з великої кількості різних атрибутів. Для генерації зображень використовуються 8 різних видів атрибутів, комбінація яких створює унікального кота.

В цій роботі також було вирішено створити та використати власний генератор NFT.

#### 3.2.2. *Testnet*

У цій роботі було вирішено використати мережу testnet для спрощення розробки. Розробка в mainnet потребує супровідних видатків, у той час як перехід проєкту на mainnet можна здійснити по завершенню тестування.

### 3.3. Інструменти

#### 3.3.1. *Мови програмування*

Більшість розробок на основі Toncoin, судячи з відкритих Git-репозиторіїв та інших матеріалів у відкритому доступі, використовує JavaScript або TypeScript - ймовірно, через наявність великої кількості бібліотек та через спрощення інтеграції з веб-ресурсами. У цій роботі для взаємодії з блокчейном було вирішено використати JavaScript.

Для розробки клієнтської частини веб-сайту були використані HTML й CSS для відображення сторінки та JavaScript для клієнтських скриптів.

Для розробки серверної частини використано JavaScript.

Для генератору NFT було використано мову Java, яка має хороші вбудовані можливості для роботи з зображеннями.

Для автоматизації процесу створення NFT-контрактів (NFT minting, дослівно – «Карбування NFT») використано JavaScript.

### 3.3.2. Середовища розробки

Були використані два середовища розробки: IntelliJ IDEA та WebStorm.

### 3.3.3. Малювання зображень для NFT

Для малювання атрибутів NFT була використана програма Krita. Вибір зумовлений тим, що програма є безкоштовною та має відкритий код.

### 3.3.4. Бібліотеки й фреймворки

- Серверна частина

Для створення серверного коду було використано Node.js й Express. Це дозволило спростити код та роботу зі сторонніми бібліотеками.

Для роботи з TON були використані бібліотеки tonweb та tonweb-mnemonic. Додатково був використаний фрагмент коду AccountSubscription з GitHub-репозиторію toncenter/examples від розробників tonweb (ліцензія MIT з дозволом на вільне використання й модифікацію).

- Клієнтська частина

Наступні бібліотеки були використані для розробки клієнтської частини:

- tonconnect/ui – бібліотека для підключення та використання гаманців TON;
- sweetalert2 – гарні alert-повідомлення на сайті;
- bootstrap – загальна бібліотека для поліпшення зовнішнього вигляду веб-сайтів. У роботі використовується для відображення галереї.

- Генератор NFT

У коді генератора NFT були використані лише бібліотеки з JDK (Java Development Kit) для читання/запису файлів.

- NFT minting

Для автоматичного додавання NFT у блокчейн використано бібліотеки tonweb й tonweb-mnemonic; для роботи з файлами (читання назв зображень для NFT, запис інформації про NFT у json-файли) використана бібліотека fs.

### *3.3.5. Додаткові інструменти*

Окрім переліченого в п. 2.3.1. – 2.3.4., був створений окремий репозиторій GitHub для збереження метаданих про NFT.

## **3.4. Колекція**

### *3.4.1. Тематика колекції*

Тематика колекції, як і в UACatsDivision, мусить перегукватися з темою всього проєкту. У якості тематики для колекції цієї роботи було обрано «Екземпляри чистої води» (назва колекції – «Water samples»), що символізує результат покупки NFT як позитивний для природи. Гасло – «Pure digital water!»

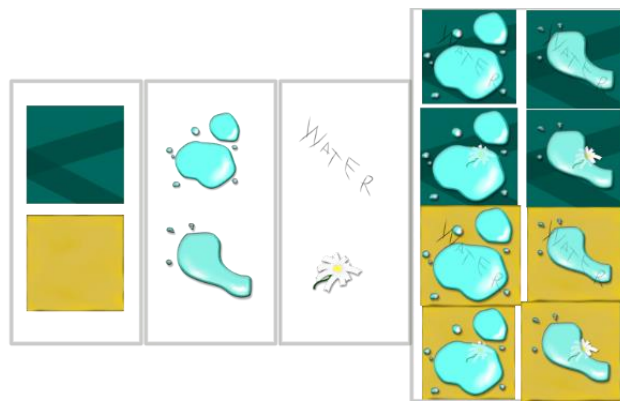


*Мал.1. Приклад NFT з колекції.*



### 3.4.2. Створення атрибутів NFT

У різних колекціях відрізняються кількість атрибутів NFT та їх типи. У колекції UACatsDivision у кожного NFT наявні наступні атрибути: броня, фон, одяг, обличчя, аксесуар на обличчі, шерсть, руки й головний убір. У колекції «Water samples» наявні всього три атрибути: фон, форма екземпляру та декорація. Всього існує по 8 різновидів кожного атрибуту, що дозволяє створити колекцію з 512 різних NFT. Додавання всього 2-х нових різновидів кожного атрибуту може довести кількість NFT в колекції до 1000; додавання нового атрибуту може збільшити загальну кількість в рази, що дозволить легко розширити колекцію у випадку її вичерпання.

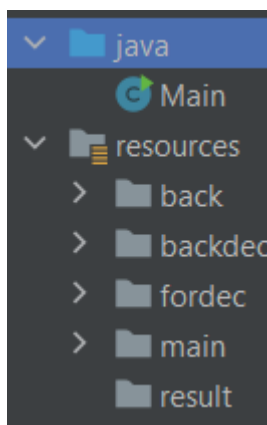


Мал. 2. 2 атрибути кожного з 3-х видів генерують 8 різних зображень

### 3.4.3. Генератор зображень NFT

Генератор NFT працює за простим принципом накладання зображень. Для кожної комбінації атрибутів послідовно накладаються зображення фону, основне зображення та декорація. Для естетичного вигляду декорації можуть отримати ефект напівпрозорості: така декорація при накладанні на воду починає виглядати так, наче вона знаходиться всередині води.

Генератор вибирає усі можливі комбінації атрибутів, які знаходяться у відповідних директоріях, накладає їх й зберігає в новий файл з назвою виду \*форма\*\_\*фон\*\_\*декорація\*.png, що дозволяє потім легко конвертувати цю назву назад у набір атрибутів.



*Мал. 3. Структура проєкту, де Main – сама програма, директорії back, backdec, fordec, main містять зображення атрибутів, result містить згенеровані зображення.*

#### 3.4.4. NFT minting

У проєкті UACatsDivision NFT генеруються та додаються в блокчейн «на льоту»: щойно користувач сплачує необхідну суму, починається генерація випадкового NFT. У цій роботі підхід інакший: усі NFT завчасно згенеровані, й після проведення транзакції користувачу пересилається випадковий NFT з уже наявних. Такий підхід збільшує початкові видатки у зв'язку з комісією за NFT minting, але дозволяє не витратити час на генерацію потім та переглядати повний вміст колекції.

Для «карбування» NFT використовуються дві утиліти: перша – image-reader, - на основі зображень з генератора NFT створює json-файли з метаінформацією, яка необхідна для подальшого процесу; друга – nft-deployer, - відповідає за створення контракту.

Що важливо, для кожного NFT мають існувати веб-ресурси, в яких знаходяться відповідні файли з метаінформацією про NFT й відповідна йому цифрова власність. У якості такого ресурсу, в цій роботі використано GitHub Pages, який забезпечує безперешкодний доступ до всіх зображень NFT та json-файлів з інформацією.

### **3.5. Розробка back-end**

#### *3.5.1. Сервер*

З точки зору загальної архітектури, сервер взаємодіє з клієнтами та TON Арі, причому комунікація між клієнтом та сервером є мінімальна. Сервер надає клієнтам лише веб-сторінку та інформацію, потрібну для покупки NFT (ціна, адреса гаманця, доступність сервісу), а через TON Арі отримує дані про транзакції, колекцію та окремі NFT, створює контракти для передачі власності NFT. Сервер не отримує ніякої інформації про здійснену транзакцію від клієнта напряму, але завдяки підписці на рахунок отримує від TON Арі дані по завершенню транзакції. Це дозволяє додати трохи більше безпеки, оскільки клієнт не має «звітувати» про оплату.

#### *3.5.2. Відстеження транзакцій*

Через підписку на рахунок сервер отримує дані про всі останні транзакції. Далі він може опрацювати та валідувати кожну з них окремо.

#### *3.5.3. Валідація транзакцій*

Валідація транзакцій покликана не допустити надсилання NFT у відповідь на некоректну транзакцію, але визначити й відправити на опрацювання валідну.

Основні випадки транзакцій, які вважаються невалідними:

- сума отриманої транзакції не відповідає встановленій ціні NFT;
- джерелом транзакції є сам сервер (до прикладу, коли отримана транзакція – надсилання клієнтові NFT);
- транзакція вже була опрацьована сервером. Головний спосіб протидії повторній перевірці вже опрацьованої транзакції – збереження її хешу на короткий проміжок часу.

### *3.5.4. Надсилання NFT*

У відповідь на валідну транзакцію, сервер обирає випадкове NFT з наявних. При цьому, проводяться наступні перевірки:

- NFT не було надіслане сервером протягом останнього часу;
- NFT все ще належить гаманцю сервера (якщо, до прикладу, адміністратор надіслав NFT в обхід сервера, і дані про це не збереглися в стеці надісланих NFT).

Якщо одна з цих перевірок не пройдена, NFT прибирається зі списку допустимих до відправки, й натомість обирається інше.

Після вибору NFT, сервер робить спробу надіслати NFT клієнтові, використовуючи адресу відправника з транзакції, за якою були надіслані кошти, у якості отримувача. При цьому NFT супроводжується доти, доки воно не перестане бути власністю гаманця сервера. Це робиться, щоб підтвердити, що NFT дійсно було надіслано. У випадку, коли за окреслений час NFT все ще залишається власністю сервера, робиться кілька повторних спроб надіслати його отримувачу. Зазвичай, такі ситуації трапляються, коли гаманець намагається провести кілька транзакцій за короткий період часу, тому не може виконати деякі з них.

## **3.6. Розробка front-end**

### *3.6.1. Архітектура*

Цей веб-сайт не зобов'язаний бути складним, тому було вирішено зробити його односторінковим. На єдиній сторінці міститиметься вся інформація й панель покупки NFT.

### *3.6.2. Візуальна складова*

Від привабливості зовнішнього вигляду веб-сайту часто залежить, чи вирішить людина стати покупцем, чи ні. Для привернення уваги клієнтів було вирішено відійти від класичних практик й стилів оформлення веб-сайту. При

цьому, довелося шукати «золоту середину» між практичністю та цікавим дизайном. Врешті решт, було розроблено дизайн, що нагадує повідомлення текстового чату або різнокольорові дошки. Для розробки такого стилю вистачило засобів CSS, без необхідності використання таких бібліотек, як React.

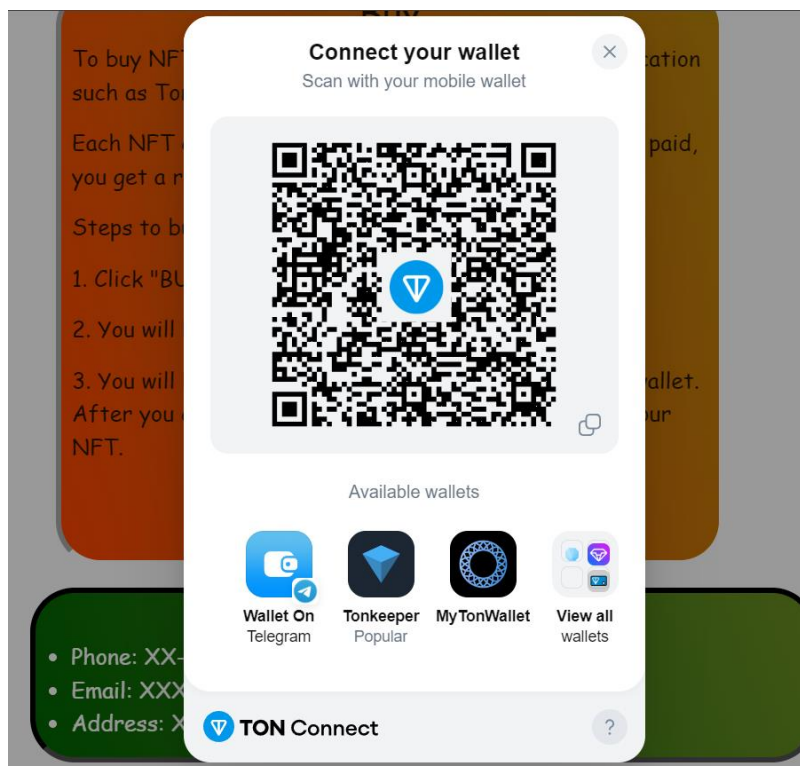


Мал. 4. Скріншот з сайту.

### 3.6.3. Tonconnect й транзакції

Уся робота з блокчейном на сторінці відбувається за допомогою бібліотеки tonconnect. Вона використовується для підключення гаманця (у тому числі, для відображення вікна підключення гаманця) та для виконання транзакцій.

Для того, щоб впевнитися, що транзакція буде опрацьована сервером, спершу виконується запит для отримання поточної інформації (ціна NFT, чи залишилися ще NFT тощо). Якщо сервер не відповідає або не має достатньої кількості NFT, відображається відповідне повідомлення.



*Мал. 5. Вікно Tonconnect. Дозволяє просту інтеграцію програм керування гаманцем TON.*

Такий підхід, не зважаючи на заходи безпеки, має суттєву ваду: якщо сервер перестане працювати під час виконання транзакції або протягом найближчих секунд, її не буде скасовано й NFT не буде надіслано клієнтові автоматично. Проте ймовірність подібної ситуації низька, й ненадіслане NFT може бути відправлене вручну адміністратором.

### **3.7. Тестування та внесені в його результати зміни**

По завершенню виконання проєкту було проведене тестування звичайних та критичних ситуацій.

- одна коректна транзакція

Результат: NFT правильно надіслано протягом хвилини.

- одна транзакція з неправильною кількістю коштів

Результат: NFT не було надіслане.

- декілька коректних транзакцій одночасно

Результат: деякі NFT не були надіслані. Було додане повторне надсилання NFT. Повторний тест не виявив проблем окрім короткої затримки в надсиланні деяких NFT.

В якості альтернативи, можна використати HighloadWallet для подолання проблеми. Він працює краще в умовах великого навантаження на гаманець.

- повернення NFT на сервер

Результат: NFT повернуте, але не використовується повторно в зв'язку з тим, що воно занесене у список надісланих. Проблема проігнорована, оскільки не є суттєвою й не може призвести до збоїв у роботі.

## ВИСНОВКИ

В ході виконання цієї роботи були розібрані такі теми:

- Теорія блокчейну;
- TON й розробка в блокчейні;
- автоматизована генерація зображень;
- розробка веб-сайту засобами Node.js, HTML, JavaScript.

Були розроблені:

- генератор NFT;
- власна колекція NFT в мережі testnet;
- веб-сайт для розповсюдження NFT.

Головний висновок такий: розробка на основі блокчейну є одночасно актуальною, цікавою й технічно складною задачею. Вона потребує від розробника уваги до деталей та впровадження високого рівня безпеки. Хоча записи в блокчейні самі по собі створюють певний рівень безпеки, вони теж мають свої недоліки й вразливості. Розробнику завжди потрібно робити поправку на час, потрібний для виконання транзакцій, особливо в умовах перевантажених ресурсів.



## ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Веб-сайт UACatsDivision [Електронний ресурс] – Режим доступу:  
<https://uacatsdivision.com/uk>
2. Стаття Pantera Capital на тему «TON, Our Largest Investment Ever» [Електронний ресурс] – Режим доступу:  
<https://panteracapital.com/blockchain-letter/ton-our-largest-investment-ever/>
3. Стаття Миколая Дурова на тему «Catchain Consensus: An Outline» [Електронний ресурс] – Режим доступу:  
<https://docs.ton.org/catchain.pdf>
4. «The Open Network» [Електронний ресурс] – Режим доступу:  
<https://ton.org/primer.pdf>
5. Стаття Миколая Дурова на тему «Telegram Open Network Virtual Machine» [Електронний ресурс] – Режим доступу:  
<https://ton.org/tvm.pdf>
6. Маркетплейс OpenSea: колекція UACatsDivision [Електронний ресурс] – Режим доступу:  
<https://opensea.io/collection/uacatsdivision>
7. Маркетплейс Getgems (testnet) [Електронний ресурс] – Режим доступу:  
<https://testnet.getgems.io>
8. CoinMarketCap: ціна TonCoin [Електронний ресурс] – Режим доступу:  
<https://coinmarketcap.com/uk/currencies/toncoin/>
9. GitHub-репозиторії Toncenter [Електронний ресурс] – Режим доступу:  
<https://github.com/toncenter>

10. GitHub-репозиторії й документація Tonconnect [Електронний ресурс] –  
Режим доступу:

<https://github.com/ton-connect/>

11. Стаття «Cells as Data Storage» [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://docs.ton.org/learn/overviews/cells>

## ДОДАТОК А

Додаток А містить посилання на веб-ресурси, які були створені окремо від проекту.

1. Розроблена колекція NFT:

<https://testnet.getgems.io/collection/EQCSD64DbT2tEJtPjCidwrAl8yP4oH9uH0OTtbHaTphCLGqk>

2. Репозиторій GitHub для збереження метаданих:

<https://github.com/watonnft/watonnft.github.io>