

REFERENCES

1. Bevz V. H. Istoriiia matematyky. Kharkiv: Vyd. hrupa «Osнова», 2006. 176 s. / [History of mathematics]
2. Bevz V. H. Istoriiia matematyky yak intehtratsiina osnova navchannia predmetiv matematychnoho tsyklu u fakhovii pidhotovtsi maibutnykh uchyteliv: avtoref. dys. ... d-ra nauk. Kyiv, 2007. [The history of mathematics as an integrative basis for learning the subjects of the mathematical cycle in the professional training of future teachers]
3. Hnied L. I. Intehtratsiia – odyh z shliakhiv vyrishennia zadach pryrodnychoi osvity. Intehtratsiia znan z predmetiv pryrodnycho-matematychnoho tsyklu: problemy ta shliakhy yikh vyrishennia: zb. materialiv internet-seminaru. Ch. 2. Cherkasy, 2012. S. 168–171. [Integration is one of the ways to solve the problems of science education]
4. Zhytariuk I. Matematyzatsiia nauk i spetsyfika fakhovoi pidhotovky naukovooho spivtovarystva. Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu: zb. nauk. prats. Vyp. 602–603. Filosofiia. Chernivtsi: Chernivets. nats. un-t, 2012. S. 8–12. [Mathematization of sciences and the specifics of professional training of the scientific community]
5. Istoriiia pryrodoznavstva (korotkyi kurs) / Ilnytska K. S., Krasnobokyi Yu. M., Mykolaiko V. V., Tkachenko I. A. Uman, 2021. 88 s. [History of natural science (short course)]
6. Kontseptsiiia rozvytku pryrodnycho-matematychnoi osvity (STEM-osvity) vid 5 serpnia 2020 r. № 960-r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text> [Concept of the development of science and mathematics education (STEM education) dated August 5, 2020 No. 960]
7. Povstin O. V. Intehtratsiia znan yak odyh z dydaktychnykh pryntsyviv suchasnoi osvity. Visnyk LDU BZhd. 2014. № 10. S. 231–235. [Integration of knowledge as one of the didactic principles of modern education]
8. Romanchykov V. I. Osnovy naukovykh doslidzhen: navch. posibnyk. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury, 2007. 254 s. [Basics of the scientific research]
9. Typova osvithnia prohrama dlia 3–4 klasiv / pid ker. Savchenko O. Ya. URL: <https://idea-teacher.com.ua/e-lib/navchalno-metodychni-posibnyky/pedagogichnym-praczivnykam/typova-osvithnya-programa-dlya-3-4-klasiv-nush-savchenko-o-ya/> [A typical educational program for 3–4 grades / under the guidance of Savchenko O. Ya.]
10. Filosofsii slovnyk / za red. V. I. Shynkaruka. Kyiv: Poligraf-knyga, 1973. 599 s. [Philosophical dictionary]

УДК 378.09:[005.92:004.6]

DOI 10.25128/2415-3605.22.2.14

ОЛЕКСАНДР ЯЩИК

ID ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8420-3336>

sanytnpu@gmail.com

кандидат педагогічних наук, доцент

Тернопільський національний педагогічний університет

імені Володимира Гнатюка

вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль

ІГОР ТВЕРДОХЛІБ

ID ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6301-0159>

igtverd@ukr.net

кандидат педагогічних наук, доцент

Національний педагогічний університет

імені М. П. Драгоманова

вул. Пирогова, 9, м. Київ

ЮРІЙ ФРАНКО

ID ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1464-1162>

franko_yup@ukr.net

кандидат технічних наук, доцент

Тернопільський національний педагогічний університет

імені Володимира Гнатюка

вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ОСВІТНИМИ ДОКУМЕНТАМИ

Технологія блокчейн залишається одним із найбільш гарячих трендів серед фінансових, державних і комерційних організацій у всьому світі. В статті з'ясовано основні поняття і головні характеристики технології блокчейн; показано сьгоднішні актуальні сфери її застосування. Здійснено детальний опис проблеми верифікації освітніх документів у реальному світі, поточні спроби їх вирішення, властиві їм недоліки, а також вирішення цих проблем за допомогою розробки та впровадження автоматизованої інформаційної системи з використанням технології блокчейн. Системи, яка виключить можливість фальсифікації освітніх документів та максимально спростить роботу з ними. Технічно така система гарантує безпеку, непідробленість і незмінність збережених даних; забезпечує захищений доступ із можливістю опціонального розширення прав доступу до документів від власників самих документів. Застосування технології блокчейн забезпечує легку міграцію наявних даних про видані освітні документи, виключаючи будь-які реальні фізичні дії з попередньої підготовки даних, а також підробці освітніх документів. Проблема автентичності документа про освіту актуальна для кожного учасника освітнього процесу: студента, освітнього закладу і роботодавця. Наукова новизна технології блокчейн полягає у відносно недавньому відкритті і розвитку цієї технології, а також застосуванні її в різних сферах життя. Подальший вектор розвитку може бути спрямований на комерціалізацію системи шляхом надання різних інформаційних послуг особам, зацікавленим в аналізі наявних у системі даних.

Ключові слова: блокчейн, інтернет речей, бази даних, автоматизація, верифікація, освіта, диплом, управління.

OLEKSANDR YASHCHYK

Ph.d., Doctor of Philosophy Sciences, Associate Professor
Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University
2 Maksym Kryvonis Str., Ternopil

IHOR TVERDOKHLIB

Ph.d., Doctor of Philosophy Sciences, Associate Professor
National Pedagogical Dragomanov University
9 Pyrohov Str., Kyiv

YURIY FRANKO

Ph.d., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University
2 Maksym Kryvonis Str., Ternopil

OZHHA MYKHAILO

Ph.d., Doctor of Philosophy Sciences, Associate Professor
Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University
2 Maksym Kryvonis Str., Ternopil

USING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY FOR SECURITY AUTOMATION OF MANAGEMENT OF EDUCATIONAL DOCUMENTS

Blockchain technology remains one of the hottest trends among financial, government and commercial organizations around the world. The article clarifies the main concepts and main characteristics of blockchain technology; today's topical areas of its application are shown. There has been given a detailed description of the

problem of verification of educational documents in the real world, current attempts to solve them, their inherent shortcomings, as well as solving these problems using the development and implementation of an automated information system using blockchain technology is made. This is a system that will eliminate the possibility of falsification of educational documents and simplify work with them as much as possible. Technically, such a system guarantees the safety, authenticity and immutability of stored data; provides secure access with the possibility of optional extension of access rights to documents from the owners of the documents themselves. The application of blockchain technology ensures easy migration of existing data on issued educational documents, excluding any real physical actions from the preliminary preparation of data, as well as forgery of educational documents. The problem of the authenticity of the educational document is relevant for every participant in the educational process: the student, the educational institution, and the employer. The scientific novelty of blockchain technology lies in the relatively recent discovery and development of this technology, as well as its application in various spheres of life. The practical significance of blockchain technology lies in the fact that it can be implemented in already existing systems, make improvements to them, and also can be used as a platform that can support various types and types of devices and other technologies. With the growth of the number of participants, the network will only become safer and more reliable, thanks to the features of the blockchain, which will only strengthen the guarantees provided. The implementation of blockchain technology in the sphere of public administration of Ukraine, in particular in the sphere of education, will make it possible to ensure a high level of public trust in state structures, transparency of digital interaction between state bodies, citizens and business structures, saving budgetary resources through transparent public procurement and reducing the level of corruption. The further vector of development can be aimed at the commercialization of the system by providing various information services to persons interested in analyzing the data available in the system.

Keywords: *blockchain, Internet of Things, databases, automation, verification, education, diploma, management.*

Технології розвиваються з часом, що впливає як на стрімкий розвиток інтернет засобів так і на виникнення нових загроз. З ростом технологій з'являється попит на злом, крадіжку, нелегальну торгівлю, шантаж, підрив авторитету і т. д. Для протистояння цьому виникають захисні методи, підходи для забезпечення безпеки можливих жертв, а саме звичайних людей, які бажають використовувати онлайн сервіси, надсилати документи, які ідентифікують, авторизують їх у суспільстві, своїм роботодавцям.

Після закінчення вищої, середньої професійної чи середньої освіти кожен випускник отримує диплом, атестат або свідоцтво. Цей документ підтверджує факт успішного освоєння відповідної освітньої програми. Це дає змогу роботодавцеві за наявності такого документа оцінити наявні професійні навички у потенційного працівника, а приймальним комісіям навчальних закладів переконатися у наявності необхідного рівня освіти вступника при переході на наступний рівень. Сам документ є паперовим гарантом, що підтверджує факт отримання освіти, а різні засоби захисту – такі, як водяні знаки і мікрошрифти, роблять їх підробку дуже складною.

Однак жодний фізичний спосіб захисту не здатний забезпечити абсолютну непідробність. Це породжує чимало проблем, пов'язаних із верифікацією дипломів та атестатів. Насамперед появляється велика кількість пропозицій підроблених копій на чорному ринку. Ця проблема зачіпає як роботодавців, так і приймальні комісії освітніх закладів, оскільки вони не можуть стовідсотково довіряти наданим документам про освіту.

Добросовісні одержувачі документів про освіту теж опиняються під загрозою. Адже заклад освіти може не мати офіційного статусу, але все одно зараховувати до себе студентів, стягувати плату за навчання і видавати після закінчення терміну навчання підроблений документ. Ще одна вразливість полягає в існуючій проблемі внесення правок в ці документи. Наприклад, можна виправити оцінки у дипломі чи дописати зайві дисципліни. Таким чином, проблема автентичності документа про освіту актуальна для кожного учасника освітнього процесу: студента, освітнього закладу і роботодавця.

Наявність паперової копії не може дати усіх гарантій і тому доводиться шукати інші способи, що дозволяють переконатися у справжності документа. Перший – направлення запиту до уповноважених державних органів. Другий – направлення запиту до освітнього закладу, що видав документ. Такі методи перевірки вимагають попередньої бюрократичної підготовки запитів і суттєвого терміну очікування.

Сформована нами низка проблем стала поштовхом для розробки системи, яка виключить можливість фальсифікації освітніх документів та максимально спростить роботу з ними. Технічно така система повинна гарантувати безпеку, непідробність і незмінність збережених

даних; має бути забезпечено захищений доступ із можливістю опціонального розширення прав доступу до документів від власників самих документів. Система повинна забезпечувати легку міграцію наявних даних про видані освітні документи, виключаючи будь-які реальні фізичні дії з попередньої підготовки даних.

Для забезпечення усіх вищенаведених вимог в сучасних умовах розвитку цифровізації суспільства найоптимальнішим буде використання технології блокчейн.

Метою статті є з'ясувати основні характеристики технології блокчейн та ефективність її застосування для забезпечення автоматизації управління освітніми документами.

На сьогодні блокчейн є актуальною технологією, адже застосовується в багатьох сучасних сферах – таких, як:

1) реєстрація даних, наприклад, реєстрація власності чи запис актів громадянського стану;

2) зберігання даних, зокрема в P2P-мережах, наприклад, РейоБйаге;

3) фінансові угоди, наприклад, укладання договору купівлі-продажу будинку.

Наукова новизна технології блокчейн полягає у відносно недавньому відкритті і розвитку цієї технології, а також застосуванні її в різних сферах життя.

Практична значущість технології блокчейн полягає в тому, що її можна впроваджувати у вже існуючі системи, робити їх удосконалення, а також використовувати як платформу, яка може підтримувати різні види і типи пристроїв та інших технологій.

І. Ніколіна та І. Гулівата зауважують, що розвинені країни, завершивши індустріалізацію, успішно цифровізують економіку та управління державою, прискореними темпами розвиваючи цифрові технології, де домінують технології «відкритих даних» (Open Data), «цифрових платформ» (Digital Platform), «блокчейну» (Blockchain), «цифрового робочого місця» (Digital Workplace), «багатоканального інформування та залучення громадян» (Multichannel citizenengagement), «інтернет послуг» (IoS), «Кіберфізичні системи» (Cyber-Physical System), «Смарт-факторія» (Smart Factory), «Спільні сервіси 2.0» (Shared services 2.0), штучного інтелекту (AI) [3, с. 190].

Логіка взаємопроникнення ідей, диверсифікації зв'язків та поглиблення відносин за допомогою цифровізації, на думку С. Джангірала, дозволяє представити поняття розумного середовища потужним імпульсом для оптимізації усіх управлінських процесів, спрямованих на забезпечення його прискореного розвитку [5]. Технологія блокчейн здатна підтримати швидкий перехід до концепції використання цифрового середовища, що забезпечуватиметься високим рівнем розвитку взаємозв'язків між різними зацікавленими сторонами та дійовими особами, тоді ступінь «розумності» залежатиме від різних факторів [4].

Х. Трейблмайер та інші науковці стверджують, що зміст цифровізації полягає зокрема і в ідентифікації потреб громадянина та пошуку шляхів їх задоволення [6]. Відповідно державним закладам слід шукати інноваційні способи побудови нової технологічної архітектури, здатної врахувати економічні, соціальні та екологічні потреби.

Заступник міністра цифрової трансформації України з питань розвитку ІТ-галузі О. Борняков зазначав: «Питання впровадження технології блокчейн, її застосування у державному управлінні, а також розроблення політики регулювання ринку криптоактивів наразі є надзвичайно актуальним для Міністерства цифрової трансформації України» [1].

Блокчейн – це особливий вид бази даних, в яку можна тільки вносити інформацію (а не видаляти або змінювати). Відповідно до своєї назви структура блокчейна нагадує ланцюжок із блоків, які ми можемо назвати певними порціями інформації, що додаються до бази даних. Кожен блок містить покажчик на попередній блок і деяку комбінацію інформації про транзакції, тимчасові мітки й інші метадані для підтвердження його достовірності. Оскільки вони взаємопов'язані, записи не можуть бути відредаговані, видалені або змінені будь-яким чином, оскільки це зробить недійсними усі попередні блоки.

Як працює блокчейн? На етапі знайомства з цією технологією блокчейн може здатися нам не дуже підходящим для використання, також може бути цікаво, які саме переваги пропонує така система порівняно з традиційною. Коли блокчейни розростаються, мережа дозволяє користувачам координувати свої дії навколо загального джерела істини, за відсутності необхідної довіри один до одного. У розподіленій мережі немає жодної сторони, яка здатна зламати добре побудований блокчейн.

Щоб самостійно перевірити стан блокчейн-мережі, користувач має завантажити спеціальне програмне забезпечення. Після інсталяції та запуску на комп'ютері користувача ця програма взаємодіє з екземплярами мережі на інших комп'ютерах з метою завантаження / скачування інформації (такої, як транзакції чи блоки). Новий користувач завантажує блок, щоб переконатися, що він був створений в рамках правил системи, і передає цю інформацію іншим пірам.

Як бачимо, блокчейн – це збудований за певними правилами безперервний послідовний ланцюжок блоків, що містять інформацію. Найчастіше копії ланцюгів блоків зберігаються на безлічі різних комп'ютерів незалежно один від одного. Таким чином, у нас виходить екосистема, яка може складатися з сотень, тисяч або десятків тисяч об'єктів, які запускаються і синхронізуються з однією і тією ж копією бази даних (вузли або ноди). Це робить мережу найбільш повномірною та цілодобово доступною.

Технологія блокчейну передбачає широкий спектр варіантів використання.

– Ланцюжки постачання: ефективні ланцюжки постачання лежать в основі багатьох успішних підприємств, їх основне завдання полягає в обробці та доставці товарів від постачальника до споживача. Проте координація діяльності кількох зацікавлених сторін у цій галузі за традиційною схемою виявилася дуже трудомісткою. Завдяки використанню технології блокчейн інтегрована екосистема, яка обертається навколо постійної бази даних, може призвести до появи нових рівнів прозорості для багатьох галузей.

– Геймінг: геймери знаходяться під владою компаній, які контролюють ігрові сервери. Щодо кінцевого користувача цієї індустрії відсутнє реальне право власності, а внутрішньоігрові активи існують виключно в межах припущень. Вибираючи підхід заснований на блокчейні, користувачам надається можливість фактично володіти своїми активами (у формі взаємозамінних/не взаємозамінних токенів, NFT), а також передавати їх між іграми чи ринками.

– Охорона здоров'я: прозорість та безпека технології блокчейн роблять її ідеальною платформою для зберігання медичних карток. Медичні мережі (що складаються з лікарень, клінік та інших постачальників медичних послуг) неймовірно фрагментовані, а залежність від централізованих серверів робить конфіденційну інформацію пацієнтів дуже вразливою і легкодоступною для злоумисників. Завдяки криптографічному захисту медичних записів на блокчейні пацієнти зберігають свою конфіденційність, водночас маючи можливість легко обмінюватися інформацією з будь-якою установою, яка підключається до глобальної бази даних.

– Римеса (міжнародні грошові перекази): відправлення грошей на міжнародному рівні є проблемою традиційних банківських систем. Тарифи і терміни проведення операцій роблять їх дуже дорогими та ненадійними для термінового переказу коштів через складну мережу посередників. Криптовалюти та блокчейни усувають екосистему посередників, і на сьогодні ціла низка проєктів використовує цю технологію для забезпечення дешевої та швидкої передачі грошей.

– Інтернет речей: дехто вважає, що зростаючий список підключених до інтернету фізичних пристроїв може бути значно розширений технологією блокчейн як у домашніх, так і в промислових умовах. Передбачається, що для поширення такого виду пристроїв потрібна нова економічна модель платежів, під назвою «machine-to-machine» (скор. M2M), яка потребує системи з високою пропускну здатністю для здійснення мікроплатежів. Інтернет речей – це концепція обчислювальної мережі фізичних предметів, оснащених вбудованими технологіями для взаємодії один з одним або із зовнішнім середовищем, що розглядає організацію таких мереж як явище, здатне перебудувати економічні та суспільні процеси, що виключає з частини дій та операцій необхідність участі людини [3]. Незважаючи на те, що нині індустрія інтернету речей переважно покладається на централізовані сервіси, їх навряд чи можна назвати адекватним довгостроковим рішенням для підтримки масового проєктування пристроїв у майбутньому. Перенесення даних та внутрішніх сервісів із централізованих серверів може стати тим ключем, який допоможе інтернету речей повністю розкрити свій потенціал, і, на нашу думку, це дозволить зробити саме технологія блокчейн.

– Державне управління: враховуючи, що розподілені мережі реалізують свою власну форму регулювання, не дивно, що вони можуть знайти собі застосування у процесах дезінтермедіації на місцевому, національному або міжнародному рівнях. Державне управління на блокчейні забезпечує залучення всіх учасників у процесі прийняття рішень і надає прозорий огляд політичної діяльності.

– Благодійність: благодійним організаціям часто заважають обмеження на отримання коштів. «Крипто-філантропія» пов'язана з використанням технології блокчейн для обходу цього недоліку. За допомогою властивостей цієї технології для благодійних організацій відкриваються великі можливості стрімкого розвитку цієї сфери завдяки прозорості всіх операцій, участі благодійників за відсутності територіальних обмежень і скорочення операційних витрат.

– Цифрова ідентифікація: сучасний світ потребує рішень для ідентифікації особистості в епоху цифрових технологій. Фізичні особи піддаються підробці, тоді як традиційні заходи захисту недоступні для багатьох рядових користувачів. За допомогою технології блокчейн так звану особистісну суверенну ідентифікацію (від англ. self-sovereign identity) можна закріпити в реєстрі блокчейн-мережі та прив'язати до її власника, який може вибірково розкривати інформацію про себе третім сторонам, при цьому зберігаючи свою конфіденційність.

Технологія блокчейн залишається одним із найбільш гарячих трендів серед фінансових, державних і комерційних організацій у всьому світі. Журнал ForkLog пропонує огляд найцікавіших останніх ініціатив. Сінгапурський постачальник медичних послуг Zuelling Pharma впроваджує систему на блокчейні eZTracker для миттєвої автентифікації сертифікатів вакцинації від COVID-19. Крім справжності, медичні співробітники і власники сертифікатів можуть також перевірити історію та пункти вакцинації. У компанії впевнені, що це допоможе запобігти нещасним випадкам, пов'язаним з використанням прострочених, контрафактних ліків і ліків, які неправильно зберігаються.

Філіппінський банк ADB запускає систему для операцій із цінними паперами на блокчейні. Він оголосив про роботу над проектом для проведення міжнародних операцій із цінними паперами на блокчейні у співпраці з провідними компаніями сектору. В ADB мають намір об'єднати центральні банки та депозитарії цінних паперів з Асоціації держав Південно-Східної Азії для прямої взаємодії, скорочення витрат проведення транзакцій та усунення ризиків неправильних розрахунків. Ця ініціатива також має на меті прискорити транскордонні операції з цінними паперами в регіоні, які обробляються через міжнародну мережу кастодіанів, проходять через США чи Європу та займають до кількох днів.

Острівна держава в Тихому океані Палау анонсувала запуск програми цифрового резидентства Root Name System (RNS) на базі блокчейну. Ініціатива розробляється у співпраці з компанією Crypted Labs. Система дозволить отримати посвідчення особи на блокчейні та статус резидента Палау, поштову адресу, послуги доставки та перевірку цифрового підпису. Кожен учасник RNS зможе вибрати особисті дані, якими він готовий поділитись з іншими. Після схвалення заявки, цифровий резидент Палау також отримає цифрову версію посвідчення особи у вигляді NFT.

Сьогодні публічні блокчейни загальнодоступні. Це означає, що вам не потрібно проходити процедуру автентифікації, перш ніж стати учасником певної екосистеми. Щоби почати користуватися біткоїном чи іншими криптовалютами, користувачеві потрібно лише завантажити програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом, щоб приєднатися до мережі.

Враховуючи доступність реєстрів, заборонити брати участь з боку третіх осіб неймовірно складно і практично неможливо припинити роботу всієї мережі. Така доступність робить цю систему привабливим інструментом для багатьох користувачів. Тоді, як найпопулярніші програми пов'язані з фінансовими операціями, є безліч інших секторів, де їх застосування може бути вкрай продуктивним та корисним у майбутньому.

Головна особливість технології блокчейн – достовірність. Ця особливість зумовлена тим, що всі дані зберігаються на комп'ютерах користувачів системи розподіленого реєстру в мережі. У кожному з комп'ютерів учасників системи зберігається частина інформації у вигляді блоків інформації або копій цих блоків. Такий принцип робить систему практично невразливою, оскільки інформаційні блоки захищаються криптографічним способом. Крім цього, технологія блокчейн дозволяє зберігати дані з однозначною та гарантованою ідентифікацією автора завдяки механізму гаманців. Само по собі це має слабкий потенціал, адже формально таким чином можна лише переконатися, що будь-яка інформація була закріплена саме за конкретним учасником блокчейну. Але завдяки смарт-контрактам – комп'ютерним алгоритмам, що виконуються в блокчейні, можна реалізувати будь-яку логіку для доступу, додавання або зміни інформації в блокчейні за допомогою написання коду мовою програмування, що підтримується

блокчейн-платформою. Логіка поведінки, яка вільно задається, дозволяє керувати політикою здійснення транзакцій у системі і рівнем доступу до даних.

Все це дозволяє вирішувати поставлені до системи автоматизації управління освітніми документами завдання, тому для її розробки було вирішено використати саме цю технологію. Існує велика кількість open-source розробок, за допомогою яких можна впроваджувати блокчейн у свої рішення. Глобально їх можна розділити на два типи: з обмеженим доступом до блокчейну (приватні) та з необмеженим (публічні). Публічні блокчейн-платформи можуть застосовуватися у відкритих системах із загальнодоступною інформацією. Наприклад, система купівлі квитків у кіно може бути успішно реалізована на публічній блокчейн-платформі. Завдяки публічності такі платформи є дуже надійними з точки зору безпеки, оскільки стати учасником блокчейну і читати інформацію в його блоках може кожен, але саме це ж робить їх непридатними для систем, які зберігають у собі приватні дані. Тому наявні вимоги щодо забезпечення обмеженого доступу до освітніх документів мають на увазі використання лише приватних блокчейн-платформ. За структурою вони схожі на публічні, але в них існує процес реєстрації учасників мережі. Так, наприклад, можна додавати в систему лише реально існуючі навчальні заклади.

Серед безлічі приватних блокчейн-платформ вибір варто зробити на користь платформи, що повністю забезпечує всі необхідні функції для реалізації системи зберігання та верифікації документів – Hyperledger Fabric. Вона спочатку була задумана під потреби створення захищених децентралізованих корпоративних систем. Крім цього, вказана платформа надає можливість задавати транзакції ну політику відповідно до потреб проєкту, має гнучку конфігурацію і набір високорівневих API для інтеграції зі сторонніми програмами на трьох популярних мовах програмування: Java, Go і JavaScript. Ця платформа була запущена Linux Foundation у грудні 2015 року і отримала внесок у розробку від IBM, Intel та SAP Arriba. Все це стало підставою для вибору саме цієї блокчейн-платформи для ведення розробки.

Усі освітні установи в системі об'єднані в єдиний логічний канал, завдяки чому кожен з них має доступ до загальної мережі та смарт-контракту, що працює в цій мережі. При видачі диплома або іншого документа з боку учасника мережі здійснюється виклик відповідного одного з методів смарт-контракту, що призводить до створення транзакції на додавання даних до блокчейну. Ця транзакція перевіряється всіма іншими учасниками мережі і в разі, якщо більшість учасників схвалить її, підтвердивши, що вона містить лише коректну інформацію, запис про видачу документа потрапляє в блокчейн цієї мережі.

Можна реалізувати розгортання тестової приватної мережі і налаштувати політику додавання даних, а отже, неважко перенести це в реальний світ на справжні вузли мережі. Крім цього, можна написати і протестувати прототип майбутнього смарт-контракту. Дані результати є основними і найбільш трудомісткими в рамках вивчення, розуміння і розгортання блокчейн системи. У майбутньому залишається просто завершити смарт-контракт, налагодити спілкування блокчейна і сервера та реалізувати інтерфейс користувача.

Отже, ця система відразу після розробки може бути впроваджена в будь-які освітні заклади, що бажають забезпечити себе і своїх випускників, а також запобігти підробці своїх освітніх документів. Зі зростанням кількості учасників мережа буде ставати тільки безпечнішою і надійнішою, завдяки особливостям роботи блокчейна, що тільки посилить надані гарантії. Впровадження блокчейн-технології у сфері публічного управління України, зокрема у сфері освіти, дасть змогу забезпечити високий рівень довіри суспільства до державних структур, прозорість цифрової взаємодії між державними органами, громадянами та бізнес-структурами, економії бюджетних ресурсів шляхом прозорих державних закупівель та зниження рівня корупції.

Подальший вектор розвитку може бути спрямований на комерціалізацію системи шляхом надання різних інформаційних послуг особам, зацікавленим в аналізі наявних у системі даних. Наприклад, роботодавці зможуть, встановлюючи різні критерії пошуку кадрів за їх кваліфікацією та компетенціями, отримувати контактні дані людей, які надають згоду на їх перегляд.

ЛІТЕРАТУРА

1. Влада й бізнес співпрацюватимуть у впровадженні технології блокчейн та регулюванні ринку віртуальних активів. URL: <https://thedigital.gov.ua/news/vlada-i-biznes-pratsyuvatyut-u-vprovashzhenni-blockchain>
2. Індустрія 4.0 в Україні. URL: <https://industry4-0-ukraine.com.ua>
3. Ніколіна І. І., Гулівата І. О. Моделювання кіберзлочинності як загрози цифровізації економіки. Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. 2020. № 39. С. 190–196.
4. Ismagilova E., Hughes L., Dwivedi Y. K., Raman K. R. Smart cities: Advances in research – An information systems perspective. *Int. J. Inf. Manag.* 2019. № 47. P. 88–100.
5. Jangirala S., Chakravaram V. Authenticated and Privacy Ensured Smart Governance Framework for Smart City Administration. ICCCE: Springer Singapore, 2020. P. 931–942.
6. Treiblmaier H., Rejeb A., Strebing A. Blockchain as a Driver for Smart City Development: Application Fields and a Comprehensive Research Agenda. *Smart Cities*. 2020. № 3. P. 853–872.
7. YASHCHYK Oleksandr. The Impact of the Informatization of Society on the Labor Market / Valentyna SHEVCHENKO, Viktoriia KIPTENKO, Oleksandra RAZUMOVA, Iryna KHILCHEVSKA, Maryna YERMOLAIEVA // *Postmodern Openings* ISSN: 2068-0236 | e-ISSN: 2069-9387 – 2021, Volume 12, Issue 3Sup1, Pages: 155–167. DOI: <https://doi.org/10.18662/po/12.3Sup1/357>

REFERENCES

1. Vlada y biznes spivpratsyuvatyut u vprovadzhenni tekhnolohii blokchein ta rehuliuvani rynku virtualnykh aktyviv [Government and business promote the development of blockchain technology and regulation of the virtual assets market]. URL: <https://thedigital.gov.ua/news/vlada-i-biznes-pratsyuvatyut-u-vprovashzhenni-blockchain>
2. Industriia 4.0 v Ukraini [Industry 4.0 in Ukraine]. URL: <https://industry4-0-ukraine.com.ua>
3. Nikolina I. I., Hulivata I. O. Modeliuvannia kiberzlochynnosti yak zahrozy tsyfrovizatsii ekonomiky [Modeling cyber-malware as a threat to the digitalization of the economy]. *Kompiuterno-intehrovani tekhnolohii: osvita, nauka, vyrobnytstvo*. 2020. № 39. S. 190–196.
4. Ismagilova E., Hughes L., Dwivedi Y. K., Raman K. R. Smart cities: Advances in research – An information systems perspective. *Int. J. Inf. Manag.* 2019. № 47. P. 88–100.
5. Jangirala S., Chakravaram V. Authenticated and Privacy Ensured Smart Governance Framework for Smart City Administration. ICCCE: Springer Singapore, 2020. P. 931–942.
6. Treiblmaier H., Rejeb A., Strebing A. Blockchain as a Driver for Smart City Development: Application Fields and a Comprehensive Research Agenda. *Smart Cities*. 2020. № 3. P. 853–872.
7. YASHCHYK Oleksandr. The Impact of the Informatization of Society on the Labor Market / Valentyna SHEVCHENKO, Viktoriia KIPTENKO, Oleksandra RAZUMOVA, Iryna KHILCHEVSKA, Maryna YERMOLAIEVA // *Postmodern Openings* ISSN: 2068-0236 | e-ISSN: 2069-9387 – 2021, Volume 12, Issue 3Sup1, Pages: 155-167. DOI: <https://doi.org/10.18662/po/12.3Sup1/357>

УДК: 373.2.091.33 – 027.22:796] :355.4((470+571):477) , , 2014/.??"

DOI 10.25128/2415-3605.22.2.15

ПИСАРЧУК ОКСАНА

<https://orcid.org/0000-0003-0110-9174>

oksanap88@tnpu.edu.ua

кандидат педагогічних наук, доцент

Тернопільський національний педагогічний університет

імені Володимира Гнатюка

вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль

РУДЕНСЬКИЙ РОСТИСЛАВ

<https://orcid.org/0000-0001-5890-6276>

rost.rudenskiy@tnpu.edu.ua

асистент

Тернопільський національний педагогічний університет

імені Володимира Гнатюка

вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль