

DOI: <https://doi.org/10.32070/ec.v3i47.86>**Тетяна Гірченко**

кандидат економічних наук, професор,
професор кафедри фінансів, банківської справи та страхування,
Інститут банківських технологій та бізнесу,
ДВНЗ «Університет банківської справи»
Україна, м. Київ
td@ubs.edu.ua
ORCID ID: 0000-0003-0595-5482

Іван Семенюк

аспірант,
Інститут банківських технологій та бізнесу
ДВНЗ «Університет банківської справи»
Україна, м. Київ
info.4cfg@ukr.net
ORCID ID: 0000-0001-7991-0186

Людмила Гірченко

студентка,
факультет кібернетики,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Україна, м. Київ
girchenkoliu@gmail.com
ORCID ID: 0000-0002-5433-2399

ТЕХНОЛОГІЯ БЛОКЧЕЙНУ: ОСОБЛИВОСТІ, ПЕРСПЕКТИВИ

Анотація. У статті досліджено особливості роботи технології блокчейн та побудови її структурних елементів, за основу яких взято принцип структуризації та роботи з базами даних, що був розроблений Сатоші Накомото у 2008 році. Особливістю його моделі є надійність здійснення транзакцій та створення децентралізованого реєстру обліку даних та ключових блоків інформації. У статті досліджуються також основні типи функціонування системи блокчейн, починаючи з Blockchain 1.0 до концепції Blockchain 4.0. Враховуючи високий рівень зацікавленості світу до побудови надійного інформаційного обліку, блокчейн став вагомим інструментом забезпечення надійності як для фінансового світу, так і для більш широких напрямів застосування, що розглядаються у роботі.

Охарактеризовано етапи розвитку та проаналізовано процес становлення технології блокчейн на світовому ринку. В роботі наведені приклади основних криптовалют у світі, які на даний час вважаються найбільш стабільними та актуальними для інвестування чи здійснення розрахунків. З проведеного дослідження прослідковується тенденція до прискорення появи різноманітних видів криптовалют, що розробляються найбільшими цифровими гігантами у

світі, для прикладу такі як Libra 2019-го року від Facebook, Gram від найбільш популярного месенджера Telegram, та безліч інших. Широкий асортимент криптовалют на ринку стимулює користувачів все більше звертатися до використання системи блокчейну та збільшення обігу криптовалюти, адже станом на 2019 рік вартість ринку становить близько 420,5 млрд. дол., який з кожним роком лише зростає.

Розглянуто основні принципи захисту інформації та забезпечення надійності її обліку. Значну увагу у статті приділяється особливостям побудови та функціонування самої системи блокчейн. Саме модель функціонування є найбільш важливішою для вдосконалення роботи системи блокчейн та заохочення користувачів до використання сучасних технологій. Значну увагу приділяється системі обліку інформаційних блоків, доступу до неї, використання хешів та забезпечення надійності зв'язку ланцюгів блоків між собою. Важливим напрямом у роботі є аналіз систем обліку PoW та PoS, а також комбінування їх в єдину, що забезпечує більш ефективний захист інформації.

Окреслено перспективи подальшого розвитку технології Blockchain на корпоративному та державному рівнях. У роботі визначено основні перспективи використання технології блокчейн на корпоративному рівні, саме за умови використання ефективних фінансових інструментів та забезпечення прозорості фінансових транзакцій, збільшення кількості інноваційних технологій та методів розрахунку на основі даної технології. На державному рівні серед перспективних напрямів впровадження технології блокчейн приділяється увага соцзабезпеченню, обліку та реєстрації податкової інформації, впровадженню системи у військово-промисловий комплекс, архів експлуатації транспортних засобів, видачі сертифікатів, системі голосування та іншим напрямам.

Ключові слова: цифрова економіка, банк, криптовалюта, блокчейн, цифрові технології, біткоїн, криптографія, інформація

Формул: 0, рис.: 1, табл.: 2, бібл.: 34

JEL Classification: D83, G21, L86, O31

Tetiana Girchenko

Professor, PhD (Economics),

Professor at the Department of Finance, Banking and Insurance,

Institute of Banking Technologies and Business,

Banking University (Kyiv)

Ukraine, Kyiv

td@ubs.edu.ua

ORCID ID: 0000-0003-0595-5482

Ivan Semeniuk

PhD Student,

Institute of Banking Technologies and Business,

Banking University (Kyiv)

Ukraine, Kyiv

info.4cfg@ukr.net

ORCID ID: 0000-0001-7991-0186

Liudmyla Girchenko

Masters Student,
Cybernetics Faculty,
Taras Shevchenko National University of Kyiv
Ukraine, Kyiv
girchenkoliu@gmail.com
ORCID ID: 0000-0002-5433-2399

BLOCKCHAIN TECHNOLOGY: FEATURES, PROSPECTS

Abstract. The article examines the features of blockchain technology and the construction of its structural elements. It is based on the principle of structuring and working with databases, which was developed by Satoshi Nakamoto in 2008. A feature of his model is the reliability of transactions and the creation of a decentralized register of data accounting and key blocks of information. The article also examines the main types of operation of the blockchain system, from Blockchain 1.0 to the concept of Blockchain 4.0. Given the high level of interest of the world in building reliable information accounting, the blockchain has become an important tool for ensuring reliability both for the financial world and for the wider areas of application considered in the work.

The stages of development are characterized and the formation process of blockchain technology on the world market is analysed. The paper presents examples of major cryptocurrencies in the world, which are currently considered the most stable and relevant for investment or settlement. The study shows a tendency to accelerate the emergence of various types of cryptocurrencies developed by the world's largest digital giants, such as Libra 2019 from Facebook, Gram from the most popular messenger Telegram, and many others. The wide range of cryptocurrencies on the market encourages users to increasingly use the blockchain system and increase the turnover of cryptocurrency, because as of 2019 the market value is about 420.5 billion dollars, which is growing every year.

The basic principles of information protection and ensuring the reliability of its accounting are considered. Considerable attention in the article is paid to the peculiarities of the construction and operation of the blockchain system itself. The operating model is the most important for improving the operation of the blockchain system and encouraging users to use modern technologies. Much attention is paid to the system of accounting for information blocks, access to it, the use of hashes and ensuring the reliability of the connection of chains of blocks with each other. An important area of work is the analysis of accounting systems PoW and PoS, as well as combining them into a single, which provides more effective protection of information.

Prospects for further development of Blockchain technology at the corporate and state levels are outlined. The paper identifies the main prospects for the use of blockchain technology at the corporate level, provided the use of effective financial instruments and ensuring the transparency of financial transactions, increasing the number of innovative technologies and calculation methods based on this technology. At the state level, among the promising areas of blockchain technology, attention is

paid to social security, accounting and registration of tax information, introduction of the system in the military-industrial complex, archive of vehicle operation, issuance of certificates, voting system and other areas.

Keywords: digital economy, bank, cryptocurrency, blockchain, digital technologies, bitcoin, cryptography, information

Formulas: 0, fig.: 2, tabl.: 2, bibl.: 34

JEL Classification: D83, G21, L86, O31

Вступ. На сьогоднішній день існує значна кількість інформаційних технологій, які надають змогу покращити ведення господарських процесів людини, проте зі швидкими темпами цифровізації суспільства та продуктів його діяльності відбувається постійне оновлення існуючих технологій та створення нових [Drozd, Miskiewicz, Pokrzywniak, Elzanowski 2019; Dzwigoł 2020; Miskiewicz 2017; Miśkiewicz, Wolniak 2020]. Однією з них є технологія Blockchain, яка станом на початок 2020-го року стала найпопулярнішою у світі серед розвинених країн, адже саме особливості її побудови та функціонування надають змогу впроваджувати її в різні сфери діяльності людини та сприяти підвищенню ефективності та забезпечувати безпеку обігу інформації та фінансових операцій. В Україні блокчейн тільки розвивається, але має усі перспективи для широкого вжитку як у корпоративному секторі, так і на державному рівні. Саме тому постає питання дослідження особливостей побудови технології блокчейну, окреслення етапів її роботи та перспектив розвитку.

Аналіз досліджень та постановка завдання. Тематиці сутності роботи блокчейну та особливостей його розвитку приділяється значна увага вітчизняними та зарубіжними вченими. Деякі аспекти даної теми були досліджені з різних точок зору науковців та економістів, серед яких вагомий внесок зробили О. Кудирко, Б. Бернанка, Н. Поливка, М. Куцевола, А. Квітка, О.Мельниченко, І. Лубенець, Ш. Тарас, М. Швайката, В. Сацик та ін. У наукових дослідженнях присвячено значну увагу окресленню переваг роботи блокчейну, особливостям його побудови та охарактеризовано перспективи розвитку у різних сферах соціально-економічної діяльності людини: у сфері фінансових послуг [Ali, Ally, Clutterbuck, Dwivedi, 2020; Chang, Baudier, Zhang, Xu, Zhang, Arami, 2020; Konashevych, Khovayko 2020], в туристичній галузі [Rashideh, 2020], в будівельній [Das, Luo, Cheng, 2020; Yang et al., 2020], в аудиті господарської діяльності [Alles, Gray, 2020; Melnychenko, Hartinger 2017; Yuan et al. 2020] та в багатьох інших сферах, таких як сільське господарство [Chen, Li, Li 2020; Li, X., Wang, Li, 2020], медицина [Farouk, Alahmadi, Ghose, Mashatan, 2020; Islam, Shin, 2020; Shi et al., 2020; Usman, Qamar, 2020], енергетика [Dzwigoł, Dzwigoł-Barosz, Zhyvko, Miskiewicz, Pushak 2019; Miśkiewicz 2018] тощо. За умови постійного розвитку технології блокчейну та поширення його впливу на різні сектори постає проблема у необхідності постійного дослідження та моніторингу етапів розвитку даної технології, що спонукає до проведення оглядів розвитку технології та характеристики подальших перспектив її розвитку.

Так, за останні роки, особливо починаючи з 2016 року, кількість досліджень у сфері криптовалют і блокчейну зростають експоненціально [Klarin, 2020], що свідчить про постійний розвиток технологій й необхідність постійного вдосконалення наукових та практичних підходів до них, а також про постійну актуальність даної проблематики.

Метою статті є окреслення становлення технології та перспектив подальшого розвитку технології блокчейну на основі дослідження сутності її побудови, роботи її ключових елементів, особливостей їх структуризації та взаємодії.

Результати дослідження. На сучасному етапі розвитку інформаційних технологій постійно вдосконалюються сфери діяльності людини, у тому числі й її економічна діяльність. З появою обчислювального технічного забезпечення ведення такої діяльності стає простішим та як наслідок створює нові потреби на ринку.

Однією з ключових потреб економічно активної людини чи корпоративного об'єкта є забезпечення безпеки у розрахункових операціях та створення конфіденційної бази даних розрахункових ресурсів. Головною проблемою такої бази даних стала можлива операційна зміна даних чи доступу до неї обслуговуючих суб'єктів транзакцій. Впродовж 2000-х років головні комерційні бази даних постійно вдосконалювались та впроваджувались на нові обчислювальні платформи, а з найбільш популярних у використанні були Informix, DB2, Oracle, SQL Server. Значною популярності здобули і ті, що використовувались з відкритим кодом, а саме: MySQL, Firebird, PostgreSQL. Більшість з них широко застосовується у всьому світові та має потужний ринок клієнтів [Гриценко, 2016].

Система блокчейну є інноваційною технологією. Технологія – комплекс засобів, методів, операцій, ресурсів. Для фінансової сфери технологія на рівні операційної діяльності та надання послуг відображається через організацію й опис окремих бізнес-процесів, як сукупності процедур або функцій, кожна з яких має чітко визначений алгоритм дій, що складається із послідовності операцій, а також відповідні нормативні та методичні матеріали для забезпечення стандартизації щодо проведення операції, формування продукту, надання послуги [Гірченко, Зайонц, 2017].

Револьюційною подією обліку блоків даних стала поява нового системного методу їх реєстрації, розробленого у 2008 році Сатоші Накамото [Nakamoto, 2008]. Саме на основі його підходу була покладена платформа функціонування системи блокчейн, практична реалізація якої відбулася у розрахунках криптовалютою Bitcoin 2009-го року. Першою перевагою Bitcoin як цифрової валюти стало подолання проблем подвійних витрат без використання довірених вузлів чи єдиного централізованого серверу, а такий підхід сприяв поширенню й на інші фінансові системи.

Ринок криптовалюти став тільки першим прикладом ефективності та надійності використання технології блокчейну, що сприяв поширенню й в інші сфери людської діяльності [Ghosh, Shashank, Amit, Neeraj, 2020]. Загалом, починаючи з 2009 року та в подальші роки, криптовалюти почали досить активно з'являтися та використовуватись у простих фінансових операціях, проте з часом їх застосування та реальна цінність стала набагато більшою, адже на початку 2013-2014 років вони вже мали вплив на макроекономічне середовище певного сектору ринку.

На сьогоднішній день існує більше ніж 2,5 тис. видів криптовалюти, 95% яких функціонують на засадах технології блокчейну [Григоревська, Салазкін, 2016]. Незважаючи на таке швидке зростання криптовалюти, основних видів залишалось небагато, детальніше їх охарактеризовано у таблиці 1.

Таблиця 1 - Основні види криптовалюти у світі

Назва криптовалюти	Код	Рік появи	Автор	Активність	Сайт	Хеш
Bitcoin	BTC, XBT	2009	Satoshi Nakamoto	Так	bitcoin.org	SHA-256
Litecoin	LTC	2011	Coblee	Так	litecoin.org	Scrypt
Namecoin	NMC	2011	Vinced	Так	dot-bit.org	SHA-256
Ripple	XRP	2011	Ripple Labs Inc.	Так	ripple.com	N/A
Peercoin	PPC	2012	Sunny King	Так	ppcoin.org	SHA-256
NXT	NXT	2013	BCNext	Так	nxt.org	SHA-256
Quark	QRK	2013	Max Guevara	Так	qrk.cc	(blake, Bmw, Grostl, JH, Keccak, Skein)

Джерело: [Гончаренко, Богаченко, 2015]

Дані таблиці 1 свідчать про стрімкий розвиток стабільних криптовалют на фінансовому ринку, адже кожного року з'являється біля двох стійких видів, що функціонують на основі технології блокчейн. Важливо зазначити, що ринок криптовалют на даний час вже не є основним фактором впровадження даної технології, адже більшість соціально-економічних секторів та проєктів переходять поступово на дану систему обліку блоків даних. Ринок криптовалют є лише першоджерелом розвитку системи блокчейн та становить досить значну роль в його формуванні та розвитку. Ринок криптовалют є відкритою, складною, стохастичною, динамічною та керованою системою, яка знаходиться у фазі активного формування. У цієї системи є суб'єкт і об'єкт керування. Розвиток системи на умовах децентралізації здійснюється сукупністю елементів, що утворюють суб'єкт керування у вигляді саморегульованої організації (СРО). Сукупність елементів, що забезпечують випуск та обіг криптовалют й користування ними, утворює об'єкт керування - власне ринок криптовалют (РКВ) [Сословський, Косовський, 2016].

За своєю сутністю «Blockchain» досить проста технологія, що розподіляється на два ключові елементи, які впливають з її назви, адже з англійської «block» - це блок, а «chain» - це ланцюг, таким чином сутність терміну полягає у поєднанні двох елементів - ланцюг блоків. Головними компонентами блоків є інформація, тобто будь-яка інформаційна складова може слугувати концепцією технології, що буде пов'язана між собою відповідними зв'язуючими елементами, тобто ланцюгом побудованого на засадах інструментів криптографії. На даний час технологію «Blockchain» трактують досить різноманітно, адже єдиного визначення немає, проте існує формальне - децентралізована база даних, в якій інформаційні блоки структуруються на основі інструментів криптографії [Лук'янов, 2014]. Таким чином, децентралізована база

даних надає змогу зберігати інформацію на незалежних серверах та створювати самостійну ієрархію побудови, незалежну від впливу єдиних власників чи інших факторів її підтримки. В свій час криптографія формує оброблення інформації за допомогою інструментів шифрування чи кодування, в результаті чого доступ до неї є можливим лише за наявності ключа криптограми.

Для прикладу роботи технології блокчейну на основі децентралізованої бази даних варто взяти традиційну централізовану базу даних банківської установи. При здійсненні фінансових операцій клієнта банку, на його рахунку відбувається списання коштів та занесення до бази даних, якою безпосередньо володіє банківська установа. В той же час, банківська установа за допомогою автоматизованих систем налагоджує процес відображення стану рахунку, його зміни та формує стан рахунку клієнта, що робить банківську устанovu єдиним інформаційним власником даних клієнта та його операцій, що фіксується у відповідній базі даних, яка належить тому ж власнику [Кудирко, 2017]. При використанні децентралізованої бази даних технології блокчейну, всі записи реєстру та інформація зберігаються на декількох серверах, що при можливій фіктивній зміні даних певних компонентів одного серверу не буде впливати на відображення справжньої інформації на інших, що є у більшості.

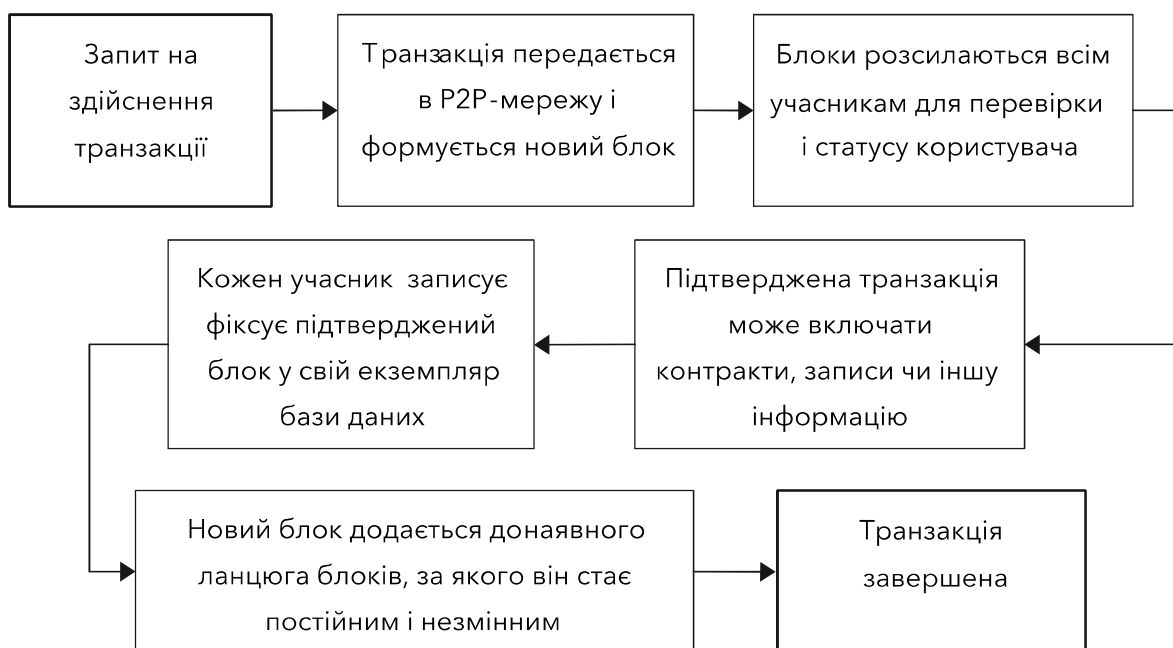
У такому випадку існує проблема у якісному збереженні інформації, адже кожен блок може вести їх запис самостійно. Для збереження достовірності реєстру транзакцій вона трансформується у вигляд символного рядка. Кожен з цих символних рядків є унікальним за побудовою та містить свій власний ключ доступу до нього. В свою ж чергу, будь-який символний рядок містить вбудовані шифровані посилання на попередні рядки шифрованих транзакцій. У цій ситуації виявляється, що вся база даних тісно пов'язана між собою завдяки цим посиланням та при зміні компонентів транзакції чи іншої інформації код стає змінним та робить доступ неможливим. При перевірці шифру учасниками децентралізованої системи досить швидко можна виявити відмінність інформації у різних власників блоків. Серед них постає питання виявлення достовірної копії, що відбувається за допомогою механізму консенсусу. У блокчейні такий механізм надає змогу учасникам мережі додавати свої блоки до загальної мережі. Проте, в такій моделі можна паралізувати роботу системи шляхом створення значної кількості серверів з фіктивною базою даних, кількість яких буде достатньою для досягнення консенсусу, що надасть змогу самостійній перевірці та додаванню змінного блоку до загальної мережі.

Для запобігання таких можливих подій, система блокчейн використовує відповідні системи захисту. Однією з найпопулярніших є система, побудована на методах «доказу роботою», з англійської Proof-of-Work, PoW [Григоревська, Салазкін, 2016]. Даний метод функціонує за допомогою необхідності виконання певної роботи для клієнта, що робить запит, а результат цієї роботи перевіряється сервером, що й обробляв сам запит. Таким чином, кожен окремий блок проводить ряд обчислювальних операцій за заданим алгоритмом підбору чисел, що потребує досить значною обчислювальною потужності. Той сервер, що першим зможе підібрати правильний алгоритм чисел чи числа, отримує доступ до розташування нового блоку в мережу та надсилає його копії іншим. За кожен фактичний правильно підібраний алгоритм власник сервера отримує кошти у цифровій валюті. Швидкість підбору правильного алгоритму залежить від потужності апаратної системи, а оскільки загальна кількість подібних вузлів у системі блокчейну складає десятки тисяч, то встановлення контролю над

нею потребує значних ресурсів на придбання відповідного технічного забезпечення, вартість якого значно перевищує прибуток від зміни інформації в системі. Проте, якщо фіктивному серверу вдасться підібрати правильний алгоритм та зробити це декілька разів поспіль, то копії, що функціонують незалежно від нього, продовжать свою роботу зі своїми даними та зможуть випередити фіктивний блок через декілька гілок та продовжити правильно функціонуючу мережу.

Проблема системи PoW полягає у необхідності використання значною кількістю електроенергії, що постійно зростає та потребує потужної апаратури. Саме тому у 2011 році була запропонована інша модель захисту системи функціонування блокчейну – Proof-of-Stake, PoS [Григоревська, Салазкін, 2016]. Сутність даного методу полягає у формуванні пропорційної залежності між кількістю наявної криптовалюти та кількістю можливих підборів алгоритму.

На практиці виходить, що чим більше цифрової валюти у власника серверу, тим більшу кількість спроб підбору він може здійснити, що підвищує його шанси на отримання доступу до розташування нового блоку в мережі. Дана система має ряд численних недоліків, проте якісно стримує витрати електроенергії обчислювальних машин на вирішення завдання PoW. Тому найбільш ефективним сучасним методом є об'єднання PoW та PoS в одну систему захисту, що буде розподіляти навантаження на два об'єкти захисту. На даний час ще не існує найбільш ефективної моделі захисту, скомбінованої з цих двох методів, проте, ведеться активна розробка інструментів для її реалізації. Загальну схему роботи технології блокчейн зображено на рисунку 1.



Джерело: [Гриценко 2016]

Саме за такою схемою відбувається функціонування блокчейн технології в усіх напрямках економічної діяльності. Досить багато компаній використовують даний напрям лише в напрямку взаємодії з криптовалютою, проте з розвитком ринку відбувається поступове впровадження технології блокчейн й в інші сфери, зокрема

у реєстрації правових відносин, укладення торгівельних договорів, державній виборчій системі та багато інших галузей, де надійність та достовірність інформації відіграє значну роль.

Найпопулярнішими типами компаній, що функціонують за технологію блокчейну є наступні:

1. Майнінгові компанії – використовують технологічне забезпечення для підтримки працездатності ринку криптовалюти чи її окремої структурної одиниці.
2. Криптовалютні компанії, що використовують свої ресурси для взаємодії з цифровими активами, а також створення платформ, що надають доступ до ринку криптовалюти та взаємодії з ними, більшість з них є цифровими біржами.
3. ICO-компанії – компанії проєктів, що використовують інвестиційні ресурси у формі криптовалюти для залучення реальних інвестицій в їхню діяльність. Як правило, ефективність пропозицій таких компаній полягає у використанні додаткової емісії криптовалюти, що перебуває у зоні впливу даної компанії та створює сприятливіші умови інвестору.
4. Компанії, що використовують свої ресурси для побудови бізнес-процесів чи послуг на основі використання технології блокчейн. Окрім того, такі компанії ведуть широку консультативну діяльність у налаштуванні та підтримці діючого бізнес-процесу у сфері створення проєкту на основі блокової технології. Також до даної категорії відносять ще ту частину компаній, що можуть частково оптимізувати базу даних на технології блокчейн чи перенести необхідний процес на дану платформу.

Існують й інші типи компаній, що пропонують свої послуги з використанням технології блокчейн, адже більшість з них створюють якісно нові інструменти ведення бізнес-процесів та інших господарських сфер діяльності людини. Детальніше сфери застосування технології блокчейн зображено у таблиці 2.

Таблиця 2 - Сфери застосування технології блокчейн

Тип додатків	Сфера застосування
Blockchain 1.0	
Інформація про конкретну транзакцію та її цінність у системі	Криптовалюти у різних додатках, що стосуються фінансових транзакцій, наприклад, системи переказів і цифрових платежів
Blockchain 2.0	
Гарантійні зобов'язання	Оформлення гарантійних зобов'язань, тристоронній арбітраж, багатосторонній підпис, угоди з використанням Escrow рахунків
Фінансові транзакції	Цінні папери, акції компаній, краудфандинг, облігації, взаємні фонди, похідні фінансові інструменти, ануїтети, пенсії
Приватні документи	Боргові розписки, договори, парі, підписи, заповіти, доручення

Документи, що вимагають засвідчення	Страхові свідоцтва, свідоцтва про власність, нотаріальне завірення документів
Blockchain 3.0	
Свідоцтва та ліцензії, що завіряються державою	Свідоцтва про право власності на земельні ділянки і нерухомість, свідоцтва про реєстрацію транспортних засобів, ліцензії на право зайняття певними видами діяльності
Посвідчення, що завіряються державою	Посвідчення особи, паспорт, свідоцтва про реєстрацію виборця, водійські посвідчення, тощо
Інформація і документація, що стосується медицини	Дані історії хвороби пацієнтів медичних установ, інформація про результати обстежень, реєстрація прав доступу медичного персоналу до певних даних і конкретних пацієнтів
Інформація і документація у сфері освіти, науки, культури	Дані та інформація про учнів і викладачів, науковців, працівників культури і мистецтва, різні транзакції у сфері освіти, науки, культури (у т. ч. показники роботи установ та окремих осіб)
Інформація і документація у сфері ЖКГ	Дані та інформація про різні транзакції у сфері житлово-комунального господарства

Джерело: [Григоревська, Салазкін, 2016]

На основі даних положень можна спостерігати особливості розвитку технології блокчейн відповідно до трьох ключових моделей, що функціонує на ринку, кожна з яких має свої аспекти впливу та розвитку в довгостроковому періоді. За своєю сутністю блокчейн може стати потужною платформою для подолання корупції та бути надійним механізмом захисту тої державної структури, що безпосередньо застосована у фінансових та реєстраційних операціях [Гончаренко, Богаченко, 2015]. Фактично кожна Інтернет-транзакція спирається сьогодні на певну структуру, якій більшою чи меншою мірою довіряє суспільство: коли йдеться про переказ коштів, ми змушені покладатись на правомірність та надійність банку, платіжної системи чи наглядових органів, що здійснюють регулювання у цій сфері [Melnychenko, Hartinger, 2017]. На сучасному етапі широкої популярності набуває технологія саме Blockchain 3.0., адже її використання виходить за рамки фінансових операцій. Більш детальна характеристика кожного з напрямку:

- Blockchain 1.0. - взаємодія з цифровою валютою. Даний етап еволюції технології блокчейну характеризується як початковий, адже саме на даному етапі технологія поширилась лише на ринок криптовалюти та стимулювала його до масштабного зростання, що у наступних періодах змогло створити нові умови використання технології.
- Blockchain 2.0. - фінансова діяльність, пов'язана з контрактами та угодами. Наступний етап еволюції технології, що зміг створити умови для роботи

з широким асортиментом фінансових інструментів, зокрема, з акціями, правовими титулами, облігаціями, ф'ючерсами, заставними та іншими активами. Такий підхід створив умови для широкого застосування технології на фінансовому ринку та забезпечив надійність у розрахункових операціях, що сприяло популяризації технології в економічно активних сферах суспільства.

- Blockchain 3.0. – соціально-економічна сфера діяльності людини, що побудована на блоковій технології. Після широкого впровадження технологій у фінансовий сектор почалася трансформація до нової зони впливу на господарську діяльність. Найбільшої популярності ця технологія зазнала у веденні державних справ та пов'язаних з ними галузями, для прикладу: охорона здоров'я, наука, освіта, культура, мистецтво, тощо.

Також виділяють ще Blockchain 4.0., концепція якого з'явилася у 2018 році, головною ідеєю якої є побудова нового алгоритму консенсусу, що фіксується на децентралізованих обчислюваннях. Основна частина таких розрахунків буде проводитись у режимі off-chain, що зможе прискорити обмін інформації та значно знизити кількість необхідної електроенергії. У світі ще не прийняли єдиної концепції Blockchain 4.0., адже розробки спрямовані як з суто технічного боку, так і з поєднанням декількох напрямів роботи, наприклад, фінансового ринку та державного сектору. За прогнозами експертів повноцінна формальна версія Blockchain 4.0. має бути розроблена до 2025 року, яка буде прийнята у всьому світі як константа.

Перспективи розвитку технології блокчейн важко переоцінити, оскільки ефективність її може значно підвищити надійність обігу інформації та захищеність, що сприятиме раціональному та ефективному управлінню. Перспективною сферою застосування блокчейн, яка традиційно йде попереду у впровадженні новітніх інформаційних технологій, є фінансовий сектор. Ця сфера зазвичай найбільш зацікавлена у довірі суспільства до послуг, що нею надаються, оскільки пов'язана вона з грошовими коштами, нестабільність з якими часто є наслідком соціальної напруги. При цьому надійної альтернативи у переказі коштів, ніж фінансово-кредитні установи, зазвичай немає [Melnychenko, Hartinger, 2017]. У найбільш розвинених країнах світу технологія блокчейну активно впроваджується за межами ринку криптовалюти та переноситься на державні сектори. Наприклад, у Південній Кореї реалізується стратегічний план під назвою Blockchain Urban Plan, що має охопити 14 державних служб у декількох різних галузях та сформувати їхню функціональність на основі блокчейну. Служби, що планується перевести на дану форму є соцзабезпечення, архів експлуатації транспортних засобів, видача сертифікатів, система голосування та інші. План розрахований на 2018-2022 роки. В Україні блокчейн також здобув свою низку популярності з 2017 року та активно впроваджується у різні сфери соціально-економічної діяльності. Головною реалізацією блокчейну в Україні стало використання оновленої версії інформаційної системи державного земельного кадастру на технології блокчейн. В подальші роки планується широке застосування технології у сфері державного управління та державних рішень, а також у напрямку фінансів, інвестицій, маркетингу та трейдингу.

Висновки. Таким чином, сутність технології блокчейн полягає у децентралізованій базі даних, що структурує інформаційні блоки за допомогою засобів криптографії та має власні механізми захисту. Першоджерелом реалізації досліджуваної технології став ринок криптовалюти, що саме завдяки даній технології зміг стабілізувати

свої позиції на фінансовому ринку. З розвитком інформаційних технологій та вдосконаленням програмного забезпечення технологія блокчейн постійно трансформувалася та на даному етапі має три ключові структурні елементи, а саме Blockchain 1.0., Blockchain 2.0. та Blockchain 3.0. У подальшій перспективі планується реалізація концепції Blockchain 4.0., ідеї якої вже існують у технічному устаткуванні та моделі функціонування, проте остаточний вигляд ще потребує доопрацювання. Перспективи застосування блокчейн досить високі для усіх напрямів господарської діяльності людини, особливо на державному рівні, адже дана технологія надає змогу захистити достовірність обліку інформації та створити умови чесного її контролю, що може якісно покращити більшість бізнес та державних процесів. В Україні блокчейн розвивається поступово, але вже впроваджується у корпоративний та державний сектор.

Література

- Гриценко, А. А., & Гриценко, О. А. (2016). Становлення інформаційно-мережевої економіки як основи правової економіки. *Економічна теорія та право*, 4(27), 49-56.
- Григоревська, О., & Салазкін, С. (2016). Особливості функціонування віртуальних криптовалют: економічний аспект. *Глобальні та національні проблеми економіки*, 14, 760-765.
- Гончаренко, О., & Богаченко, М. (2015). Особливості функціонування криптовалют на світових фінансових ринках. *Глобальні та національні проблеми економіки*, 5, 826-830.
- Кудирко, О. В. (2017). Інновації в логістиці: перспективи використання технології блокчейн у ланцюгах поставок. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. Серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство, 15(1), 158-163.
- Слобода, Л. Я. (2018). Розвиток та імплементація технології блокчейн у проведенні розрахунків фінансових установ. Видання: *Економіка та управління національним господарством*, 2(13), 40-47.
- Лук'янов, В. С. (2014). Зародження ринку криптовалют в інформаційно-мережевій парадигмі. *Актуальні актуальні проблеми економіки*, 8(158), 436-441.
- Сословський, В. Г., & Косовський, І. О. (2016). Ринок криптовалют як система. *Збірник наукових праць «Фінансово-кредитна діяльність: проблеми теорії та практики»*, 2(21), 236-246.
- Ali, O., Ally, M., Clutterbuck, & Dwivedi, Y. (2020). The state of play of blockchain technology in the financial services sector: A systematic literature review. *International Journal of Information Management*, 54, 102199. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102199>
- Alles, M., & Gray, G. L. (2020). "The first mile problem": Deriving an endogenous demand for auditing in blockchain-based business processes. *International Journal of Accounting Information Systems*, 100465. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2020.100465>
- Chang, V., Baudier, P., Zhang, H., Xu, Q., Zhang, J., & Arami, M. (2020). How Blockchain can impact financial services - The overview, challenges and recommendations from expert interviewees. *Technological Forecasting and Social Change*, 158, 120166. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120166>

- Chen, Y., Li, Y., & Li, C. (2020). Electronic agriculture, blockchain and digital agricultural democratization: Origin, theory and application. *Journal of Cleaner Production*, 268, 122071. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122071>
- Das, M., Luo, H., Cheng, J. C. P. (2020). Securing interim payments in construction projects through a blockchain-based framework. *Automation in Construction*, 118, 103284. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103284>
- Drozd, W., Miskiewicz, R., Pokrzywniak, J., & Elzanowski, F. (2019). *Urban Electromobility in the Context of Industry 4.0*. Torun: Wydawnictwo Adam Marszalek
- Dzwigoł, H. (2020). Innovation in Marketing Research: Quantitative and Qualitative Analysis. *Marketing and Management of Innovations*, 1, 128-135. <http://doi.org/10.21272/mmi.2020.1-10>
- Dzwigoł, H., Dzwigoł-Barosz, M., Zhyvko, Z., Miskiewicz, R., & Pushak, H. (2019). Evaluation of the Energy Security as a Component of National Security of the Country. *Journal of Security and Sustainability Issues*, 8(3), 307-317. [http://doi.org/10.9770/jssi.2019.8.3\(2\)](http://doi.org/10.9770/jssi.2019.8.3(2))
- Farouk, A., Alahmadi, A., Ghose, Sh., & Mashatan, A. (2020). Blockchain platform for industrial healthcare: Vision and future opportunities. *Computer Communications*, 154, 223-235. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.02.058>
- Ghosh, A., Shashank, G., Amit, D., & Neeraj, K. (2020). Security of Cryptocurrencies in blockchain technology: State-of-art, challenges and future prospects. *Journal of Network and Computer Applications*, 163, 102635. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2020.102635>
- Girchenko, T., & Zaents, A. (2017). The analysis of innovative potential as the basics in supporting the competitiveness of a bank. *European Cooperation*, 7(26), 49-58.
- Islam, A., & Shin, S. Y. (2020). A blockchain-based secure healthcare scheme with the assistance of unmanned aerial vehicle in Internet of Things. *Computers & Electrical Engineering*, 84, 106627. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2020.106627>
- Klarin, A. (2020). The decade-long cryptocurrencies and the blockchain rollercoaster: Mapping the intellectual structure and charting future directions. *Research in International Business and Finance*, 51, 101067. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2019.101067>
- Konashevych, O., & Khovayko, O. (2020). Randpay: The technology for blockchain micropayments and transactions which require recipient's consent. *Computers & Security*, 96, 101892. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2020.101892>
- Li, X., Wang, D., & Li, M. (2020). Convenience analysis of sustainable E-agriculture based on blockchain technology. *Journal of Cleaner Production*, 271, 122503. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122503>
- Melnychenko, O. (2020). Is Artificial Intelligence Ready to Assess an Enterprise's Financial Security? *Journal of Risk and Financial Management*, 13(9), 191. <https://doi.org/10.3390/jrfm13090191>
- Melnychenko, O., & Hartinger, R. (2017). Role of blockchain technology in accounting and auditing. *European Cooperation*, 9(28), 27-34.
- Miskiewicz, R. (2017). Knowledge in the Process of Enterprise Acquisition. *Progress in Economic Sciences*, 4, 415-432. <https://doi.org/10.14595/PES/04/029>
- Miskiewicz, R. (2018). The Importance of Knowledge Transfer on the Energy Market. *Polityka Energetyczna*, 21(2), 49-62. <http://dx.doi.org/10.24425/2F122774>

- Miśkiewicz, R., & Wolniak, R. (2020). Practical Application of the Industry 4.0 Concept in a Steel Company. *Sustainability*, 12(14), 5776. <https://doi.org/10.3390/su12145776>
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-To-Peer Electronic Cash System*. Retrieved 20.07.2020 from <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Rashideh, W. (2020). Blockchain technology framework: Current and future perspectives for the tourism industry. *Tourism Management*, 80, 104125. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2020.104125>
- Shi, Sh., He, D., Li, L., Kumar, N., Khan, M.K., & Choo, K.-K.R. (2020). Applications of blockchain in ensuring the security and privacy of electronic health record systems: A survey. *Computers & Security*, 97, 101966. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2020.101966>
- Usman, M., & Qamar, U. (2020). Secure Electronic Medical Records Storage and Sharing Using Blockchain Technology. *Procedia Computer Science*, 174, 321-327. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.06.093>
- Vatamanyuk-Zelinska, U., & Melnychenko, O. (2020). The effectiveness of financial and economic regulation of land relations in the context of stimulating entrepreneurial activity in the regions of Ukraine. *Problems and Perspectives in Management*, 18(3), 11-27. [http://dx.doi.org/10.21511/ppm.18\(3\).2020.02](http://dx.doi.org/10.21511/ppm.18(3).2020.02)
- Yang, R., Wakefield, R., Lyu, S., Jayasuriya, S., Han, F., Yi, X., Yang, X., Amarasinghe, G., & Chen, Sh. (2020). Public and private blockchain in construction business process and information integration. *Automation in Construction*, 118, 103276. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103276>
- Yuan, H., Chen, X., Wang, J., Yuan, J., Yan, H., & Susilo, W. (2020). Blockchain-based public auditing and secure deduplication with fair arbitration. *Information Sciences*, 541, 409-425. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2020.07.005>

References

- Ali, O., Ally, M., Clutterbuck, & Dwivedi, Y. (2020). The state of play of blockchain technology in the financial services sector: A systematic literature review. *International Journal of Information Management*, 54, 102199. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102199>
- Alles, M., & Gray, G.L. (2020). "The first mile problem": Deriving an endogenous demand for auditing in blockchain-based business processes. *International Journal of Accounting Information Systems*, 100465. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2020.100465>
- Chang, V., Baudier, P., Zhang, H., Xu, Q., Zhang, J., & Arami, M. (2020). How Blockchain can impact financial services - The overview, challenges and recommendations from expert interviewees. *Technological Forecasting and Social Change*, 158, 120166. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120166>
- Chen, Y., Li, Y., & Li, C. (2020). Electronic agriculture, blockchain and digital agricultural democratization: Origin, theory and application. *Journal of Cleaner Production*, 268, 122071. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122071>
- Das, M., Luo, H., Cheng, J. C. P. (2020). Securing interim payments in construction projects through a blockchain-based framework. *Automation in Construction*, 118, 103284. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103284>
- Drozd, W., Miśkiewicz, R., Pokrzywniak, J., & Elzanowski, F. (2019). *Urban Electromobility in the Context of Industry 4.0*. Torun: Wydawnictwo Adam Marszałek

- Dzwigoł, H. (2020). Innovation in Marketing Research: Quantitative and Qualitative Analysis. *Marketing and Management of Innovations*, 1, 128-135. <http://doi.org/10.21272/mmi.2020.1-10>
- Dzwigoł, H., Dzwigoł-Barosz, M., Zhyvko, Z., Miskiewicz, R., & Pushak, H. (2019). Evaluation of the Energy Security as a Component of National Security of the Country. *Journal of Security and Sustainability Issues*, 8(3), 307-317. [http://doi.org/10.9770/jssi.2019.8.3\(2\)](http://doi.org/10.9770/jssi.2019.8.3(2))
- Farouk, A., Alahmadi, A., Ghose, Sh., Mashatan, A. (2020). Blockchain platform for industrial healthcare: Vision and future opportunities. *Computer Communications*, 154, 223-235. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.02.058>
- Ghosh, A., Shashank, G., Amit, D., & Neeraj, K. (2020). Security of Cryptocurrencies in blockchain technology: State-of-art, challenges and future prospects. *Journal of Network and Computer Applications*, 163, 102635. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2020.102635>
- Girchenko, T., & Zaents, A. (2017). The analysis of innovative potential as the basics in supporting the competitiveness of a bank. *European Cooperation*, 7(26), 49-58.
- Hrytsenko, A. A., & Hrytsenko, O. A. (2016). Stanovlennia informatsiino-merezhevoi ekonomiky yak osnovy pravovoi ekonomiky. *Ekonomichna teoriia ta pravo*, 4(27), 49-56.
- Hryhorevska, O., & Salazkin, S. (2016). Osoblyvosti funktsionuvannia virtualnykh kryptovaliut: ekonomichni aspekt. *Hlobalni ta natsionalni problemy ekonomiky*, 14, 760-765.
- Honcharenko, O., & Bohachenko, M. (2015). Osoblyvosti funktsionuvannia kryptovaliut na svitovykh finansovykh rynkakh. *Hlobalni ta natsionalni problemy ekonomiky*, 5, 826-830.
- Islam, A., & Shin, S. Y. (2020). A blockchain-based secure healthcare scheme with the assistance of unmanned aerial vehicle in Internet of Things. *Computers & Electrical Engineering*, 84, 106627. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2020.106627>
- Klarin, A. (2020). The decade-long cryptocurrencies and the blockchain rollercoaster: Mapping the intellectual structure and charting future directions. *Research in International Business and Finance*, 51, 101067. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2019.101067>
- Konashevych, O., & Khovayko, O. (2020). Randpay: The technology for blockchain micropayments and transactions which require recipient's consent. *Computers & Security*, 96, 101892. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2020.101892>
- Kudyrko, O. V. (2017). Innovatsii v lohistytsi: perspektyvy vykorystannia tekhnolohii blokchein u lantsiuhakh postavok. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho natsionalnoho universytetu*. Serii: Mizhnarodni ekonomichni vidnosyny ta svitove hospodarstvo, 15(1), 158-163.
- Li, X., Wang, D., & Li, M. (2020). Convenience analysis of sustainable E-agriculture based on blockchain technology. *Journal of Cleaner Production*, 271, 122503. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122503>
- Lukianov, V. S. (2014). Zarodzhennia rynku kryptovaliuty v informatsiino-merezhevii paradyhmi. *Aktualni aktualni problemy ekonomiky*, 8(158), 436-441.

- Melnychenko, O. (2020). Is Artificial Intelligence Ready to Assess an Enterprise's Financial Security? *Journal of Risk and Financial Management*, 13(9), 191. <https://doi.org/10.3390/jrfm13090191>
- Melnychenko, O., & Hartinger, R. (2017). Role of blockchain technology in accounting and auditing. *European Cooperation*, 9(28), 27-34.
- Miskiewicz, R. (2017). Knowledge in the Process of Enterprise Acquisition. *Progress in Economic Sciences*, 4, 415-432. <https://doi.org/10.14595/PES/04/029>
- Miśkiewicz, R. (2018). The Importance of Knowledge Transfer on the Energy Market. *Polityka Energetyczna*, 21(2), 49-62. <http://dx.doi.org/10.24425/2F122774>
- Miśkiewicz, R., & Wolniak, R. (2020). Practical Application of the Industry 4.0 Concept in a Steel Company. *Sustainability*, 12(14), 5776. <https://doi.org/10.3390/su12145776>
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-To-Peer Electronic Cash System*. Retrieved 20.07.2020 from <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Rashideh, W. (2020). Blockchain technology framework: Current and future perspectives for the tourism industry. *Tourism Management*, 80, 104125. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2020.104125>
- Shi, Sh., He, D., Li, L., Kumar, N., Khan, M. K., & Choo, K.-K. R. (2020). Applications of blockchain in ensuring the security and privacy of electronic health record systems: A survey. *Computers & Security*, 97, 101966. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2020.101966>
- Sloboda, L. Ya. (2018). Rozvytok ta implementatsiia tekhnolohii blokchein u provedenni rozrakhunkiv finansovykh ustanov. *Vydannia: Ekonomika ta upravlinnia natsionalnym hospodarstvom*, 2(13), 40-47.
- Soslovskiy, V. H., & Kosovskiy, I. O. (2016). Rynok kryptovaliut yak systema. *Zbirnyk naukovykh prats «Finansovo-kredytna diialnist: problemy teorii ta praktyky»*, 2(21), 236-246.
- Usman, M., & Qamar, U. (2020). Secure Electronic Medical Records Storage and Sharing Using Blockchain Technology. *Procedia Computer Science*, 174, 321-327. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.06.093>
- Vatamanyuk-Zelinska, U., & Melnychenko, O. (2020). The effectiveness of financial and economic regulation of land relations in the context of stimulating entrepreneurial activity in the regions of Ukraine. *Problems and Perspectives in Management*, 18(3), 11-27. [http://dx.doi.org/10.21511/ppm.18\(3\).2020.02](http://dx.doi.org/10.21511/ppm.18(3).2020.02)
- Yang, R., Wakefield, R., Lyu, S., Jayasuriya, S., Han, F., Yi, X., Yang, X., Amarasinghe, G., & Chen, Sh. (2020). Public and private blockchain in construction business process and information integration. *Automation in Construction*, 118, 103276. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103276>
- Yuan, H., Chen, X., Wang, J., Yuan, J., Yan, H., & Susilo, W. (2020). Blockchain-based public auditing and secure deduplication with fair arbitration. *Information Sciences*, 541, 409-425. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2020.07.005>

Received: 10.07.2020

Accepted: 25.07.2020

Published: 31.07.2020