

**Яланецький Валерій Анатолійович**

старший викладач

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

ORCID ID: 0000-0001-6163-0258

v.yalanetskyi@gmail.com

СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НАВЧАННЯМ НА БЛОКЧЕЙНІ

Анотація. В контексті розвитку світової освітньої сфери із урахуванням сучасних трендів та викликів, в умовах трансформації соціальних послуг та сервісів до цифрових форм, актуальним дослідженням є пошук ідей, концепцій, стартапів, пілотних проєктів та особливостей запровадження технології блокчейн в освіту. Перший блокчейн Bitcoin проєктувався як надзвичайно безпечна та надійна інформаційна мережа для фінансового сектору, де зберігання та передавання ціннісних активів – основний функціонал. В сфері освіти та навчальних процесів питання інформаційної безпеки стоїть найбільш гостро, позаяк мова йде про надійне зберігання активностей викладачів та студентів. Це питання успішно вирішує технологія блокчейн. Метою роботи є дослідження інженерних блокчейн-рішень, що опубліковані в академічних цитованих виданнях. Задля досягнення цілей роботи були зібрані та проаналізовані найбільш цитовані наукові публікації за останні 5 років. Досліджено роботи в яких висвітлені концептуальні та практичні блокчейн-рішення, що спрямовані на підвищення ефективності, надійності та безпеки в роботі систем управління навчанням (LMS). Новий тип таких блокчейн-систем в наукових роботах називають системами управління навчанням на блокчейні (BLMS). Результати дослідження деяких з найбільш відомих блокчейн-систем, розділено на п'ять наступних груп: сертифікація результатів навчання; акредитація освітніх програм; безпека систем управління навчанням; навчальні та освітні проєкти; управління результатами навчання та винагородами. Публікації відображають ряд вирішених питань щодо сертифікації курсів, випуску цифрових дипломів, електронні портфоліо і репутаційні винагороди. Багато питань залишаються не вирішеними, зокрема, дороговизна та складність технології блокчейн, незворотність дій в блокчейні, відсутність масового сприйняття та комфортного інтерфейсу для користувачів.

Ключові слова: блокчейн; технологія блокчейн; система управління навчанням; LMS; BLMS.

ВСТУП

Новітні інженерні доробки та винаходи породжують революційні сплески у соціально-економічних стосунках між людьми. На наших очах швидко відбувається революційна трансформація від інформатизації основних сфер людської діяльності до їх цифровізації (діджиталізації). Інформатизація модернізує окремі види людської діяльності на основі використання інформаційно-комунікаційних технологій, тоді як цифровізація передбачає їх якісну трансформацію, відхід від традиційних усталених форм діяльності до нових, на базі цифрових моделей та технологій. Доволі давно і успішно в сфері освіти застосовуються інформаційно-комунікаційні, хмаро орієнтовані та дистанційні технології. Це і є цифрова освіта станом на сьогодні. Але світ стрімко розвивається та інженерні технології з фінансового сектору успішно мігрують до сектору освіти. Інноваційна фінансова технологія останнього десятиліття – це блокчейн. Перший блокчейн Bitcoin проєктувався як надзвичайно безпечна та надійна інформаційна мережа для фінансового сектору, де зберігання та передавання ціннісних активів – основний функціонал. В сфері освіти та навчальних процесів питання інформаційної безпеки



стоїть найбільш гостро [1] позаяк мова йде про надійне зберігання активностей викладачів та студентів.

З моменту свого першого застосування з 2009 року в криптовалюті Bitcoin, технологія блокчейн постійно вдосконалюється спільнотою розробників, комп'ютерними вченими та математиками. Blockchain 1.0 задумувався як платіжний інструмент для простих грошових операцій. Першим великим вдосконаленням Blockchain 1.0 стала поява смарт-контрактів в блокчейні Ethereum [2]. Це дозволило поширити технологію на фінансові інструменти, такі як кредити, облигації та інші банківські інструменти. Згодом Blockchain 2.0 набуває функціоналу для роботи із нерухомістю, торгівлею цінними паперами тощо [3]. Наступне покоління, Blockchain 3.0, використовує свій децентралізований реєстр та децентралізовану інфраструктуру задля розробки систем у таких секторах, як: електронне врядування та голосування; охорона здоров'я і наука; культура та мистецтво; освіта та бізнес. Як зазначено в роботі [4], можна виділити три фази розвитку блокчейну: Blockchain 1.0 – цифрова валюта, Blockchain 2.0 – цифрова економіка та Blockchain 3.0 – цифрове суспільство. В даний час продовжуються дослідження в області Blockchain 4.0, на часі рішення та підходи, що імплементують технологію блокчейн в парадигму Industry 4.0 [3].

В кінці 2017 року, за дорученням служби науки та знань, Європейська комісія Об'єднаного дослідницького центру (JRC), опублікувала звіт [5], в якому досліджено перспективи впровадження технології блокчейн в сферу освіти. Автори дослідження дійшли висновку, що засновані на блокчейні системи можуть бути використані для: постійного захисту сертифікатів; ідентифікації особи студента (протягом заселення в гуртожиток або роботи в бібліотеці); надання студентських кредитів, формування довічного паспорта навчання, перевірки багатоступінчастої акредитації; відстеження інтелектуальної власності; оплати освітніх послуг; розподілу студентських стипендій та виділення грантів. Серед університетів, експерименти яких лягли в основу доповіді Єврокомісії, – Массачусетський технологічний інститут (MIT), Відкритий університет Великої Британії, Університет Нікосії та декілька навчальних закладів на Мальті.

Основна цінність технології блокчейн для освіти полягає в тому, що вона гарантує надійність і безпеку збору і зберігання інформації, в той час як самі записи можуть містити різні типи даних. Наприклад, за допомогою блокчейна можна зберігати інформацію про іспити, видані дипломи та сертифікати разом з інформацією про те, хто і коли їх проводив або видавав. Таким чином, паперовий документ втрачає свою унікальність – тут кожен може відразу, не звертаючись в архіви організації, яка його видала, перевірити справжність і отримати завірену копію (так званий шерінг документів). Елементами зберігання можуть бути не тільки дипломи та сертифікати про закінчення навчання, а й інформація про проходження онлайн-курсів, здачу тестів тощо.

Постановка проблеми. Невід'ємною частиною освітнього процесу є підсумкове оцінювання та атестація – іспити, кваліфікаційні роботи та інші виховні заходи, під час яких учні/студенти демонструють свої навчальні досягнення (знання, вміння, навички). Тут, як і при роботі з цифровими валютами (криптовалютою), потрібен надійний і безпечний спосіб відправлення, зберігання і поширення отриманих результатів. Навчальні заклади та атестаційні центри, які фіксують результати навчання (деканат), на спеціальних бланках формують екзаменаційні відомості, дипломи, виписки з оцінками та інші паперові довідки. Технології підробки паперових документів існують стільки, скільки існує розумне людство. Навіть електронні обчислювальні технології не вирішили це питання. В роботі [6] автор досліджує тему фальсифікації дипломів у вищих навчальних закладах Пакистану, яка набула системного та поширеного характеру. Автор наводить думку, що в світі функціонує близько 5000 невизнаних університетів та



інститутів, які щорічно видають понад 200000 підроблених дипломів, прибуток такого шахрайства перевищує 1 мільярд доларів. У цифровому освітньому середовищі можна відмовитися від паперових та централізованих електронних документів і використовувати технологію блокчейн для децентралізованого зберігання освітнього контенту. Блокчейн можна успішно використовувати для зберігання цифрових сертифікатів і дипломів, екзаменаційних і самостійних творчих робіт, результатів іспитів і навчальних досягнень (текстів і результатів виконаних тестів, аудіо- та відеозаписів з виступами екзаменованих тощо) у вигляді унікального цифрового контенту в блокчейні. Блокчейн дозволяє демонструвати збережений контент всім, хто цього потребує, захищати авторство, подавати заявки на винаходи і отримувати визнання й винагороди.

Деякі освітні установи та організації вже почали використовувати цифрові посвідчення замість паперових сертифікатів про успішне завершення навчання. Блокчейн також можна використовувати як репутаційний портфель особистих досягнень освітян [7]. Кожен бажаючий може додати до свого облікового запису виконану ним роботу, літературний твір, наукову статтю, опис винаходу, ідею, концепт. Ще одна можливість – дозволити системі виконувати репутаційні операції, аналогічні грошовим (обмін, передавання). Наприклад, для створення «репутаційної валюти» кожна організація або фізична особа може спочатку отримати безоплатний кредит і внести його у власний репутаційний фонд. Розмір цього фонду буде залежати від їх репутаційного статусу: місця в рейтингах, отримання престижних нагород тощо. Власники можуть управляти своїм репутаційним фондом, ділячись частиною своєї репутації з колегами, студентами та іншими людьми або організаціями, чію професійну або людську репутацію вони хочуть поліпшити. Організації та фізичні особи можуть збільшити розмір свого репутаційного фонду за рахунок репутаційних внесків організацій або колег, які визнали їх заслуги, за рахунок внесків за перемоги у відкритих конкурсах, за успішне завершення грантових робіт тощо. Такі записи може прочитати будь-хто, а значить, кожен зможе моніторити, як людина (або організація) набула свою репутацію. Правила призначення і визначення розміру репутаційних внесків (створення репутаційної валюти) можуть бути узгоджені всіма членами співтовариства (університету) і затверджені консенсусом.

В даний час, коли фінансові операції як між фізичними особами, так і між організаціями або компаніями здійснюються через інтернет, вирішення безпеки транзакцій стає пріоритетним питанням. Традиційно банки та великі фінансові фонди несуть відповідальність за забезпечення безпеки і достовірності транзакцій, які записуються в централізовані бази даних. Записи в цих базах можуть бути умисно відредаговані. Блокчейн – це, якщо спрощено, децентралізований реєстр, редагування даних в якому не можливий. Багато дослідників вважають, що технологія блокчейн може вирішити ряд важливих питань інформаційної безпеки та надійності [1], з якими традиційні та електронні системи управління навчанням (LMS) не справляються.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню дослідження та огляду інженерних рішень на базі технології блокчейн в освітню сферу і навчальні процеси, присвячено доволі багато нових наукових публікацій. Серед них, в роботі [2] зібрано та досліджено відповідні праці, пошук яких проводився у дев'яти великих наукових базах даних: цифрова бібліотека ACM, IEEE Xplore, Scencedirect, Taylor & Francis online, SAGE Journals, ProQuest, Springer і Web of Science. Ці бази даних відомі своєю індексацією статей високої якості в галузі освітніх та інформаційних технологій. В результаті пошукових робіт було виділено 31 автентичну публікацію до 2019 року, які висвітлюють теми видачі та перевірки академічних сертифікатів, передавання навчальної репутації та професійних здібностей випускника. Далі, в роботі [8]



досліджено 19 наукових праць, що були опубліковані протягом 2020 року, оскільки цього року виявилась найбільша кількість рецензованих статей на цю тему. Результати огляду вказують на те, що дослідження в області застосування блокчейну у вищих навчальних закладах освіти в основному були спрямовані на розвиток та розробку концепцій, пов'язаних із майбутнім застосуванням технології блокчейн в структурі менеджменту вищих навчальних закладів. В іншому дослідженні [7] виконано пошук в базах IEEE та Google Scholar найбільш цитованих наукових праць з 2015 року до літа 2022 року. Автором дослідження проаналізовано загалом 64 публікації, що стосувалися тематики застосування блокчейну в освітній сфері. Серед досліджених робіт – 6 стосувалися систем для здобуття освіти з вивчення іноземних мов, а одна робота присвячена концепції викладання навчальної дисципліни зі здобуття навичок, умінь, компетенцій в сфері технології блокчейн. В роботі [9] розглянуто книгу про застосування технології блокчейн в освіті. Книга складається із 14 розділів та містить наступну тематику: роль семантичного блокчейну в освіті; рамкова блокчейн-освіта; технологія блокчейн у вищій освіті; перспективи, проблеми та виклики блокчейну в освіті; віртуальна ідентичність освітянина на блокчейні; академічні дипломи та сертифікати на блокчейні тощо.

Мета статті. Метою роботи є дослідження та висвітлення досвіду практичного використання технології блокчейн та робочих інженерних блокчейн-рішень в сфері освіти, зокрема в секторі систем управління навчанням. Також цілями дослідження є виділення проблем та викликів впровадження блокчейну в системи менеджменту навчального процесу та спроба відповісти на питання: чим технологія блокчейн, яка апріорі проектувалась для фінансового сектору, корисна саме для сфери освіти.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження по темі використання блокчейну в освітніх процесах суттєво зросло за останні п'ять років, наукові колективи та автори пропонують системи, які намагаються задовольнити широкий спектр потреб та викликів у різних галузях освіти. Задля досягнення цілей цього дослідження були зібрані та проаналізовані найбільш цитовані наукові роботи за останні 5 років до 2022 року включно. Нижче наведено результати дослідження деяких з найбільш відомих блокчейн-систем, розділених на п'ять груп.

Сертифікація результатів навчання

Випуск, зберігання, перевірка та обмін сертифікатами й дипломами є найбільш важливим сектором розвитку освітніх блокчейн-систем для вирішення проблеми довіри у сфері освіти. Сертифікати, індивідуальні записи, та траєкторія навчання, що підтверджують навички, досягнення та компетентності освітянина, відіграють важливу роль як в освіті, так і у бізнесі, і тому повинні зберігатися у довгострокових доступних та захищених від злону децентралізованих блокчейнах [10]. Багато дослідників вважають, що застосування технології блокчейн може підвищити прозорість та ефективність, досягти децентралізації управління освітнім контентом, і як наслідок, зменшити шахрайство з дипломами [11] та підробку сертифікатів [12].

Першу систему такого роду було розроблено ще у 2014 році в університеті Нікосії (UNIC) на Кіпрі, який використовував систему на блокчейні для зберігання й підтвердження своїх дипломів та для управління сертифікатами студентів. UNIC також став першим університетом, який почав приймати плату за навчання в біткойнах [13]. У 2017 році MIT розробив мобільний додаток на основі блокчейну Bitcoin, який використовує бібліотеки з відкритим вихідним кодом, компоненти й програми для видачі



і перевірки цифрових дипломів та професійних сертифікатів. Прикладом застосування блокчейну є «цифровий диплом» MIT. MIT також входить до групи провідних університетів, які у 2018 році розпочали розробку Консорціуму цифрових дипломів – інфраструктури для цифрових посвідчень про академічні досягнення [14]. Платформа Blockchain for Education – ще одна система, заснована на блокчейні Ethereum, яка використовує смарт-контракти для випуску, перевірки та обміну сертифікатами [10]. В роботі [11] повідомляється про інші подібні рішення засновані на блокчейні Ethereum та смарт-контрактах, наприклад, розроблені в Університеті Цюріха, Лісабонському університеті та Технологічному університеті Хошиміну (HCMC) у В'єтнамі. В цій роботі автори запропонували систему для видачі й перевірки цифрових освітніх сертифікатів. Автор роботи [15] наводять ще декілька прикладів сертифікації та додатків управління ідентифікацією на основі блокчейну, впроваджених освітніми установами. До них належать системи, розроблені Університетом Південного Нью-Гемпшира (SNHU), Університетом відкритих джерел та європейським стартапом VCDiploma.

Акредитація освітніх програм

Близьким до питання сертифікації дипломів є питання акредитації навчання, освітніх програм, навчальних планів. Освітяни здобувають компетентності як у рамках формальної системи освіти так і неформальних освітніх програмах. Блокчейн надає безпечний функціонал кореляції здобутків студентів, що набувають знання різними формами навчання, зберігаючи в реєстрі акредитовані записи про освіту в репутаційній картці освітянина [13], а також створення так званого електронного портфоліо фахівця, з контентом про повний обсяг знань, навичок, практичний досвід, набутий людиною протягом його освітніх та просвітницьких заходів.

Акредитація освітніх програм, накопичення та передавання кредитів, а також присвоєння нових статусів (жетонів), що підтверджують набуті знання студентами, доволі трудомісткий, з точки зору людської роботи, процес. Він потребує певної узгодженості, уважності та акуратності введення первинних даних (назви та обсяги кредитів, назви освітніх компонентів та дисциплін, назви освітніх програм та навчальних планів) працівниками закладу освіти. Декілька університетів, великих підприємств та стартапів пропонують системи, що здатні спростити цей процес та забезпечити справжність навчальних досягнень студентів, а отже і отриманого фаху та кваліфікації. Серед найбільш перспективних ініціатив є створення глобальної кредитної платформи вищої освіти EduCTX [16]. В основі платформи лежить концепція Європейської системи переказу та накопичення кредитів (ECTS). Кредитна система ECTS покликана запропонувати надійне цифрове рішення для поки що аналогової системи освітніх кредитів та оцінок вищої освіти, шляхом скорочення паперової ручної роботи, покращення комунікації між навчальними закладами та спрощення управління й зберігання сертифікатів студентів. Платформа заснована на блокчейн-мережі і використовує токени (цифрові жетони) ECTX – академічні кредити, які є еквівалентом вартості кредитів студента за пройдені навчальні курси. Платформа пропонує зацікавленим сторонам (студентам, вузам, стейкхолдерам, приватному бізнесу, державним організаціям чи установам) глобальну децентралізовану систему освітніх кредитів та оцінок. Це дозволяє передавати навчальні записи про здобутки студентів між різними закладами освіти, між спонсорами і студентами [17] та між роботодавцями і студентами [18].

Системи, що заохочують студентство та монетизують їх здобутки пропонують нагородження цифровими жетонами (значками, бейджами), які токенизують (монетизують) їх академічні досягнення, такі як мікрокредити, нанодипломи, та



сертифікати різних типів навчальних програм, онлайн-курсів тощо. Так, MIT та компанія Learning Machine запропонували цифровий бейдж про успішне закінчення онлайн-навчання і присудження сертифіката на платформі MIT Media Lab [7]. Аналогічна система на основі блокчейну Ethereum використовується Університетом Глазго для зберігання оцінок студентів навчального закладу [19]. В роботі [12] автори запропонували платформу для відстеження навчальних досягнень, проміжних атестаційних робіт та сертифікатів. У дослідженні [20] пропонується використання блокчейну в розробці та оцінці курсів у китайських університетах. Впроваджуючи експериментальний навчальний курс на основі технології блокчейн, автори виявили, що оновлення онлайн-курсів на основі блокчейну може підвищити якість викладання та довіру зацікавлених сторін до онлайн-освіти. В [21] науковці запропонували систему оцінки професійних здібностей студентів і пов'язати бази навчальних закладів та підприємств з працевлаштування для обміну всією необхідною інформацією про рекрутинг випускників з урахуванням вимог ринку праці.

Безпека систем управління навчанням

Автори дослідження [22] вважають, що майбутні електронні кампуси для підтримки навчального процесу, так звані «розумні кампуси», повинні використовувати інфраструктуру блокчейн для забезпечення прозорості, надійності та безпеки життєдіяльності освітніх процесів. В цьому напрямку блокчейн і особливо смарт-контракти забезпечують: достатній рівень безпеки, довіри та прозорості електронного й онлайн навчання: достовірність оцінок на іспитах та заліках; видачу студентських посвідчень; зберігання інформації в персональних електронних портфоліо; учню/студенту одноосібне володіння персональними даними. Іншими словами, цифровими документами про репутацію, сертифікатами й дипломами, нарешті, буде володіти сам студент, а не заклад освіти (чи державний орган), що згенерував відповідний документ про набуту освіти.

З цією метою у дослідженні [23] проаналізовано використання блокчейну в управлінні школами, особливо у зберіганні журнальних записів, ідентифікації особи учнів та безпеки й верифікації освітнього контенту. Інші автори в роботі [3] проаналізували ряд досліджень, що стосуються викладання, навчання і управління діяльністю учнів, включаючи адміністративну діяльність у школі, коледжі й університетах, та запропонували концепцію блокчейн-системи для менеджменту навчального процесу. В іншій праці [24] автори запропонували довірену систему онлайн-навчання, спрямовану на забезпечення очікуваного стандарту викладання та справедливого оцінювання слухачів курсу, а також для підвищення мотивації студентів та викладачів за допомогою технології ревардів (цифрової винагороди у якості токенів).

Навчальні та освітні проєкти

У цій групі представлені декілька блокчейн-рішень, які намагаються покращити процеси викладання та навчання, шляхом надійного зберігання, захисту та обміну інформацією, пов'язаною з успішністю та навчальною репутацією студентів, для синхронізації студентів з викладачами й роботодавцями, для підтримки прийняття учнями й студентами рішень про кар'єру, а також для вимірювання і зберігання результатів навчання та заохочення студентів. Sony Global Education (SGE) – це глобальна платформа навчання та оцінювання, розроблена ще в 2016 році за підтримкою компанії IBM. Вона призначена для зберігання, захисту та обміну інформацією, пов'язаною з успішністю та прогресом навчання студентів [7]. BitDegree – це гейміфікована освітня онлайн платформа, яка намагається синхронізувати студентів з викладачами та роботодавцями. Система використовує власні токени і сертифікати



блокчейну та надає користувачам курси й стимули для навчання, такі як токенизовані стипендії [15]. ODEM.io – це платформа, яка пропонує прямі зв'язки з викладачами, курси і доступ до професійних можливостей, які відповідають особистому профілю студентів, при цьому завдяки використанню токенів забезпечується дійсність їх освітніх сертифікатів [15]. Школа Холбертона (Holberton School) стала першим навчальним закладом, який застосував технологію блокчейн для зберігання дипломів [7]. Їх блокчейн-система зберігає всі види освітньої активності учнів: унікальний ідентифікатор учня, його навчальна поведінка у класі, досвід мікроакадемічних проєктів та макрорівень здобутої освіти. Інститут блокчейну досліджень (The Institute for Blockchain Studies) використовує блокчейн для акредитації навчальних компонентів платформи Coursera. Ця система використовує смарт-контракти та забезпечує механізм доказу й підтвердження того, що студенти, які записалися на курс, дійсно його завершили, а також наприкінці отримали винагороду за успішне навчання.

Автори роботи [25] представили безпечну децентралізовану LMS на основі приватної блокчейн-мережі – системи управління навчанням на основі блокчейну (BLMS). Для забезпечення надійності від внутрішніх атак в BLMS застосовано так званий «механізм потоку детальних дозволів», який відповідає за підтримку підтвердження доступу до дозволів та прав відкликання результатів навчання між академічним і адміністративним рівнями.

Дистанційні навчальні лабораторії працюють в багатьох університетах по всьому світу, щоб забезпечити студентів цілодобовим онлайн доступом до обладнання та програмних комплексів. Такі лабораторії генерують величезні обсяги даних, які зберігаються, обробляються, аналізуються та керуються централізованими системами, яким бракує прозорості та надійності, особливо із перепадами електропостачання. В роботі [26] пропонується застосування технології блокчейн у дистанційних лабораторіях, у якості нового педагогічного підходу в світлі впровадження Education 4.0.

Управління результатами навчання та винагородами

Дослідники в роботі [27] запропонували блокчейн-рішення для управління компетенціями та результатами навчання. Студенто-центрована система навчання на блокчейні (Student-Centered Learning Blockchain) складається з трьох компонентів: електронний курс (дисципліна, освітній компонент), електронне портфоліо та електронна оцінка. Система винагород передбачає постійний запис в блокчейн активностей студентів, їх інтелектуальні зусилля та відповідно кількісне та якісне коригування репутації. Цей механізм перетворює інформацію про навчальний досвід студентів на цифровий зліпок (токен, цифрову валюту). Набута репутація зберігається у особистому віртуальному гаманці. Аналогічною концепцією є ініціатива «вчитися – значить заробляти» (подібно до гейміфікованих систем, де гравець заробляє винагороди), яка може стимулювати та мотивувати студентів до навчання. Протягом навчання студенти отримуватимуть цифрову валюту відповідно до смарт-контрактів як винагороду, або сплачуватимуть штрафи за несвоєчасність виконання завдань. Баланс поточних винагород зберігається в освітньому гаманці [7], його можна використовувати для сплати за навчання, ба більше, обмінювати на фізичні валюти.

Запропонована децентралізована блокчейн технологія дозволяє забезпечити гарантований обмін академічними оцінками між вищими навчальними закладами по всьому світу, наприклад, у випадку освітньої мобільності студентів за програмами ЄС Erasmus. Студенти зможуть свої академічні досягнення і репутацію, набуті в одній країні, надавати, наприклад, роботодавцям в інших країнах. Це полегшує комунікацію між



виробничим сектором та студентами задля ефективного швидкого працевлаштування, що значно спрощує пошук роботодавцям відповідних потенційних фахівців.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Звертаючи увагу на значну кількість наукових доробок, згаданих в роботі, технологія блокчейн має величезний потенціал для використання у сфері освіти та навчальному процесі. У доповіді [5] автори запропонували кілька сценаріїв впровадження технології блокчейн у поточні чи майбутні освітні процеси. Серед них – сертифікація, акредитація, визнання та передача кредитів, паспорт безперервної освіти (доки живемо – вчимося), електронні портфоліо, винагороди, платежі та фінансування, а також управління інтелектуальною власністю.

Серед досліджених наукових праць відсутні роботи, в яких висвітлюється питання надійного та безпечного зберігання авторського контенту, який останнім часом займає значні обсяги, як на локальних робочих станціях так і у хмарних сховищах. Авторський контент викладача та студента є особистим доробком. Технологія блокчейн може вирішити якісно це питання, наприклад, із застосуванням децентралізованої технології зберігання даних IPFS. Ця технологія відкриває широкі двері для подальших наукових досліджень щодо питання роялті авторам за їх прикладні розробки та наукові праці.

Також, не спостерігається серед досліджених наукових праць в сфері побудови блокчейн-рішень, які спрямовані на зберігання освітньої траєкторії студента, з урахуванням: вибірковості дисциплін, сильних та слабких сторін студента, його хобі, громадянських та особистих інтересів, сімейного стану та соціальних досягнень. VLMS-системи мають бути масштабованими, позаяк кількість користувачів завжди змінна величина. Досліджень, які б оцінювали навантаження на мережу та проблеми масштабування такої блокчейн-системи, не знайдено, себто це питання також найближчого наукового майбутнього.

Нові технологічні розробки, такі як телекомунікаційні мережі 5G, розумні пристрої, штучний інтелект, інтернет речей, інтернет промислових речей, WEB 3.0 та метавсесвіти, призводять до нової реальності, в якій безпечна передача та зберігання даних є обов'язковою умовою. У цій новій реальності технологія блокчейн відіграє вирішальну роль, оскільки вона здатна знизити витрати, збільшити швидкість транзакцій та забезпечити необхідне підґрунтя для безпечної та непорушної роботи LMS-систем, а також можливість створення нових інноваційних освітніх послуг та систем. Дослідження можуть бути продовжені у галузі розробки функціоналу для відстеження й онлайн-моніторингу процесу навчання, а також акредитації і підвищення якості онлайн та дистанційної освіти. Але є декілька суттєвих перешкод, що уповільнюють наскрізне впровадження технології блокчейн у сферу освіти.

Першою перешкодою є вкрай висока складність такої інженерної інновації. Дорослі громадяни призвичаїлись до традиційних систем, концепцій, догм та парадигм. Технологічні революції вибухають швидко, але в розумах людей дуже довго не сприймаються. Будь-яка інновація для більшості людей на своєму початку здається вкрай складною, оскільки невідомо що це, які ризики, присутній банальний страх вперше нею скористатись. Це спричиняє внутрішній спротив, не комфортність, який здебільшого зникає протягом просвітницьких заходів. Тішить те, що ці процеси незворотні і молодь значно швидше опановує інноваційні технології, самомотивується та горить бажанням вчитись чомусь новому.

Другою перешкодою є дороговизна комерційних блокчейн платформ, на яких побудовані пілотні освітні блокчейн-системи. Це пов'язане навіть не з витратами на



розгортання та супроводження інфраструктури блокчейн-системи, а з грошовим питанням оплати академічних активностей користувачів протягом користування системою, позаяк кожна транзакція в блокчейні вимагає комісійних зборів для підтримки блокчейн мережі. Вирішенням цього питання може бути розробка власного блокчейну та токеноміки винагород, або користування, на етапі пілотного випробування, тестовими мережами блокчейнів, де цінність токенів як така відсутня, себто не буде потреби сплачувати користувачам реальні кошти за будь-яку активність в системі.

Третьою перешкодою є досі не усталена академічна термінологія та інженерні специфікації в інфраструктурі блокчейн систем. Кожен розробник чи група людей використовує свою специфічну, подекуди жаргонну термінологію, що гальмує розуміння та впровадження у широкі маси блокчейн-рішень. Вимагається додаткове навчання фахівців новим мовам програмування, бібліотекам та фреймворкам. Але не завжди збігається обраний напрям навчання із подальшим процесом розробки та впровадження блокчейн систем.

Четвертою перешкодою є концептуальна відмінність традиційного доступу в обліковий запис (через пароль), від доступу до облікового запису на блокчейні, де аккаунт це цифровий гаманець (оцінки, дипломи, репутація). В традиційних централізованих системах, коли користувач (студент чи викладач) забуває або втрачає пароль – відновити його допоможе адміністратор. В парадигмі децентралізованого блокчейну втрата паролю (приватного ключа, сід-фрази) означає остаточну втрату всіх даних облікового запису назавжди. Допомогти адміністратор не зможе фізично, позаяк він апріорі відсутній в блокчейні. Частковим вирішенням цього питання може бути розробка приватних блокчейнів із функціоналом адміністрування та виховання користувачів в новій людино-орієнтованій парадигмі «мій пароль – моя репутація».

П'ятою перешкодою можна вважати таку особливість блокчейн-систем, що будь-які дії в мережі блокчейн є по своїй суті не зворотними, наприклад, проставлена не вірно оцінка чи випущений із помилкою сертифікат вже не можна буде виправити, доведеться вносити поправочну оцінку або перевипускати сертифікат (попередні записи не скасовуються). Це дуже нагадує реальне життя людини, коли скоєні вчинки є незворотними. Вирішенням цього питання лежить у площині більш прискіпливого та уважного внесення даних перед записом в блокчейн, можливо із залученням декільком осіб, аби мінімізувати механічні помилки протягом введення первинних даних.

Шостою перешкодою є вкрай не комфортний функціонал та інтерфейси цифрових блокчейн-гаманців, наприклад, довгі назви адрес, складність зберігання сід-фраз та приватних ключів, труднощі з авторизацією та верифікацією особи. В цьому плані є певні інженерні доробки, і це питання планується досліджувати окремо. Також у подальших дослідженнях пошуковий фокус буде направлений на прикладні програмні блокчейн-рішення для сектору освіти, що базуються на відкритих інноваційних блокчейнах, зокрема таких як: IPFS, Near Protocol, Cosmos та Polkadot.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Куліковський, А.В. (2019). Технологія blockchain як складова інформаційної безпеки. *Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка»*, 4(4), 85-89. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2019.4.8589>.
- 2 Alammary, A., Alhazmi, S., Almasri, M., Gillani, S. (2019). Blockchain-based applications in education: A systematic review. *Applied Sciences*, 9(12), 2400. <https://doi.org/10.3390/app9122400>.
- 3 Bhaskar, P., Tiwari, C.K., Joshi, A. (2021), Blockchain in education management: present and future applications. *Interactive Technology and Smart Education*, 18(1), 1-17. <https://doi.org/10.1108/ITSE-07-2020-0102>.



- 4 Efanov, D., Roschin, P. (2018). The All-Pervasiveness of the Blockchain Technology. *Procedia computer science*, 123, 116-121. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.01.019>.
- 5 Grech, A., Camilleri, A. (2017). Blockchain in Education, EUR 28778 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-79-73497-7, <https://doi.org/10.2760/60649>.
- 6 Ayub Khan, A., Laghari, A. A., Shaikh, A. A., Bourouis, S., Mamlouk, A. M., Alshazly, H. (2021). Educational Blockchain: A Secure Degree Attestation and Verification Traceability Architecture for Higher Education Commission. *Applied Sciences*, 11(22), 10917. <https://doi.org/10.3390/app112210917>.
- 7 Panagiotidis, P. (2022). *Blockchain in Education - The Case of Language Learning*. *European Journal of Education*, 5(1), 66–83. <https://doi.org/10.26417/443gjm83>.
- 8 Raimundo, R.; Rosário, A. (2021). Blockchain System in the Higher Education. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 11, 276–293. <https://doi.org/10.3390/ejihpe11010021>.
- 9 Ceylan, A. (2020). Book Review: Blockchain Technology Applications in Education. *Journal of Educational Technology & Online Learning*, 3(2), 168-176. <https://doi.org/10.31681/jetol.698498>.
- 10 Gräther, W., Kolvenbach, S., Ruland, R., Schutte, J., Torres, C., Wendland, F. (2018). Blockchain for education: lifelong learning passport. In Proceedings of 1st ERCIM Blockchain workshop 2018. European Society for Socially Embedded Technologies (EUSSET). https://doi.org/10.18420/blockchain2018_07.
- 11 Castro, R. Q., Au-Yong-Oliveira, M. (2021). Blockchain and higher education diplomas. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 11(1), 154-167. <https://doi.org/10.3390/ejihpe11010013>.
- 12 Reis-Marques, C., Figueiredo, R., de Castro Neto, M. (2021). Applications of Blockchain Technology to Higher Education Arena: A Bibliometric Analysis. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 11(4), 1406-1421. <https://doi.org/10.3390/ejihpe11040101>.
- 13 Fedorova, Elena P.; Skobleva, Ella I. (2020). Application of Blockchain Technology in Higher Education. *European Journal of Contemporary Education*, 9(3), 552-571. <https://doi.org/10.13187/ejced.2020.3.552>.
- 14 DCC (2022). Digital Credentials Consortium. <https://digitalcredentials.mit.edu/wp-content/uploads/2020/02/whitepaper-building-digital-credential-infrastructure-future.pdf>.
- 15 Steiu, M.-F. (2020). Blockchain in education: Opportunities, applications, and challenges. *First Monday*, 25(9). <https://doi.org/10.5210/fm.v25i9.10654>.
- 16 Ocheja, P., Flanagan, B., Ueda, H. and Ogata. H. (2019). Managing lifelong learning records through blockchain. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 14, 4. <https://doi.org/10.1186/s41039-019-0097-0>.
- 17 Bedi, P., Gole, P., Dhiman, S., Gupta, N. (2020). Smart Contract based Central Sector Scheme of Scholarship for College and University Students. *Procedia Computer Science*, 171, 790–799. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.04.086>.
- 18 Awaji, B., Solaiman, E., Marshall, L. Blockchain-Based Trusted Achievement Record System Design. In Proceedings of the ICIEI 2020: 5th International Conference on Information and Education Innovations, London, UK, 26–28 July 2020; pp. 46–51. <https://doi.org/10.1145/3411681.3411689>.
- 19 Arndt, T. (2019). An Overview of Blockchain for Higher Education. In Proceedings of the IC3K 2019—11th International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management, Vienna, Austria, 17–19 September 2019; pp. 231–235. <https://doi.org/10.5220/0008343902310235>.
- 20 Min, L., Bin, G. (2022). Online teaching research in universities based on blockchain. *Education and Information Technologies*, 6459–6482. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10889-w>.
- 21 Liu, Q., Guan, Q., Yang, X., Zhu, H., Green, G., Yin, S. (2018). Education industry cooperative system based on blockchain. In 2018 1st IEEE international conference on hot information-centric networking (HotICN) (pp. 207-211). IEEE. <https://doi.org/10.1109/HOTICN.2018.8606036>.
- 22 Fernandez-Carames, T. M., Fraga-Lamas, P. (2019). Towards Next Generation Teaching, Learning, and Context-Aware Applications for Higher Education: A Review on Blockchain, IoT, Fog and Edge Computing Enabled Smart Campuses and Universities. *Applied Sciences*, 9(21), 4479. <https://doi.org/10.3390/app9214479>.
- 23 Altinay, F., Beyatli, O., Dagli, G., Altinay, Z. (2020). The role of Edmodo model for professional development: The uses of blockchain in school management. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15(12), 256-270. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i12.13571>.
- 24 Cheriguene, A., TaiKabache, T., Adnane, A., Kerrache C.A., Farhan Ahmad, F. (2022). On the use of Blockchain Technology for Education during Pandemics. <https://doi.org/10.1109/MITP.2021.3066252>.
- 25 Khan, M., Naz, T. (2021). Smart Contracts Based on Blockchain for Decentralized Learning Management System. *SN COMPUT. SCI.* 2, 260. <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00661-1>.



- 26 Al-Zoubi, A. Y., Dmour, M., Aldmour, R. (2022). Blockchain as a Learning Management System for Laboratories 4.0. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, 18(12), pp. 16–34. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v18i12.33515>.
- 27 Purnama, S., Aini, Q., Rahardja, U., Santoso, N. P. L., Millah, S. (2021). Design of Educational Learning Management Cloud Process with Blockchain 4.0 based E-Portfolio. *Journal of Education Technology*, 5(4), 628-635. <https://doi.org/10.23887/jet.v5i4.40557>.

**Valerii A. Yalanetskyi**

Senior Lecturer

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

ORCID ID: 0000-0001-6163-0258

v.yalanetskyi@gmail.com

BLOCKCHAIN-BASED LEARNING MANAGEMENT SYSTEMS

Abstract. In the context of the development of the world educational sphere, taking into account modern trends and challenges, in the context of the transformation of social services into digital forms, the actual research is the search for ideas, concepts, startups, pilot projects and features of the introduction of blockchain technology in education. The first Bitcoin blockchain was designed as an extremely secure and reliable information network for the financial sector, where the storage and transfer of value assets is the main functionality. In the field of education and educational processes, the issue of information security is most acute, since it is a question of reliable storage of activities of teachers and students. This issue is successfully solved by blockchain technology. The target of the work is to research engineering blockchain solutions published in academic cited publications. In order to achieve the target of the work, the most cited scientific publications over the past 5 years were collected and analyzed. The works in which conceptual and practical blockchain solutions aimed at improving efficiency, reliability and security in the operation of learning management systems (LMS) are highlighted. A new type of such blockchain systems in scientific papers is called blockchain learning management systems (BLMS). The research of some of the most well-known blockchain systems is divided into five of the following groups: certification of learning results; accreditation of educational programs; security of learning management systems; learning and educational projects; management of learning results and rewards. The publications reflect a number of resolved issues regarding course certification, digital degree graduation, e-portfolios, and reputational rewards. Many issues remain unresolved, in particular, the cost and complexity of blockchain technology, the irreversibility of actions in the blockchain, the lack of mass perception and a comfortable interface for users.

Keywords: blockchain; blockchain technology; learning management system; LMS; BLMS.

REFERENCES

- 1 Kulikovskiy, A. (2019). Blockchain as a component of information security. *Electronic Professional Scientific Edition «Cybersecurity: Education, Science, Technique»*, 4(4), 85-89. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2019.4.8589>.
- 2 Alammary, A., Alhazmi, S., Almasri, M., Gillani, S. (2019). Blockchain-based applications in education: A systematic review. *Applied Sciences*, 9(12), 2400. <https://doi.org/10.3390/app9122400>.
- 3 Bhaskar, P., Tiwari, C.K., Joshi, A. (2021). Blockchain in education management: present and future applications. *Interactive Technology and Smart Education*, 18(1), 1-17. <https://doi.org/10.1108/ITSE-07-2020-0102>.
- 4 Efanov, D., Roschin, P. (2018). The All-Pervasiveness of the Blockchain Technology. *Procedia computer science*, 123, 116-121. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.01.019>.
- 5 Grech, A., Camilleri, A. (2017). Blockchain in Education, EUR 28778 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-79-73497-7, <https://doi.org/10.2760/60649>.
- 6 Ayub Khan, A., Laghari, A. A., Shaikh, A. A., Bourouis, S., Mamlouk, A. M., Alshazly, H. (2021). Educational Blockchain: A Secure Degree Attestation and Verification Traceability Architecture for Higher Education Commission. *Applied Sciences*, 11(22), 10917. <https://doi.org/10.3390/app112210917>.
- 7 Panagiotidis, P. (2022). *Blockchain in Education - The Case of Language Learning*. *European Journal of Education*, 5(1), 66-83. <https://doi.org/10.26417/443gjm83>.
- 8 Raimundo, R.; Rosário, A. (2021). Blockchain System in the Higher Education. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 11, 276-293. <https://doi.org/10.3390/ejihpe11010021>.
- 9 Ceylan, A. (2020). Book Review: Blockchain Technology Applications in Education. *Journal of Educational Technology & Online Learning*, 3(2), 168-176. <https://doi.org/10.31681/jetol.698498>.



- 10 Gräther, W., Kolvenbach, S., Ruland, R., Schutte, J., Torres, C., Wendland, F. (2018). Blockchain for education: lifelong learning passport. In Proceedings of 1st ERCIM Blockchain workshop 2018. European Society for Socially Embedded Technologies (EUSSET). https://doi.org/10.18420/blockchain2018_07.
- 11 Castro, R. Q., Au-Yong-Oliveira, M. (2021). Blockchain and higher education diplomas. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 11(1), 154-167. <https://doi.org/10.3390/ejihpe11010013>.
- 12 Reis-Marques, C., Figueiredo, R., de Castro Neto, M. (2021). Applications of Blockchain Technology to Higher Education Arena: A Bibliometric Analysis. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 11(4), 1406-1421. <https://doi.org/10.3390/ejihpe11040101>.
- 13 Fedorova, Elena P.; Skobleva, Ella I. (2020). Application of Blockchain Technology in Higher Education. *European Journal of Contemporary Education*, 9(3), 552-571. <https://doi.org/10.13187/ejced.2020.3.552>.
- 14 DCC (2022). Digital Credentials Consortium. <https://digitalcredentials.mit.edu/wp-content/uploads/2020/02/whitepaper-building-digital-credential-infrastructure-future.pdf>.
- 15 Steiu, M.-F. (2020). Blockchain in education: Opportunities, applications, and challenges. *First Monday*, 25(9). <https://doi.org/10.5210/fm.v25i9.10654>.
- 16 Ocheja, P., Flanagan, B., Ueda, H. and Ogata. H. (2019). Managing lifelong learning records through blockchain. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 14, 4. <https://doi.org/10.1186/s41039-019-0097-0>.
- 17 Bedi, P., Gole, P., Dhiman, S., Gupta, N. (2020). Smart Contract based Central Sector Scheme of Scholarship for College and University Students. *Procedia Computer Science*, 171, 790–799. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.04.086>.
- 18 Awaji, B., Solaiman, E., Marshall, L. Blockchain-Based Trusted Achievement Record System Design. In Proceedings of the ICIEI 2020: 5th International Conference on Information and Education Innovations, London, UK, 26–28 July 2020; pp. 46–51. <https://doi.org/10.1145/3411681.3411689>.
- 19 Arndt, T. (2019). An Overview of Blockchain for Higher Education. In Proceedings of the IC3K 2019—11th International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management, Vienna, Austria, 17–19 September 2019; pp. 231–235. <https://doi.org/10.5220/0008343902310235>.
- 20 Min, L., Bin, G. (2022). Online teaching research in universities based on blockchain. *Education and Information Technologies*, 6459–6482. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10889-w>.
- 21 Liu, Q., Guan, Q., Yang, X., Zhu, H., Green, G., Yin, S. (2018). Education industry cooperative system based on blockchain. In 2018 1st IEEE international conference on hot information-centric networking (HotICN) (pp. 207-211). IEEE. <https://doi.org/10.1109/HOTICN.2018.8606036>.
- 22 Fernandez-Carames, T. M., Fraga-Lamas, P. (2019). Towards Next Generation Teaching, Learning, and Context-Aware Applications for Higher Education: A Review on Blockchain, IoT, Fog and Edge Computing Enabled Smart Campuses and Universities. *Applied Sciences*, 9(21), 4479. <https://doi.org/10.3390/app9214479>.
- 23 Altinay, F., Beyatli, O., Dagli, G., Altinay, Z. (2020). The role of Edmodo model for professional development: The uses of blockchain in school management. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15(12), 256-270. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i12.13571>.
- 24 Cheriguene, A., TaiKabache, T., Adnane, A., Kerrache C.A., Farhan Ahmad, F. (2022). On the use of Blockchain Technology for Education during Pandemics. <https://doi.org/10.1109/MITP.2021.3066252>.
- 25 Khan, M., Naz, T. (2021). Smart Contracts Based on Blockchain for Decentralized Learning Management System. *SN COMPUT. SCI.* 2, 260. <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00661-1>.
- 26 Al-Zoubi, A. Y., Dmour, M., Aldmour, R. (2022). Blockchain as a Learning Management System for Laboratories 4.0. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, 18(12), pp. 16–34. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v18i12.33515>.
- 27 Purnama, S., Aini, Q., Rahardja, U., Santoso, N. P. L., Millah, S. (2021). Design of Educational Learning Management Cloud Process with Blockchain 4.0 based E-Portfolio. *Journal of Education Technology*, 5(4), 628-635. <https://doi.org/10.23887/jet.v5i4.40557>.

