

УДК 330.341.1:378

DOI <https://doi.org/10.32782/IT/2026-1-34>

Сергій ЩЕРБАКОВ

аспірант 3 курс, кафедри системного аналізу та обчислювальної математики, Національний університет «Запорізька політехніка» вул. Жуковського, 64, м. Запоріжжя, Україна, 69063

ORCID: 0009-0002-8056-7578

Дмитро ШИРОКОРАД

доцент кафедри системного аналізу та обчислювальної математики, Національний університет «Запорізька політехніка» вул. Жуковського, 64, м. Запоріжжя, Україна, 69063

ORCID: 0000-0002-2784-4081

Бібліографічний опис статті: Щербаков, С. Широкоград, Д., (2026). Аналітична модель прозорості взаємодії освіти та бізнесу на основі блокчейн-технології. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2026-1-34>

АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЗОРОЇ ВЗАЄМОДІЇ ОСВІТИ ТА БІЗНЕСУ НА ОСНОВІ БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГІЇ

Мета роботи. Розробка аналітичної моделі прозорості взаємодії освіти та бізнесу (TEBI) – Transparent Education-Business Interaction на основі гібридної блокчейн-системи для подолання прогалин існуючих методологічних підходів.

Методологія. Дослідження базується на хронологічно-системному підході до вивчення моделей партнерства освіти та бізнесу. Застосовано компаративний аналіз концепцій Triple Helix та Quadruple Helix на основі систематичного огляду наукових публікацій. Використано методи теоретичного узагальнення для виявлення прогалин існуючих підходів. Проаналізовано світовий досвід впровадження блокчейн-технологій в освіту на прикладах платформ Blockcerts, OpenCerts та TrueRec. Застосовано методи аналізу та синтезу в якості усунення недоліків існуючих моделей.

Наукова новизна. Вперше запропоновано аналітичну модель TEBI, що інтегрує чотири категорії акторів (освітні заклади, бізнес-організації, регуляторний орган, приватні користувачі) з технологічним шаром гібридної блокчейн-інфраструктури. Систематизовано прогалини моделей Triple Helix та Quadruple Helix щодо забезпечення інформаційної прозорості. Обґрунтовано механізми верифікації освітніх досягнень у режимі реального часу.

Висновки. Авторська модель TEBI усуває виявлені обмеження існуючих підходів через забезпечення верифікації освітніх досягнень, автоматичного формування підтвердженого портфоліо, децентралізованого зберігання даних про навички і досвід роботи та динамічного узгодження освітніх програм з потребами ринку праці.

Ключові слова: Triple Helix, Quadruple Helix, блокчейн, верифікація кваліфікацій, інформаційна прозорість, модель TEBI, смарт-контракти, децентралізація.

Serhii SHCHERBAKOV

Postgraduate Student at the Department of System Analysis and Computational Mathematics, Zaporizhzhia Polytechnic National University, 64, Zhukovskoho St., Zaporizhzhia, Ukraine, 69063

ORCID: 0009-0002-8056-7578

Dmytro SHYROKORAD

Associate Professor at the Department of System Analysis and Computational Mathematics, Zaporizhzhia Polytechnic National University, 64, Zhukovskoho St., Zaporizhzhia, Ukraine, 69063

ORCID: 0000-0002-2784-4081

To cite this article: Shcherbakov, S., Shyrokorad, D. (2026). Analytical model of transparency of the interaction between education and business based on blockchain technology. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2026-1-34>

ANALYTICAL MODEL OF INTELLIGENCE OF THE INTERACTION BETWEEN EDUCATION AND BUSINESS BASED ON BLOCKCHAIN TECHNOLOGY

Purpose. Development of an analytical model for transparent education-business interaction (TEBI) based on a hybrid blockchain system to overcome the gaps of existing methodological approaches.

Methodology. The research is based on a chronological-systematic approach to studying partnership models between education and business. Comparative analysis of Triple Helix and Quadruple Helix concepts was applied based on a systematic review of 393 scientific publications. Methods of theoretical generalization were used to identify gaps in existing approaches. World experience in implementing blockchain technologies in education was analyzed using examples of Blockcerts, OpenCerts, and TrueRec platforms.

Scientific novelty. For the first time, the analytical TEBI model was proposed, integrating four categories of actors (educational institutions, business organizations, regulatory body, private users) with a technological layer of blockchain infrastructure. Gaps in Triple Helix and Quadruple Helix models regarding information transparency were systematized. Mechanisms for real-time verification of educational achievements were substantiated.

Conclusions. The author's TEBI model eliminates identified limitations of existing approaches through ensuring verification of educational achievements, automatic formation of confirmed portfolios, decentralized storage of qualification data, and dynamic alignment of educational programs with labor market needs.

Key words: Triple Helix, Quadruple Helix, blockchain, qualification verification, information transparency, TEBI model, smart contracts, decentralization.

Актуальність проблеми. Методологічні засади партнерства освітньої та підприємницької сфер формувалися протягом тривалого історичного періоду, еволюціонуючи від простих лінійних концепцій до комплексних системних підходів. Дослідження теоретичних моделей співпраці між закладами освіти та бізнес-організаціями набуває актуальності за умов цифрової трансформації економіки, коли традиційні механізми виявляються недостатньо ефективними для забезпечення відповідності компетенцій випускників вимогам ринку праці. За даними UNESCO та Commonwealth of Learning, глобальна кількість мобільних студентів досягла 6 мільйонів осіб з прогнозом подвоєння протягом наступного десятиліття (Grech, 2022). Традиційні централізовані механізми підтвердження кваліфікацій характеризуються тривалими термінами обробки запитів, високими адміністративними витратами та вразливістю до фальсифікації документів. В Україні лише 1,4% (Мон, 2020) бізнесу бере участь у дуальній формі здобуття професійної освіти (Khrypko & Shcherbakov, 2024). Формується парадоксальна ситуація: при високому рівні безробіття підприємства відчувають нестачу кваліфікованих кадрів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фундамент закладено класичними теоріями людського капіталу, розробленими у 1960-х роках американськими економістами Gary Becker та Theodore Schultz. Ключовою тезою зазначених теорій виступає розуміння освіти як інвестиції у майбутню економічну продуктивність індивіда та суспільства загалом (Becker, 1964). Ідентифікував одинадцять сутнісних елементів професійного навчання, (Euler, 2013) включаючи трикомпонентну мету системи, дуальний принцип як інтеграцію теорії та практики, партнерство держави та бізнесу.

Проривом у розумінні механізмів партнерства стала модель Triple Helix, розроблена

Etzkowitz та Leydesdorff у 1994-1995 роках (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000). Модель виникла на основі спостережень за співпрацею MIT та Стенфордського університету з високотехнологічними кластерами (Cai & Lattu, 2022). Запропонували розширення (Carayannis та Campbell, 2009) Triple Helix до Quadruple Helix через додавання четвертого елемента – медіа-орієнтованої та культурно-орієнтованої спільноти. Дослідивши роль зв'язків університет-індустрія (Hailu, 2024) у сприянні трансферу технологій. Подальшим удосконаленням (Simões, 2022) стала "безкінечна перспектива" відносин університет-індустрія-уряд.

Порівняльний аналіз 2022 року на основі 393 статей виявив три перспективи взаємозв'язків між моделями: конкуруючі концепції, еволюційний перехід, взаємодоповнюваність (Cai & Lattu, 2022). Дослідження підтвердило, що перевагою моделі потрійної спіралі виступає міцніший теоретичний фундамент, тоді як модель четвертої спіралі характеризується більшою чутливістю до змін суспільства. Недоліками Quadruple Helix визнано слабкість теоретичної пояснювальної здатності та відсутність узгодженого розуміння четвертої спіралі, яка по-різному тлумачиться як споживачі, користувачі, неурядові організації або спільноти.

Мета дослідження: полягає у розробці аналітичної моделі прозорості взаємодії освіти та бізнесу на основі блокчейн-технології для подолання прогалин існуючих методологічних підходів.

Виклад основного матеріалу. Теорія людського капіталу розглядає освіту як форму інвестицій, що підвищує продуктивність праці індивіда. Витрати на освіту включають прямі витрати на навчання, альтернативні витрати у вигляді втраченого заробітку під час навчання, а також витрати на пошук інформації про освітні можливості (Becker, 1964). Модель передбачала односторонній лінійний потік: освітні заклади

готують фахівців → бізнес наймає випускників. Зворотний зв'язок між секторами був відсутній. Невідповідність навичок вимогам ринку вважалася тимчасовою та такою, що усувається ринковими механізмами саморегуляції.

У середині XX століття на перший план вийшла дуальна система професійного навчання. Німецькомовні країни Європи формалізували практику поєднання теоретичного навчання з практичною підготовкою на підприємствах (Euler, 2013). Було систематизовано одинадцять сутнісних елементів дуальної системи. Трикомпонентна мета: економічна продуктивність через підготовку кадрів, соціальна інтеграція молоді через плавний перехід до зайнятості, індивідуальний розвиток через формування загальних компетенцій. Дуальний принцип реалізується через чергування періодів навчання у професійній школі та практичної роботи на підприємстві. Теорія негайно застосовується на практиці. Партнерство держави та бізнесу поєднує корпоративізм з федералізмом. Підприємства добровільно беруть участь та фінансують практичну підготовку. Торгово-промислові палати координують стандарти та проводять екзамени. Результат підготовки: кваліфіковані працівники з гнучкими компетенціями, здатні переходити між роботодавцями без тривалої перепідготовки. Обмеження: неможливість повного експорту як цілісної моделі. Потребує розвиненої інституційної інфраструктури, культури партнерства, готовності підприємств інвестувати у навчання.

В середині 90-х (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000). розробили модель на основі спостережень за співпрацею MIT та Стенфордського університету з високотехнологічними кластерами Бостона та Кремнієвої долини. Модель мала п'ять теоретичних засад: спрощення складних відносин згідно з соціальною геометрією тріадичних взаємодій Зіммеля; механізм прийняття ролі іншого, коли кожен учасник частково перебирає функції інших; еволюційний процес з накопиченням інституційних змін; інтеграція координації зверху-вниз через державну політику та ініціатив знизу-вгору через підприємницьку активність; забезпечення матеріальними та нематеріальними умовами для інновацій.

П'ять принципів функціонування:

- Тісна взаємодія трьох сфер (університети, бізнес, держава) як рівноправних партнерів
- Трансформація ролей: університети комерціалізують дослідження, бізнес фінансує академічні дослідження, держава виступає венчурним інвестором
- Формування гібридних організацій: технопарки, бізнес-інкубатори, інноваційні кластери

– Нелінійний характер інновацій через складні взаємодії та зворотні зв'язки

– Інституційна рефлексивність: учасники постійно переосмислюють ролі та взаємовідносини

Три стадії еволюції:

Triple Helix I – державний контроль відносин між університетами та бізнесом. Притаманно соціалістичним країнам та плановій економіці. Держава визначає пріоритети, розподіляє ресурси, координує діяльність. Мінімальна автономія учасників.

Triple Helix II – чітке розмежування сфер з обмеженими взаємодіями. Університети займаються фундаментальними дослідженнями, бізнес комерціалізує розробки, держава забезпечує фінансування. Взаємодія формальна, обмежена контрактними відносинами.

Triple Helix III – перетин сфер та створення тригенеративних організацій. Межі між сферами розмиваються: університетські дослідники створюють комерційні компанії, корпорації відкривають дослідницькі лабораторії, держава фінансує венчурні фонди.

Успішні приклади: Кремнієва долина (США), технопарк Sophia Antipolis (Франція), науковий парк Hsinchu (Тайвань). Обмеження: Недостатнє врахування ролі громадянського суспільства. Фокус на інституційних акторах без залучення кінцевих користувачів інновацій.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика стадій еволюції Triple Helix (розроблено автором)

Стадія	Характеристика	Роль держави
Triple Helix I	Домінування держави, ієрархічна модель взаємодії науки, освіти та бізнесу	Формує порядок денний, визначає пріоритети досліджень і контролює реалізацію
Triple Helix II	Інституційне розмежування сфер, обмежена взаємодія	Забезпечує базове фінансування та нормативно-правове регулювання
Triple Helix III	Гібридизація ролей, активна взаємодія та інноваційні мережі	Співінвестор і каталізатор інновацій, підтримка венчурних механізмів

Наступним кроком наприкінці 2000-х розширили (Carayannis & Campbell, 2009). Triple Helix через додавання четвертого елемента – медіа-орієнтованої та культурно-орієнтованої публіки. Четверта спіраль охоплює медіа, креативні індустрії, культуру, цінності, стилі життя. Публічні дискурси визначають пріоритети

суспільства щодо інновацій, досліджень, технологій та освіти.

В оригінальному джерелі (Carayannis & Campbell 2009) використовується наступна термінологія:

Mode 1 – традиційне академічне виробництво знань: дисциплінарне, в межах університетів, фундаментальні дослідження без прикладного контексту.

Mode 2 – прикладне міждисциплінарне виробництво знань: в контексті застосування, з участю різних стейкхолдерів, орієнтоване на розв'язання практичних проблем.

Mode 3 – співіснування та коеволюція різних парадигм знань одночасно: визнання множинності джерел, форм та типів знання (академічного, практичного, традиційного, громадського).

Три концептуальні основи:

- Демократія знань: широкий доступ до знань та участь громадськості у визначенні напрямів досліджень.

- Виробництво знань за Mode 3: співіснування та коеволюція різних парадигм знань, визнання множинності джерел та форм знання.

- Взаємодія у межах інноваційної екосистеми: поєднання формальних та неформальних мереж, інституцій та культурних практик.

П'ять ключових особливостей:

- Орієнтація на сталий розвиток: соціальна відповідальність інновацій

- Інклюзивність: залучення кінцевих користувачів за принципами user-driven innovation та open innovation

- Демократизація знань: відкриті освітні ресурси, відкритий доступ до наукових публікацій, громадська наука

- Контекстуалізація інновацій: врахування культурних, соціальних та регіональних особливостей

- Соціальна легітимність: залучення громадськості до формування пріоритетів та оцінки результатів

П'ять напрямів переваг:

- Підвищення соціальної релевантності інновацій через врахування реальних потреб людей

- Зростання легітимності інноваційної політики через участь громадськості

- Посилення відповідальності та етичних аспектів (Responsible Research and Innovation)

- Розширення джерел інноваційних ідей через визнання громадськості важливим джерелом знань

- Краща адаптованість до вирішення глобальних викликів (зміна клімату, охорона здоров'я, соціальна нерівність)

Приклади реалізації: Living Labs (Європа) – відкриті інноваційні екосистеми для спільного створення інновацій у реальних умовах; Smart Cities – розумні міста з платформами громадської участі та краудсорсингу; Horizon Europe – дослідницька програма ЄС із залученням громадянського суспільства.

Порівняльний аналіз 2022 року (305 статей Triple Helix, 51 стаття Quadruple Helix, 37 статей з обговоренням обох) виявив три перспективи: моделі як конкуруючі концепції, еволюційний перехід від потрійної до четверної спіралі, взаємодоповнюваність моделей.

Обмеження: Слабкість теоретичної пояснювальної здатності. Відсутність узгодженого розуміння четвертої спіралі (тлумачиться як споживачі, користувачі, НУО або спільноти). Відсутність технологічного шару для забезпечення прозорості та верифікації.

Подальший розвиток призвів до Quintuple Helix (П'ятиланкова спіраль). Додавання п'ятого елемента – природного середовища. Підкреслення важливості екологічного аспекту інновацій та сталого розвитку. Інтеграція екологічних обмежень у інноваційні процеси.

Обмеження: Ще більша складність для емпіричних досліджень. Розмивання меж між спіралями.

Виявлені прогалини всіх попередніх моделей:

- Відсутність надійних механізмів верифікації освітніх досягнень у режимі реального часу.

- Неможливість автоматичного формування підтвердженого портфоліо випускників.

- Централізоване зберігання даних про кваліфікації з ризиками фальсифікації документів.

- Відсутність динамічного узгодження освітніх програм з потребами ринку праці.

- Неможливість інтегрованого моніторингу кар'єрних траєкторій випускників.

- Непрозорість регуляторних процесів у сфері освіти.

- Відсутність економічних стимулів для активної участі всіх акторів

В результаті було запропоновано рішення на Рис. 1.

Для подолання виявлених прогалин пропонується аналітична модель Transparent Education-Business Interaction (TEBI) на основі принципів Quadruple Helix, що інтегрує чотири категорії акторів: приватних користувачів (студентів, випускників, здобувачів роботи), бізнес-організації, освітні заклади та регуляторний орган із технологічним шаром гібридної блокчейн-інфраструктури для забезпечення прозорості та довіри (табл. 2).

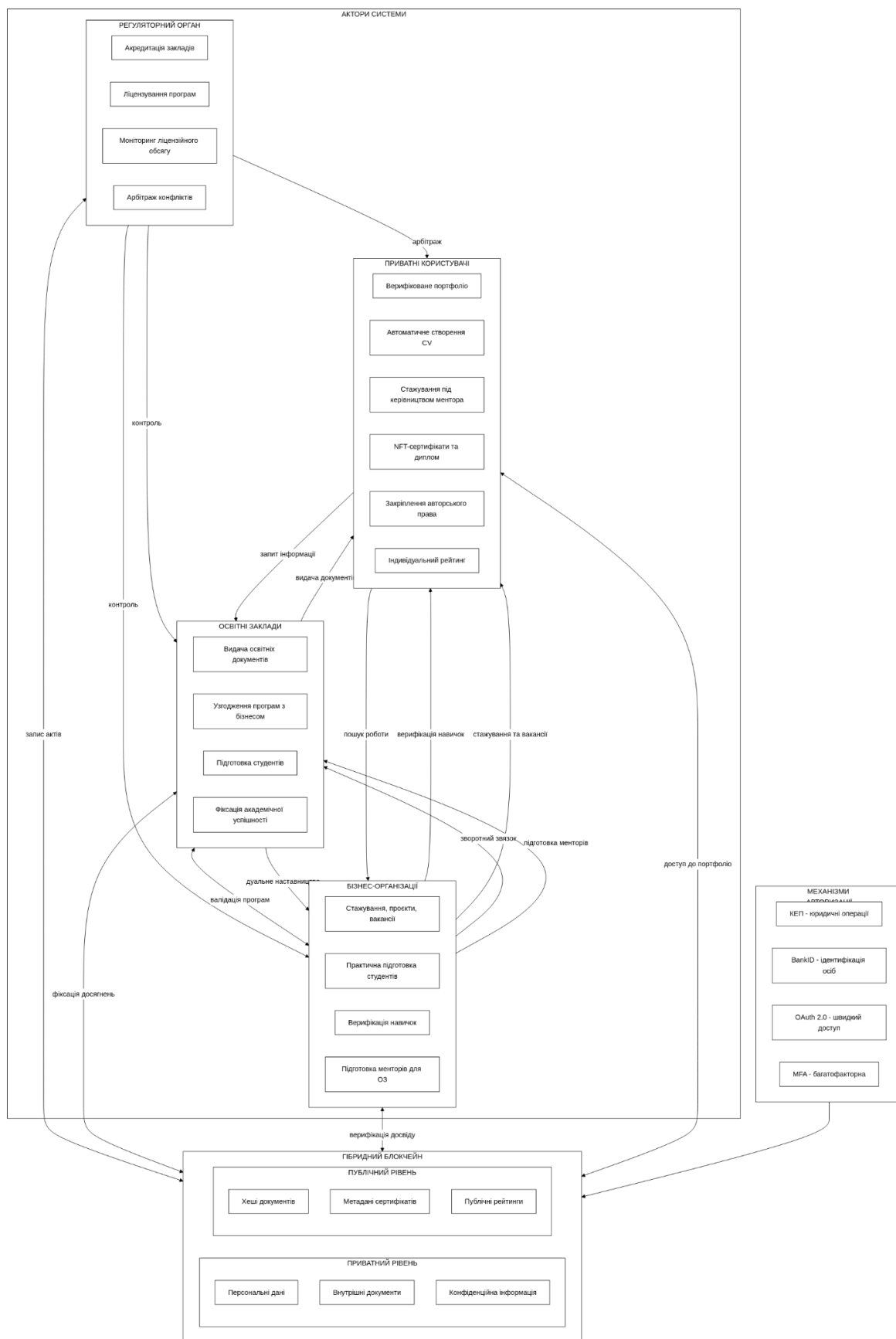


Рис. 1. Аналітична модель TEBI (Transparent Education-Business Interaction) (розроблено автором)

Чотири категорії акторів:

Регуляторний орган – максимальний рівень довіри. Функції: акредитація освітніх закладів через фіксацію результатів експертизи у блокчейні; ліцензування освітніх програм з визначенням ліцензійного обсягу та переліку спеціальностей; технічний моніторинг дотримання ліцензійного обсягу через автоматичний контроль кількості зарахованих студентів; видача цифрових документів на поновлення чи переведення студентів через смарт-контракти; арбітраж конфліктів між учасниками. Усі адміністративні акти записуються у блокчейн з незмінністю та можливістю аудиту.

Освітні заклади – високий рівень довіри. Функції: формування та видача освітніх документів; узгодження програм навчання з бізнес-організаціями через механізм валідації роботодавцями; направлення викладачів на підвищення кваліфікації до бізнес-організацій з фіксацією у блокчейні та присвоєнням статусу ментора; моніторинг академічної успішності студентів через автоматичну фіксацію результатів; валідація освітніх документів та створення освітніх програм.

Бізнес-організації – середній рівень довіри. Функції: пропонування стажування, вакансій та проєктів через публікацію на порталі з автоматичним матчингом кандидатів за критеріями компетенцій; практична підготовка під керівництвом двох менторів одночасно (від освітнього закладу та від бізнес-організації) за принципами дуальної освіти; верифікація набутих студентами компетенцій через цифровий підпис ментора з автоматичним записом у блокчейн; сертифікація викладачів закладів освіти через

присвоєння статусу ментора; оцінка якості освітніх програм через зворотний зв'язок щодо компетенцій випускників; валідація досвіду роботи та створення вакансій.

Приватні користувачі (студенти, випускники, здобувачі роботи) – базовий рівень довіри. Функції: доступ до автоматично сформованого портфоліо на основі верифікованих блокчейн-записів про освітні досягнення, проходження практик, виконані проєкти та набуті компетенції; кожен елемент портфоліо має криптографічний підпис верифікатора; отримання NFT-сертифікатів за завершення освітніх програм, проходження практик та набуття компетенцій; формування індивідуального рейтингу на основі верифікованих досягнень для об'єктивного порівняння кандидатів роботодавцями; перегляд та запит інформації.

Механізми авторизації:

– Кваліфікований електронний підпис (КЕП) – обов'язковий для освітніх закладів, бізнес-організацій та регуляторного органу при виконанні юридично значущих операцій: видача дипломів, підписання договорів про практику, акредитаційні рішення, верифікація компетенцій.

– BankID – для ідентифікації приватних користувачів через банківську інфраструктуру з верифікацією особи без фізичного візиту.

– OAuth 2.0 – для швидкого доступу до інформаційних функцій системи через корпоративні облікові записи Google Workspace, Microsoft 365 або соціальні мережі.

– Багатофакторна автентифікація (MFA) – обов'язкова для всіх типів акторів: пароль + SMS/TOTP-код + біометрія.

Таблиця 2

Функції акторів у моделі ТЕВІ (розроблено автором)

Актор	Основні функції	Рівень довіри
Регуляторний орган	Акредитація, ліцензування, арбітраж	Максимальний
Освітній заклад	Видача документів про освіту, валідація компетенцій	Високий
Бізнес-організація	Верифікація професійного досвіду, формування та пропозиція вакансій	Середній
Приватний користувач	Перегляд, аналіз та запит інформації	Базовий

Таблиця 3

Матриця дозволів на операції в мережі (розроблено автором)

Операція	Освітній заклад (ОЗ)	Бізнес-організація (БО)	Регуляторний орган (РО)	Користувач
Запит про користувача	✓	✓	-	✓?
ОЗ -> ОЗ	?	-	✓	-
ОЗ -> БО	?	✓	✓	-
БО -> БО	-	?	✓	-
БО -> ОЗ	✓	?	✓	-
Арбітраж конфліктів	-	-	✓	-

– JWT-токени з обмеженим терміном дії (access token 15 хвилин, refresh token 7 днів) для сесійного управління.

Індивідуальний рейтинг формується на основі верифікованих досягнень та забезпечує об'єктивне порівняння кандидатів роботодавцями.

Знаком запитання позначені дозволи, що потребують додаткового узгодження та валідації, галочка – симетричні права.

Гібридний блокчейн з двома рівнями даних:

Приватний рівень зберігає персональні дані користувачів (ім'я, контактні дані, документи), внутрішні документи організацій та конфіденційну інформацію з обмеженим доступом за рольовою моделлю.

Публічний рівень зберігає хеші верифікованих документів, метадані сертифікатів (назва, дата видачі, освітній заклад, спеціальність), публічні рейтинги та агреговану статистику без розкриття персональних даних.

Технічна реалізація моделі базується на гібридному блокчейні з розподілом даних на два рівні та 7 модулів (ядро, безпека, зберігання, відновлення, синхронізація, інтерфейс, моніторинг) (рис. 2). Приватний рівень зберігає персональні дані користувачів, внутрішні документи організацій та конфіденційну інформацію з обмеженим доступом за рольовою моделлю в базі даних, доступ до неї через Graph QL. Публічний рівень зберігає хеші верифікованих документів, метадані сертифікатів (назва, дата видачі, освітній заклад, спеціальність), публічні рейтинги та агреговану статистику без розкриття персональних даних. Блокчейн система

має бекенд, що складається з 7 модулів написаних на мові Go та фронтенд на React.

Система забезпечує формування індивідуального рейтингу кожного учасника на основі алгоритму, що враховує: академічні досягнення з вагою відповідно до рівня складності дисциплін, результати практичної підготовки з верифікацією роботодавцями, підтверджені навички та досвід роботи з урахуванням їх актуальності на ринку праці, зворотний зв'язок від менторів та колег. Рейтинг є публічним та верифікованим, що забезпечує об'єктивне порівняння кандидатів. Модель покликана відстежити в реальному часі працевлаштованість випускників певної спеціальності та прогнозування реального попиту.

Запропонована модель відповідає принципам Quadruple Helix через залучення чотирьох категорій акторів (освітні заклади, бізнес-організації, регуляторний орган, приватні користувачі як представники громадянського суспільства), водночас доповнюючи концепцію технологічним шаром блокчейн-інфраструктури для забезпечення прозорості та довіри.

Авторська модель на основі гібридної блокчейн-системи усуває виявлені обмеження існуючих підходів через: верифікацію освітніх досягнень у режимі реального часу, автоматичне формування підтвердженого портфоліо, децентралізоване зберігання даних про кваліфікації, динамічне узгодження освітніх програм з потребами ринку праці, інтегрований моніторинг кар'єрних траєкторій, забезпечення прозорості регуляторних процесів.

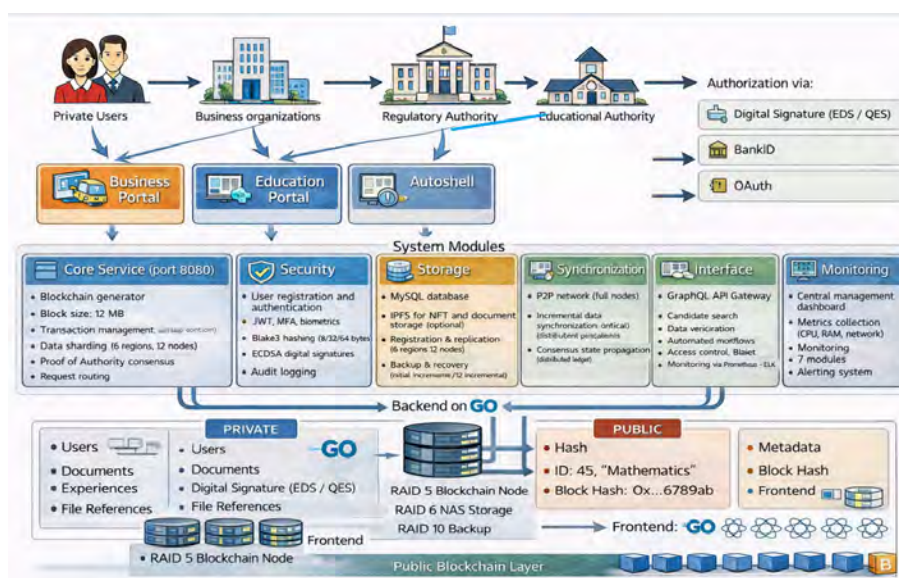


Рис. 2. Аналітична модель на основі 7-модульної блокчейн-архітектури (Розроблено автором)

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проведене дослідження засвідчило еволюцію методологічних підходів від лінійних до нелінійних системних концепцій. Виявлено прогалини моделей Triple Helix та Quadruple Helix щодо забезпечення

інформаційної прозорості. Розроблена аналітична модель ТЕВІ інтегрує чотири категорії акторів з блокчейн-інфраструктурою для подолання інформаційної асиметрії. Подальші дослідження спрямовуватимуться на розробку концептуальної та логічної моделі бази даних.

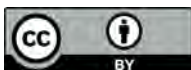
ЛІТЕАТУРА:

1. Cai Y., Lattu A. Triple Helix or Quadruple Helix: Which Model of Innovation to Choose for Empirical Studies? *Minerva*, 2022. 60, 257–280. <https://doi.org/10.1007/s11024-021-09453-6>
2. Carayannis E. G., Campbell D. F. J. 'Mode 3' and 'Quadruple Helix': toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *International Journal of Technology Management*, 2009. 46(3/4), 201–234. <https://doi.org/10.1504/IJTM.2009.023374>
3. Etzkowitz H., Leydesdorff L. The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, 2000. 29(2), 109–123. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)
4. Euler D. Germany's dual vocational training system: A model for other countries? Bertelsmann Stiftung. 2013. https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/GP_Germanys_dual_vocational_training_system.pdf
4. Hailu A. T. The role of university–industry linkages in promoting technology transfer: implementation of triple helix model relations. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 2024. 13(25), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s13731-024-00370-y>
5. Khrypko S. L., Shcherbakov S. S. Challenges and Prospects of Ensuring Information Transparency in the Context of Digitalization of Education and Economy. *Business Inform*, 2024. 2(7), 145–154. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-7-145-154>
6. Scientific Reports. 2025. Blockchain ensuring academic integrity with a degree verification prototype. <https://www.nature.com/articles/s41598-025-93913-6>
7. Simões P. C., Moreira A. C., Dias C. M. The 'Endless Perspective' to University – Industry – Government Relations. *Triple Helix*, 2022. 9, 247–274. <https://doi.org/10.1163/21971927-bja10034>
8. Becker G. S. Human capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education. National Bureau of Economic Research. 1964. <https://www.nber.org/books-and-chapters/human-capital-theoretical-and-empirical-analysis-special-reference-education-first-edition>
9. Міністерство освіти і науки України. (2020). Стратегія розвитку вищої освіти в Україні на 2021–2031 роки. Київ. <https://mon.gov.ua/storage/app/media/rizne/2020/09/25/rozvitku-markup.docx>
10. Grech A., Miao F., Balaji V. Education and blockchain. Paris, France / Burnaby, Canada: UNESCO / Commonwealth of Learning. 2022. ISBN 978-1-7772648-8-8. <https://doi.org/10.56059/11599/4131>

REFERENCES:

1. Cai, Y., & Lattu, A. (2022). Triple Helix or Quadruple Helix: Which Model of Innovation to Choose for Empirical Studies? *Minerva*, 60, 257–280. <https://doi.org/10.1007/s11024-021-09453-6>
2. Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. J. (2009). 'Mode 3' and 'Quadruple Helix': toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *International Journal of Technology Management*, 46(3/4), 201–234. <https://doi.org/10.1504/IJTM.2009.023374>
3. Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, 29(2), 109–123. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)
4. Euler, D. (2013). Germany's dual vocational training system: A model for other countries? Bertelsmann Stiftung. https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/GP_Germanys_dual_vocational_training_system.pdf
5. Hailu, A. T. (2024). The role of university–industry linkages in promoting technology transfer: implementation of triple helix model relations. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 13(25), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s13731-024-00370-y>
6. Khrypko, S. L., & Shcherbakov, S. S. (2024). Challenges and Prospects of Ensuring Information Transparency in the Context of Digitalization of Education and Economy. *Business Inform*, 2(7), 145–154. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-7-145-154>

7. Scientific Reports. (2025). Blockchain ensuring academic integrity with a degree verification prototype. <https://www.nature.com/articles/s41598-025-93913-6>
8. Simões, P. C., Moreira, A. C., & Dias, C. M. (2022). The 'Endless Perspective' to University – Industry – Government Relations. *Triple Helix*, 9, 247–274. <https://doi.org/10.1163/21971927-bja10034>
9. Ministry of Education (Mon) and Science of Ukraine. (2020). Strategy for Development of Higher Education in Ukraine for 2021–2031. Kyiv. <https://mon.gov.ua/storage/app/media/rizne/2020/09/25/rozvitku-markup.docx>
10. Becker, G. S. (1964). Human capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education. National Bureau of Economic Research. <https://www.nber.org/books-and-chapters/human-capital-theoretical-and-empirical-analysis-special-reference-education-first-edition>
11. Grech, A., Miao, F. & Balaji, V. (2022). Education and blockchain. Paris, France / Burnaby, Canada: UNESCO / Commonwealth of Learning. ISBN 978-1-7772648-8-8. <https://doi.org/10.56059/11599/4131>



Стаття поширюється на умовах
ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

Дата першого надходження статті до видання: 03.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 10.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 20.05.2026