



Облік та оподаткування

УДК 657.6:336.76

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.14956703>

**Застосування сучасних цифрових технологій в процесі аудиту
фінансової звітності криптовалютної біржі**

Дяк Олег Вікторович

аспірант кафедри аудиту, Київський національний економічний університет імені
Вадима Гетьмана, м. Київ, Україна, e-mail: olegd1997@gmail.com,

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0249-924X>

Прийнято: 17.02.2025 | Опубліковано: 28.02.2025

***Анотація.** У цій статті здійснено комплексний аналіз застосування сучасних цифрових технологій у процесі аудиту фінансової звітності криптовалютних бірж. Матеріал сфокусовано на блокчейн-аналітиці, обробці великих даних, впровадженні штучного інтелекту та механізмах безперервного моніторингу, які трансформують традиційні підходи до перевірки цифрових активів. Актуальність теми зумовлена інтенсивним зростанням ринку криптовалют та необхідністю розробки нових методологій, здатних своєчасно виявляти шахрайські дії, забезпечувати відповідність регуляторним вимогам і зберігати високий рівень довіри інвесторів. У роботі систематизовано основні технологічні інструменти, що можуть підсилити якість аудиторських перевірок, зокрема блокчейн-платформи, хмарні сервіси обробки великих обсягів даних, алгоритми машинного навчання. Наголошується на важливості інтеграції цих інструментів у єдину платформу, яка надаватиме аудиторам можливість у режимі реального часу аналізувати транзакції, порівнювати відомості з публічними реєстрами та прогнозувати фінансові ризики.*



Описано основні виклики, що виникають під час використання зазначених технологій: від проблеми конфіденційності даних і алгоритмічної упередженості до відсутності узгодженої нормативно-правової бази у глобальному масштабі. Підкреслюється важливість належної кваліфікації аудиторського персоналу, оскільки співставлення різномірної інформації (ринкової, технічної, операційної) вимагає розуміння криптографічних методів, управління великими даними й особливостей налаштування інструментів штучного інтелекту.

Отже, дана стаття узагальнює практичні й теоретичні аспекти застосування сучасних цифрових технологій в аудиті криптобірж. Встановлено, що комплексний підхід, який поєднує різні методи аналізу, є найперспективнішим шляхом у дослідженні складного і динамічного ринку цифрових активів. Матеріали роботи можуть бути використані як орієнтир для аудиторів і регуляторів, які прагнуть розробити ефективні стандарти та процедури оцінки фінансової звітності, пов'язаної з криптовалютами.

Ключові слова: Штучний інтелект, блокчейн, аналіз великих даних, моделювання, безперервний моніторинг, аналітичні процедури, аномалії, шахрайство, оцінка ризиків.

Application of modern digital technologies in the process of auditing the financial statements of a cryptocurrency exchange

Oleh Diak

Postgraduate student of the audit department, Vadym Hetman Kyiv National Economic University, Kyiv, Ukraine, e-mail: olegd1997@gmail.com,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0249-924X>

Abstract. *This article provides a comprehensive analysis of the use of modern digital technologies in the process of auditing the financial statements of*



cryptocurrency exchanges. The material focuses on blockchain analytics, big data processing, the introduction of artificial intelligence, and continuous monitoring mechanisms that transform traditional approaches to the audit of digital assets. The relevance of the topic is driven by the intensive growth of the cryptocurrency market and the need to develop new methodologies that can detect fraudulent activities in a timely manner, ensure compliance with regulatory requirements and maintain a high level of investor confidence. The paper systematizes the main technological tools that can enhance the quality of audits, including blockchain platforms, cloud-based big data services, and machine learning algorithms. The author emphasizes the importance of integrating these tools into a single platform that will allow auditors to analyze transactions in real time, compare information with public registers, and predict financial risks.

The author describes the main challenges that arise when using these technologies: from the problem of data confidentiality and algorithmic bias to the lack of a consistent regulatory framework on a global scale. The author emphasizes the importance of proper qualification of audit personnel, since the comparison of heterogeneous information (market, technical, operational) requires an understanding of cryptographic methods, big data management, and the specifics of setting up artificial intelligence tools.

Therefore, this article summarizes the practical and theoretical aspects of the use of modern digital technologies in the audit of crypto exchanges. It is established that an integrated approach that combines various methods of analysis is the most promising way to study the complex and dynamic digital asset market. The materials of this work can be used as a guide for auditors and regulators seeking to develop effective standards and procedures for evaluating financial statements related to cryptocurrencies.

Keywords: *Artificial intelligence, blockchain, big data analysis, modeling, continuous monitoring, analytical procedures, anomalies, fraud, risk assessment.*



Постановка проблеми. Феномен криптовалютних бірж створює принципово новий вектор розвитку світової фінансової системи. Відсутність єдиного регуляторного поля та підвищена волатильність роблять криптовалютні платформи водночас привабливими й ризикованими для інвесторів. У такому середовищі аудит набуває виняткового значення, адже забезпечення прозорості, надійності та відповідності законодавчим вимогам стає ключовим фактором для встановлення довіри з боку клієнтів і партнерів. Низка дослідників наголошує на нестачі уніфікованих процедур перевірки криптоактивів, що ускладнює процес формування достовірних аудиторських висновків. Отже, постає потреба у вдосконаленні або розробленні нових підходів і методик аудиту, які б враховували специфіку цифрових активів, їхній технологічний базис, а також ризики безпеки. З огляду на глобальну увагу до криптовалют, а також зростаючу кількість компаній, що інтегрують їх у свої бізнес-моделі, розв'язання вказаних питань набуває не лише наукової, а й важливої практичної значимості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Протягом останніх п'яти років опубліковано чимало досліджень, присвячених цифровому аудиту і криптовалютам. Наприклад, у працях IAASB [1] та PCAOB [4] висвітлено загальні рекомендації з перевірки активів на блокчейні. EY [3;12] зосереджує увагу на стандартах бухгалтерського обліку для криптоактивів і розглядає потенційні виклики під час формування фінансової звітності. PwC [5;11] та KPMG [16] пропонують огляди інструментів типу Halo і внутрішніх методологій аудитів, що охоплюють підтвердження прав власності, перевірку транзакцій на ланцюжку та оцінку загальних ризиків. У працях Ozeran, Gura [7], а також Nishani [13] наголошено на недоліках традиційних вибірових методів, які не завжди враховують обсяги операцій на біржах та їхню високу волатильність.

Окремі дослідження Deloitte [15], ICAEW [20] та ESMA [18] підкреслюють необхідність створення уніфікованої нормативно-правової бази для криптовалютних бірж і розглядають механізми контролю з боку державних органів. Проте більшість публікацій ще не дає цілісного алгоритму для аудитора,



який може об'єднати такі інструменти, як штучний інтелект, блокчейн-аналітика та Big Data. Водночас у зазначених матеріалах часто згадуються питання конфіденційності й захисту даних, неузгодженості регуляторних вимог у різних юрисдикціях.

Серед новіших праць слід відзначити дослідження AICPA [21], де проаналізовано виклики для зовнішнього аудиту під час верифікації криптовалютних операцій у глобальному масштабі, а також роботу FASB [22], що охоплює аспекти обліку та звітності цифрових активів в умовах швидкоплинних ринкових змін. Цікаві висновки подано в статті Smith & Johnson [23], де порівняно різні моделі машинного навчання для виявлення шахрайства в реальному часі на децентралізованих платформах. Крім того, праця Andersen [24] аналізує впровадження мультисиг-гаманців та їхній вплив на процедури підтвердження прав власності.

Незважаючи на розмаїття опублікованих результатів, дотепер лишаються невирішеними проблеми, пов'язані з розробкою комплексних методологій безперервного моніторингу в режимі реального часу та оцінки впливу волатильності на результат аудиту. Таким чином, існує нагальна потреба у нових підходах, здатних інтегрувати сучасні цифрові технології в єдину платформу і враховувати специфічні ризики, властиві криптовалютному ринку.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Аналіз сучасних досліджень і публікацій, присвячених аудиту криптовалютних бірж, свідчить про значний прогрес у застосуванні цифрових технологій, таких як блокчейн-аналітика, Big Data та штучний інтелект. Проте, незважаючи на численні спроби вдосконалити аудиторські процедури, низка ключових аспектів залишається недостатньо дослідженою або невирішеною. Ці прогалини перешкоджають створенню ефективної, комплексної методології аудиту, яка б відповідала унікальним викликам криптовалютного ринку. Нижче наведено основні невирішені аспекти, які потребують додаткового дослідження, з урахуванням специфіки запропонованої моделі.



Відсутність інтеграції кількох технологій в єдиний аудиторський інструмент. Більшість існуючих досліджень, таких як IAASB [1], PCAOB [4] чи EY [3;12], зосереджуються на окремих аспектах цифрових технологій — блокчейн-аналітиці, обробці великих даних чи алгоритмах машинного навчання. Проте детальні методики їхнього спільного застосування в рамках єдиної системи практично не розроблені. Мій внесок полягає у створенні концептуальної моделі, що інтегрує блокчейн-аналітику, Big Data та штучний інтелект у єдину платформу. Ця платформа забезпечує автоматизоване завантаження даних, синхронізацію з блокчейном і прогнозування ризиків, що дозволяє аудиторам ефективніше виявляти шахрайські дії та підвищувати достовірність фінансової звітності.

Проблема узгодження аудиторських процедур із нормативно-правовими вимогами. Криптовалютні біржі функціонують у глобальному середовищі, де регуляторні норми суттєво різняться між юрисдикціями. Дослідження Deloitte [15], ICAEW [20] та ESMA [18] підкреслюють потребу в уніфікованій нормативно-правовій базі, але не пропонують конкретних рішень для гармонізації стандартів аудиту. Це створює труднощі для аудиторів, які змушені адаптувати процедури до локальних вимог, що часто суперечать одна одній. У своїй роботі я пропоную підхід до гармонізації через впровадження глобальних стандартів аудиту, які базуються на цифрових технологіях. Зокрема, інтегрована платформа може враховувати регуляторні особливості різних країн, автоматично адаптуючи аналітичні процедури до відповідних норм, що є важливим кроком до підвищення прозорості та довіри до аудиту криптобірж.

Недостатня адаптація до динамічного характеру ринку через відсутність безперервного моніторингу. Традиційні методи аудиту, що базуються на періодичних перевірках, не відповідають швидкості та обсягам операцій на криптовалютних біржах. Праці Ozeran, Gura [7] та Nishani [13] вказують на обмеження вибіркового методу, але не надають альтернатив для моніторингу в реальному часі. Моя пропозиція полягає у впровадженні систем



безперервного моніторингу, інтегрованих із блокчейн-аналітикою та штучним інтелектом. Такий підхід дозволяє відстежувати транзакції в реальному часі, оперативно виявляти аномалії та реагувати на порушення, що суттєво підвищує ефективність аудиту.

Оптимізація розподілу ресурсів між ручними та автоматизованими методами. Питання балансу між традиційними ручними перевірками та автоматизованими цифровими системами залишається відкритим. Дослідження Smith & Johnson [23] та Andersen [24] зосереджуються на технологічних аспектах, але не розглядають, як аудитор зберігати професійний скептицизм при зростаючій автоматизації. У своїй роботі я розробляю рекомендації щодо раціонального розподілу ресурсів, де автоматизовані інструменти беруть на себе рутинний аналіз великих обсягів даних, а аудитори зосереджуються на інтерпретації результатів і прийнятті рішень. Цей підхід не лише оптимізує процес, але й забезпечує високий рівень якості аудиту, що є моїм практичним внеском у розвиток методології.

Таким чином, незважаючи на значний прогрес у дослідженні аудиту криптовалютних бірж, вищезазначені аспекти залишаються недостатньо опрацьованими. Мій потенційний внесок полягає у розробці інтегрованої методології, яка об'єднує сучасні цифрові технології в єдину систему, адаптовану до специфіки криптовалютного ринку. Ці рішення можуть стати основою для подальших досліджень і практичного впровадження, сприяючи підвищенню прозорості та надійності аудиту в умовах швидкозмінного цифрового середовища.

Формулювання цілей статті (постановка завдання):

1. Розробити концептуальну модель цифрового аудиту криптовалютної біржі, що базується на інтеграції блокчейн-аналітики, технологій обробки великих даних і алгоритмів штучного інтелекту.



2. Проаналізувати існуючі підходи до нормативно-правового регулювання у сфері аудиту криптоактивів і визначити чинники, які ускладнюють гармонізацію стандартів.

3. Оцінити ефективність безперервного моніторингу та з'ясувати, які аспекти аудитори можуть контролювати в реальному часі задля своєчасного виявлення порушень.

4. Розробити рекомендації щодо оптимального розподілу ресурсів між традиційними ручними методами перевірки й автоматизованими цифровими системами для збалансованої аудиторської діяльності.

5. Сформувати висновки щодо перспектив подальших досліджень, вказавши напрями, у яких застосування цифрових технологій може найбільше вплинути на прозорість і точність аудиторських процедур.

Застосований системний підхід до вивчення проблеми аудиту криптобірж дозволяє розробити практичні інструменти та методологічні засади для більш глибокого впровадження цифрових технологій.

Виклад основного матеріалу дослідження. Поява криптовалютних бірж змінила фінансове середовище, спонукаючи регуляторів та аудиторів адаптувати свої методології. На відміну від традиційних фінансових установ, криптовалютні біржі працюють за технологією розподіленого реєстру, де інформація записується в блокчейн. Хоча така розподілена структура підвищує прозорість, вона також створює потенційні вразливості, включаючи кіберзагрози, недотримання правил боротьби з відмиванням грошей (AML) та швидкі коливання цін на цифрові активи.

Аудиторський ландшафт відреагував на це оновленням керівних принципів і стандартів від таких організацій, як Рада з міжнародних стандартів аудиту та надання впевненості (IAASB) [1]. Однак ці керівництва, як правило, зосереджені на загальних принципах, а не на приписах процедур, пристосованих до унікальних вимог криптоактивів. Як наслідок, компанії експериментують зі спеціалізованими інструментами - від аналізу блокчейнів для відстеження



транзакцій до механізмів виявлення аномалій на основі штучного інтелекту - для підвищення надійності аудиту фінансової звітності.

Блокчейн-аналітика

Розподілений реєстр слугує базовою технологією для більшості криптовалют. Він зберігає всю історію транзакцій, доступних для перегляду й аналізу в реальному часі, завдяки чому зменшується ймовірність приховування або фальсифікації даних [3]. Аудитори, маючи відповідні інструменти блокчейн-аналітики (Chainalysis, Elliptic, CipherTrace), можуть відстежувати рух активів між гаманцями, аналізувати маркери підозрілих операцій і виявляти випадки потенційного відмивання грошей або маніпуляцій торговим обсягом. Аналіз блокчейну потенційно може замінювати або доповнювати традиційні підтвердження від третіх осіб. Відстежуючи вказані адреси гаманців, аудитори можуть незалежно з'ясувати, чи відповідають цифрові активи, про які повідомляє біржа, балансам у ланцюжку на певний момент часу [4].

Проблеми можуть виникнути, коли гаманці з мультипідписом вимагають кілька приватних ключів для авторизації транзакцій. Аудиторам потрібні докази того, що біржа дійсно володіє необхідними приватними ключами або угодами про співпідписантів. Водночас виникає потреба у високій кваліфікації спеціалістів, здатних працювати з розподіленими реєстрами й правильно інтерпретувати отримані результати. Без належної підготовки команди аудитора блокчейн-аналіз може перетворитися на формальну процедуру перевірки адрес, не даючи змоги виявити глибинні зв'язки між транзакціями [5].

Великі дані (Big Data) та хмарні сервіси

Велика кількість транзакцій на криптовалютних біржах (мільйони щодня) робить підхід вибіркової перевірки менш надійною. Технології Big Data дають змогу в стислі терміни обробляти величезні обсяги інформації, що надходить від криптобірж: журнали транзакцій, операційні лог-файли, внутрішні дані системи управління. Для цього зазвичай залучають хмарні обчислювальні платформи (Amazon Web Services, Microsoft Azure, Google Cloud), де розгортаються



програми для швидкого пошуку аномалій або зіставлення біржових операцій з реєстрами блокчейну. Впровадження аналітики великих даних в аудиторському середовищі вимагає узгоджених баз даних, надійної структур їх зберігання і стандартизації між різнорідними блокчейнами або торговими платформами.

Важливою перевагою цього підходу є можливість автоматизувати рутинні процеси: інструменти штучного інтелекту можуть «навчатися» на історичних даних біржі та формувати профілі «типової» поведінки клієнтів. Будь-яке нетипове відхилення, наприклад аномально високий обсяг торгів у парі з маловідомими монетами, одразу потрапляє в зону уваги аудитора [2]. Хоча платформи обробки великих даних вимагають складної ІТ-інфраструктури, вони дозволяють отримувати та аналізувати торгові журнали майже в режимі реального часу. Ця здатність стає життєво важливою, якщо стратегія аудиту передбачає щоденні перевірки або безперервну оцінку ризиків. Проте для ефективного функціонування таких систем також потрібна кваліфікована команда фахівців з аналітики даних і кібербезпеки.

Штучний інтелект (Machine Learning)

Застосування алгоритмів штучного інтелекту розширює можливості виявлення складних шахрайських схем. Алгоритми штучного інтелекту для криптоаудиту зазвичай варіюються від систем, заснованих на правилах (які позначають операції, що перевищують певний поріг), до просунутих алгоритмів машинного навчання, які оцінюють численні атрибути транзакцій, часові інтервали, репутацію користувачів, частоту торгів і співвідношення між депозитами та зняттям коштів. Методи машинного навчання, такі як дерева рішень, градієнтне посилення, нейронні мережі, здатні обробляти вхідні дані (транзакції, історичні ціни, поведінкові патерни користувачів) і встановлювати нетривіальні кореляції [6].

У контексті аудиту криптобіржі ШІ може автоматично класифікувати операції за рівнем ризику, прогнозувати короткострокову волатильність і навіть визначати ймовірність маніпулювання курсом на основі «фейкових» ордерів. При



ручній вибірці ці маніпуляції можуть залишатися прихованими, якщо тільки випадкові вибірки не збігаються з підозрілими угодами. Однак інструмент штучного інтелекту може розпізнати підозрілі патерни у швидкій послідовності операцій, мінімальних змінах чистих активів або повторному використанні одних і тих самих адрес гаманців. Присвоюючи кожній транзакції або обліковому запису користувача оцінку ризику, аудиторська команда в першу чергу зосереджується на кластерах високого ризику, ефективно оптимізуючи свої обмежені ресурси. Усе це доповнює традиційні процедурні перевірки й надає аудитору додаткові докази щодо достовірності цифр у фінансовій звітності.

Головний виклик полягає у високій вартості впровадження таких рішень та необхідності «налаштування» алгоритмів під конкретний бізнес-процес, враховуючи регуляторні вимоги й особливості конкретної біржі [2].

Аналітичні процедури з використанням математичного моделювання

У рамках аудиту аналітичні процедури вже давно стали невід'ємною частиною його процесу. В даних процедурах, застосування інструментів моделювання, таких побудова авторегресійних, багатофакторних та кореляційних моделей може дати більш широке бачення на бізнес-процеси в криптобіржі. Серед найважливіших об'єктів аудиту криптобіржі є доходи, сформовані переважно з торгових комісій, які нараховуються за кожну операцію користувача з купівлі або продажу цифрових активів. З огляду на потенційно величезний обсяг таких операцій аудитори часто користуються аналітичними процедурами, що передбачають оцінку загальних тенденцій замість перевірки кожної окремої угоди.

Окрім візуальної кореляції, регресійні моделі пропонують кількісну основу для перевірки заявлених доходів. Вимірюючи, наскільки сильно обсяги біржі корелюють із зовнішніми змінними, (загальний обсяг торгів Bitcoin, ціна та капіталізація, показники добової волатильності) аудитори можуть виявити підозрілі відхилення. Якщо побудована модель із високим коефіцієнтом детермінації (R^2) демонструє, що фактичні обсяги біржі відповідають



«очікуваним» (з урахуванням таких макрофакторів), це можна розглядати як підтвердження прозорості доходів. [8]

Хоча регресійні моделі можуть прискорити виявлення аномалій у великих масивах даних, вони не можуть охопити всі локальні зміни. Такі фактори, як цільовий маркетинг, рекламні збори або ажіотаж у певному регіоні, можуть спричинити закономірні сплески. Таким чином, ці моделі доповнюють, але не замінюють практичну перевірку на рівні транзакцій.

Безперервний моніторинг - перевірки в режимі реального часу

Традиційний аудит зазвичай перевіряє статичні дані наприкінці кварталу або року, але скрипти безперервного моніторингу виконують щоденні або щогодинні звірки, порівнюючи записи обміну з даними в ланцюжку. Скрипти безперервного моніторингу криптобіржі можуть значно скоротити лаг між реєстрацією транзакцій і виявленням невідповідностей. Замість того, щоб чекати на квартальні звіти, щоденні або навіть щогодинні перевірки можуть оперативно виявляти дефіцит на балансах користувачів або підозрілі торгові сплески.

Типовий фреймворк збирає щоденні журнали транзакцій, звіряє їх з зовнішніми даними і запускає сповіщення про розбіжності, що перевищують певні порогові значення. Надто жорсткі ліміти можуть надсилати аудиторам багато нерелевантних сповіщень, а надто м'які - не помічати поступових викривлень, доки вони не накопичаться в значних масштабах. Такий нагляд у реальному часі стримує накопичення не виправлених помилок або шахрайських операцій. Підтримка системи безперервного аудиту вимагає розширених API, зберігання великих обсягів даних і автоматизованих систем оповіщення для визначення порогових значень. Для здійснення щоденних перевірок узгодження з дослідниками блокчейну потрібні спеціалізовані навички, що поєднують знання в галузі ІТ, науки про дані та аудит.

Нижче наведено таблицю 1, в якій порівнюються традиційні методи аудиту криптовалютних бірж з альтернативними, які використовують сучасні цифрові



технології, що підтримуються блокчейн-експлорерами, великими даними, модулями штучного інтелекту та безперервним моніторингом:

Таблиця 1

Порівняльна таблиця: традиційний та цифровий крипто-аудит

Компонент Аудиту	Традиційна методика аудиту	Цифровий аудит криптовалют
Покриття	Вибіркова вибірка транзакцій	Повна перевірка сукупності за допомогою Big Data
Підтвердження активів	Банківські листи або заяви користувачів	Верифікація в реальному часі за допомогою аналізу блокчейну
Виявлення шахрайства	Ручні перевірки,	Виявлення аномалій на основі ШІ, оцінка ризиків
Терміни проведення аудиторських процедур	Періодичні (щоквартальні або щорічні)	Безперервний моніторинг для нагляду в режимі реального часу
Перевірка доходів	Вибіркові перерахунки торгових комісій	Автоматизована перевірка доходів по всьому набору даних
Узгодження з регуляторними нормами	Як правило, відокремлені або локалізовані стандарти	Потенціал для інтегрованого глобального підходу на основі даних
Дані / етичні міркування	Мінімальне використання персональних даних, статичні політики	Потенціал для алгоритмічного упередження, широке використання даних

Джерело: сформовано на основі аналізу [20] [21] [23] автором

Як показано вище, сучасні цифрові технології розширюють сферу аудиту, уможливаючи перевірку в режимі реального часу та більш надійну перевірку на шахрайство, а також ставлять нові етичні та управлінські питання.

Нижче наведено діаграму (рис.1), яка демонструє як аналіз блокчейну, аналітика великих даних, виявлення аномалій на основі штучного інтелекту та безперервний моніторинг можуть бути реалізовані та впроваджені під час аудиту криптовалютної біржі:

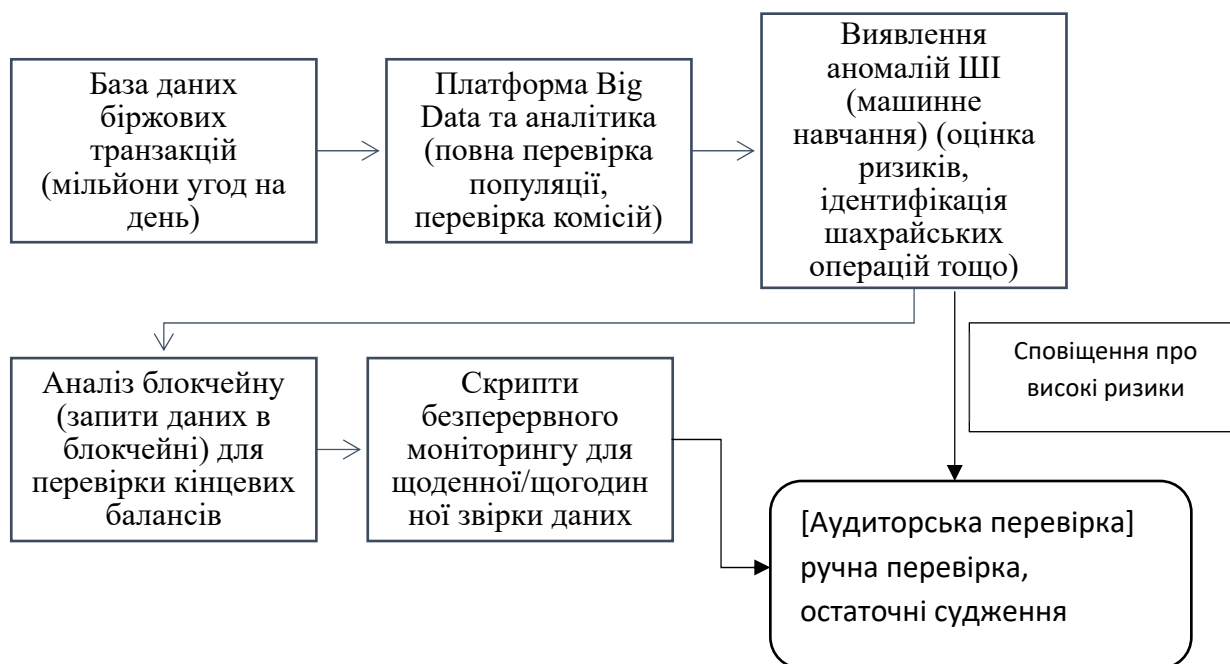


Рисунок 1. Процес аудиту із застосуванням цифрових технологій

Джерело: сформовано на основі аналізу [11] [12] автором

У цьому робочому процесі є певні особливості:

- Дані про транзакції з біржі надходять у платформи великих даних.
- Модулі штучного інтелекту аналізують закономірності і відзначають аномалії.
- При аналізі блокчейну підтверджуються баланси в ланцюжку.
- Скрипти безперервного моніторингу автоматизують щоденні або щотижневі перевірки.
- Аудитори отримують сповіщення і приймають остаточні рішення, поєднуючи технологічні результати з професійним скептицизмом.

При застосуванні сучасних цифрових технологій в рамках аудиту криптовалютної біржі можуть виникати додаткові виклики, які впливатимуть на сам процес:

Проблема конфіденційності. Аналітика великих даних, особливо в поєднанні зі штучним інтелектом, може ненавмисно отримати приватну інформацію про користувача за допомогою розпізнавання образів. Навіть



анонімізовані дані можуть бути ідентифіковані за певних аналітичних умов, що суперечить законам про захист даних. Аудитори повинні орієнтуватися в цих складнощах, дотримуючись правил стосовно конфіденційності.

Алгоритмічне упередження. Якщо навчальні дані для виявлення аномалій не враховують глобальне розмаїття користувачів, певні географічні або демографічні групи можуть піддаватися непропорційно ретельній перевірці. На регульованих ринках такі диспропорції можуть спричинити юридичні проблеми або громадську критику.

Неузгодженість нормативно-правової бази. Хоча безперервний моніторинг і аудит за допомогою штучного інтелекту здаються ефективними, деякі юрисдикції юридично не визнають їх як дійсні методи, наполягаючи на ручних підтвердженнях або офіційних заявах. Досягнення стандартизації вимагає подолання культурних і законодавчих відмінностей.

Професійна освіта. Диджитал аудит, а особливо в сфері криптовалют, вимагає міжфункціональної експертизи: знання криптографічних доказів, архітектури даних і машинного навчання. Створення навчальних програм сертифікації має важливе значення для широкого визнання.

Поєднання аналізу блокчейну, великих даних, штучного інтелекту та безперервного моніторингу дає низку переваг, а саме:

- **Покращене охоплення:** Тестування всієї популяції зменшує залежність від випадкової вибірки, фіксуючи малопомітні, але повторювані транзакційні помилки.
- **Оперативне виявлення шахрайства:** Автоматичні сповіщення виділяють підозрілі інтервали між депозитами та угодами, аномальні IP-адреси або пов'язані кластери рахунків задовго до того, як це було б зроблено вручну.
- **Своєчасні виправлення:** Безперервний аудит пом'якшує необхідність перерахунків на кінець періоду, оскільки аномалії виявляються майже в режимі реального часу і можуть бути виправлені раніше.



- Ринково-контекстний аналіз: Регресійні моделі та кореляційні діаграми пов'язують обсяги біржових торгів із зовнішніми економічними показниками, виявляючи дні або періоди, що відхиляються від типових моделей.

Тим не менш, успіх цих зусиль вимагає узгоджених баз даних, стабільної ІТ-інфраструктури та потужної мережі підтримки, що складається з кваліфікованих фахівців. Ефективність аудиту криптобірж значною мірою залежить від того, наскільки вдало аудиторська фірма поєднує різні технології — блокчейн-аналітику, обробку великих даних і алгоритми машинного навчання. У ході підготовки до аудиту доцільно розробляти інтегровану цифрову платформу, яка забезпечить:

- Автоматизоване завантаження логів та історії торгів з біржі;
- Синхронізацію з блокчейном для підтвердження обраних транзакцій;
- Постійний моніторинг ключових показників (курс BTC, ринкова капіталізація, волатильність) із відкритих джерел [9];
- Можливість швидкого застосування регресійних або кореляційних моделей для оцінки «очікуваного» обсягу та порівняння з реальним [8].

Чим більше процесів буде автоматизовано та перенесено в хмарні середовища, тим оперативніше аудитор зможе реагувати на виявлені аномалії.

Висновки. Проведене дослідження підтвердило, що застосування сучасних цифрових технологій істотно впливає на підвищення ефективності аудиту криптовалютних бірж. Порівняно з традиційними методиками, інтегрований підхід на основі блокчейну, технологій Big Data, алгоритмів штучного інтелекту та безперервного моніторингу дозволяє суттєво розширити охоплення аудиторської перевірки та скоротити час виявлення аномалій. Згідно з поставленими цілями, було розглянуто особливості поєднання кількох технологічних рішень в одному аудиторському інструменті, а також проаналізовано шляхи подолання труднощів, пов'язаних з невизначеністю регуляторних норм.



Хоча ці рішення імплементації цифрового аудиту зменшують ризики, прискорюють виявлення шахрайства та забезпечують нагляд у режимі реального, досягнення широкого впровадження та ефективності вимагає узгоджених, багатосторонніх зусиль:

- Регуляторна співпраця: Транскордонне співробітництво може уніфікувати визначення криптоактивів та аудиторські вимоги, відкриваючи нові можливості для стандартизованого цифрового аудиту.
- Управління даними та конфіденційність ІІІ: Інструменти повинні впроваджуватися на основі прозорих моделей і гарантій конфіденційності, з дотриманням місцевих і міжнародних стандартів захисту даних.
- Освіта та розвиток навичок: Професійні організації, наукові установи та великі аудиторські фірми повинні інвестувати в навчання, щоб ліквідувати розрив у знаннях з криптографії, штучного інтелекту та аналізу даних.

Зрештою, впровадження цих сучасних цифрових технологій не лише підвищує довіру до аудиту криптовалютних бірж, але й сприяє створенню більш стабільного ринкового середовища, яке може завоювати довіру стейкхолдерів. Оскільки децентралізовані фінанси продовжують розвиватися, повинні розвиватися і підходи до аудиту, забезпечуючи, щоб прозорість і підзвітність йшли в ногу з технологічними інноваціями.

Список використаних джерел

1. IAASB. Handbook of International Quality Management, Auditing, Review, Other Assurance, and Related Services Pronouncements. 2023–2024 Edition [Електронний ресурс]. URL: <https://ifacweb.blob.core.windows.net/publicfiles/2024-08/IAASB-2023-2024-Handbook-Volume-1.pdf> (дата звернення: 13.01.2025).
2. CPA Canada. Auditing crypto-assets: The challenges dealing with third-party providers [Електронний ресурс]. URL:



<https://www.cpacanada.ca/en/news/accounting/audit/2021-05-12-auditing-crypto-assets> (дата звернення: 13.01.2025).

3. EY. Applying IFRS Accounting by holders of crypto assets. 2021 [Електронний ресурс]. URL: https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/ifrs/ey-apply-ifrs-crypto-assets-update-october2021.pdf (дата звернення: 18.01.2025).

4. PCAOB. Audits Involving Cryptoassets [Електронний ресурс]. URL: <https://pcaobus.org/Documents/Audits-Involving-Cryptoassets-Spotlight.pdf> (дата звернення: 18.01.2025).

5. PWC. Crypto custody: risks and controls from an auditor's perspective [Електронний ресурс]. URL: <https://www.pwc.ch/en/insights/digital/crypto-custody-risks-and-controls-from-an-auditors-perspective.html> (дата звернення: 18.01.2025).

6. ACCA. Accounting for cryptocurrencies [Електронний ресурс]. URL: <https://www.accaglobal.com/gb/en/student/exam-support-resources/professional-exams-study-resources/strategic-business-reporting/technical-articles/cryptocurrencies.html> (дата звернення: 13.01.2025).

7. Ozeran A., Gura N. Audit and accounting considerations on cryptoassets and related transactions. Economic Annals-XXI, 2020, Vol. 184, Issue (7–8) [Електронний ресурс]. URL: <http://ea21journal.world/wp-content/uploads/2022/01/ea-V184-11.pdf> (дата звернення: 23.01.2025).

8. Дяк О.В. Аналіз торгового об'єму криптовалютної біржі в умовах глобального ринку. Економіка Фінанси Право, 2024, №11, С. 30–34. DOI: <https://doi.org/10.37634/efp.2024.11.5> (дата звернення: 25.01.2025).

9. CoinMarketCap. Bitcoin [Електронний ресурс]. URL: <https://coinmarketcap.com/currencies/bitcoin> (дата звернення: 20.01.2025).

10. Sheng-Feng Hsieh, Gerard Brennan. Issues, risks, and challenges for auditing crypto asset transactions [Електронний ресурс]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2022.100572> (дата звернення: 26.01.2025).



11. PwC. Supporting the auditing of cryptocurrency. 2023 [Електронний ресурс]. URL: <https://www.pwc.com/gx/en/services/audit-assurance/publications/halo-solution-for-cryptocurrency.html> (дата звернення: 25.01.2025).
12. EY. How to audit the next generation of digital assets. 2023 [Електронний ресурс]. URL: https://www.ey.com/en_gl/insights/assurance/how-to-audit-the-next-generation-of-digital-assets (дата звернення: 28.01.2025).
13. Nishani E. V. Challenges when Auditing Cryptocurrencies. Current Issues in Auditing, 2020, №14(1) [Електронний ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/341394415_Challenges_when_Auditing_Cryptocurrencies (дата звернення: 18.01.2025).
14. Jingyi Qian. The Value of Auditor Assurance in Cryptocurrency Trading. 2024 [Електронний ресурс]. URL: <https://papers.ssrn.com/sol3/Delivery.cfm/4536274.pdf?abstractid=4536274&mirid=1> (дата звернення: 28.01.2025).
15. Deloitte. Internal auditing guide to blockchain. 2023 [Електронний ресурс]. URL: <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/risk/articles/internal-auditing-guide-to-blockchain.html> (дата звернення: 28.01.2025).
16. KPMG. Accounting and reporting for crypto intangible assets. 2024 [Електронний ресурс]. URL: <https://kpmg.com/us/en/frv/reference-library/2024/accounting-and-reporting-for-crypto-intangible-assets.html> (дата звернення: 30.01.2025).
17. CryptoCompare. Centralised Exchange Benchmark [Електронний ресурс]. URL: <https://www.cryptocompare.com/external/research/exchange-ranking> (дата звернення: 03.02.2025).
18. ESMA. Crypto assets: Market structures and EU relevance [Електронний ресурс]. URL: https://www.esma.europa.eu/sites/default/files/2024-04/ESMA50-524821-3153_risk_article_crypto_assets_market_structures_and_eu_relevance.pdf (дата звернення: 05.02.2025).



19. Coinbase. Annual Report 2022 [Електронний ресурс]. URL: <https://d18rn0p25nwr6d.cloudfront.net/CIK-0001679788/86fe25e0-342b-40fa-aacc-ea04faf322cb.pdf> (дата звернення: 04.02.2025).

20. ICAEW. Considerations for auditing cryptocurrencies. 2023 [Електронний ресурс]. URL: <https://www.icaew.com/-/media/corporate/files/technical/technology/know-how/considerations-for-auditing-cryptocurrencies.ashx> (дата звернення: 01.02.2025).

21. AICPA. Guiding principles for auditing crypto assets in a global setting. 2022 [Електронний ресурс]. URL: <https://www.aicpa.org/> (дата звернення: 04.02.2025).

22. FASB. Proposed Accounting Standards Update—Digital Assets. 2023 [Електронний ресурс]. URL: <https://www.fasb.org/> (дата звернення: 15.01.2025).

23. Smith A., Johnson R. Real-Time Fraud Detection Models in Decentralized Finance Platforms. Journal of FinTech Analytics, 2022, 14(2), 45–59 [Електронний ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/388109472_Real-Time_Financial_Fraud_Detection_for_Cryptocurrency_Transactions_Investigating_the_Potential_of_Blockchain_Analytics (дата звернення: 20.01.2025).

24. Andersen T. Multisignature Wallets in Crypto Audits: Implications for Ownership Verification. Blockchain Audit Review, 2023, 9(1), 23–37 [Електронний ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/373211217_Companies'_Crypto_wallets_Identification_for_Auditing_Purposes (дата звернення: 21.01.2025).