

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет комп'ютерних наук, фізики та математики**  
**Кафедра комп'ютерних наук та програмної інженерії**

**ФОРМАЛІЗАЦІЯ ОСВІТНЬОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ**  
**ВИБОРУ КУРСІВ ТЕХНОЛОГІЯМИ ТОКЕНІЗАЦІЇ**

**Кваліфікаційна робота (проект)**  
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Виконала: студентка 2-М курсу 161 групи  
Спеціальності 126 Інформаційні системи та  
технології

Освітньо-професійної (наукової)  
програми Інформаційні системи та технології  
Льїна Інна Вікторівна

Керівник: д.фіз.-матем.н., професор Песчаненко  
Володимир Сергійович

Співкерівник: доцент, кандидат педагогічних  
наук Вінник Максим Олександрович

Рецензент: дослідник ТОВ «ГАРУДА.AI»  
Полторацький Максим Юрійович

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>3</b>
<b>РОЗДІЛ №1. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН ТА ТОКЕНОМІКИ.....</b>	<b>6</b>
1.1. ТЕХНОЛОГІЯ БЛОКЧЕЙН .....	6
1.2. ТОКЕНІЗАЦІЯ ТА ЇЇ ОСОБЛИВОСТІ .....	10
1.3. ОГЛЯД ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН В ОСВІТІ .....	17
<b>РОЗДІЛ №2. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ .....</b>	<b>23</b>
2.1. ОПИС ОСНОВНОГО ФУНКЦІОНАЛУ ІНСТРУМЕНТУ ІНСЕРЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ – MODEL CREATOR. ....	23
2.2. РІВНІ АБСТРАКЦІЇ У МОДЕЛІ ПРОЗОРОЇ СИСТЕМИ ОСВІТИ КРАЇНИ .....	37
2.3. МОДЕЛЬ УНІВЕРСИТЕТУ .....	46
2.4. МОДЕЛЬ ОСВІТНЬОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ВИБОРУ КУРСІВ ТЕХНОЛОГІЯМИ ТОКЕНІЗАЦІЇ.....	52
<b>РОЗДІЛ №3. ФОРМАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ НАДАННЯ ОСВІТНІХ ПОСЛУГ .....</b>	<b>61</b>
3.1. ФОРМАЛІЗАЦІЯ ФРАГМЕНТУ МОДЕЛІ ТОКЕНОМІКИ.....	61
3.2. РЕАЛІЗАЦІЯ ЧАСТИНИ МОДЕЛІ ОСВІТНЬО-ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ВИБОРУ КУРСІВ.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>79</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>81</b>

## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** Технологія блокчейн існує вже досить давно, і все ще активно перебуває в центрі уваги. В сучасний бурхливий розвиток суцільної комп'ютеризації світ перейшов від сприйняття блокчейна як ключової технології, що стоїть за криптовалютами, до технології, яка має потенціал у нових галузях, в тому числі таких як освіта. Хоча технологія досягла певного успіху в різних сферах, вона все ще перебуває на початковій стадії «прототипування» в освітній галузі.

Роль цієї технології у світовому економічному ландшафті зростає з високою швидкістю. Враховуючи те, що освіта впродовж життя стає все більш необхідною у світі, який рухається швидкими темпами технологічного прогресу, потреба в токенизації освіти також може зрости.

Блокчейн в освіті слід сприймати, як інноваційну технологію, яка може забезпечити цінність у широкому діапазоні освітніх процесів — зробити навчання більш захоплюючим і ефективним, скоротити витрати та забезпечити підвищену безпеку та конфіденційність. Тема нашої роботи знаходиться в рамках напрямів наукових досліджень кафедри комп'ютерних наук та програмної інженерії: «Кібербезпека та інсерційне моделювання» (проф. В.С. Песчаненко) та «Криптоекономіка та блокчейн» (проф. В.С. Песчаненко, проф. В.М. Кобець). Кваліфікаційна робота є результатом договору «Договір №1/2022 від 1 листопада 2022 року» на освітню послугу науково-дослідної теми «Токенизація освіти», яка реалізується в рамках системи інсерційного моделювання (IMS), розробленої в Інституті кібернетики ім. Глушкова НАН України.

Незважаючи на те, що деякі науковці проаналізували та вже застосували технології блокчейн у освітній сфері, наскільки нам відомо, не було проведено жодного дослідження щодо можливої взаємодії між застосуванням цієї нової технології, включаючи цифрові токени та створення нових моделей.

В останні роки все більше і більше компаній і стартапів, особливо в технологічному секторі, розглядають або вже реалізували можливість винагороджувати своїх співробітників токенами.

Токенізація освіти може стати наступним кроком у підвищенні привабливості та інноваційності в освіті. Токени на базі блокчейну пропонують можливість значно підвищити мотивацію та залучення студентів та співробітників університету до навчання та в цілому до роботи. Токенізація освіти передає контроль в руки студентів та викладачів і надає їм інноваційну техніку набуття навичок, необхідних для прискорення професійного розвитку.

Зробити деякі фундаментальні роздуми та здійснити перевірку, стосовно впровадження ми можемо за допомогою моделі.

Таким чином, актуальність проблеми впровадження токенів в роботу університетів та об'єктивна необхідність підвищення якості навчання та роботи зумовили вибір теми дипломного дослідження: **«Формалізація освітньої інформаційної системи вибору курсів технологіями токенізації»**.

**Мета дослідження.** Дослідити використання методів інсерційного моделювання для аналізу та верифікації моделей токенізації освіти. Зробити формалізацію моделі та дослідити її основні властивості.

Досягнення мети дослідження передбачає розв'язання таких завдань:

1. Дослідити перспективи застосування технологій блокчейн в освітньому секторі.
2. Вивчити потенційні можливості, проблеми і загальні наслідки впровадження блокчейну в освітній сектор.
3. Розглянути рівні абстракції моделі освітньої еко-системи та розбити її на деталізовані моделі.
4. Спроекувати модель освітньої інформаційної системи вибору курсів, визначити основних агентів, описати ключові дії та поведінку, створити дизайн поведінки агентів в рамках моделей.
5. Зробити формалізацію фрагменту моделі освітньої інформаційної системи вибору курсів.

6. Створити власний токен.

**Об'єкт дослідження** – освітня платформа

**Предмет дослідження** – інсерційне моделювання для аналізу «бізнес вимог» в освітніх платформах з використанням технологій токенізації.

Структура роботи зумовлена логікою дослідження і складається зі 82 сторінок: вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел.

## РОЗДІЛ №1. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН ТА ТОКЕНОМІКИ

### 1.1. ТЕХНОЛОГІЯ БЛОКЧЕЙН

Блокчейн — це бурхлива технологія, яка активно досліджується. За допомогою цієї технології можна записувати та зберігати дані в мережі комп'ютерів, які не належать одній особі та регулюються криптографічними правилами, а також використовуються для забезпечення децентралізації через Інтернет. Простіше кажучи, це децентралізована технологія, яка використовується для зберігання та захисту цифрових записів. Децентралізація означає, що ніхто не має повних повноважень або контролю над мережею, а повноваження розподіляються між користувачами, які її використовують.

З кожним роком блокчейн стає все популярнішим, лише за 10 років у системі блокчейн було здійснено п'ять основних інновацій, які зробили величезний прорив. Це[4] :

- Винахід Bitcoin (Сатоші Накамото винайшов біткойн у 2009 році, з метою створення альтернативи фіатній валюті).
- Відокремлення блокчейна від біткойна (відбулося перепрофілювання блокчейну для використання в додатках для охорони здоров'я, страхування, ланцюгів поставок, голосування тощо).
- Винахід розумних контрактів (забезпечення можливість використовувати блокчейн для обміну безпосередньо та без посередників).
- Перехід на майнінг Proof-of-Stake (Майнінг — це процес, за допомогою якого створюються нові блоки та перевіряються транзакції. Це дало змогу майнерам заробляти кошти за підтримку мережі біткойн).

- Зосередженість на рішеннях для масштабування блокчейну (масштабованість є однією з обмежень блокчейну, оскільки транзакції повинні оброблятися всіма комп'ютерами в мережі блокчейн, швидкість транзакцій може бути низькою. Розробники працюють над вирішенням цієї проблеми, яка може передбачати визначення мінімальної кількості комп'ютерів, необхідних для перевірки транзакцій без шкоди для безпеки).

Існує чотири типи блокчейнів[32]:

#### 1. Публічні блокчейни.

Їх ще називають загальнодоступні блокчейни — це відкриті децентралізовані мережі комп'ютерів, доступні для будь-кого, хто бажає надіслати запит або підтвердити його.

Публічні блокчейни використовують механізми консенсусу «доказ роботи» або «доказ частки». Два поширені приклади загальнодоступних блокчейнів включають блокчейни Bitcoin та Ethereum (ETH).

#### 2. Приватні блокчейни.

Приватні блокчейни мають обмеження доступу. Люди, які хочуть приєднатися, потребують дозволу від системного адміністратора. Зазвичай ними керує одна організація, тобто вони централізовані. Наприклад, Hyperledger — це приватний дозволений блокчейн.

#### 3. Гібридні блокчейни або консорціуми

Консорціуми являють собою комбінацію публічних і приватних блокчейнів і містять централізовані та децентралізовані функції. Наприклад, Energy Web Foundation, Dragonchain і R3.

#### 4. Бічні ланцюги (SideChain)

Сайдчейн — це блокчейн, що йде паралельно основному ланцюгу, який дозволяє користувачам переміщувати цифрові активи між двома різними блокчейнами та покращує масштабованість і ефективність. Прикладом сайдчейна є Liquid Network.

Без подальших зволікань, давайте познайомимося з деякими основними функціями блокчейну[1]:

#### 1. Незмінність.

Технологія блокчейн має досить багато можливостей, але незмінність, безсумнівно, є однією з ключових. Блокчейн не покладається на жодні централізовані повноваження, оскільки функціонує через набір вузлів. Кожен вузол у системі містить копію цифрової книги та перевіряє її дійсність перед здійсненням кожної транзакції. Тому процес прозорий і не корупційний. Таким чином, жоден користувач у мережі не може видалити, редагувати чи оновлювати його. Це сприяє прозорості та захищає від корупції.

#### 2. Децентралізованість.

Мережа є децентралізованою, що означає, що вона не має керівних органів або однієї особи, яка стежить за структурою. Оскільки система не потребує жодних керівних повноважень, ми можемо отримати прямий доступ до неї з Інтернету та зберігати там наші активи, за допомогою блокчейну ви матимете прямий контроль над ними за допомогою свого закритого ключа[5].

#### 3. Покращена безпека.

Використання шифрування забезпечує ще один рівень безпеки для системи. Надійний рівень захисту блокчейну створює криптографія. Криптографія - це досить складний математичний алгоритм, який діє як брандмауер для атак.

Мережа блокчейн працює на основі криптографічних підписів, які унеможливають підробку або зміну даних, що зберігаються в блоках. Вся заслуга належить відкритому та зрозумілому режиму, який дозволяє кожному користувачеві бути стороннім спостерігачем.

#### 4. Розподілені облікові книги.

Оскільки облікова книга в мережі підтримується всіма іншими користувачами системи, то це розподілило обчислювальну потужність між комп'ютерами для забезпечення кращого результату. Так як ніхто не може змінити реєстр, і все оновлюється дуже швидко, відстежувати, що відбувається в реєстрі дуже легко. Ніхто в мережі не може отримати жодних спеціальних привілеїв від



мережі, щоб функції блокчейну працювали, кожен активний вузол повинен підтримувати облікову книгу та брати участь у перевірці.

#### 5. Консенсус.

Кожен блокчейн процвітає завдяки консенсусним алгоритмам.

Консенсус — це процес прийняття рішень групою вузлів, активних у мережі.

У всьому світі існує багато різних консенсусних алгоритмів для блокчейнів. Кожен має свій власний унікальний спосіб прийняття рішень. Важливо, щоб кожен блокчейн мав консенсусний алгоритм, для підтвердження децентралізації інакше його основна цінність буде втрачена.

#### 6. Швидкий розрахунок.

Традиційні банківські системи та транзакції займають досить багато часу, тоді як платформа блокчейн пропонує швидший розрахунок, і користувач може переказувати гроші відносно швидше.

Система смарт-контрактів дозволяє швидше проводити розрахунки за будь-якими видами контрактів. Це одна з найкращих переваг функцій блокчейну на сьогоднішній день.

#### 7. Однорангова мережа.

У кожній транзакції блокчейна беруть участь лише дві сторони: одержувач і відправник. Немає потреби в авторизації третьої сторони, як у банку чи фінансовій установі. Під час обміну активами та грошима технологія блокчейн забезпечує всі повноваження[6].

Отже, технологія блокчейн вдосконалюється з кожним днем і має потенційне майбутнє в найближчі десятиліття. Поява цієї мережі виявилася потужним поєднанням конфіденційності, прозорості та безпеки. Наша команда розуміє наскільки величезний потенціал кар'єрного зростання пропонує цей сектор, тому ми вирішали заглибитися у вивчення цього напрямку та застосувати його практично у сфері освіти.

## 1.2. ТОКЕНІЗАЦІЯ ТА ЇЇ ОСОБЛИВОСТІ

Сучасний розвиток цифрової економіки призвів до практичної реалізації цифрової трансформації всіх аспектів людської діяльності, включаючи як виробничу, так і соціальну сфери. В даний час технології розвиваються дуже стрімко і постійно збільшують обсяг отриманої, переданої та збереженої інформації. У зв'язку з цим тема токенізації набула величезного значення в останні роки [7].

Пропонуємо детально розглянути наступні визначення, для подальшого розуміння нашої ідеї:

- Токен – алгоритм, реалізований у вигляді смарт-контракту на блокчейні: платіжні токени: з символом валюти, зосереджені на обміні цінності – корисні токени: представляють право або послугу, фокусуються на використанні [11].
- Токенізація – процес заміни конфіденційних даних на унікальні ідентифікаційні символи, які зберігають всю важливу інформацію про дані без шкоди для їх безпеки [16].
- Токенізація навчання – освітній вміст, дії, взаємодії виконуються як загальний продукт між учасниками, відображаються та керуються в блокчейні за допомогою маркерів. Маються на увазі різні стратегії гейміфікації та нові децентралізовані моделі навчання та співпраці, прийняті користувачами системи [31].

Тепер розглянемо основну функціональність токенів:

- зберігається в гаманці криптовалюти;
- передається іншим користувачам. Токенами керують за допомогою смарт-контрактів, які дозволяють передати активи іншій особі;
- випускається будь-ким за умови того, що задано певні параметрів: найменування, символ, вартість та загальна кількість випущених монет;
- власники токенів можуть не тільки отримати будь-які послуги за нього, а також мати право голосу та брати активну участь у подальшому розвитку компанії;

- використовується як засіб платежу між учасниками певної системи;
- діє як цифровий актив. Наприклад, купивши токен, ви маєте право володіти цифровим продуктом компанії;
- може служити одиницею виміру. З його допомогою ви можете враховувати кількість APS-викликів та завантажень на торренті;
- він використовується як винагорода за будь-які дії (за користування платформою, за участь у програмах та ін.).

З появою різних стартапів blockchain та ICO, токени почали змінюватись у своїх функціях та набували власної специфіки. Залежно від мети, застосування, правового статусу, технічного рівня та базової цінності їх почали ділити на кілька категорій. Деякі категорії ще не врегульовані, а інші, навпаки, мають дуже суворі межі регуляторів. Токени можна поділити Utility-токени, Security-токени та платіжні токени або криптовалюти. Розглянемо кожні з них окремо. Utility-токени Utility-токени — найпоширеніший тип токенів. Вони використовуються як частина лише одного блокчейн-проекту. Утилітарні токени передбачають різні пільги для інвесторів [1].

Як правило, за допомогою таких токенів люди можуть користуватися товарами чи послугами, які компанія планує запуснути в рамках свого проекту. Ці монети також передбачають знижки та преміальний доступ до певних послуг. Однак, купуючи корисні Utility - токени інвестор не отримає права володіти будь-якими активами компанії, будь то акції, майно чи продукція компанії. Зазвичай компанія випускає «корисні» токени в обмеженій кількості, щоб збільшити їх популярність, внаслідок чого обмінний курс зростає. На сьогоднішній день фінансові регулятори досі не чіпляються до utility-токенів, тому що вони не призначені для інвестування. Ось чому багато стартапів blockchain позначають свої токени як утилітарні, щоб уникнути проблем із законом [38].

Токенізація активів — це процес випуску токенів (зазвичай securityтокенів), який цифровим чином представляє реальний товарний актив. Цей процес зазвичай подібний до сучасної сек'юритизації, тобто створення securityтокенів.

Ці токени створюються за допомогою ICO (initial token offering), що іноді називають STO (security token offering), щоб відрізнити від інших типів ICO. STO може бути використане для створення цифрового представлення активів [40].

Токенізація може звучати як щось складне, але основний її принцип простий. Це процес заміни конфіденційних фрагментів даних маркерами (токенами), які є унікальними ідентифікаторами, що зберігають частину конфіденційних даних та захищають їх. По факту, процес використання унікальних ідентифікаційних символів замість конфіденційних даних із збереженням усієї вихідної інформації, що міститься в даних, і є токенізація [37].

Токенізація має широкий спектр застосувань. Токени відіграють важливу роль у різних сферах і нещодавно були прийняті стартапами, які прагнуть обійти складний і дорогий аудит і регуляторний тягар, пов'язаний із традиційними моделями фінансування через банки або венчурних капіталістів [40].

Досліджуючи токеноміку ми помітили, що випадки токенизації в питаннях сталого розвитку зростають, однак токенизація в освіті зустрічається відносно рідко. Оскільки вища освіта, незалежно від того, під яким кутом її аналізують, перебуває в центрі драматичних змін у всьому світі, а огляд попередніх досліджень породив припущення припущення, що блокчейн може допомогти оживити та стимулювати інновації у просторі вищої освіти.

У поєднанні з іншими операційними перевагами, які можна отримати завдяки подальшому впровадженню блокчейну, інтеграція токеноміки у традиційну освітню структуру може дозволити закладам вищої освіти та викладачам, які в них працюють, скористатися можливостями, створеними блокчейном.

Вища освіта, за браком кращого слова, є великим бізнесом, і, як і більшість інших видів бізнесу, вона має унікальну одиницю вартості. На нашу думку, створення спеціалізованої галузевої токенизованої платформи може

бути корисною як для студентів, науковців так і для установ загалом. «Токенізація» – це майбутнє економіки, де кожна людина та компанія мають свій власний токен, не винятком є і університети [45].

Сьогодні закладам вищої освіти важливо будувати сучасні університети, впроваджуючи інновації та прогресивні технології, які дуже важливо використовувати самим перспективним чином та в найшвидшій терміні. Ми вважаємо, що саме від ВНЗ залежить яким буде фінансове майбутнє країни, тому запровадження технологій токенізації в освіту може кардинально поліпшити її рівень.

Токеноміка, простими словами це процес в ході якого користувач або купує токени за кошти, або продає токени – отримує гроші.

В нашій системі користувач за токени може купити курси, скористатися послугами, надати кошти як вклад у стартапи, проспонсорувати та багато інших варіантів, які ми вкажемо, коли ми будемо описувати моделі.

В ході реалізації моделі, користувач зможе не тільки купити токени на біржі, а й заробити їх, наприклад стипендія або заробітня плата.

Ще одним нюансом токеноміки є те, що користувачу токенів не вигідно відразу продавати на біржі та міняти їх на гроші (далі фіат), оскільки є можливість заробити на їх вдержанні (майнінг, стейкінг, фармінг).

Стейкінг:

Це процес коли користувач залишає гроші на зберігання, а при цьому отримує відсотки [19].

- Користувач приходить на біржу та купує токени;
- Покладає їх на депозит;
- Отримує від цього відсоток щомісячно.

Фармінг [33]:

Це процес, коли користувач є співвласником пулу ліквідності.

- Користувач приходить на біржу та купує токени;
- Покладає їх в Pool (гаманець, певний рахунок);

-Отримує від цього відсоток щомісячно.

Майнінг:

Діяльність, яка схожа на гру, в ході якої користувач здійснює обробку даних та операцій та змагається з іншими майнерами. В результаті майнеру нараховується винагорода у вигляді криптовалюти або її частини за певну кількість оброблених транзакцій.

Розглянемо детальніше процес продажу токенів.

Існує два види біржі: централізована та децентралізована [18].

### 1. Централізована.

-Користувач приходить на біржу та хоче продати токени ( при цьому токени, як певні жетони знаходяться на руках) за встановлену біржою ціну, але при цьому може торгуватися.

-Користувач приходить на біржу та хоче купити токени за ціною біржі. При цьому над цією операцією працюватимуть робітники біржі та менеджери.

Процес довгий, дуже не зручно, і при цьому є висока вирогідність бюрократії. Ми бачимо, що цей процес доволі складний.

### 2. Децентралізована.

Токени не приносять, вони знаходяться у відповідно створеному Pool, у який кладуть ліквідні пари (токени+гроші).

Детальніше про те, як працює Pool:

#### 1. Купівля:

Завели Pool – поклали ліквідну пару. Не потрібно чекати продавці, прийшов на біржу, є пул – є можливість купити токени, все просто.

-Користувач купує токени в Pool (на біржі).

Щоб визначити ціну токена, біржа здійснює розрахунок, наприклад:

Користувач бажає придбати токенів на дві тисячі доларів. До цього в Pool було десять тисяч доларів, після цього ці кошти додаються.

$$10000 + 2000 = 12000 \text{ (доларів)}$$

Припустимо, що в цей момент на біржі зберіється 100000 токенів. Отриману суму ми ділимо на сто тисяч токенів.

$12000/100000=0.12$  – ціна за один токен.

Завдяки цій формулі, за кожні вкладені кошти зростає ціна токenu.

Отже, на сумму дві тисячі доларів користувач може придбати 16667 токенів.

$2000/0.12=16667$ (токенів).

Після цього біржа віднімає від загальної кількості токенів, ту кількість токенів йоку отримав користувач.

$100000-16667=83333$

Отримується нова кількість токенів для подальшого розрахунку, та в наслідок чого і нова ціна токenu.

## 2. Продаж:

-Користувач прийшов продати токени на децентралізовану біржу. У нього є 10000 токенів. В Pool в цей момент знаходиться 100000 токенів. Біржа додає то загальної кількості токенів, ту кількість, яку приніс користувач.

$100000+10000=110000$  (токенів)

Потім біржа ділить ту кількість токенів, що приніс користувач на загальну кількість токенів, разом з внеском користувача.

$10000/110000=0,09$  (ціна за один токен).

Ці кошти, які отримує користувач при продажі токенів дають з Pool.

Важливо запам'ятати закономірність, чим більше токенів купують на біржі, тим більшою стає ціна токenu.

-Коли користувач продає токени на біржу, то ціна токenu падає відразу після продажу.

-Коли користувач купує токени на біржі, то ціна токenu відразу зростає.

Але потрібно пам'ятати, якщо буде дуже велика ціна токenu, користувачам буде не цікаво купувати токени.

Тому ми розробляємо моделі для того, щоб реалізувати таку модель, де ціна буде біль-менш стабільною та вигідною для усіх сторін.

Виходячи з цього, наше бачення полягає у створенні та побудові нового світу, який буде представляти собою ефективне освітнє середовище для студентів і вчителів за підтримки новітніх технологій.

Ми плануємо розробити освітню платформу, яка буде використовувати систему мотивацій для студентів і викладачів за допомогою токенів. Цей проект допоможе вирішити проблему доступу людей до освітніх курсів, а також підвищити мотивацію студентів і викладачів завдяки продуманій системі нагородження.

Отже, отримавши уявлення про токенизацію загалом та роз'яснивши деякі з концепцій, ми бачимо, що токенизація надає широкий спектр ціннісних переваг (покращена ліквідність активів, диверсифікація ризиків за рахунок володіння активами, нові форми володіння активами, , зниження адміністративних витрат і низькі бар'єри входу для інвестування та торгівлі) починаючи від аспектів безпеки, до розширення можливостей свого бізнесу. Далі ми пропонуємо ознайомитися з дослідженнями блокчейну в освіті та переглянути схожі за профілем вже існуючі платформи.



### 1.3. ОГЛЯД ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН В ОСВІТІ

Галузь освіти є джерелом розвитку будь-яких інновацій в будь-якій галузі. Адже саме в ній формуються майбутні кадри та генератори нових ідей. Саме тому, розвиток освіти є безперервним і має відповідати вимогам часу. Інноваційним чинником сучасного розвитку освітньої галузі є цифрові технології.

Однією з проривних технологій цифрової економіки є технологія блокчейн, що дозволяє забезпечити цифрове суспільство всіма необхідними умовами та технологічними механізмами, виключити посередників, підтверджувати справжність операцій самими учасниками мережі, формувати на своїй платформі цифрові образи, фіксувати та модернізувати освітній процес.

Дослідження наукових робіт попередників та діючі приклади використання технології блокчейн ми опублікували у статті «Огляд використання технології блокчейну в освіті і науці». [38]

Використовуючи досвід попередників ми займаємося розробкою моделі освітньої онлайн-платформи для співпраці учасників освітнього процесу.

Аналізуючи, ми виділили досвід зарубіжних країн, а саме створення платформ які найбільше співпадають з нашою ідеєю - токенизація освіти:

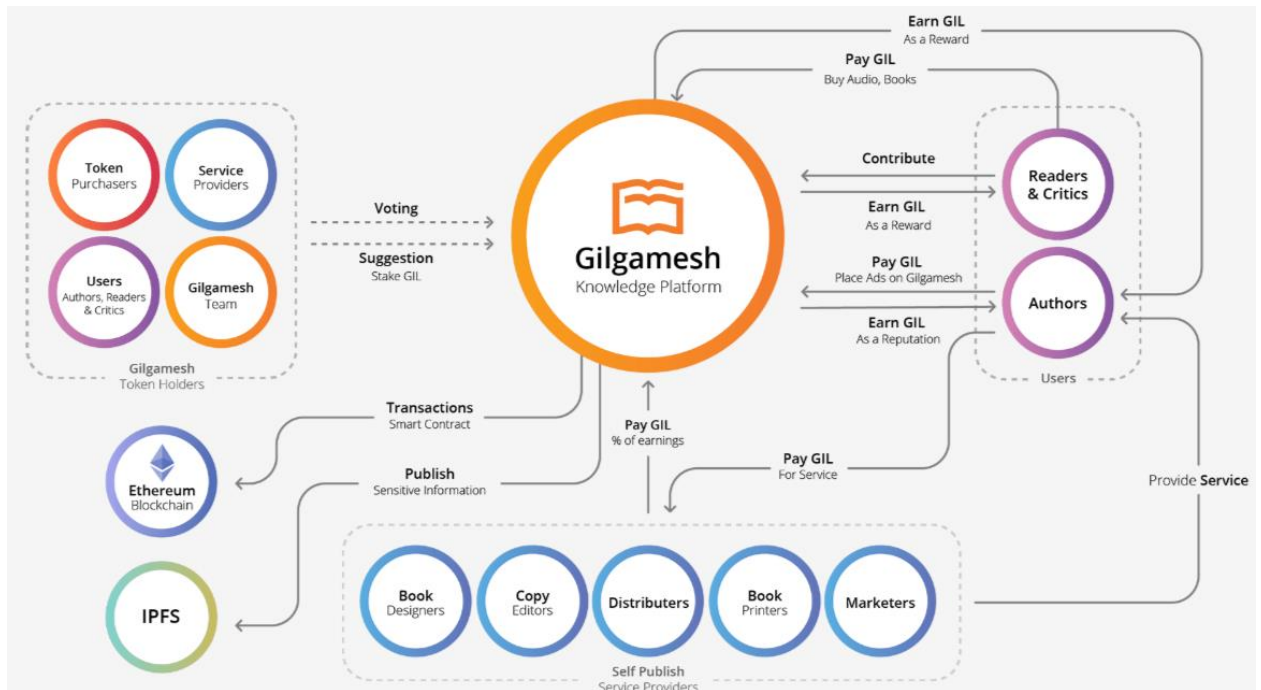
#### 1. Gilgamesh [35].

Gilgamesh — це платформа для обміну знаннями.

Розробники створили додаток на прикладі соцмережі, де будь-хто може приєднатися для обговорення (приклад форуму). Gilgamesh (доступний лише для iOS) містить пропозиції книг, стрічки соціальних мереж і гаманець для зберігання токенів GIL для взаємодії з іншими шукачами знань.

Токен GIL — це службовий токен, призначений для використання на платформі Gilgamesh. Платформа Gilgamesh представить стандартні токени GIL токен ERC20 на основі смарт-контрактів Ethereum, які надають стимули для участі на платформі.

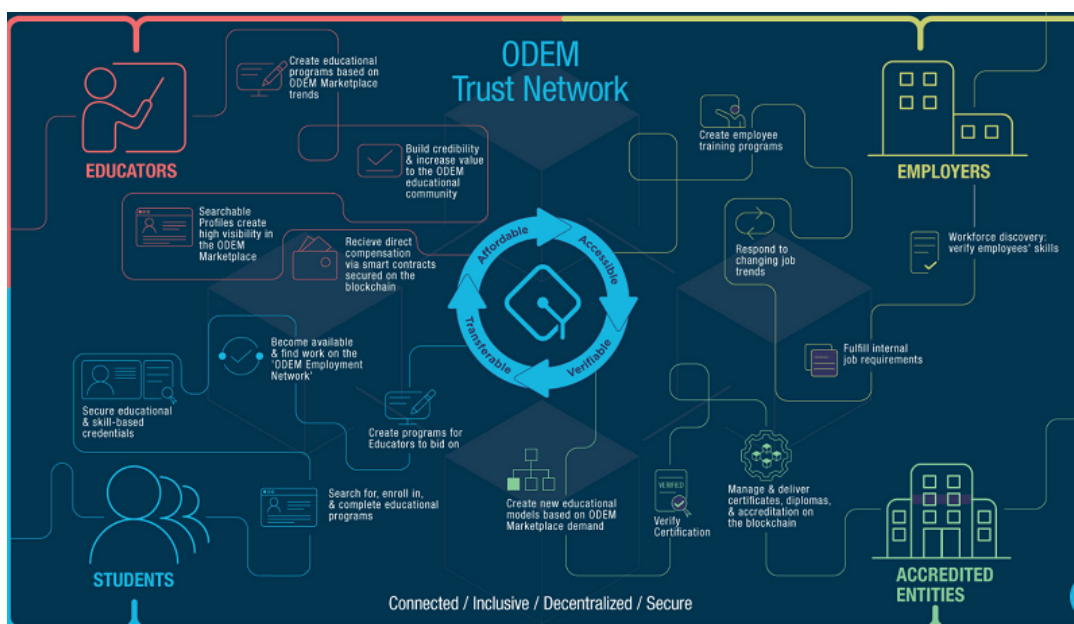
Активних користувачів платформи будуть нагороджувати токенами, які вони можуть витратити на товари та послуги в програмі (наприклад покупки академічних електронних книг). Взаємодія агентів платформи зображена нижче. (Рис.1.1)



«Рисунок 1.1 –Схема роботи платформи Gilgamesh»

## 2. ODEM [36].

ODEM — це децентралізований ринок освітніх продуктів і послуг. Платформа ODEM побудована на основі технології децентралізованої книги Ethereum, в рамках якої використовуються токени ODEM (ODE) Ethereum на основі ERC-20. ODEM на початку 2018 року продав приблизно 100 мільйонів ODE (приблизно 10 000 ETH, що на той час коштувало близько 10 мільйонів доларів). ODEM сприяє змішаній освіті (і, зрештою, програмам у прямому ефірі та онлайн) через кілька основних сервісів. Деталізація ODEM зображена на рисунку нижче (Рис.1.2)



«Рисунок 1.2 – Схема роботи платформи ODEM»

На платформі ODEM користувачі бачать: їх профіль, програми, події, отримані сертифікати, календар, центр повідомлень, винагороди/виплати, кваліфікацію студентів.

За допомогою платформи, користувачі можуть: надіслати запит на нову програму, зареєструватися на доступну програму, переглядати список програм, надсилати повідомлення іншим користувачам, робити ставки на програми, отримувати та видавати сертифікати.

Економічна модель ODE заснована на моделі Sweetbridge Foundation дослідження дисконтних токенів. Використання платформи усуває проблеми, пов'язані з фіатом, включаючи високі комісії та тривалий час обробки.

Стейкінг допомагає платформі оцінювати рівень студента та інтерес вихователя. Студент може обрати бажану програму за невелику кількість ODE. Ставка педагогів залежить від курсів, які вони будуть викладати.

ODEM абсолютно безкоштовний і доступний на всіх платформах iOS, Android, Web і Desktop.

### 3. Disciplina [34].

Платформа Disciplina використовує блокчейн для підтримки єдиного реєстру навчальних досягнень та кваліфікацій для університетів. Токени - DSCPL.

ДИСЦИПЛІНА об'єднує студентів, навчальні заклади (в тому числі приватних викладачів), роботодавців та рекрутерів. Користувачі взаємодіятимуть один з одним і платформою DISCIPLINA через програми зі зручним інтерфейсом, що забезпечує широкий спектр функцій платформи:

#### 1. Сфера освіти.

Платформа допоможе зберігати дані в розподіленій системі, пропонуючи доступ через особистий профіль користувача.

#### 2. Навчальні заклади.

Платформа допоможе:

- зберігати дані в мережі DISCIPLINA, при цьому інтеграція в існуючі або нові CRM-системи забезпечує можливість швидкого пошуку;
- виставляти оцінки за допомогою онлайн-тестування та автоматично завантаження оцінок на блокчейн;
- записувати дані в блокчейн, які неможливо змінити чи підробити;
- монетизувати архівні дані навчальних досягнень та кваліфікацій студентів, надаючи рекрутерам доступ до них.

#### 3. Студенти.

Платформа допоможе:

- полегшити вибір навчального закладу і програми через об'єктивність в рейтинговій системі;
- гарантувати надійність, цілісність і постійність даних, що зберігаються на платформі завдяки технології блокчейн;
- розробити фіксований навчальний курс, який допоможе для при виборі кар'єри.

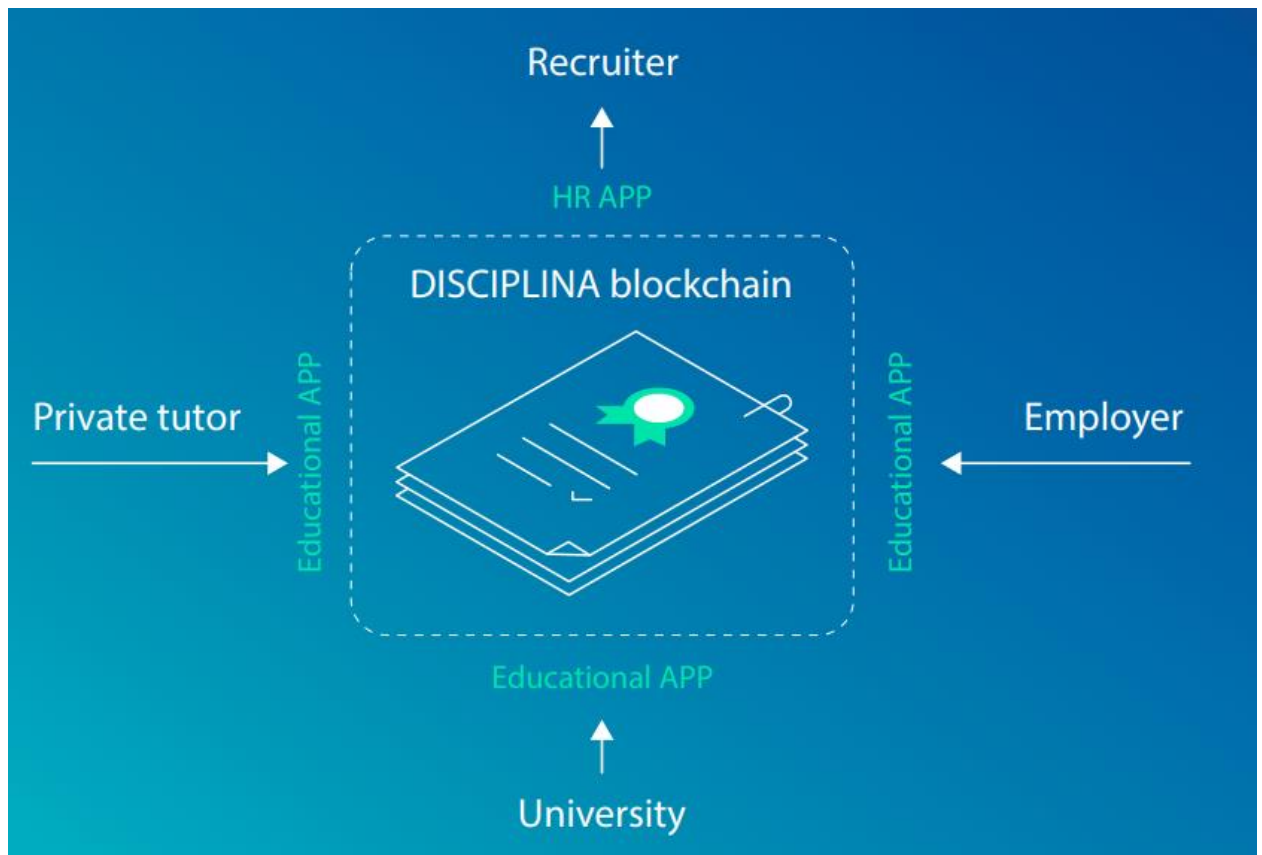
#### 4. Рекрутери.

Платформа допоможе:

- звузити пошук до спеціалістів з необхідними кваліфікаціями до пошуку кандидатів за певними навичками та сферами знань;

- довіряти достовірності введених даних.

Взаємодія перелічених сторін та використання між ними токенів, зображено на рисунку 1.3.



«Рисунок 1.3 – Використання токенів DSCPL»

Основним платіжним інструментом у додатках, які використовують блокчейн DISCIPLINA є токен DSCPL.

Стандарт ERC20 який буде розповсюджено під час продажу токенів, буде перетворено на нативні токени у співвідношенні 1:1 після запуску DISCIPLINA MainNet.

Незважаючи на те, що технічно транзакції між учасниками екосистеми здійснюватимуться у формі символів, баланс рахунку та ціни на курси відобразатимуться у довірених валютах і автоматично конвертуватимуться в токени DSCPL за поточним курсом.

Смарт-контракти гарантують безпечну угоду по обидві сторони незалежно від будь-яких зовнішніх факторів.

Отже, використання вищими навчальними закладами технологій блокчейн має великі перспективи в усьому світі. Сьогодні заклади вищої освіти, в тому числі і наш університет, будують сучасні університети, впроваджуючи інновації та прогресивні технології, які дуже важливо використовувати самим перспективним чином та в найшвидші терміни. На нашу думку запровадження саме технологій блокчейну може кардинально поліпшити рівень освіти, забезпечуючи вивчення технології блокчейн та розробляючи платформу керування навчанням на основі токенизації освіти, щоб відповідати в майбутньому реформам освіти та навчання.

## РОЗДІЛ №2. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

### 2.1. ОПИС ОСНОВНОГО ФУНКЦІОНАЛУ ІНСТРУМЕНТУ ІНСЕРЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ – MODEL CREATOR.

Цифровізація призвела до появи технологічного прогресу в усьому світі.

Технологія блокчейн набуває все ширше впровадження в різних сферах, проте складність систем на блокчейн-платформах зумовлює можливість появи помилок, які не так просто виявити. В цьому нам можуть допомогти інструменти для моделювання, яке дають змогу створювати моделі, що реалізуються на основі технології блокчейн та використовують формалізовані алгоритми з використанням токенів. Одним з найпопулярніших методів моделювання є – агентне (Agent Based Modelling). Саме завдяки цьому методу можна дослідити поведінку агентів та взагалом всієї системи, яка є децентралізованою. Зручність агентного моделювання полягає у неоднорідності, де в одній системі можуть взаємодіяти між собою агенти з різними або взагалі протилежними характеристиками. Агентне моделювання базується на визначених агентах. Користувачам необхідно визначити не лише агентів, а ще й точні завдання їх поведінки та взаємодію з іншими агентами моделі – це є основою [42].

У світі існує безліч інструментів для агентного моделювання, наприклад такі як:

- **R** [33] – для обробки даних, обчислень та їх графічного відображення.
- R** надає широкий спектр різних методів, які опомогають створювати моделі різних систем.
- **TokenSPICE** [31] – це інструмент, за допомогою якого можна моделювати системи простим запуском циклу.
- **cadCAD** [8] - інструмент, за допомогою якого можна моделювати системи та проводити різні дослідження.

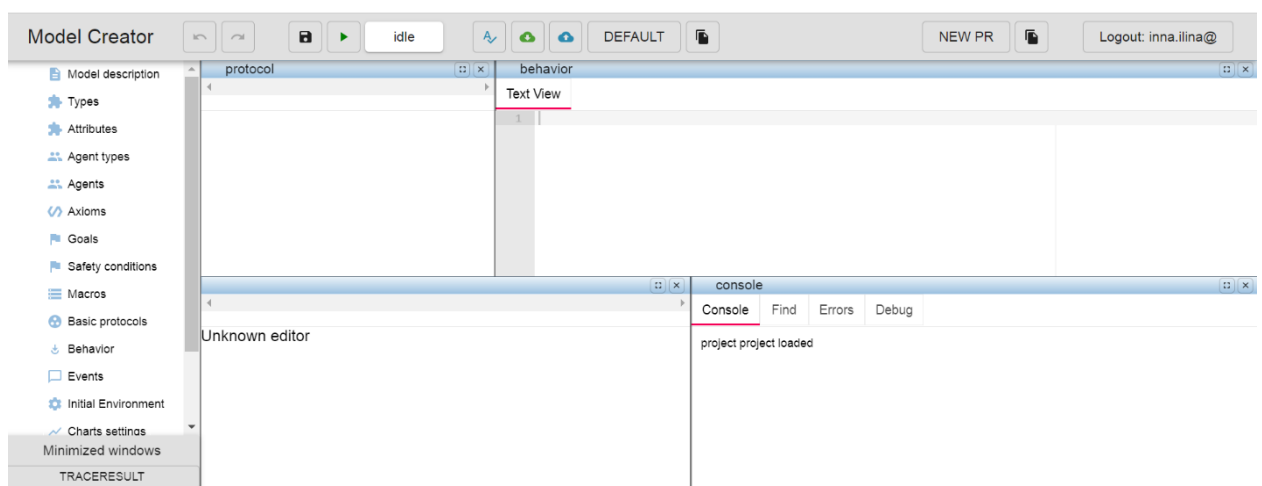
— **IMS** [20] – система інсерційного моделювання, яка базується на методології агентного моделювання.

Саме останній інструмент використовує наша команда для формалізації моделей. Розглянемо детальніше цю методологію.

Інсерційне моделювання (від англійського *insert* – вставляти, поміщати, занурювати) – являє собою методологію проектування розподілених систем, що управляється моделлю. Ця методологія базується на теорії взаємодіючих агентів й середовищ та використовує Basic Protocol Specification Language (BPSL) для представлення специфікацій вимог до розподілених систем. [21].

По суті, інсерційне моделювання - це напрям, який фокусується на побудові моделей, які можуть передбачити різні сценарії, можливий розвиток подій, з'ясувати чи є відхилення, чи досяжна ситуація, чи є порушення, і що взагалі можливо потрібно змінити. Важливо, щоб в моделі спостерігалася певна рівновага.

Головним інструментом для інсерційного моделювання є Model Creator – платформа, яка забезпечує інтерфейс для створення проектів та їх моделювання, що включає в себе набір формальних методів, які працюють в межах алгебраїчної поведінки. Побачити вікно управління платформи ви можете на рисунку «Платформа Model Creator. Головне вікно» (Рис.2.1)



«Рисунок 2.1 - Платформа Model Creator. Головне вікно.»

Формалізацію моделі ми робимо саме в цьому середовищі, тому розглянемо детальніше його функціонал.



Розроблена платформа Model Creator складається з таких компонентів:

1. Система алгебраїчного програмування, мета якої полягає в розв'язанні математичних проблем, за допомогою алгоритмів розроблених мовою APLAN. Ця система була розроблена Інститутом кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України.
2. Система моделювання вставки. Моделювання агентів і середовищ відбувається відповідно до вставки функції. Ця система дає змогу моделювати паралельні процеси, враховуючи їх багаторівневість.
3. Алгебраїчний механізм – це інструмент для моделювання поведінки системи, який допомагає згенерувати різні сценарії поведінки, вирішити проблему досяжності, зробити перевірку та ін.
4. Платформа SymTech – це система, яка за допомогою функцій (підтримка процесу розробки, перевірка та валідація, технології застосування, кібербезпека) передбачає алгебраїчні та формальні методи для вирішення складних промислових викликів.

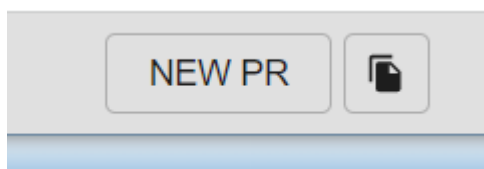
Для того, щоб працювати з платформою необхідно спочатку зареєструватися, тому що вхід відбувається тільки за допомогою електронної адреси та паролю.

(Рис.2.2 Вхід у обліковий запис на платформі)

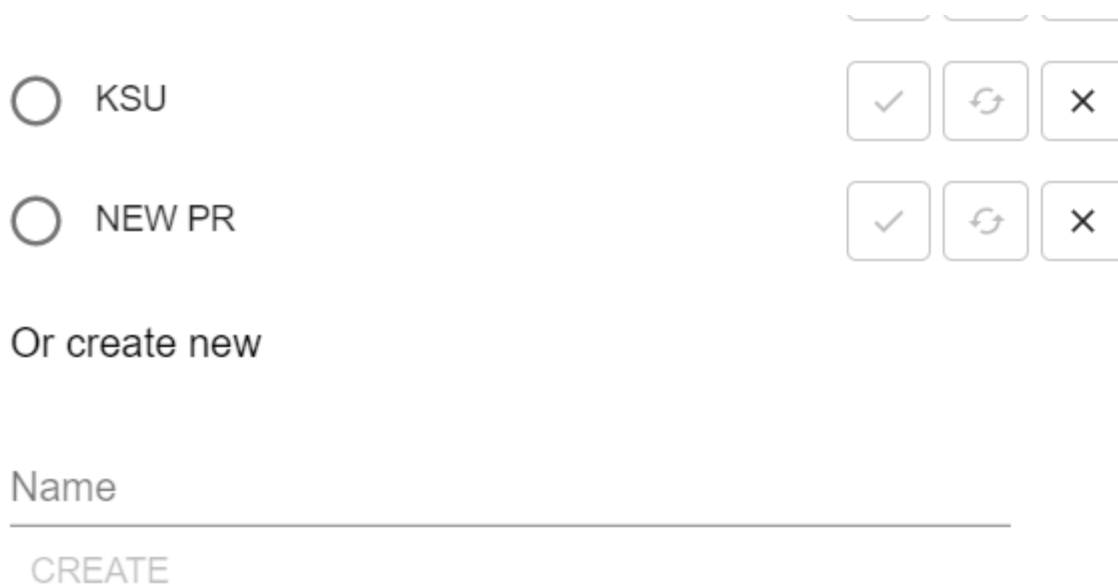
The image shows a web interface for 'Model Creator'. At the top, there is a toolbar with several icons and buttons, including 'Model Creator', 'idle', and 'DEFAULT'. Below the toolbar, there are two input fields: 'Email' and 'Password'. Underneath these fields are four buttons: 'LOGIN', 'SIMPLE MODELS DEMO', 'TOKENOMICS DEMO', and 'CREATE ACCOUNT'.

«Рисунок 2.2 – Вхід у обліковий запис на платформі»

Кожен користувач може зберігати свої проекти, а потім при в ході за своєю е-адресою може відкрити попередньо створенні проекти натиснувши кнопку (Рис.2.3 Кнопка з назвою проекту), де зображена назва діючого проекту на платформі, або створити новий. (Рис. 2.4 Вікно для створення проекту).

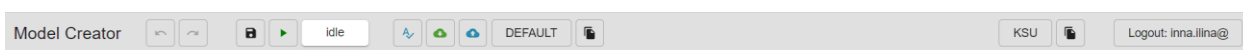


«Рисунок 2.3 – Кнопка за назвою проекту»



«Рисунок 2.4 - Вікно для створення проекту»

Інструмент Model Creator складається з горизонтального меню (Рис.2.5 Горизонтальне меню Model Creator) та вертикального (Рис.2.6 Вертикальне меню Model Creator).

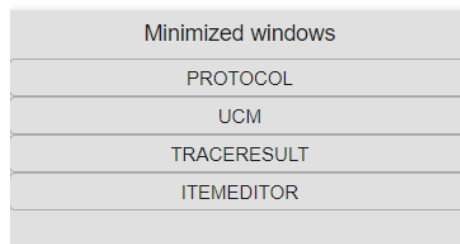
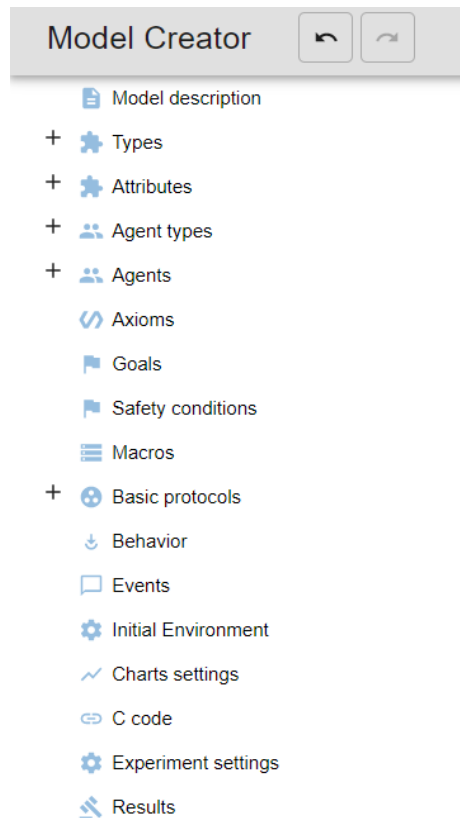


«Рисунок 2.5 - Горизонтальне меню Model Creator»

Горизонтальне меню складається з (опис зліва на право):

- Відображення назви інструменту – Model Creator.
- Стрілочка вліво – повернення до попередньої дії.

- Стрілочка направо – перехід до наступної дії.
- Кнопка «зберегти».
- Кнопка «запуск проекту».
- Вікно, яке відображає статус проекту: «idle», «stopped», «in progress», «compiling» та інші.
- Кнопка «виклик консолі»
- Кнопка «експорт».
- Кнопка «імпорт».
- Кнопка, яка дозволяє відображає дублюючий проект, і дозволяє перемикатися між проектами для експериментування.
- Кнопка з назвою проекту, натиснувши на яку, можна відкрити попередньо створені проекти.
- Кнопка, яка дублює проект.
- Кнопка вийти «Logout», де зображений логін користувача.



«Рисунок 2.6 - Вертикальне меню Model Creator»

Вертикальне меню складається з (опис зверху вниз ):

- Кнопка «Model description» - натиснувши на яку, можна описати модель.
- Кнопка «Types» - визначається тип.
- Кнопка «Attributes» - визначення атрибутів моделі.
- Кнопка «Agent type» - визначення типу агенту.
- Кнопка «Agents» - створення агентів.
- Кнопка «Axioms» - створення аксіом.
- Кнопка «Goals» - визначення цілей.
- Кнопка «Safety conditions» - визначення умов безпеки.

- Кнопка «Macros» - визначення алгоритму дій.
- Кнопка «Basic protocols» - створення базових протоколів.
- Кнопка «Behavior» - відкриває вікно для опису поведінки агента.
- Кнопка «Events» - створення подій, де можна вказати їх опис та обрати параметри.
- Кнопка «Initial environment»
- Chart setting
- C code
- Experiment setting
- Results

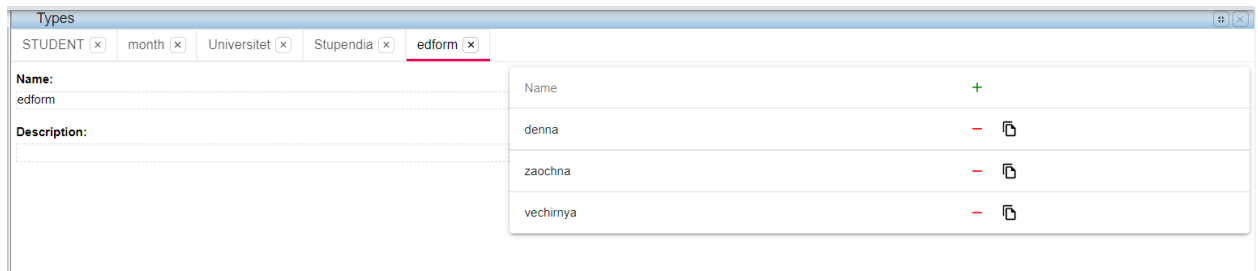
Minimized windows – згорнуті основні вікна, які можна відобразити зручним способом, не шукаючи їх в списку меню.

- PROTOCOL (вікно базових протоколів).
- UCM (вікно поведінки).
- TRACERESULT (Траса результатів – це поетапно розписані дії та їх результат).
- SERVICECONSOLE (викликає вікно консоль).

Основний функціонал платформи, складається зі створення типу агента, самого агента (який є діючою особою, має певну поведінку та може змінювати середовище занурюючись у нього) , базових протоколів, події, поведінки, опису логічної формули. Розглянемо детальніше кожен з них:

#### 1. Types (Рис.2.7 Вікно створення типу).

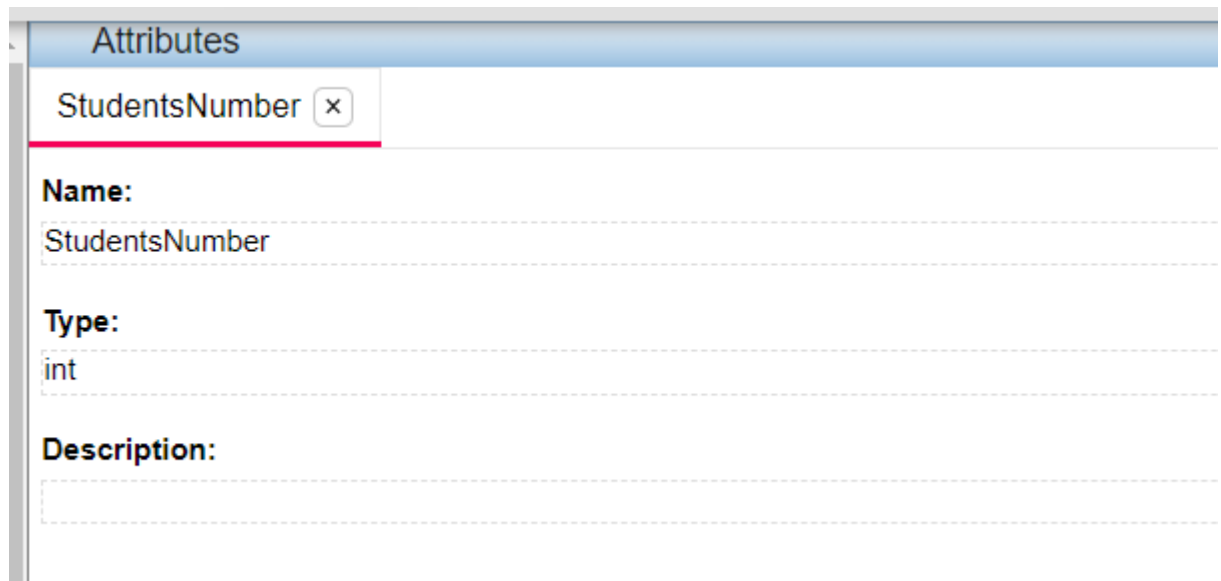
Як ми вже зазначали, кнопка для створення типу відображається у вертикальному меню, для створення необхідно натиснути правою кнопкою миші та обрати з запропонованого або створити папку з типами, або окремо тип. Обравши тип потрібно вказати ім'я, є можливість додати опис та підтип типу.



«Рисунок 2.7 - Вікно створення типу»

## 2. Attributes (Рис.2.8 Вікно створення атрибуту).

Для створення атрибуту потрібно натиснути правою кнопкою миші та обрати з запропонованого або створити папку з атрибутами, або окремо атрибут. Атрибути дають нам можливість визначити властивості певних агентів або елементів моделі.



«Рисунок 2.8 - Вікно створення атрибуту»

## 3. Agent type (Рис.2.9 Вікно створення типу агента)

Для створення типу агенту потрібно натиснути правою кнопкою миші та обрати з запропонованого або створити папку з типом агенту або окремо тип агенту. Тип агенту дає нам можливість згрупувати агентів за певними критеріями.

Agent types

StudentsNumber [x] STUDENT [x]

**Name:**  
STUDENT

**Description:**

**Attributes:**

Name	Attribute type	Description	
scholarship	real	receive funds for a high level of education	- [x]
price	real	price for one year of study	- [x]
budgetpercent	real		- [x]
formed	edform		- [x]

«Рисунок 2.9 - Вікно створення типу агента»

#### 4. Agents (Рис.2.10 Вікно створення агента)

Для створення агенту потрібно натиснути правою кнопкою миші та обрати з запропонованого або створити папку з агентами або окремо агент. Агент в моделі виступає основною діючою особою, яка представляє зацікавлених сторін.

Agents

STUDENT [x] Universitet [x] Teachers [x]

**Name:**  
Universitet

**Type:**  
UNIVERSITY

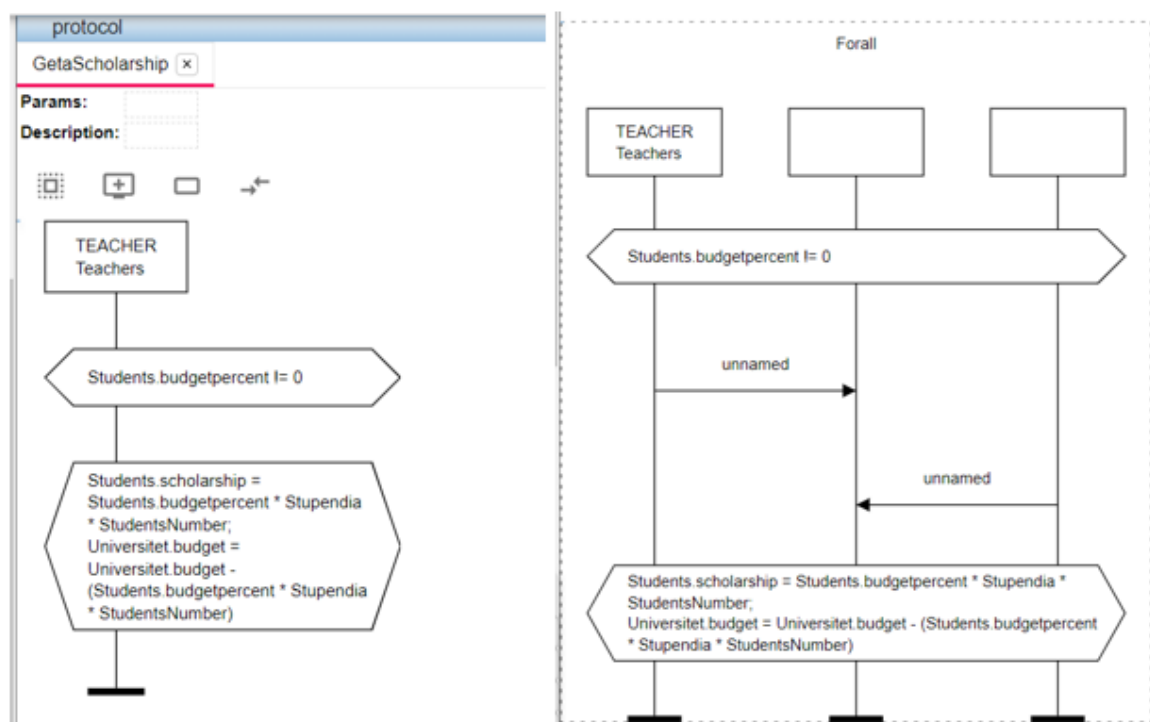
**Description:**

«Рисунок 2.10 - Вікно створення агента»

#### 5. Protocol (Рис.2.11 Вікно створення базового протоколу).

Для створення протоколу потрібно натиснути правою кнопкою миші та обрати з запропонованого або створити папку з протоколами або окремо протокол. До протоколу ми можемо додати параметри на опис. Спочатку ми записуємо до

протоколу ім'я агенту та його тип. Після цього прописуємо передумову, а після постумову. Протокол може бути створений одночасно для декількох агентів, які будуть взаємодіяти між собою. Також ми можемо взяти протокол у цикл для відповідних значень, це робить для того щоб перевірити виконання умов після певної послідовності дій.

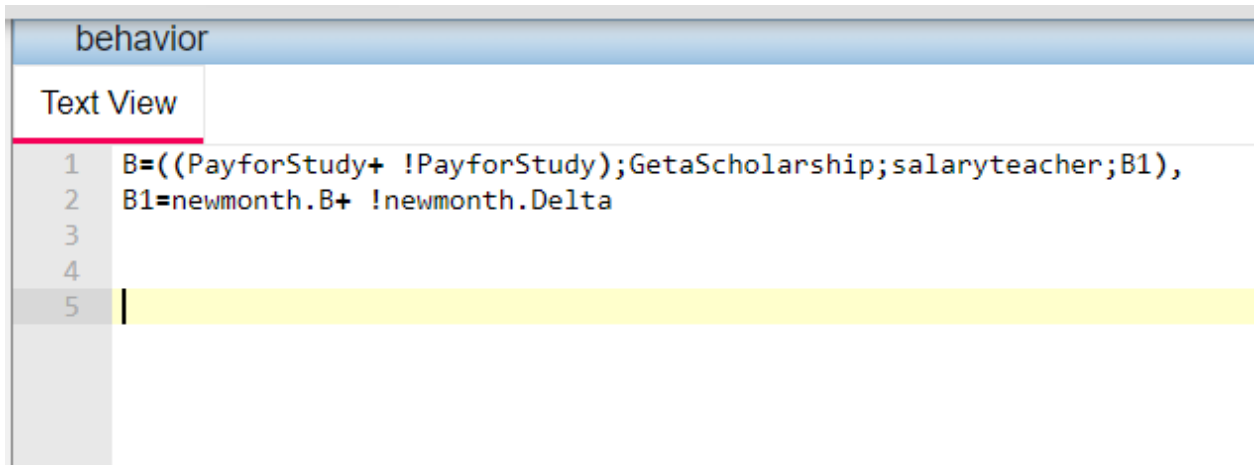


«Рисунок 2.11 - Вікно створення базового протоколу»

#### 6. Behavior (Рис.2.12 Вікно опису поведінки)

Для відображення вікна поведінки потрібно натиснути правою кнопкою миші та обрати з запропонованого або створити папку з різними поведінками або окремо поведінку. Саме опис взаємодій всіх аспектів моделі прописується в поведінці. Після запуску програми, ми отримуємо результат, де демонструється поведінка моделі представлена трасами.

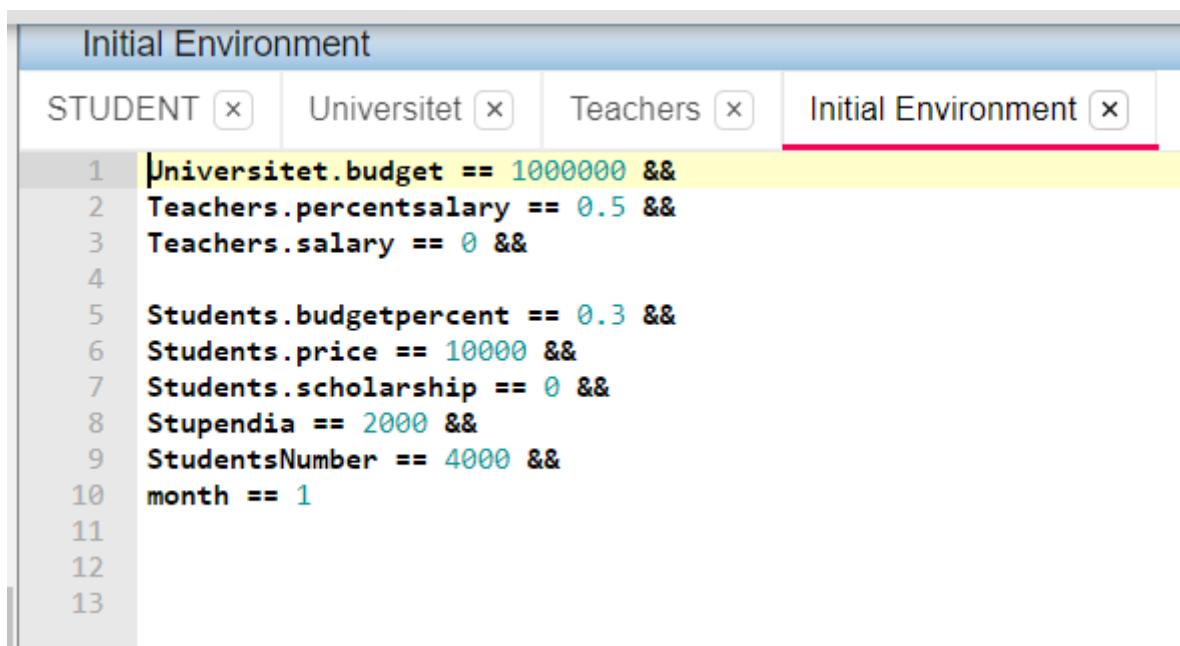




«Рисунок 2.12 - Вікно опису поведінки»

#### 7. Initial environment (Рис.2.13 Вікно надання початкового значення)

Для відображення вікна Initial environment потрібно двічі натиснути лівою кнопкою миші. Після того на екрані розкриється вікно, де користувач може задати початкові значення для моделі.

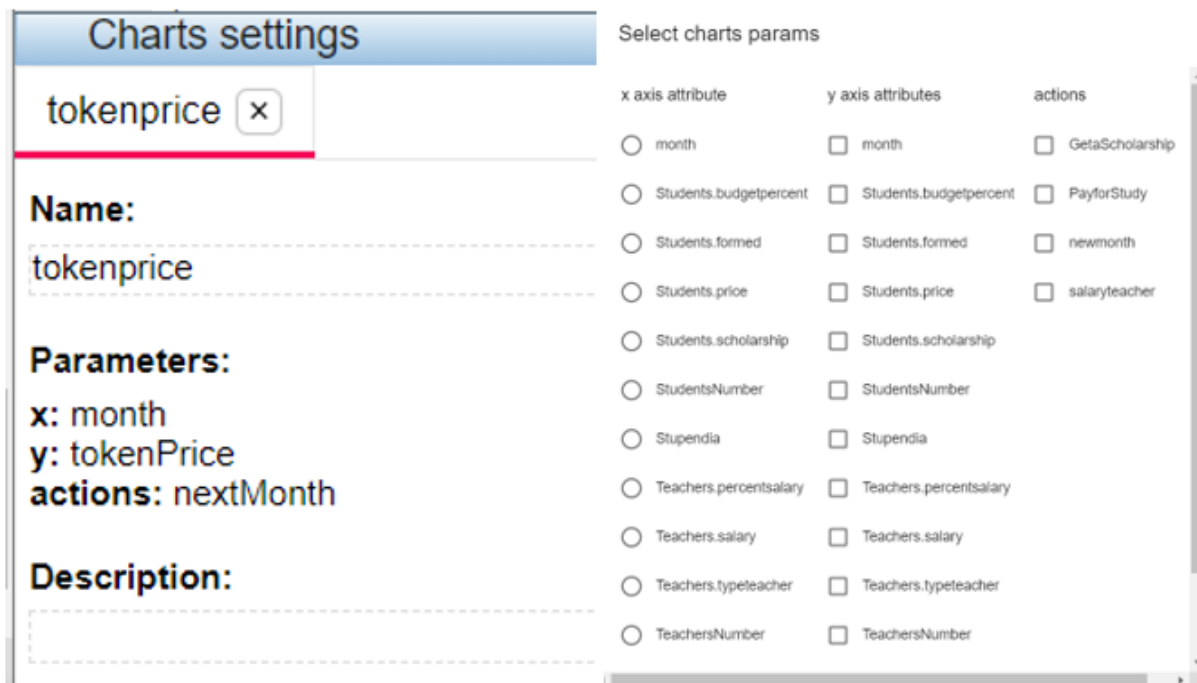


«Рисунок 2.13 - Вікно надання початкового значення»

#### 8. Chart setting (Рис.2.14 Вікно створення графіка)

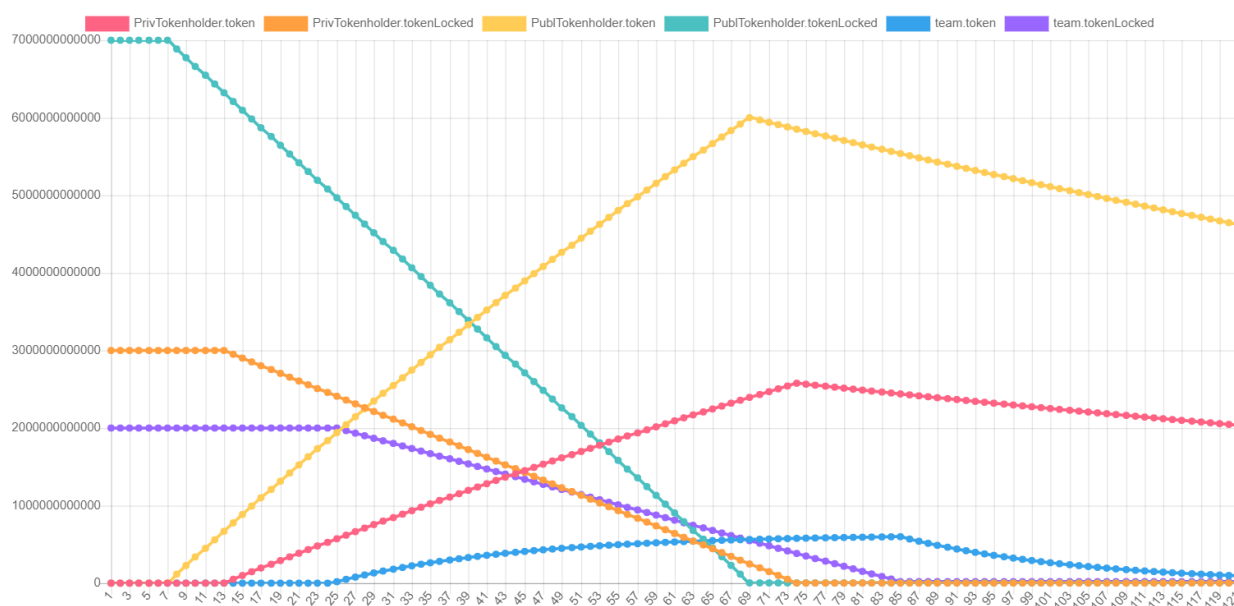
Для відображення переходу до створення графіків потрібно натиснути правою кнопкою миші та обрати з запропонованого або створити папку з графіками або окремо графік. При створенні графіку користувач може вказати назву графіку, описати його та вказати параметри x,y та обрати дію «actions»,

натиснувши на яку відображається вікно «Select charts params» де можна обрати параметри діаграм.



«Рисунок 2.14 - Вікно створення графіка»

Результат заданих параметрів буде відображено після запуску програми на відповідному графіку. (Рис.2.15 Відображення параметрів моделі на графіку)



«Рисунок 2.15 - Відображення параметрів моделі на графіку»

9. Console (Рис.2.16 Вікно консоль (відображення результатів програми))



Ми вже працюємо над формалізацією великої освітньої екосистеми, і плануємо за допомогою цього інструменту змодельовати найменший на нашу думку процес надання освітньої послуги.

## 2.2. РІВНІ АБСТРАКЦІЇ У МОДЕЛІ ПРОЗОРОЇ СИСТЕМИ ОСВІТИ КРАЇНИ

З самого початку історії людей завжди більше приваблювало брати участь у діях, коли щось дається натомість. Люди хочуть бути нагородженими кожного разу, коли вони сприяють благополучній поведінці суспільства. Виходячи з цієї ідеї, ми формалізуємо модель освітньої еко-системи, яка несе за собою токенизацію сучасної академічної системи.

ВНЗ завжди є місцем інновацій, досліджень нових технологій і джерелом чудових ідей. Більше того, університети по всьому світу добре зв'язані та мають багато зовнішніх передач цінностей. Нарешті, Світовий освітній ринок є одним із секторів, що найшвидше розвивається і потребує серйозних рішень на основі блокчейн, не винятком є і університети України. Обізнаність університетів в технологіях токенизації надзвичайно важлива для започаткування партнерства з провідними університетами та революції в сучасному академічному світі[39].

Наша ідея полягає в створенні моделі еко-системи основаної на інформаційних технологіях і освіті. На нашу думку, саме ця модель змінить освіту країни, а в майбутньому і світу в цілому.

Токенизація має ряд переваг як для університету, так і для його співробітників та студентів. Ось одні з них:

1. Безпека та надійність.

Токени, створені на блокчейні, є записами в реєстрі у вигляді унікального коду. Завдяки цьому токен неможливо зламати або вкрати.

2. Прозорість та ефективність.

Токенизація активів дає можливість набагато швидше укладати угоди, усуваючи бюрократизм, посередників (таких як нотаріуси, держані реєстри), оскільки оскільки транзакція зберігається у розподіленому реєстрі цілісною та незмінною, завдяки тому, що всю необхідну інформацію занесено в смарт-контракт.

3. Гнучкість та справедливість.

Ще однією перевагою токенів є можливість їх поділу. Наприклад, у процесі токенизації бізнесу можна оцифрувати його частку для подальшого продажу або обміну. Це так само дозволяє входити на ринок інвесторам з невеликим капіталом.

#### 4. Доступність та нереценованість.

Якщо раніше здійснення угод часто вимагало фізичної присутності в банку або на біржі, то завдяки смарт-контрактам продавати і купувати активи можна де завгодно і коли завгодно.

Наш проект допоможе підвищити мотивацію студентів і викладачів завдяки продуманій системі нагородження, безпека та гарантія якої буде керуватися смарт-контрактами. Головною особливістю системи є те, що ціна токенів збільшуватиметься з ростом спросу.

Пропонуємо розглянути сформовані нами моделі еко-системи освіти:

#### **Модель 1: прозора система освіти , яка буде діяти в рамках країни**

Оскільки університет є державною установою, централізованої бази даних чи адміністративних повноважень немає. Наша основна мета полягає в тому, щоб розробити систему, яка може працювати сама без участі державних сторін.

Ми вважаємо, що держава повинна дозволити університетам розвивати та впроваджувати ініціативи, щоб створювати цінності та ставати все більш самодостатніми у своєму повсякденному житті.

Найважливішою довгостроковою метою нашого проекту є впровадження власних токенів, як еталонної валюти, для кожного університету країни для створення активної мікроекономіки всередині університету. Важливим є те, що токени будуть вільними у доступі для всіх.

Наша модель пропонує децентралізовану систему винагород за допомогою смарт-контракту.

Об'єднання навчальних закладів України може забезпечити розширену університетську токенизацію. Широка мережа зв'язків між університетами може зробити єдиний проект в країні у великих масштабах. Усі токени

пропонуватимуться на біржі, отже, з зростання капіталізації будь-якого підтримуваного токена, вартість створеного токена також буде збільшуватися.

Брати участь у розвитку токенизації в глобальній освіті можуть світові лідери, інвестори, спонсори, роботодавці та будь-хто інший із зацікавлених сторін.

Центром моделі є біржа, де кожен з зацікавлених сторін (далі агентів) може здійснити покупку та продаж токенів.

Абстрактно агентами в моделі, яка буде діяти в рамках країни виступають:

- Біржа
- Команда розробників
- Університети країни
- Інвестори
- Спонсори
- Роботодавці
- Викладачі
- Студенти
- Співробітники
- НАЗЯВО
- Міжнародні гранти
- МОНУ
- Спекулянти

Взаємодія перерахованих зацікавлених сторін, зображена на схемі взаємодії агентів в моделі прозорої системи освіти, яка буде діяти в рамках країни. (Рис.2.17)

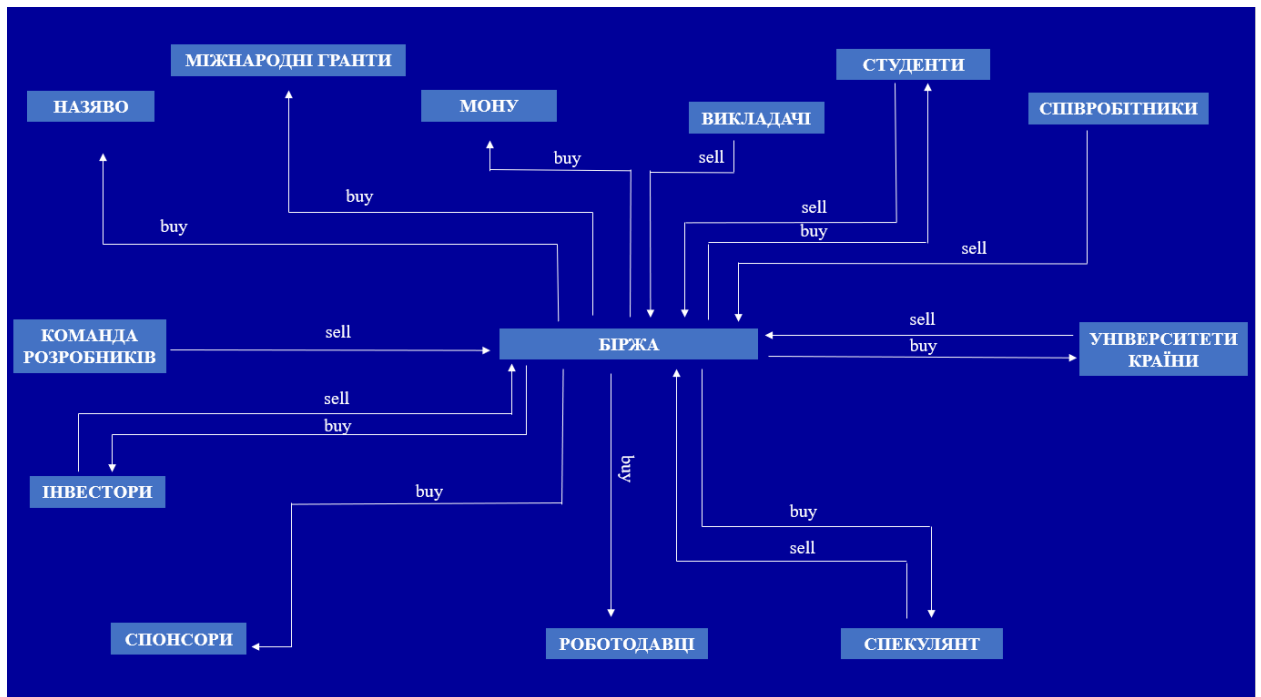


Рисунок 2.17 - Схема взаємодії агентів в моделі прозорої системи освіти, яка буде діяти в рамках країни.

Розглянемо дії кожного агента та вплив його на модель окремо:

### 1. Біржа

Біржа – це загальна децентралізована платформа для продажу та купівлі токенів, де кожен з університетів країни може зареєструвати токени. Але ми розглядаємо окремо створену біржу для університетів країни, де вони будуть реєструвати власні токени.

Біржа взаємодіє безпосередньо з кожним агентом з припущеної нами моделі. Кожен з зацікавлених сторін купуватиме та продаватиме токени на біржі. Ціна будь якого токени залежатиме від попиту на нього.

### 2. Команда розробників

Продають токени отримані за розробку та вклад у реалізацію моделі.

Продають токени від проведених транзакцій. (кожен розробник отримує відсоток від кожної проведеної транзакції).

### 3. Університети країни.

Створюють власні токени та запускають їх в обіг на біржі.



Мають право купувати та продавати токени на біржі, як власні так і інших університетів.

Кожен університет повинен розприділяти кошти систематизовано. Оскільки ціна токену залежить від його попиту. Як ми попередньо вже зазначали, що важливо зберігати певний баланс ціни токену, тому університет в тому випадку коли ціна на токен сильно висока, може продати на біржі певну кількість токенів, для зниження їх ціни.

Не для кого не новина, що університети країн змагаються між собою за певними рейтингами, всім ВНЗ важливо залишатися конкурентноспроможними, для цього їм архінеобхідна відповідна кількість вступників, всебічна діяльність університетів, співпраця та грантування.

При вступі до університету, більша кількість вступників сплачує кошти за навчання. В нашій еко-системі ціна вартості за навчання напряму залежитиме від попиту на токен.

Припустимо, що вартість за рік навчання становитиме 2000 токенів у всіх університетах країни.

Може трапитися випадок, що в один з університетів прагнуть вступити дуже багато студентів, але при цьому потрібно пам'ятати, що ціна за навчання буде збільшуватися з кожним новим бажачим. З одного боку це показує престижність університету, але з другого – не всі спроможні заплатити велику суму за навчання, тому студенти в цей час шукатимуть більш бюджетний варіант. В цьому випадку, університет може здійснити продаж токенів на біржу, щоб зменшити ціну токенів для вступників, і таким чином компенсувати те, що студенти перестали вступати до закладу.

Наша модель також передбачає взаємодію між університетами, таку як обмін студентами, або право обрати дисципліну вільного вибору в іншому закладі. Для цих дій, університетам необхідно буде придбати токени один одного на біржі, при цьому підвищуючи його попит.

Існують ще багато видів взаємодій між університетами, але поки ми розглядаємо модель більш абстрактно.

#### 4. Інвестори

Купують токени на біржі.

Продають токени на біржі.

Можуть інвестувати кошти у будь-який з університетів, вкладати токени в стартапи, проекти, при цьому піднімаючи ціну токена.

#### 5. Спонсори

Купують токени на біржі.

Можуть бути спонсорами як для університету так і для будь-якої його сторони, при цьому піднімаючи ціну токена.

#### 6. Роботодавці

Купують токени на біржі.

Роботодавець може заплатити токени університету для того, щоб отримати доступ до анкет студентів. При цьому оплата залежить від показників середньої успішності студентів: що вищий загальний середній бал усіх студентів цієї групи, то більше токенів платить роботодавець.

#### 7. Викладачі

Купують токени на біржі.

Продають токени на біржі (виведення заробітної плати в фіат).

#### 8. Студенти

Купує токени на біржі ( для оплати навчання).

Продає токени на біржі ( акумуляція токенів відбувається за рахунок отримування стипендій ).

#### 9. Співробітники

Продають токени на біржі (виведення заробітної плати в фіат).

Важливим в нашій моделі є те, що всі співробітники зацікавлені в тому, щоб попит на токени зростав, тому що від цього залежитиме заробітня плата.

Так, навіть, двірник який працює в стінах закладу, буде робити свою роботу більш ефективно, оскільки при створенні комфортного середовища, викладачі зможуть працювати більш ефективно.

#### 10. НАЗЯВО

Оскільки головною метою їх роботи є покращення та зміни вищої освіти, ми виділили НАЗЯВО окремим агентом.

Купують токени на біржі, для підняття рейтингу університету.

Продають токени на біржі.

#### 11. Міжнародні гранти

Купують токени на біржі.

Продають токени на біржі.

Міжнародні гранти, програми, фонди та організації, можуть фінансувати наукові/освітні/молодіжні проекти, при цьому збільшуючи рейтинг університету та піднімаючи ціну токену.

#### 12. МОНУ

Купують токени на біржі.

Продають токени на біржі.

#### 13. Спекулянти

Окремим агентом також виступають спекулянти – це агенти, мотив яких полягає в отриманні максимального добутку від коливань на ринку. Вони відіграють дуже важливу роль на ринках, поглинаючи надлишковий ризик і забезпечуючи настільки необхідну ліквідність на ринку шляхом купівлі та продажу, коли інші інвестори не беруть участі.

Оскільки ринок освіти базується на конкурентоспроможності, є великий відсоток того, що може бути атака на університет, для того, щоб завалити налагоджену систему.

Взаємодію між біржою та кожним агентом ми представили у вигляді таблиці(Таб.2.1):

## Взаємодія агентів та біржи

Номер	Агент 1	Агент 2	Дія
1	Біржа	МОНУ	МОНУ купує токени на біржі.
2	Біржа	НАЗЯВО	НАЗЯВО купує токени на біржі.
3	Біржа	Міжнародні зв'язки/фонди (International relations)	Агент міжнародні зв'язки/фонди купує токени на біржі.
4	Біржа	Інвестори	1.Інвестор купує токени на біржі. 2.Інвестор продає токени на біржі.
5	Біржа	Спонсори	Спонсори купують токени на біржі.
6	Біржа	Команда розробників	Команда розробників продає токени на біржі.
7	Біржа	Роботодавці	Роботодавець купує токени на біржі.
8	Біржа	Спекулянти	1.Спекулянти купують токени на біржі для отримання прибутку. 2.Спекулянт продає токени на біржі.
9	Біржа	Університети країни	1.Університе купує токени на біржі. 2.Університет продає токени на біржі.

<b>10</b>	Біржа	Студенти	1.Студенти купують токени на біржі. 2.Студенти продають токени на біржі.
<b>11</b>	Біржа	Викладачі	Викладачі продають токени на біржі
<b>12</b>	Біржа	Співробітники	Співробітники продають токени на біржі.

Отже, в ході нашої роботи наша задача будувалася на тому, щоб визначити як будуть взаємодіяти агенти з біржою у моделі прозорі освітньої системи країни. Далі ми зосереджуємо свою увагу на покроковій деталізації моделі. Оскільки агентне моделювання базується на принципі «знизу-вгору», робити формалізацію ми будемо починаючи з малого фрагменту моделі, а от опис ми повинні розглядати з більшого до меншого, щоб не упустити в ході ідею нашої роботи, та не «повернути» в іншу сторону.

### 2.3. МОДЕЛЬ УНІВЕРСИТЕТУ

Переходячи до наступної моделі, ми зосереджуємо увагу на роботі університету. За приклад ми беремо Херсонський державний університет.

Розвиток децентралізованого університету відкриває доступ до освіти для всіх категорій населення з будь-якого кутка світу. Ніякої корупції при нарахуванні премій і стипендій - все це керується смарт-контрактами. Наша цінова модель зосереджена на доступній та якісній освіті для користувачів. Для того, щоб зробити університет більш ефективним, зацікавленим, потрібно адаптувати його до використання новітніх технологій і зробити його більш інноваційним[42].

Важливо налагодити такий освітній процес в університеті, щоб вмотивованими були всі його сторони.

Ми припускаємо, що в рамках моделі університету, будуть діяти такі агенти:

- Exchange (біржа).
- KSU (Херсонський державний університет).
- Local Government (Місцевий уряд, який представляє такі сторони, як МОНУ та НАЗЯВО).
- Employer (роботодавець).
- Investor (інвестори).
- International relations (Міжнародні зв'язки, фонди).
- Marketing (маркетинг).
- Speculator (спекулянти).

Взаємодію між агентами можна розглянути на малюнку «Схема взаємодії агентів в моделі університету.» (Рис.2.18)

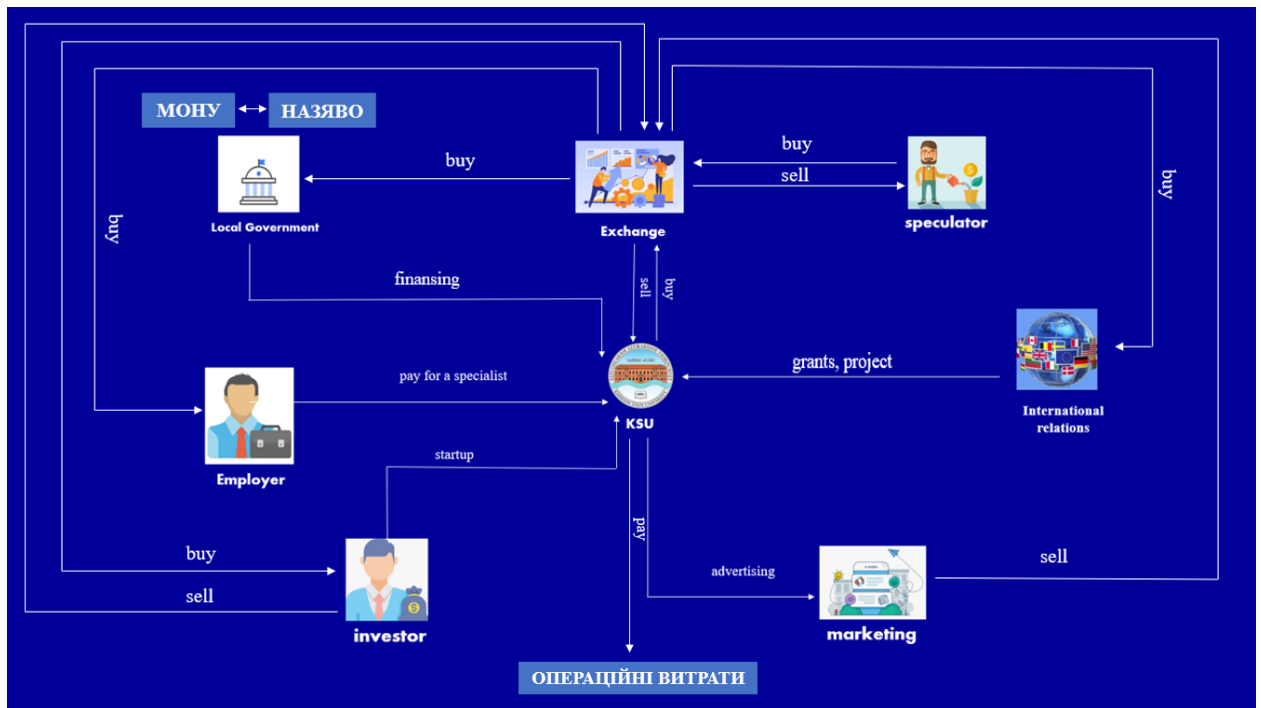


Рисунок 2.18 - Схема взаємодії агентів в моделі університету.

Розглянемо дії кожного агента та вплив його на модель окремо:

### 1. Exchange (біржа).

Біржа взаємодіє безпосередньо з кожним агентом з припущеної нами моделі. Кожен з зацікавлених сторін купуватиме та продаватиме токени на біржі. Ціна будь якого токена залежатиме від попиту на нього.

### 2. KSU (Херсонський державний університет).

Створює власні токени та запускають їх в обіг на біржі. Має право як купувати токени на біржі, так і продавати. Обміняні токени на готівку, університет може витрачати на операційні витрати.

В ході нашої моделі, університету будуть надходити токени від місцевого уряду, від міжнародних фондів, від роботодавців, від інвесторів.

Доречі, Херсонський державний університет уже створив власний токен, під назвою Е-бали.

### 3. Investor (інвестори).

Купують токени на біржі.

Продають токени на біржі.

Можуть інвестувати кошти у стартапи університету та проекти, при цьому піднімаючи ціну токена.

4. Employer (роботодавці).

Купують токени на біржі.

Роботодавець може заплатити токени університету для того, щоб отримати доступ до анкет студентів. При цьому оплата залежить від показників середньої успішності студентів: що вищий загальний середній бал усіх студентів цієї групи, то більше токенів платить роботодавець.

5. Local Government (Місцевий уряд, який представляє такі сторони, як МОНУ та НАЗЯВО).

Купують токени на біржі, для підняття рейтингу університету.

Продають токени на біржі.

6. International relations (Міжнародні зв'язки, фонди).

Купують токени на біржі.

Продають токени на біржі.

Міжнародні гранти, програми, фонди та організації, можуть фінансувати наукові/освітні/молодіжні проекти, при цьому збільшуючи рейтинг університету та піднімаючи ціну токена.

7. Marketing (маркетинг).

Продають токени на біржі, які вони отримали за рекламу університету.

8. Speculator (спекулянти).

Продають токени на біржі.

Купують токени на біржі.

Спекулянти грають на курсі токенів, за для особистої вигоди.

Більш детальна взаємодія між агентами зображена на таблиці (Таб.2.2):

*«Таблиця 2.2»*

**Взаємодія агентів у ході роботи університету**

Номер	Агент 1	Агент 2	Дія



1	Exchange (біржа)	Local Government (МОНУ)	МОНУ купує токени на біржі.
2	Local Government (МОНУ)	KSU (Херсонський державний університет)	<p>1.МОНУ за куплені токени на біржі, фінансує навчання бюджетних вступників.</p> <p>2. Відповідно до рейтингів МОНУ стимулює університети, купуючи їх токени на біржі.</p> <p>3.МОНУ за куплені токени університету на біржі фінансує університет та покращує розвиток його інфраструктури.</p> <p>4. Дає токени університету для утримання комунальних та інших витрат.</p>
3	Local Government (МОНУ)	Local Government (НАЗЯВО)	МОНУ купує токени на біржі та надає їх НАЗЯВО для того щоб провести акредитацію спеціальності.
4	Exchange (біржа)	Local Government (НАЗЯВО)	НАЗЯВО купує токени на біржі.

<b>5</b>	Local Government (НАЗЯВО)	KSU (Херсонський державний університет)	1. НАЗЯВО фінансує проходження акредитації. 2. НАЗЯВО фінансує спеціальності, які пройшли акредитацію.
<b>6</b>	Exchange (біржа)	International relations (Міжнародні зв'язки, фонди)	Агент міжнародні зв'язки купує токени на біржі.
<b>7</b>	International relations (Міжнародні зв'язки, фонди)	KSU (Херсонський державний університет)	Міжнародні фонди дають кошти університету на проекти та гранти, пов'язаних з розвитком інфраструктури, надання доступів до різних баз даних, фінансування інформаційних послуг та обмінів викладачів й студентів, та ін.
<b>8</b>	Exchange (біржа)	Investor (інвестор)	1.Інвестор купує токени на біржі. 2.Інвестор продає токени на біржі.
<b>9</b>	Investor (інвестор)	KSU (Херсонський державний університет)	Інвестор дає кошти університету на стартапи та ін.
<b>10</b>	Exchange (біржа)	Employer(роботодавці)	Роботодавець купує токени на біржі.

<b>11</b>	Employer (роботодавці)	KSU (Херсонський державний університет)	Роботодавець дає кошти університету, щоб навзаєм отримати доступ до матеріально-технічної бази, до людського потенціалу, до можливості формування освітнього процесу.
<b>12</b>	Exchange (біржа)	Marketing ( маркетинг)	Маркетинг продає токени на біржі.
<b>13</b>	Marketing (маркетинг)	KSU (Херсонський державний університет)	Університет дає кошти агенту маркетинг для реклами та просування університету. Маркетинг це сукупність заходів, щодо формування статусу, іміджу, рейтингу, впізнаваності, брендування.
<b>14</b>	Exchange (біржа)	Спекулянти	1.Спекулянти купують токени на біржі для отримання прибутку. 2.Спекулянт продає токени на біржі.
<b>15</b>	Exchange (біржа)	KSU (Херсонський державний університет)	1.Університе купує токени на біржі. 2.Університет продає токени на біржі.

<b>16</b>	KSU (Херсонський державний університет)	Операційні витрати	Університет обмінявши токени на фіат оплачує комунальні послуги, придбання матеріалів та інші платежі.
-----------	--	--------------------	--

В цій моделі ми розглядаємо взаємодію основних зацікавлених сторін, які представляють собою основу роботи вищих навчальних закладів. У наступному підрозділі ми представимо більш детальну освітню модель, яка буде діяти при університеті.

#### **2.4. МОДЕЛЬ ОСВІТНЬОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ВИБОРУ КУРСІВ ТЕХНОЛОГІЯМИ ТОКЕНІЗАЦІЇ**

Оскільки формалізація моделі університету, ще потребує від нас багато досліджень, часу, знань та інформації, ми переходимо до опису фрагменту роботи університету – а це модель освітньої інформаційної системи вибору курсів технологіями токенізації.

Наше уявлення, представлено у вигляді моделі платформи, яка відкриватиме доступ до освіти для всіх категорій населення з будь-якого кутка світу. Наша команда формалізує модель освітньої платформи, яка буде використовувати систему мотивацій для студентів та викладачів за допомогою токенів, безпека та гарантія яких буде керуватися смарт-контрактами.

Розробка моделі платформи слідує таким цілям:

- винагорода власників токенів, які роблять внесок у платформу;
- винагородження клієнтів, користувачів і викладачів, які користуються платформою;
- створення ефективної екосистеми в криптосвіті за допомогою якісного навчання;
- створення проектів та інвестування в ідеї, для покращення суспільства.

Особливість моделі платформи полягає в об'єднанні викладачів, студентів та роботодавців у спосіб, який буде вигідним для кожної сторони. Зауважимо,

цінова модель платформи зосереджена на доступній та якісній освіті для користувачів, що дуже важливо для світу.

Розроблена освітня платформа вирішуватиме одразу декілька проблем:

#### 1. Проблеми студентів:

Люди, які навчаються онлайн, швидко втрачають мотивацію, ефективність навчання знижується, а боротися з низькою концентрацією стає все складніше. Висока ціна освіти в поєднанні з відсутністю стимулів призводить до того, що люди втрачають мотивацію та кидають навчання. Найчастіше студентам потрібен додатковий поштовх, щоб повністю розкрити свій потенціал. Виходячи з цього наша ідея полягає в тому, щоб вмотивувати студентів навчатися, включивши маленькі стимули – у вигляді стипендій.

#### 2. Проблеми викладачів:

Ще 10 років тому робота в університеті вважалася престижною, а здобуття ступеня кандидата наук давало хоча б якісь сподівання на стабільність у працевлаштуванні та отримані надбавок за ступінь/звання. Натомість сьогодні ставка викладача із науковим ступенем аж ніяк не приваблює молодь. Наша ідея дає змогу викладачам отримати додатковий зарібок. Вчителі зможуть розміщувати курси на платформі, при цьому впливаючи на ціну свого курсу та збільшуючи собі дохід розширюючи свій курс.

#### 3. Проблеми роботодавців:

Останнім часом спостерігається збільшення розриву між тим, чому навчають університети, і тим, що вимагають роботодавці. Наша платформа прагне усунути цю прогалину, з'єднуючи учнів із роботодавцями на основі того, що зараз вимагається на ринку праці. Роботодавці можуть спонсорувати учнів безпосередньо за допомогою платформи або вони можуть співпрацювати з платформою для створення курсів, адаптованих до посади, яка їм потрібна та додатково надаючи плату викладачам за виклад матеріалу.



- платить заробітну плату та доплати викладачам (у токенах);
- отримує токени від роботодавців (компаній) за доступ до анкет та результатів студентів;
- витрачає токени на залучення нових студентів (реклама, проведення заходів);
- отримує токени від інвесторів;
- отримує оплату за навчання від студентів (у токенах);
- продає токени на біржу.

### 3. Викладачі

Для зацікавлення викладачів у співпраці з платформою, ми використовуємо мотивацію у вигляді токенів. Оскільки, ціна токену зростає з ростом попиту на нього, заробітня плата викладачів буде зростати.

Ми пропонуємо модель, де викладачі можуть створити власний освітній бізнес на нашій Платформі. Викладач, який хоче викладати і заробляти цим на життя, реєструється на платформі, розробляє програму навчання, виставляє назву предмета, набирає студентів та проводить онлайн-заняття, завантажує до них наочні матеріали та розширює свій курс.

Вони зможуть розміщувати курси на платформі, при цьому впливаючи на ціну свого курсу та збільшуючи собі дохід розширюючи свій курс наочними матеріалами (Livestream, презентація, аудіозапис, відео, схеми, таблиці, картки та ін). Так наприклад, кожна додана наочність до курсу буде дорівнювати + 5 токенів. Також вплив на з\п мають студенти, які по закінченню курсу будуть оцінювати викладача за різними критеріями, тому викладачу корисно показати високий рівень компетентності та якомога більше зацікавити студентів в проходженні його курсу. Також на дохід вчителя впливатиме кількість студентів на курсі, чим більша кількість студентів запишиться на курс, тим більша плата буде у вчителя.

- купує токени на біржі для подальшої взаємодії з платформою;
- сплачує токени платформі за користування (вчитель створює курси, розміщує їх на платформі та отримує з цього дохід);

— отримує токени від платформи (заробітня плата).

#### 4. Студенти

Люди, які навчаються онлайн, швидко втрачають мотивацію, ефективність навчання знижується, а боротися з низькою концентрацією стає все складніше, Висока ціна освіти в поєднанні з відсутністю стимулів призводить до того, що люди втрачають мотивацію та кидають навчання. Найчастіше людям потрібен додатковий поштовх, щоб повністю розкрити свій потенціал. Виходячи з цього наша ідея полягає в тому, щоб вмотивувати студентів навчатися, включивши маленькі стимули – у вигляді стипендій.

— купує токени на біржі ( для оплати курсів );

— продає токени на біржі ( акумуляція токенів відбувається за рахунок отримування стипендій );

— купує курси на платформі ( ціна курсу залежить від наповненості контенту курсу );

— отримує від платформи стипендію:

#### 5. Роботодавці

— купує токени на біржі для взаємодії з платформою;

— сплачує токени платформі.

Компанії можуть шукати студентів, які відповідають певним наборам навичок, яких вони шукають. Роботодавець може заплатити токени платформі та отримати анкету з досягненнями студента.

Компанії також матимуть можливість пропонувати стипендії студентам на основі навичок, яких вони хотіли б отримати.

#### 6. Організації

- купує токени на біржі для взаємодії з платформою;

- сплачує токени платформі.

Університети, HR-компанії, державні та неурядові організації, інші структури/агенти з пошуку та розвитку талантів можуть купити курси за



власні кошти, для того, щоб надати фахівцям своєї установи, безкоштовну можливість навчатися на курсі.

## 7. Інвестори

- купує токени на біржі для взаємодії з платформою;
- сплачує токени платформі.

Інвестори є основним економічним паливом для стійкої економіки платформи. Інвестори допоможуть платформі розширитися. Впровадити нові стартапи та проекти. Фінансування в платформу буде відбуватися таким чином, що скільки би відсотків не вклали в проект інвестори, вони отримають такий же самий відсоток при реалізації.

Більш детальна взаємодія між агентами зображена на таблиці (Таб.2.3):

«Таблиця 2.3»

### Взаємодія агентів у моделі платформи

Номер	Агент 1	Агент 2	Дія
1	Біржа	Організації	Організації купують токени на біржі.
2	Організації	Платформа	Університети, державні та неурядові організації, інші структури/агенти з пошуку та розвитку талантів можуть купити курси за власні кошти, для того, щоб надати фахівцям своєї установи, безкоштовну можливість навчатися на курсі.
3	Біржа	Викладачі	1.Викладачі купують токени на біржі.

			2.Викладачі продають токени на біржі. (переведення заробітної плати у фіат).
<b>4</b>	Викладачі	Платформа	<p>Викладач викладає курси на платформу, при цьому генеруючи вартість курсу.</p> <p>Викладач дає кошти платформі за використання.</p> <p>Викладач отримує заробітню плату.</p> <p>Викладач отримує нагороду у вигляді токенів за фідбек.</p> <p>Викладач отримує винагороду у вигляді токенів за наповненість курсу.</p>
<b>5</b>	Біржа	Студенти	<p>1.Студенти купують токени на біржі.</p> <p>2.Студенти продають токени на біржі. (переведення стипендії у фіат)</p>
<b>6</b>	Студенти	Платформа	<p>Студент дає кошти платформі за навчання, зокрема доступ до курсів.</p> <p>Студент отримує нагороду (стипендію) за успішність.</p>
<b>7</b>	Біржа	Маркетинг	Агент Маркетинг продає токени на біржі.

<b>8</b>	Маркетинг	Платформа	Платформа дає кошти агенту маркетинг для реклами та просування. Маркетинг це сукупність заходів, щодо формування статусу, іміджу, рейтингу, впізнаваності, брендування.
<b>9</b>	Біржа	Інвестор	1.Інвестор купує токени на біржі. 2.Інвестор продає токени на біржі.
<b>10</b>	Інвестор	Платформа	Інвестор дає кошти платформі для стартапів та ін.
<b>11</b>	Біржа	Роботодавець	Роботодавець купує токени на біржі.
<b>12</b>	Роботодавець	Платформа	Роботодавець дає кошти платформі, щоб навзаєм отримати доступ до матеріально-технічної бази, до людського потенціалу, до можливості формування освітнього процесу.
<b>13</b>	Біржа	Спекулянти	1.Спекулянти купують токени на біржі для отримання прибутку. 2.Спекулянт продає токени на біржі.
<b>14</b>	Біржа	Платформа	1.Платформа купує токени на біржі. 2.Платформа продає токени на біржі.

Перевагами використання нашої платформи є:

1. покращена доступність освіти

Блокчейн дає змогу викладачам і учням легко взаємодіяти без залучення посередників. Таким чином освіта стає доступнішою для всіх, хто прагне отримати нові навички.

## 2. покращена якість навчання

Децентралізована платформа на основі блокчейну дозволяє учням безпосередньо взаємодіяти з викладачами. Таким чином, учні можуть «навчатися на практиці» та отримувати негайний зворотний зв'язок, що покращує здатність здобувати нові навички.

## 3. надійна доставка змісту навчання

Онлайн-навчання, засноване на блокчейні, гарантує надійну передачу навчального контенту.

## 4. покращена ефективність і безпека

Мережа блокчейн забезпечує додатковий рівень безпеки та ефективності під час здійснення транзакцій.

Отже, в данному розділі ми представили теоритичний опис моделі освітньої платформи. Далі за допомогою методів алгебраїчного та інсерційного моделювання ми представимо фрагмент формалізації моделі освітньої платформи.

## **РОЗДІЛ №3. ФОРМАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ НАДАННЯ ОСВІТНІХ ПОСЛУГ**

### **3.1. ФОРМАЛІЗАЦІЯ ФРАГМЕНТУ МОДЕЛІ ТОКЕНОМІКИ**

Для створення освітньої інформаційної системи вибору курсів команді розробників необхідно виконати наступні дії:

1. Обрати викладача.
2. Обрати студента.
3. Створити курс.
4. Мати платформу для створення моделі.
5. Створити гаманець.
6. Створити власний токен.

Модель надання освітніх послуг представляє загальну картину та опис руху токенів між агентами. Як раніше зазначалося агенти це представники моделі, а в реальності - це зацікавлені сторони у продуктивності економіки токенів. Для формалізації моделі токеноміки нами було обрано лише фрагмент із всієї великої освітньої екосистеми. Ми вважаємо, що це найменший елемент для впровадження його найближчим часом.

Ми обрали середовище платформи, де розглядається взаємодія чотирьох агентів: Біржа, Платформа, Викладач та Студент.

Наша модель має достатню кількість агентів та замкнутий цикл який представлений на малюнку (Рис. 3.1)

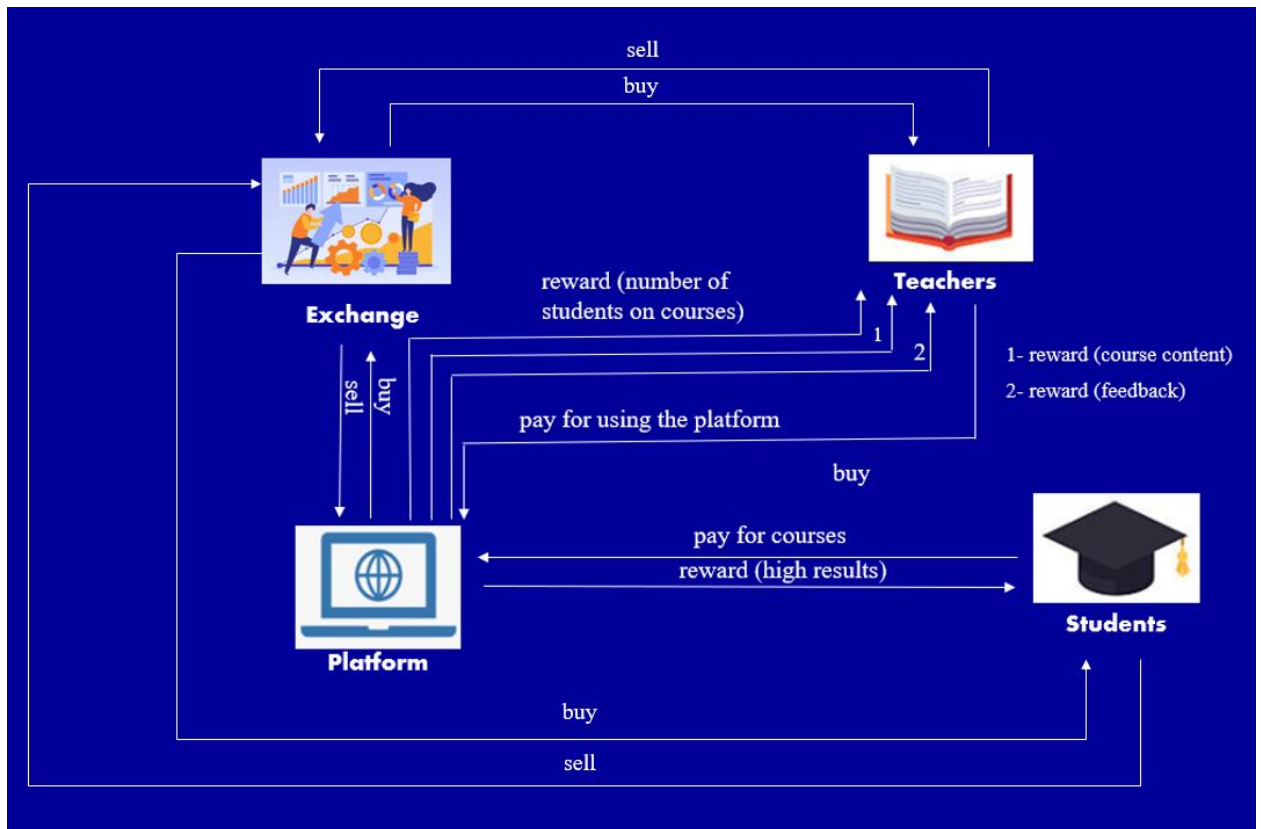


Рисунок 3.1 - Схема взаємодії агентів платформи.

В моделі виступають такі агенти та їх дії:

### 1. Біржа

Кожен з представлених на малюнку агентів може купувати та продавати токени на біржі.

### 2. Платформа:

- купує токени на біржі;
- платить заробітну плату та доплати викладачам (у токенах);
- отримує оплату за навчання від студентів (у токенах);
- продає токени на біржу.

### 3. Студент:

- купує токени на біржі ( для оплати курсів );
- продає токени на біржі ( акумуляція токенів відбувається за рахунок отримування стипендій );
- купує курси на платформі ( ціна курсу залежить від наповненості контенту курсу );

— отримує від платформи стипендію:

#### 4. Вчитель:

— купує токени на біржі для подальшої взаємодії з платформою;

— сплачує токени платформі за користування (вчитель створює курси, розміщує їх на платформі та отримує з цього дохід);

— отримує токени від платформи (заробітня плата). Кількість токенів залежить від показників:

- початкова вартість курсу;
- кількість студентів, які записалися на цей курс (зарплата вчителя прямопропорційна кількості здобувачів).

На початкову вартість курсу також впливає наповненість курсу (*додавання наочних матеріалів: Livestream, презентація, аудіозапис, відео, схеми, таблиці, картки та ін.. Так наприклад, кожна додана наочність до курсу буде дорівнювати + 5 токенів*).

Крім того, у вигляді доплати викладачі будуть отримувати токени за високий рівень комтентності. Так студенти проходячи анкетування, опитування, залишаючи відгуки будуть надавати зворотній зв'язок (*фідбек*), результати якого будуть формувати рейтинг серед викладачів платформи.

— продає токени ( токени, які отримав викладач за роботу на платформі ).

Взаємодія між агентами висвітлена у таблиці (Табл.3.1):

«Таблиця 3.1»

#### Взаємодія агентів у ході формалізації фрагменту моделі

Номер	Агент 1	Агент 2	Дія
1	Біржа	Викладач	1.Викладачі купують токени на біржі.

			2.Викладачі продають токени на біржі. (переведення заробітньої плати у фіат).
<b>2</b>	Викладач	Платформа	<p>Викладач викладає курси на платформу, при цьому генеруючи вартість курсу.</p> <p>Викладач дає кошти платформі за використання.</p> <p>Викладач отримує заробітню плату.</p> <p>Викладач отримує нагороду у вигляді токенів за фідбек.</p> <p>Викладач отримує винагороду у вигляді токенів за наповненість курсу.</p>
<b>3</b>	Біржа	Студент	<p>1.Студенти купують токени на біржі.</p> <p>2.Студенти продають токени на біржі. (переведення стипендії у фіат)</p>
<b>4</b>	Студент	Платформа	<p>Студент дає кошти платформі за навчання, зокрема доступ до курсів.</p> <p>Студент отримує нагороду (стипендію) за успішність.</p>
<b>5</b>	Біржа	Платформа	<p>1.Платформа купує токени на біржі.</p> <p>2.Платформа продає токени на біржі.</p>



Нижче наведено фрагмент (Рис.3.2) формалізації агента Платформа, який взаємодіє з агентами Вчитель, Студент та Біржа у синтаксисі інерційного моделювання.

Нижче наведено формалізацію дії купівлі tokenів на біржі у графічному форматі. (Рис.3.2.)

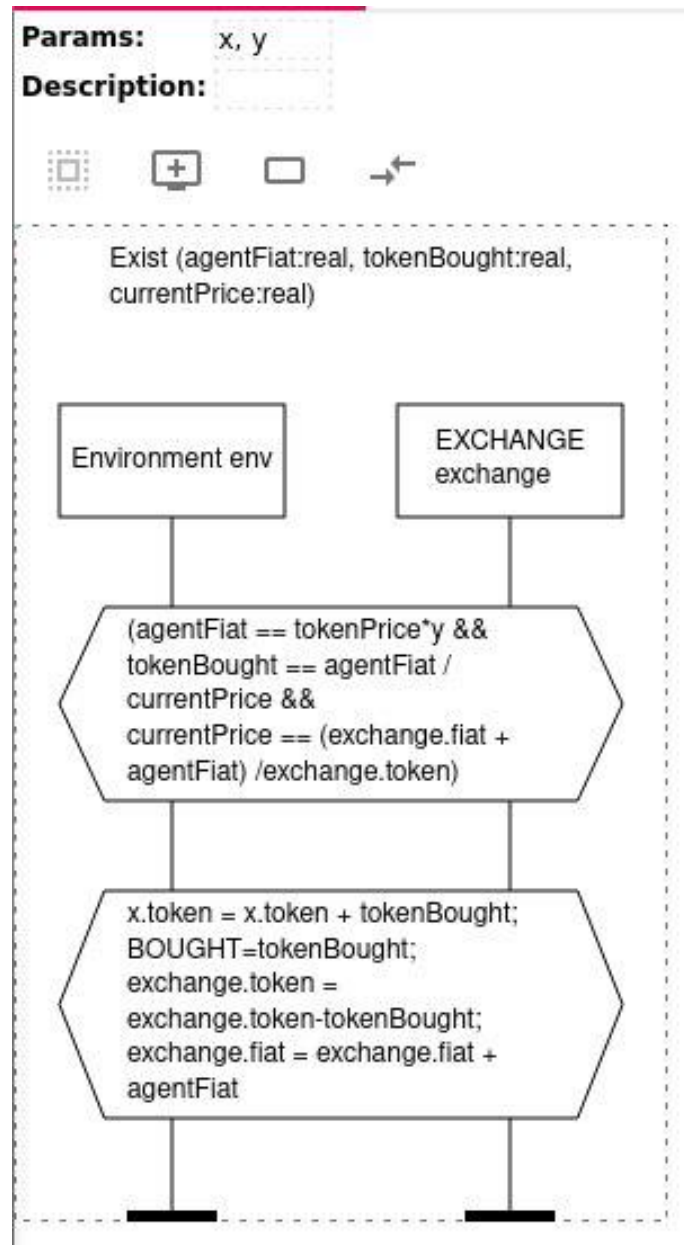


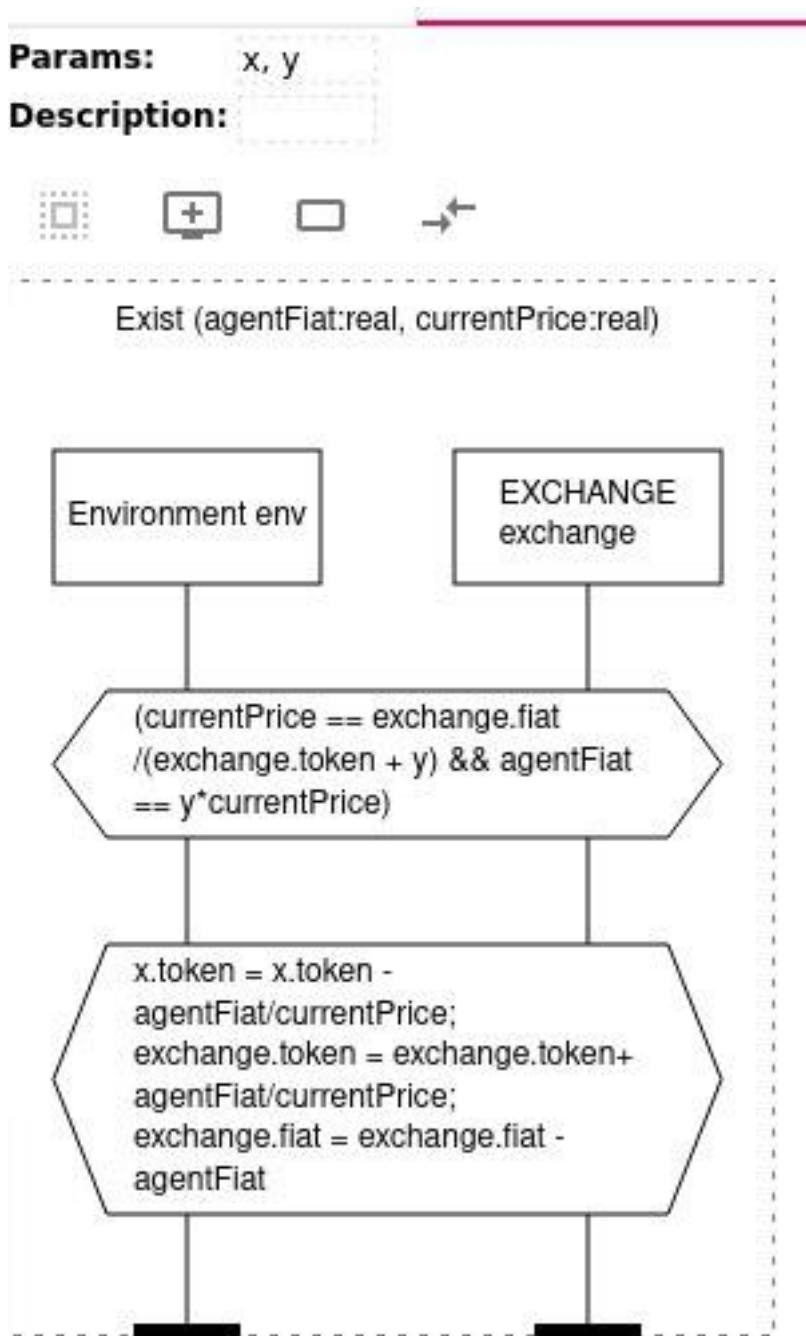
Рисунок 3.2 – Графічне зображення протоколу buyTokens

Даний протокол містить параметри x та y, що говорить про те, що у протоколі діють декілька агентів. У нашому випадку це агенти студент та вчитель. Також базові протоколи взяті в так званий цикл «Exist».

Атрибути протоколу є:

- `currentPrice` - поточна ціна токєну на біржі;
- `exchange.fiat` - обсяг фіатних коштів на біржі;
- `exchange.token` - кількість токєнів на біржі;
- `agentFiat` - кількість фіатних коштів у агєнта;
- `x.token` - кількість токєнів, якою володіє даний агєнт;

Далі нами представлено графічне зображення протоколу продажу токєнів, який також містить агєнтів вчитель та студент, які представлені у параметрах `x` та `y`. (Рис.3.3)



### Рисунок 3.3 – Базовий протокол «sellTokens»

У протоколах купівлі та продажу токенів нами розглядаються агент Біржа та Освітнє середовище, яке представляє студентів та вчителя, їх взаємодія відбувається за рахунок поставленої передумови та післяумови.

*Передумова купівлі токенів:*

Поточна ціна токенів на біржі формуватиметься за рахунок обсягу фіатних коштів на біржі поділеному на кількість токенів на біржі (+ у (кошти студентів за навчання на платформі)) && (кон'юнкція) кількість фіатних коштів у агента == (дорівнює)  $(y * \text{на поточну ціну})$ .

*Післяумова купівлі токенів:*

Кількість токенів, якою володіє агент дорівнює кількість токенів, якою володіє агент – (відняти) кількість фіатних коштів у агента / (поділено) на поточну ціну токена на біржі.

Кількість токенів на біржі = кількість токенів на біржі + (додати) до кількості фіатних коштів у агента / (поділено) на поточну ціну токена на біржі.

Обсяг фіатних коштів на біржі = (дорівнює) Обсяг фіатних коштів на біржі – (відняти) кількість фіатних коштів у агента.

*Передумова продажу токенів:* Поточна ціна токена на біржі == (дорівнює) обсяг фіатних коштів на біржі / (поділено) на обсяг фітних коштів на біржі + (+ у (кошти студентів за навчання на платформі)) && (кон'юнкція) кількість фіатних коштів у агента == (дорівнює)  $y * \text{на поточну ціну токена на біржі}$ .

*Післяумова продажу токенів:*

Кількість токенів, якою володіє даний агент =(дорівнює) кількість токенів, якою володіє агент – (відняти) кількість фіатних коштів у агента / (поділено) на поточну ціну токена на біржі.

Кількість токенів на біржі = (дорівнює) кількість токенів на біржі + (додати) кількість фіатних коштів у агента / (поділено) на поточну ціну токена на біржі.

Обсяг фіатних коштів на біржі = (дорівнює) обсяг фіатних коштів на біржі – (відняти) кількість фіатних коштів у агента.

Поведінку агентів задали у вигляді алгебри поведінки. Кожна з цих поведінок, у свою чергу, є кінцевою послідовністю протоколів.

Розглянемо фрагмент алгебри поведінки у моделі платформи:

```
B0 = (INVESTMENT_PRICE),
```

```
INVESTMENT_PRICE = (
    investmentPrice
    .print . B0 + !investmentPrice
        .EXCHANGE_LISTING
),
```

```
EXCHANGE_LISTING = (listing . newPrice . SERVICE),
```

```
SERVICE = (
    buyExchangeToken(student, servicePrice*countUsers)
    .serviceStudent(student, student.count*servicePrice)
    .salary(teacher, teacher.countStudent*servicePrice)
    .otherExpenses(otherExpenses)
    .staking(countStakingUser)
    .printBurned
    .marketingUser
    ;(TRADING_ACTIONS)
),
```

```
TRADING_ACTIONS = (
```

```

sellExchangeToken(team, team.token*team.sale)
.sellExchangeToken(student, student.token*student.sale)
.sellExchangeToken(teacher, teacher.token*teacher.sale)
.sellExchangeToken(advisors, advisors.token*advisors.sale)
.sellExchangeToken(airdrop, airdrop.token*team.sale)
.sellExchangeToken(marketing, marketing.token*marketing.sale)
.sellExchangeToken(speculator, speculator.token*speculator.sale)
.sellExchangeToken(user, user.token * user.sale)
.buyExchangeToken(speculator, speculator.token*speculator.buy)
;(INVESTOR_TRADING)
;newPrice
.print
;(NEXT_MONTH)
),

```

```

INVESTOR_TRADING = (
    sellExchangeToken(early_investors, early_investors.token*investorsSale)
    .sellExchangeToken(public, public.token*investorsSale)
    .sellExchangeToken(private, private.token*investorsSale)
),

```

$NEXT\_MONTH = nextMonth \cdot SERVICE + endMonth \cdot Delta$

Де,

investmentPrice – інвестиційна ціна;

exchange\_listing - біржовий лістинг;

service – обслуговування;

newPrice – нова ціна;

buyExchangeToken – купівля токенів на біржі;

sellExchangeToken – продаж токенів на біржі;

countUsers – кількість користувачів;  
serviceStudent – обслуговування студентів;  
sallary – заробітня плата;  
otherExpenses – інші витрати;  
staking – стейкінг;  
trading\_actions – торгові дії.

Отже, нами було представлено фрагмент формалізації токенизації елементів освітньої моделі вибору курсів з використанням методів алгебраїчного та інерційного моделювання.

Після формалізації фрагменту моделі, ми маємо можливість аналізувати властивості токеноміки, зокрема, будувати графіки, які відображають зміну показників моделі за певний період часу. Дана модель дає нам змогу передбачити недоліки, побачити перспективу, перевірити систему та її перспективу для подальшої реалізації.

Оскільки нами вже було зроблено формалізацію моделі вибору курсів, наступним кроком є створення гаманця та токену.

### 3.2. РЕАЛІЗАЦІЯ ЧАСТИНИ МОДЕЛІ ОСВІТНЬО-ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ВИБОРУ КУРСІВ.

Для реалізації системи вибору курсів ми дотримувались певного алгоритму дій, та формалізували модель. Невід’ємною частиною моделі є створення гаманця та токенів.

Пропонуємо розглянути інструкцію, як створювати власний гаманець та токен.

Оскільки ми живемо в чудовому новому світі криптовалют і децентралізованих фінансів, а створення власних крип�отокенів стає все популярнішим. Але потрібно пам’ятати головне, створення токена це одне, а от підтримувати його, це дуже складний процес[44]. Цілями створення можуть бути:

- за для розваги;
- покращення додатку DeFi;
- залучення коштів на розробку додатка.

Успішний запуск токена криптовалюти складніший і потребує багато часу та енергії.

Для створення власного токена вам потрібно буде вибрати блокчейн, на якому ви будете карбувати свою криптовалюту. Зауважимо, токен – це криптовалюта, яка не має власного блокчейну.

При виборі інструменту для створення токена, кожен керується власним досвідом та знаннями.

Особисто наша команда створює токени за допомогою інструменту Algodesk.

Саме цей інструмент набирає все більшої активності у інтернет-просторі серед новачків, оскільки технологія Algorand дозволяє експериментувати зі створенням токенів, навіть тим хто не сильно знається на технології блокчейн. Саме завдяки доступності та відкритим можливостям наступні ідеї можуть стати чимось новаторським.

Щоб створити власний токен, користувачу необхідно:

7. Перейти на сайт ALGODESK.

Достатньо написати назву у рядку пошуку Google, і першим серед пошуку відобразиться сайт ALGODESK.

8. Обрати мережу.

Вікно вибору мережі, зображено на малюнку. Рис.3.4 «Algodesk. Вибір мережі»



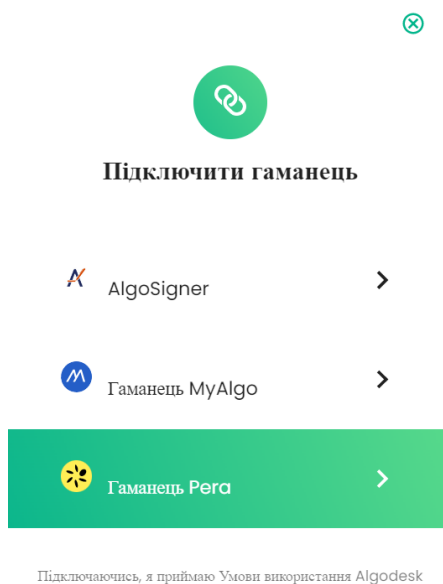
«Рисунок 3.4 - Algodesk. Вибір мережі»

Користувач може обрати TestNet (тестову мережу) чи MainNet (офіційну мережу).

9. Підключити гаманець.

Після натискання на кнопку «Підключити гаманець», з'являється вікно, де користувачу необхідно обрати гаманець. (Рис.3.5. «Algodesk. Підключення гаманця»)





«Рисунок 3.5 - Algodesk. Підключення гаманця»

Нашою командою було обрано, Гаманець Pera.

Pera Algo Wallet — це простий і швидкий спосіб надсилати та запитувати алгоритми в блокчейні Algorand. Pera Wallet дозволяє:

- Швидко створити обліковий запис
- Миттєво надсилайте алгоритми контактам
- Легко створюйте та діліться запитами для алгоритмів
- Перегляд повної історії транзакцій
- Зберігайте всі свої контакти для швидкого та легкого доступу
- Додавання та видалення облікових записів
- Перегляньте свій NFTS

Цей додаток необхідно завантажити на свій гаджет, для того, щоб потім з легкістю керувати гаманцем. (Рис.3.6 Додаток Pera Algo Wallet)



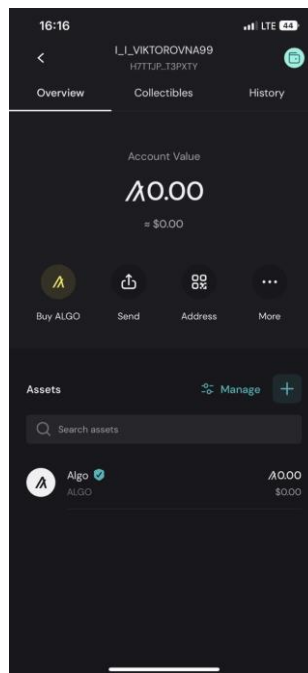
«Рисунок 3.6 - Додаток Pera Algo Wallet»

Після цього необхідно пройти авторизацію у мобільному додатку та відсканувати за допомогою нього QR-код, який зображено на сайті Algodesk. Важливо, при реєстрації у мобільному додатку запам'ятати або записати слова (Рис.3.7 Ключ для відновлення), які є ключем і допоможуть вам підтвердити право власності на гаманець. Оскільки цей ключ не можна нікому передавати, за для власної безпеки я замаскувала слова. Ці 25 слів, записаних на англійській мові відповідно до цифр, необхідно буде підтвердити відповідаючи на завдання, які представе додаток при реєстрації.



«Рисунок 3.7 - Ключ для відновлення паролю»

Після цього перед вами буде зображено інтерфейс гаманця з нулевим балансом (Рис. 3.8 Інтерфейс гаманця).

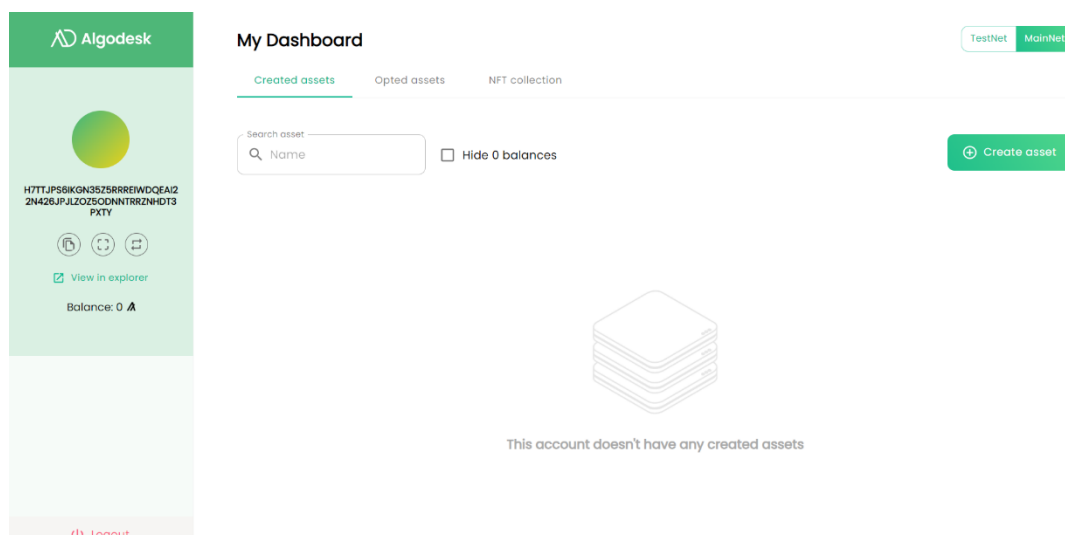


«Рисунок 3.8 - Інтерфейс гаманця.»

Для того, щоб створити токен Вам спочатку необхідно поповнити баланс. Осмкільки, при створені токenu здійснюється певна транзакція. У тестовій мережі користувач може додати кошти на створений рахунок за допомогою [сайту Algorand Testnet Dispenser](#) і замовте Algos або поповнити рахунок можна з раніє створеного гаманця, на якому є кошти.

## 10.Створити токен.

Після того, як ви створили гаманець, та поповнили рахунок. Переходьте на сайт Algodesk та реєструйте токен натиснувши на кнопку у правому боці, зверху «Створити актив». (Рис. 3.9 Інтерфейс. Create asset)

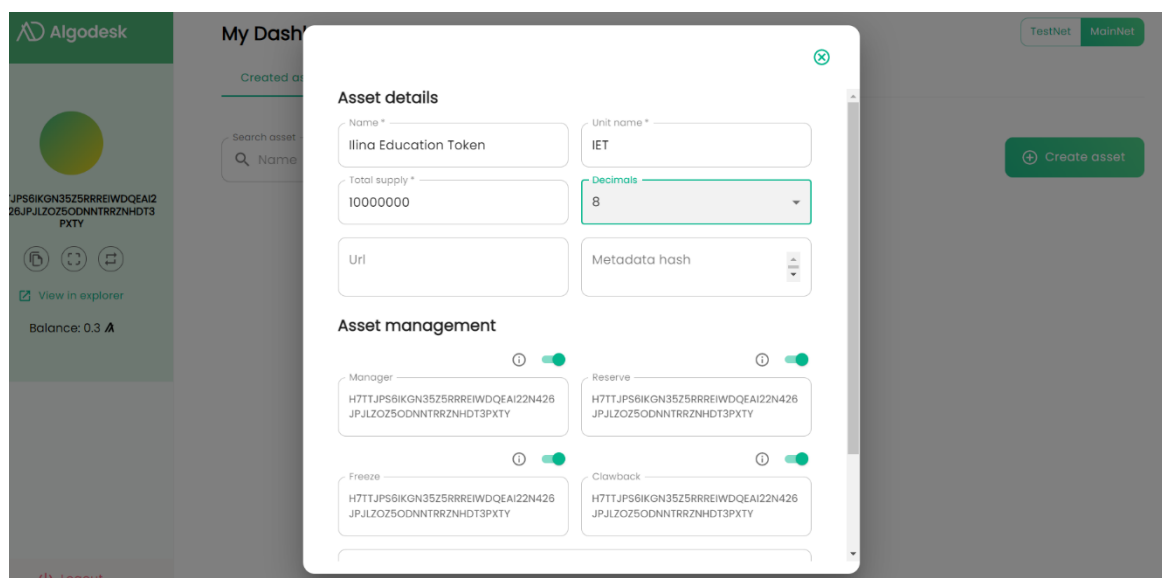


«Рисунок 3.9 - Інтерфейс. Create asset»

Після чого, необхідно буде вказати параметри токену ( Рис. 3.10 Asset details):

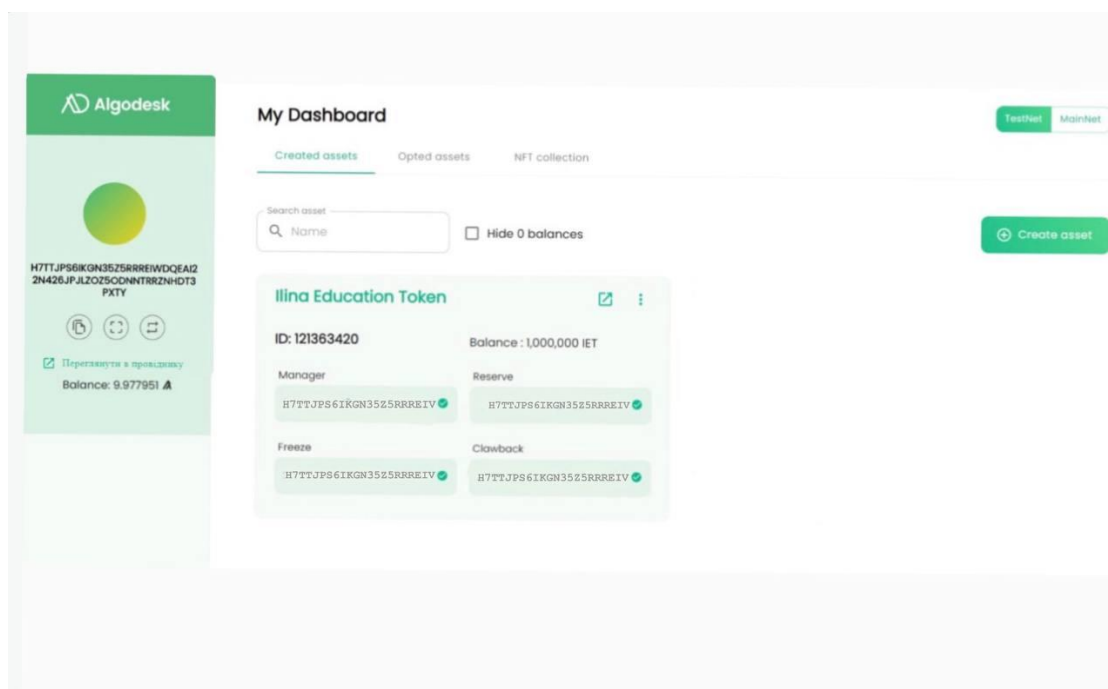
- Назва активу.
- Unit Name.
- Total Supply – кількість копій токену.
- URL-адреса активу – посилання.
- Хеш метаданих.

Ви також повинні переконатися, що «розширені параметри» відкрито.



«Рисунок 3.10 - Asset details»

Після того, як ви створите токен, у вас в обліковому записі буде відображено створений токен та його баланс. (Рис. 3.11 Інформаційна панель)



«Рисунок 3.11 - Інформаційна панель»

Створений мною токен, не є регламентованим, оскільки токен повинен підкріплюватися `Whitpaper` для того, щоб стати видимим в Інтернеті.

Отже, ми встановили, що будь-хто може створити власний криптотокен практично на будь-якому блокчейні. Головне слідувати певним цілям та дотримуватися правил. Створений мною токен `PinaEducation` не використовується командою, але є прикладом у дослідженні.

Результатом нашої роботи є формалізована освітня інформаційна система вибору курсів технологіями токенизації, яка підкріплюється створеним токеном.

## ВИСНОВКИ

Отже, ми бачимо, що технологія блокчейн набуває все більшої потужності та соціальності перкусії. Його новий спосіб мислення дозволяє розробляти безліч нових систем.

Токенізація активів містить величезні можливості для зростання і покращення освітнього середовища країни, завдяки чому освіта стане більш справедливою та відкритою. Саме поєднання освіти та токеноміки дасть додаткову цінність для університетів країни, ставлячи їх в авангард токенизації університетів світу.

Наше бачення полягає в тому, що ми проектуємо створення найефективнішої екосистеми освіти для того, щоб покращити суспільство. Моделі освітньої еко-системи ми розглядаємо розкриваючи всі головні аспекти, функціонал та можливості. Як висновок, разом ми бачимо, що для реалізації моделей необхідно дуже багато часу, зусиль та стартового капіталу.

В ході нашої роботи, нами було виконано такі завдання:

1. Досліджено перспективи застосування технологій блокчейн в освітньому секторі;
2. Вивчено потенційні можливості, проблеми і загальні наслідки впровадження блокчейну в освітній сектор.
3. Розглянуто рівні абстракції моделі освітньої еко-системи та розбити її на деталізовані моделі.
4. Спроектовано модель освітньої інформаційної системи вибору курсів, визначити основних агентів, описати ключові дії та поведінку, створити дизайн поведінки агентів в рамках моделей;
5. Зроблено формалізацію фрагменту моделі освітньої інформаційної системи вибору курсів.
6. Створено власний токен.

Для успішного досягнення поставлених завдань нами було систематизовано набуті знання з власного досвіду, вже готові схожі ідеї та

стартапи, проаналізовано предметну область, вже існуючі проекти, готові платформи, сервіси та налагодженні канали роботи інших університетів. Нами було розглянуто проблеми освіти та впровадження технології блокчейн, зокрема токенизації для їх вирішення.

Це лише початок, попереду ще багато розробок і досліджень, і ми сподіваємося побачити багато змін у секторі освіти та технологій. Ми вважаємо, що це ключовий момент в історії для прийняття нових моделей для розширення можливостей людей через освіту. Як ми бачимо, попереду ще довгий шлях, але можливість є, отже, важливість формалізації моделей та досліджень щодо запровадження токенизації в університетському житті дуже велика.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ahluwalia, S., Mahto, R. v., & Guerrero, M. (2020). Blockchain technology and startup financing: A transaction cost economics perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, **151**, 119854. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2019.119854>
2. Allam, D. Explaining the Persistence of “Decentralisation” of Education in Egypt. *Int. J. Educ. Dev.* **2021**, 82, 102357. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
3. Amy Castor. (2018). Bitcoin Magazine. Cardano blockchain's first use case: proof of university diplomas in greece. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bitcoinmagazine.com/business/cardano-blockchains-first-use-case-proof-university-diplomas-greece>
4. Blockchain Economics, Security and Protocols Tokenomics 2020, October 26–27, 2020, Toulouse, France, pp.5:1–5:20
5. Bracciali, D. Grossi, and R. de Haan, “Decentralization in Open Quorum Systems: Limitative Results for Ripple and Stellar,” 2nd International Conference on
6. Busta, H. To Keep up with Blockchain, Colleges Look across Disciplines. Higher Ed Dive. 2019. Available online: <https://www.highereddive.com/news/to-keep-up-with-blockchain-colleges-look-across-disciplines/563031/>
7. Caballero, M. Tokenized Education: A New Business Case-WISE. Available online: <https://www.wise-qatar.org/miguel-caballero-tokenized-education-new-business-case/>
8. cadCAD [Електронний ресурс] // cadCAD [сайт]. 2022. – Режим доступу: <https://cadcad.org/>
9. Chen, G., Xu, B., Lu, M. (2018). Exploring blockchain technology and its potential applications for education. *Smart Learn. Environ.* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1186/s40561-017-0050-x>

- 10.Chen, G.; Xu, B.; Lu, M.; Chen, N.-S. Exploring Blockchain Technology and Its Potential Applications for Education. *Smart Learn. Environ.* **2018**, *5*, 1. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)][[Green Version](#)]
- 11.Deloitte. Токенізація — майбутнє бізнес-моделі платформи Стале зростання за допомогою стимулів на основі блокчейну. 2020. Доступно в Інтернеті: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/risk/deloitte-nl-risk-tokenization-paper-final.pdf>
- 12.Digital money times. Canadian University Enables Bitcoin Payments On Campus.URL: <http://digitalmoneytimes.com/canadian-university-enables-bitcoin-payments-on-campus/>
- 13.Elena P. Fedorova, Ella I. Skobleva: Application of Blockchain Technology in Higher Education // Astrakhan State University, Astrakhan, Russian Federation. Copyright © 2020 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.
- 14.F. Kruger, “How to Think about Tokenomics?,” <https://medium.com/workcoin/how-to-think-about-tokenomicsb3da509444e5>
- 15.Foundation, Algorand. ["COLLEGE CRYPTO HACKATHON INVITES STUDENTS TO CREATE UNIQUE BITCOIN AND BLOCKCHAIN APPLICATIONS"](#). Harmony Blog. Retrieved 24 July 2019.
- 16.Futurism. MIT Has Started Issuing Diplomas Using Blockchain Technology. URL: <https://futurism.com/mit-has-started-issuing-diplomas-using-blockchain-technology>
- 17.Insertion modeling in distributed system design / A.A. Letichevsky, J.V. Kapitonova, V.P. Kotlyarov et al. // Проблеми програмування, 2008. – № 4. – С. 13–38.
- 18.Kamišalić A., Turkanović M., Mrdović S., Heričko M. (2019) Попередній огляд рішень на основі блокчейну у вищій освіті. У: Уден Л., Ліберона Д., Санчес Г., Родрігес-Гонсалес С. (ред.) Технологія навчання для проблем освіти. LTES 2019. Комунікації в комп'ютерних та інформаційних науках, том 1011. Springer, Cham.

- 19.Khamisa, “Token Economies.” In *The Emerald Handbook of Blockchain for Business*. Emerald Publishing Limited. 2021
- 20.Letichevsky A., Letychevskiy O., Peschanenko V. Insertion Modeling and Its Applications. *Computer Science Journal of Moldova*. 2016. 24(3): 357–370.  
<http://www.apsystems.org.ua/uploads/doc/aps/APSv3.eng.pdf>
- 21.Letichevsky A., “Algebra of behavior transformations and its applications,” in V. B. Kudryavtsev and I. G. Rosenberg, eds., *Structural Theory of Automata, Semigroups, and Universal Algebra*, NATO Science Series II. Mathematics, Physics and Chemistry – vol. 207, pp. 241–272, Springer, 2005
- 22.Letychevskiy O., Peschanenko V., Radchenko V., Orlovskiy M., Sobol A. Algebraic approach to verification and testing of distributed applications. In: *Proc. of Blockchain and Internet of Things Conference (7-9 July, 2019, Okinawa, Japan)*. DOI: <https://doi.org/10.1145/3343147.3343159>
- 23.Marinescu, C. (2012). Transaction costs and institutions efficiency: A critical approach. *American Journal of Economics and Sociology*, **71**(2), 254– 276. <https://doi.org/10.1111/J.1536-7150.2012.00829.X>
- 24.Massaró, M., Dal Mas, F., Jabbour, C. J. C., & Bagnoli, C. (2020). Crypto-economy and new sustainable business models: Reflections and projections using a case study analysis. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, **27**(5), 2150– 2160. <https://doi.org/10.1002/csr.1954>
- 25.O. Letychevskiy, V. Peschanenko, M. Poltoratskiy, P.Kovalenko, S. Mogylyko, and V. Radchenko, “Formal Verification of Token Economy Models,” IEEE Explore Digital Library, IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC) 2019, Seoul, South Korea.
- 26.O. Letychevskiy, V.Peschanenko, M. Poltoratskiy, and Y. Tarasich, “Our Approach to Formal Verification of Token Economy Models,” Conference paper, ICTERI: International Conference on Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications, Springer, Cham, 2019, pp. 348–363.

27. Park, J. Promises and challenges of Blockchain in education. *Smart Learn. Environ.* 8, 33 (2021). <https://doi.org/10.1186/s40561-021-00179-2>
28. Ralston, SJ Postdigital Prospects for Blockchain Disrupted Higher Education: Beyond the Theatre, Memes and Marketing Hype. *Постцифрові наук. Навч.* 2020, 2, 280–288. [ [Google Scholar](#) ] [ [CrossRef](#) ] [ [Green Version](#) ]
29. Son-Turan, S.; Lambrechts, W. Sustainability Disclosure in Higher Education: A Comparative Analysis of Reports and Websites of Public and Private Universities in Turkey. *Int. J. Sustain. High. Educ.* 2019, 20. [ [Google Scholar](#) ] [ [CrossRef](#) ]
30. Terras, M.M.; Ramsay, J. Massive Open Online Courses (MOOCs): Insights and Challenges from a Psychological Perspective. *Br. J. Educ. Technol.* 2015, 46, 478–487. [ [Google Scholar](#) ] [ [CrossRef](#) ]
31. TokenSPICE [Електронний ресурс] // GitHub [сайт]. 2021. – Режим доступу: <https://github.com/tokenspice/tokenspice>
32. Watters, A. The Blockchain for Education: An Introduction. 2016. Available online: <http://hackeducation.com/2016/04/07/blockchain-education-guide>
33. What is R? [Електронний ресурс] // R [сайт]. 2022. – Режим доступу: <https://www.r-project.org/about.html>
34. Whitepaper Disciplina [Електронний ресурс] // Gilgamesh [сайт]. 2022. – Режим доступу: <https://www.disciplina.io/WhitePaper.pdf>
35. Whitepaper Gilgamesh [Електронний ресурс] // Gilgamesh [сайт]. 2022. – Режим доступу: [https://neironix.io/ico-rating/gilgamesh\\_platform/white-paper](https://neironix.io/ico-rating/gilgamesh_platform/white-paper)
36. Whitepaper ODEM [Електронний ресурс] // Gilgamesh [сайт]. 2022. – Режим доступу: <https://whitepaper.io/coin/odem>
37. Білий, С.; Білий, С.; Бортвік, К. Змішані професіонали, технології та онлайн-навчання: визначення соціально-технічного третього простору у вищій освіті. *Високий. Навч. Q.* 2021, 75, 161–174. [ [Google Scholar](#) ] [ [CrossRef](#) ]
38. Вінник М.О., Полторацький М.Ю., Ільїна І.В. Огляд використання технології блокчейну в освіті і науці. *Information Technologies in Education.* 2022. № 2 (51). С. 46-58.

- 39.Грейг, А.; Приддл, Дж. Картування розвитку учнів у відповідь на освіту сталого розвитку: концептуальна модель.*Sustainability* **2019**, *11*, 4324. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)][[Green Version](#)]
- 40.Дюрант, Е.; Трачі, А. Цифровий диплом дебютує в МІТ. Новини МІТ. Массачусетський технологічний інститут. Доступно в Інтернеті: <https://news.mit.edu/2017/mit-debuts-secure-digital-diploma-using-bitcoin-blockchain-technology-1017>
- 41.Колотило, М. Технологія блокчейн в освітній перспективі. 2020. Режим доступу: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/38060/1/Conf\\_INKRIAE-2020\\_p66-67.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/38060/1/Conf_INKRIAE-2020_p66-67.pdf)
- 42.Летичевский А.А., Капитонова Ю.В. Инсерционное моделирование // Пр. міжнар. конф. «50 років Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України». – К.: ИК имени В.М. Глушкова НАН Украины, 2008. – С. 293–301
- 43.Ноель К. Як блокчейн змінить вищу освіту. ProcessMaker. 2020. Доступно в Інтернеті: <https://www.processmaker.com/blog/how-blockchain-will-transform-higher-education/>
- 44.ООН. Перетворення нашого світу: Порядок денний сталого розвитку до 2030 року. 2015. Доступно онлайн: <https://stg-wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/11125/unepswiosm1inf7sdg.pdf?sequence=1>
- 45.Робак, К. 5 способів, як блокчейн революціонізує вищу освіту. 2019. Доступно в Інтернеті: <https://www.forbes.com/sites/oracle/2019/01/02/5-ways-blockchain-is-revolutionizing-higher-education/?sh=65e74f5f7c41>
- 46.Руцца, Д. , Дал Мас, Ф. , Массаро, М. , і Баньолі, К. ( 2020 ). Роль блокчейну для підвищення інтелектуального капіталу та інновації бізнес-моделі . Інтелектуальний капітал у *цифровій економіці* (стор. 256 – 265 ). Routledge
- 47.Сизоненко В. Токенізація активів – реалії та можливості URL: <https://yurgazeta.com/publications/practice/informaciyne-pravo->

[telekomunikaciyi/tokenizaciyaaktiviv--realiyi-ta-mozhливosti.html](https://www.ibm.com/blogs/blockchain/2019/02/how-blockchain-could-change-higher-education/)

(дата

звернення: 07.11.2021)

48.Сміт, С. Як блокчейн може змінити вищу освіту IBM Supply Chain і блог про блокчейн. 2019. Доступно В

Інтернеті: <https://www.ibm.com/blogs/blockchain/2019/02/how-blockchain-could-change-higher-education/>

49.Токени Edutokens — Університет з відкритим кодом. Доступно онлайн: <https://os.university/tokens>

50.Фройденрайх, Б.; Людеке-Фройнд, Ф.; Шалтеггер, С. Погляд теорії зацікавлених сторін на бізнес-моделі: створення вартості для сталого розвитку. *Ж. Автобус. Етика* 2020 , 166 , 3–18. [ [Google Scholar](#) ] [ [CrossRef](#) ]

51.Шарплс, М.; Домінге, Дж. Блокчейн і слава: розподілена система для записів про освіту, репутації та винагороди. На *11-й Європейській конференції з технологічно вдосконаленого навчання* ; Springer: Cham, Швейцарія, 2016; С. 490–496. [ [Google Scholar](#) ]

52.Шматко О., Борова Т., Євсєєв С. та ін. Токенізація освітніх активів на основі технологій блокчейн // Scientific Journal «ScienceRise: Pedagogical Education. 2021. №3. С.4-10.

53.ЮНЕСКО. COVID-19: відновлення та переосмислення університетів, опитування щодо вищої освіти, проведене національними комісіями ЮНЕСКО; 2021. Доступно В

Інтернеті: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378174>

54.Ярді, Д. Коротко про блокчейн: шість способів трансформації вищої освіти. ЕАВ. 2018. Доступно В

Інтернеті: <https://eab.com/insights/blogs/it/blockchain-in-brief-six-ways-it-can-transform-higher-education/>