

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Використання Блокчейн для Індустрії 4.0

Виконав: студент IV курсу, групи СНС-42

спеціальності 122 Комп'ютерні науки

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Олійник Б.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Пасічник В.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Шимчук Г.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Боднарчук І.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Стадник М.А.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2022

АНОТАЦІЯ

Використання Блокчейн для Індустрії 4.0 // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Бакалавр» // Олійник Богдан Васильович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СНс-42 // Тернопіль, 2022 // С. 48, рис. – 16, табл. – 7, кресл. – 13, бібліогр. – 65.

Ключові слова: блокчейн, індустрія 4.0, інформація, зберігання даних, виробництво.

Кваліфікаційна робота присвячена аналізу використання Блокчейн для Індустрії 4.0. Метою кваліфікаційної роботи є проведення аналізу стану досліджень в галузі інтеграції технології Блокчейн для Індустрії 4.0.

В першому розділі кваліфікаційної роботи описано контекст використання Блокчейну для Індустрії 4.0. Виконано обґрунтування доцільності проведення аналізу використання Блокчейну для Індустрії 4.0. Висвітлено опис інформаційної технології Блокчейн. Розглянуто інноваційну концепцію Індустрія 4.0. Зафіксовано стан та перспективи досліджень. Проаналізовано драйвери та механізми запровадження технології Блокчейн для Індустрії 4.0.

В другому розділі кваліфікаційної роботи описано перспективні можливості Блокчейн для інтеграції в Індустрію 4.0. Проаналізовано сфери/субдомени Індустрії 4.0 для використання технології Блокчейн. Розглянуто застосування технології Блокчейн для Індустрії 4.0. Описано запити Індустрії 4.0, які може вирішити Блокчейн.

У розділі «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» описано надзвичайні ситуації екологічного характеру. Висвітлено планування робіт щодо охорони праці.

ANNOTATION

Using Blockchain Technology for Industry 4.0 // Oliinyk Bohdan Vasylovych // Ternopil Ivan Pulyuy National Technical University, Computer information systems and software engineering faculty, Computer science department, Group SNs-42 // Ternopil, 2022 // P. 48, fig. - 16, tabl. - 7, chair. - 13, ref. - 65.

Keywords: blockchain, industry 4.0, information, data storage, production.

Qualification work is devoted to the analysis of the use of Blockchain for Industry 4.0. The purpose of the qualification work is to analyze the state of research in the field of integration of Blockchain technology for Industry 4.0.

The first section of the qualification describes the context of using Blockchain for Industry 4.0. The substantiation of expediency of the analysis of use of Blockchain for Industry 4.0 is executed. The description of Blockchain information technology is covered. The innovative concept Industry 4.0 is considered. The state and prospects of research are fixed. Drivers and mechanisms for implementing Blockchain technology for Industry 4.0 are analyzed.

The second section of the qualification work describes the promising opportunities for Blockchain for integration into Industry 4.0. Industry 4.0 domains / subdomains for using Blockchain technology are analyzed. The application of Blockchain technology for Industry 4.0 is considered. Describes Industry 4.0 queries that Blockchain can handle.

The section "Life safety, basics of labor protection" describes environmental emergencies. The planning of works on labor protection is covered.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ERP (англ. Enterprise Resource Planning) – планування ресурсів підприємства.

IoT (англ. Internet of Things) – Інтернет речей.

БД – база даних.

Блокчейн (англ. blockchain, block chain від block – блок, chain – ланцюг, тобто ланцюжок блоків) – розподілена база даних, в якій зберігається впорядкований ланцюжок інформаційних записів, котрі називають блоками.

ШІ – штучний інтелект.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНИХ ОБЛАСТЕЙ БЛОКЧЕЙН ТА ІНДУСТРІЯ 4.0	8
1.1 Контекст використання Блокчейну для Індустрії 4.0	8
1.2 Обґрунтування доцільності проведення аналізу використання Блокчейну для Індустрії 4.0	11
1.3 Інформаційна технологія Блокчейн	13
1.4 Інноваційна концепція Індустрія 4.0. Стан та перспективи досліджень	14
1.5 Драйвери та механізми запровадження технології Блокчейн для Індустрії 4.0	18
1.6 Висновок до першого розділу	21
РОЗДІЛ 2. ПЕРСПЕКТИВИ, МОЖЛИВОСТІ, СФЕРИ ТА ДОМЕНИ ІНТЕГРАЦІЇ БЛОКЧЕЙН ДЛЯ ІНДУСТРІЇ 4.0	22
2.1 Перспективні можливості Блокчейн для інтеграції в Індустрію 4.0..	22
2.2 Сфери/субдомени Індустрії 4.0 для використання технології Блокчейн	24
2.3 Застосування технології Блокчейн для Індустрії 4.0	26
2.4 Запити Індустрії 4.0, які може вирішити Блокчейн	34
2.5 Висновок до другого розділу	35
РОЗДІЛ 3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	36
3.1 Надзвичайні ситуації екологічного характеру	36
3.2 Планування робіт щодо охорони праці	38
ВИСНОВКИ	41
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ	42

ВСТУП

Актуальність теми. Індустрія 4.0 передбачає інноваційну інтеграцію існуючих виробничих систем з майбутніми цифровими технологіями. Індустрія 4.0 – це синтез нових методів виробництва, які дозволяють виробникам швидше досягати поставленої мети. Блокчейн – це технологія, яка отримала широке визнання і може покращити середовище виробництва та ланцюгів постачання. Блокчейн можна впровадити для підвищення безпеки, конфіденційності та прозорості даних для малих та великих підприємств. Різні галузі виробництва тепер активно запроваджують Блокчейн та послуговуються його перевагами. Тому розуміння Блокчейну та окреслення перспектив його впровадження для потреб Індустрії 4.0 є актуальним напрямком досліджень.

Мета і задачі дослідження. Метою даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр» є проведення аналізу стану досліджень в галузі інтеграції технології Блокчейн для Індустрії 4.0. Для досягнення поставленої мети потрібно:

- Проаналізувати контекст використання Блокчейну для Індустрії 4.0.
- Сформувати описи інформаційної технології Блокчейн та інноваційної концепції Індустрія 4.0.
- Описати драйвери та механізми запровадження технології Блокчейн для Індустрії 4.0.
- Проаналізувати застосування технології Блокчейн для Індустрії 4.0.

Практичне значення одержаних результатів. На основі проведеного аналізу наукових літературних джерел подано опис контексту використання Блокчейну для Індустрії 4.0. Сформовано описи інформаційної технології Блокчейн та інноваційної концепції Індустрія 4.0. Описано ключові драйвери та механізми запровадження технології Блокчейн для Індустрії 4.0. Подано в табличній формі аналіз застосування технології Блокчейн для Індустрії 4.0.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНИХ ОБЛАСТЕЙ БЛОКЧЕЙН ТА ІНДУСТРІЯ 4.0

1.1 Контекст використання Блокчейну для Індустрії 4.0

На даний час інформаційна технологія Блокчейн є однією з найвпливовіших цифрових трансформаці у різних сферах людської діяльності [1]. Ця інформаційна технологія надзвичайно активно розвивається в продовж останнього періоду часу та формує обширний перелік практичних застосувань у виробництві [2]. Почастки вона починає застосовуватися в науковій та популярній літературі поруч із термінами «розумні» фабрики, «розумне» виробництво та Індустрія 4.0.

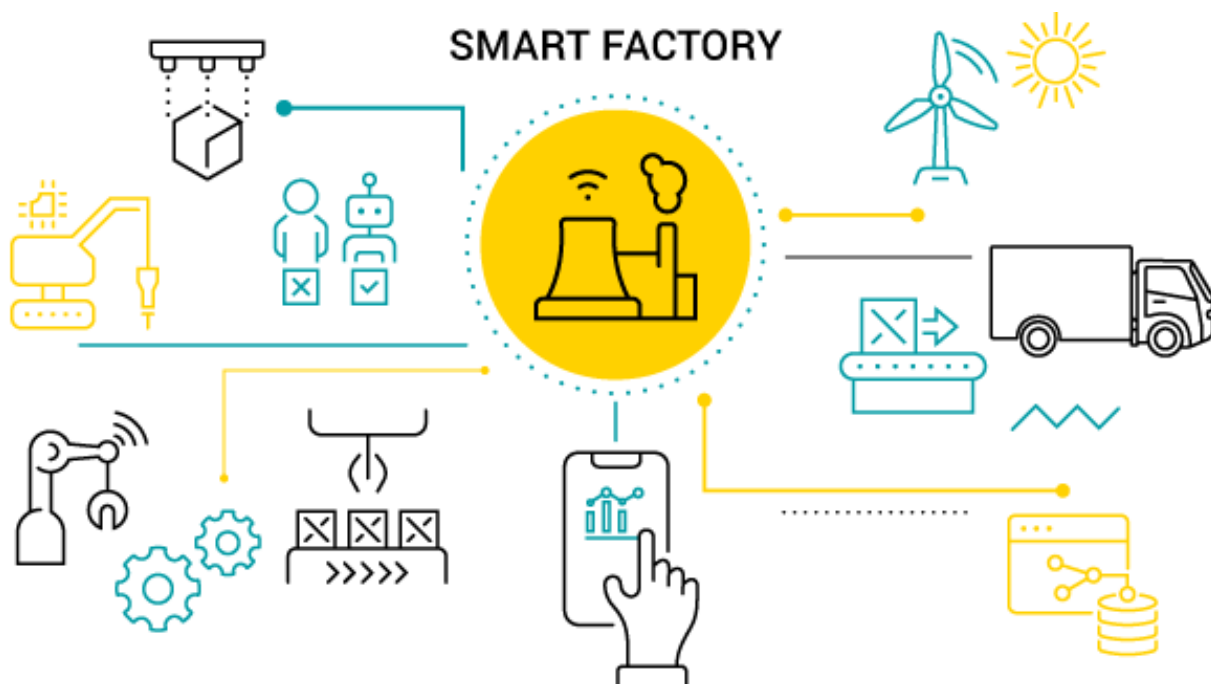


Рисунок 1.1 – «Розумні» фабрики

Блокчейн – це децентралізована, зашифрована, розподілена книга для зберігання комп’ютерної інформації, що дозволяє створювати в режимі реального часу захищені від несанкціонованого доступу журнали (див. рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Блокчейн

В інноваційній концепції «Індустрія 4.0» (див. рисунок 1.3) деякі елементи все ще недостатньо добре досліджені, описані та повністю зрозумілі. Ця нова інформаційна технологія дозволить забезпечити посилення перспективних ефектів інтелектуальних виробничих рішень.



Рисунок 1.3 – Інноваційна концепція «Індустрія 4.0»

Блокчейн має великий потенціал зробити середовище Індустрії 4.0 більш простим, прозорим та менш посередницьким. Це сприятиме формуванню

здорової конкуренції між компаніями та дозволить окремим громадянам приймати участь у вільних та відкритих переговорах [3]. Ця технологія є винятковою та уникає посередників у транзакціях, потенційно забезпечуючи ефективний та економічно обґрунтовані потоки товарів та послуг. Блокчейн-запис пов'язаний з попередніми блоками і не може бути змінений в майбутньому. На даний час активно формується відкритий неавторизований децентралізований інформаційний Блокчейн-простір, де кожен користувач може вільно читати та записувати транзакції (див. рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Відкритий неавторизований децентралізований інформаційний Блокчейн-простір

Блокчейн створений для окремих користувачів з перевагою читання та запису в закриту мережу. Це основна відмінність з позиції користувачів стимулів щодо взаємодії з системами на основі приватного чи публічного Блокчейн. [4]. Транзакції та інформаційні записи в блоках формують необхідну складність ланцюга, який необхідно збалансувати. При цьому Блокчейн забезпечує безперервність і простежуваність по всьому ланцюжку блоків та операцій [5].

1.2 Обґрунтування доцільності проведення аналізу використання Блокчейну для Індустрії 4.0

У інформаційно-технологічному середовищі Індустрії 4.0 інформація в режимі реального часу потрібна для створення безперебійної системи виробництва та обслуговування. Обмежуючим фактором є час обробки, тому необхідне належне врахування особливості функціонування та практичної реалізації реальних застосунків. Окремі дослідники [3] чтверджують, що Блокчейн – це «ідеальна» інформаційна технологія для підтримки записів та зберігання інформації, яка може вирішувати серйозні безпекові задачі [6]. Отже, необхідність проведення даного аналізу досліджень полягає в тому, щоб визначити потенційну роль використання Блокчейну для формування інноваційної концепції Індустрія 4.0. Стале виробництво (див. рисунок 1.5) з використанням Блокчейну в різних прикладних галузях допомагає керувати життєвим циклом продукції в Індустрії 4.0.



Рисунок 1.5 – Стале виробництво – ключ до «зеленого» майбутнього

Ця інформаційна технологія дозволяє покращити «розумні» фабрики та має потенціал для забезпечення інформаційної безпеки [7]. У виробничих

середовищах, де менші безпекові ризики, це забезпечить кращий рівень безпеки процесів [8]. Однак перед тим, як європейські та світові організації активно приймуть Блокчейн для впровадження разом з виробничими платформами необхідно провести ряд досліджень. Внаслідок яких можна мінімізувати рівень ризику оскільки інформаційна технологія Блокчейн постійно розвивається, а Індустрія 4.0 передбачає покращений рівень довіри та конфіденційності.

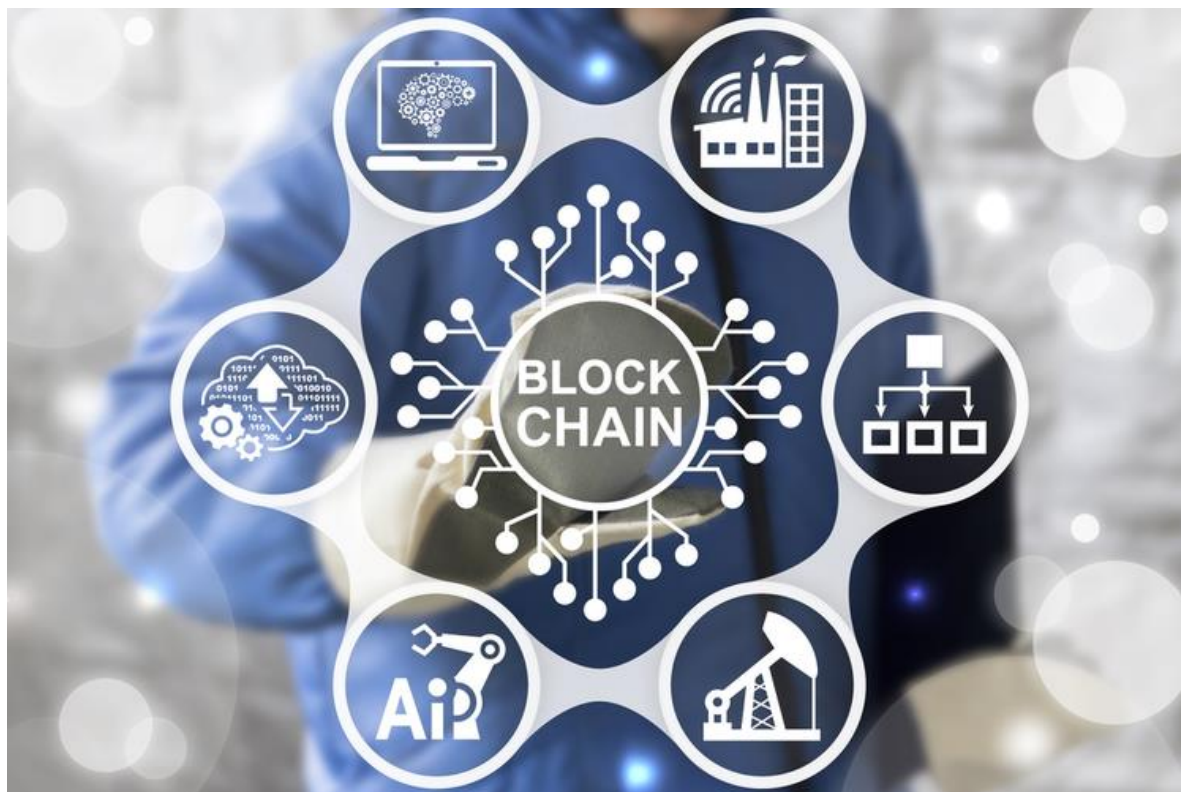


Рисунок 1.6 – Блокчейн та Індустрія 4.0

На даний час опубліковано деякі окремі дослідження Блокчейну, пов'язані з індустрією 4.0, але вони зосереджені на конкретних аспектах Індустрії 4.0. Наприклад, Ленг [9] провів оглядове дослідження, як Блокчейн може подолати потенційні бар'єри кібербезпеки для досягнення ефекту в Індустрії 4.0. Тому в кваліфікаційній роботі освітнього рівня «Бакалавр» доцільно зосередитись на різноманітних драйверах, засобах підтримки та пов'язаних з ними можливостях технології Блокчейн для Індустрії 4.0, оскільки Блокчейн підходить для задоволення галузевих вимог Індустрії 4.0 [10].

1.3 Інформаційна технологія Блокчейн

Блокчейн можна визначити як децентралізований розподілений каталог, який керує смарт-контрактами і надає можливість:

- відстежувати;
- керувати записами;
- автоматизувати ланцюжок постачання;
- автоматизувати платіжні програми
- інші бізнес-операції.

Блокчейн забезпечує запис майже в режимі реального часу, що тиражується між мережею пірингових партнерів, і залишається незмінним. Процес використовує інформацію, яка раніше зберігалася при плануванні ресурсів підприємства (ERP) (див. рисунок 1.8).



Рисунок 1.7 – Планування ресурсів підприємства (ERP)

Це робить Блокчейн доступним у розподіленій мережі записів різних компаній. Обширний перелік переваг Блокчейну дозволяє організаціям краще розуміти своїх клієнтів, особливо з точки зору попиту, а аналітика даних і штучний інтелект (ШІ) потребують продовження досліджень сфери застосування [11].

1.4 Інноваційна концепція Індустрія 4.0. Стан та перспективи досліджень

Впродовж останнього періоду часу у промисловості активно запроваджувалась автоматизація. На даний час автоматизація є нормою при великих обсягах виробництва будь якої продукції. В тому числі у виробництві автомобілів, величезна кількість різномісних роботів здатні виконувати складні та ризиковані роботи, транспортувати чи переміщати великі вантажі та товари. Автоматизований моніторинг покращує загальний рівень автоматизації виробничих процесів.



Рисунок 1.8 – Автоматизований моніторинг виробничих процесів

Інтегрована робототехніка використовується замість співробітників для виконання завдань, спостереження та усунення будь-яких загроз. Камери візуального огляду тепер працюють у парі з роботами. Ці інформаційні технології можуть забезпечити кращі результати, ніж традиційні підходи. У виробництві активно запроваджується Інтернет речей (IoT) – це розгортання датчиків усіх мислимих видів, вбудованих у процесі збору даних [12]. Інформаційні технології Індустрії 4.0 (див. рисунок 1.9) полегшують роль існуючих працівників у найбільш ефективних та складних виробничих задачах [13].



Рисунок 1.9 – Інформаційні технології Індустрії 4.0

Інформаційні технології Індустрії 4.0 мають обширний перелік обчислювальних можливостей та різномісний стек можливостей зберігання даних, які ініціюються, аутентифікуються та підключаються через хмарні сервери та сервіси (див. рисунок 1.10).



Рисунок 1.10 – Хмарні обчислення для Індустрії 4.0

Високі витрати на зберігання даних та експлуатацію інтегрованих хмарних провайдерів роблять IoT-технології в хмарі відносно дорогими. Із розвитком Інтернету речей та безпроводного зв'язку для промислових пристроїв ці витрати значно зростають [14]. Тому не всі підприємства та організації на даний час можуть використовувати хмарні інформаційно-технологічні рішення для промислових IoT-пристроїв (див. рисунок 1.11).



Рисунок 1.11 – Хмарні обчислення для IoT

Тим не менш, цю групу інтеграційних проблеми можна легко вирішити за допомогою прозорого Блокчейн-застосунків [15]. Щоб обробляти величезні за обсягом множини транзакцій між підключеними пристроями, реалізація структурованої моделі однорангового підключення зменшила б витрати на створення та збереження масивних консолідованих центрів обробки даних [16]. Крім того, Блокчейн розподіляє вимоги до обчислювальної інфраструктури та енергоощадності для обширної множини пристроїв Інтернету речей. Різні виробничі галузі можуть активно вирішувати різні інформаційно-технологічні проблеми та задачі за допомогою Блокчейну. Прозорість Блокчейну дозволить усім зацікавленим сторонам отримати доступ і контролювати інформацію, пов'язану з усіма фазами виробництва [17].



Рисунок 1.12 – Прозорість Блокчейну для Індустрії 4.0

Індустрія 4.0 дає змогу сформувати нову економіку, в якій креативність є одним із наріжних каменів. Ця нова інформаційно-технологічна виробнича парадигма сформована на повністю цифровому світі, який успішно трансформує нинішні бізнес-моделі. Перехід до Індустрії 4.0 додав до Блокчейну низку нових інформаційних технологій. Ця технологія допомагає кібер-фізичним мережам та системам функціонувати ефективніше, безпечніше та автономніше (див. рисунок 1.13).



Рисунок 1.13 – Кібер-фізичні системи Індустрії 4.0

Блокчейн може спростити виробничі процеси щоб мінімізувати споживання енергії. Розвиватиметься підхід на основі штучного інтелекту та інноваційні віртуальні середовища, в яких безпосередньо залучені споживачі то промислові оператори зможуть обмінюватися інформацією та взаємодіяти для досягнення різних цілей. Прогрес у сфері великих даних призвів до революції ШІ. Це дозволило компаніям трансформувати великі набори даних в організовані компоненти, з якими комп'ютерні системи можуть швидко та ефективно видобувати знання [18]. Водночас значимість та важливість даних сприяє прогресу Блокчейну, оскільки його розподілений каталог є революційним способом альтернативного та ефективного зберігання даних.

1.5 Драйвери та механізми запровадження технології Блокчейн для Індустрії 4.0

«Розумні» фабрики, «розумні» продукти, ланцюжки поставок та «розумні» інформаційно-технологічні рішення [19] є одними з драйверів якості

та стимулів, які використовуються в процесі інтеграції Блокчейн-технологій для конкретних промислових послуг та застосунків. Ці концептуальні драйвери та засоби підтримки додатково класифікуються на основі корисності різних розумних інструментів і наборів:

- Інтернет речей;
- робототехніка;
- ШІ;
- кібербезпека;
- 3D-друку
- хмарні сервіси;
- доповнена та віртуальна реальність тощо.

На рисунку 1.14 подано різноманітні драйвери та активатори інформаційно технології Блокчейн у множині сфер використання Індустрії 4.0.

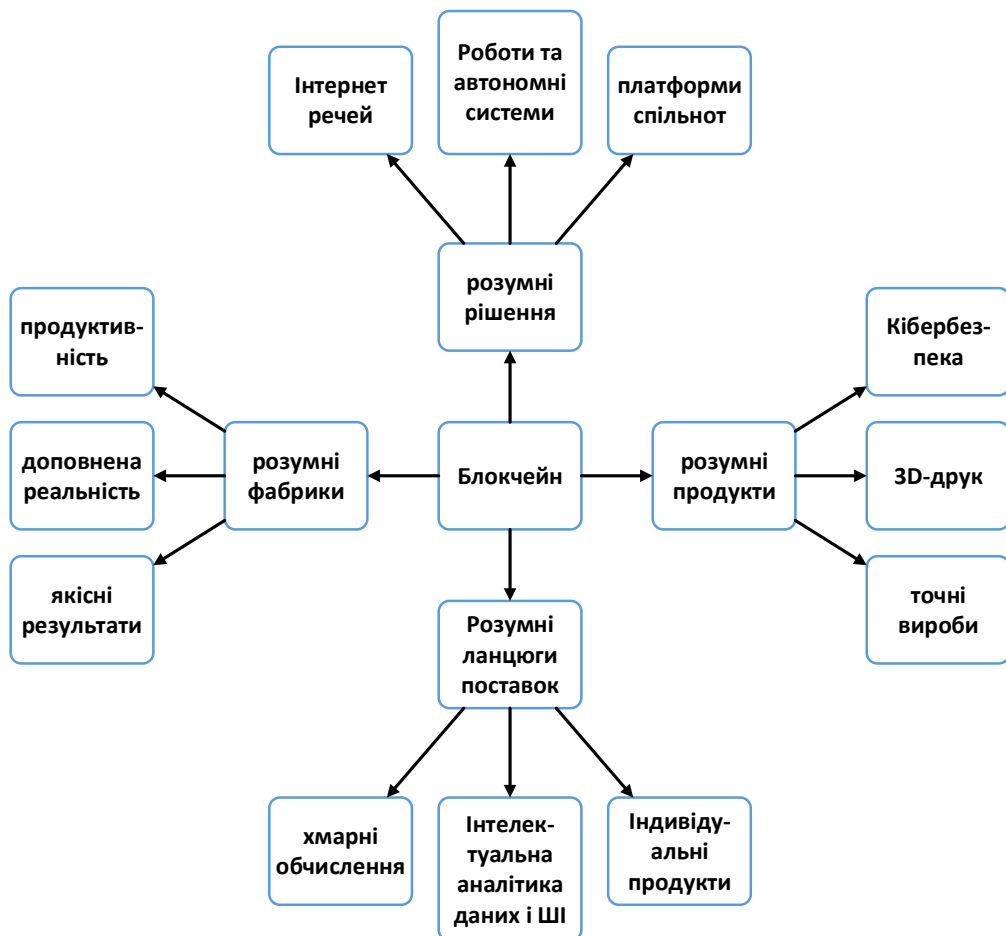


Рисунок 1.14 – Ключові драйвери та активатори Блокчейну для Індустрії 4.0

Значущі особливості технології Блокчейн для додатків Industry 4.0 [9]:

- продуктивність;
- якісні продукти;
- максимальне задоволення клієнтів;
- точні послуги тощо.

Блокчейн має багато інформаційно-технологічних реалізацій та постійно запроваджує інноваційні програмно-алгоритмічні засоби. Загалом в світі зростає інтерес до використання інформаційної технології Блокчейн у виробничому секторі [20]. У Блокчейні проводяться дослідження застосунків для відстеження ланцюгів постачання, аудиту та обширного переліку стартапів. На Блокчейн був першою інформаційною технологією, яку використовували всі криптовалюти проте суттєві зміни в інтернет-мережах відбуваються в процесі проведення досліджень. Інформаційні технології постійно розвивалися. Так само різко розвивається Блокчейн. На даний час Блокчейн широко використовується як технологія розподіленої книги для формування інформаційних ланцюжків зібраних та перевірених в блоці даних. Ці блоки перевіряються та додаються до рядка транзакцій і знань в попередніх блоках [21].

Щоб ширше розкрити інноваційний потенціал Блокчейну, потрібно використовувати новий спосіб мислення та гнучку стратегію. Лідерам ринку інформаційно-технологічних рішень та застосунків у виробничому секторі доцільно використовувати внутрішні функції Блокчейну, щоб змінювати фактори, які раніше були перешкодою для технічного розвитку [20]. Це передбачає активніше запровадження внутрішньої безпеки Блокчейну та неможливість змінювати окремі елементи вмісту поки вони не будуть аутентифіковані та оброблені в блочних і децентралізованих робочих процесах, щоб полегшити взаємодію та звітність [21]. Розумні контракти є вагомим елементом поряд із реєстром Блокчейн у мережі. Смарт-контракти мають багато переваг, оскільки дозволяють бізнес-процесам запускатися автоматично.

1.6 Висновок до першого розділу

В першому розділі кваліфікаційної роботи проведено аналіз предметних областей Блокчейн та Індустрія 4.0. Зокрема описано контекст використання Блокчейну для Індустрії 4.0. Обґрунтовано доцільність проведення аналізу використання Блокчейну для Індустрії 4.0. Описана інноваційна концепція Індустрія 4.0. Зафіксовано стан та перспективи досліджень в предметній області. Описано ключові драйвери та механізми запровадження технології Блокчейн для Індустрії 4.0.

РОЗДІЛ 2. ПЕРСПЕКТИВИ, МОЖЛИВОСТІ, СФЕРИ ТА ДОМЕНИ ІНТЕГРАЦІЇ БЛОКЧЕЙН ДЛЯ ІНДУСТРІЇ 4.0

2.1 Перспективні можливості Блокчейн для інтеграції в Індустрію 4.0

Існує широкий перелік сфер застосування Блокчейну [22], зокрема:

- освіта;
- медичні послуги;
- активне використання в логістиці та транспорті;
- державні інституції та установи.

На рисунку 2.1 подано пов'язані та інтегровані можливості Блокчейну для перспективних галузей запровадження в Індустрії 4.0 [23].



Рисунок 2.1 – Можливості впровадження Блокчейну в галузях промисловості

Загальна концепція Блокчейну була зосереджена на розширенні цих сфер від основ до досягнення практично можливих перспектив в Індустрії 4.0. Складові галузі, які допомагають та підтримують можливості Блокчейну, щоб активніше застосовуватись для Індустрії 4.0 [24]:

- конфіденційність даних;
- ефективний догляд;
- уникнення шахрайських випадків;
- простота ведення записів;
- ефективні закупівлі;
- економія коштів та часу;
- покращена прозорість тощо.

Блокчейн – це нова інформаційна технологія що впроваджується в різних галузях, зокрема:

- фінанси;
- власність;
- ланцюг поставок;
- голосування;
- зберігання енергії.

Цю технологію можна використовувати не тільки для безпечного та незмінного зберігання фінансових транзакцій, але й для зберігання довільних інших даних та створення непошкодженого розподіленого запису, що зазвичай безпечніший, ніж звичайні БД. Це також допоможе захистити ІР та художні мультимедійні товари, зокрема:

- електронні книги;
- пісні;
- зображення тощо.

Його також можна використовувати для реєстрації автомобіля чи права власності на землю. Платіжні системи зашифруються через Блокчейн [25]. Всі дані з цифрових безпечних транзакцій використовуються в Блокчейн-угодах та

будуть автоматично введені в смарт-контракт, якщо задіяні мережі будуть відповідати умовам.

Блокчейн – зберігання даних технологія зберігання, краща за стандартні [26]. Вона аналізує дані, щоб зробити оцінювання та прогнози, що допомагає вирішенню прикладних проблем та задач в Індустрії 4.0 [27]. Клієнти можуть мати доступ до певної інформації про Блокчейн. Примірник надає клієнту доступ, надаючи споживачам форму авторизації, наприклад, обмін даними породжує підзвітність і поступово вибудовує довіру та довічні відносини з клієнтом [28].

2.2 Сфери/субдомени Індустрії 4.0 для використання технології Блокчейн

Основними секторами або субдоменами реалізації Блокчейну для Індустрії 4.0 є [29]:

- електронна комерція;
- обробна промисловість;
- охорона здоров'я;
- сільське господарство;
- безпека та конфіденційність;
- індустрія дронів;
- енергетика тощо.

Ці виміри в свою чергу поділяються на підкатегорії [30]:

- прозорість даних;
- безпека;
- ремонт і технічне обслуговування;
- стійкі екосистеми;
- простежуваність агропродовольчих товарів;
- сценарій Блокчейна Hyperledger;
- ефективність операцій контролю;

– відстеження ліків;
відділи догляду тощо.

На рисунку 2.2 відображено сфери-субдомени Індустрії 4.0 для практичного використання інформаційної технології Блокчейн.

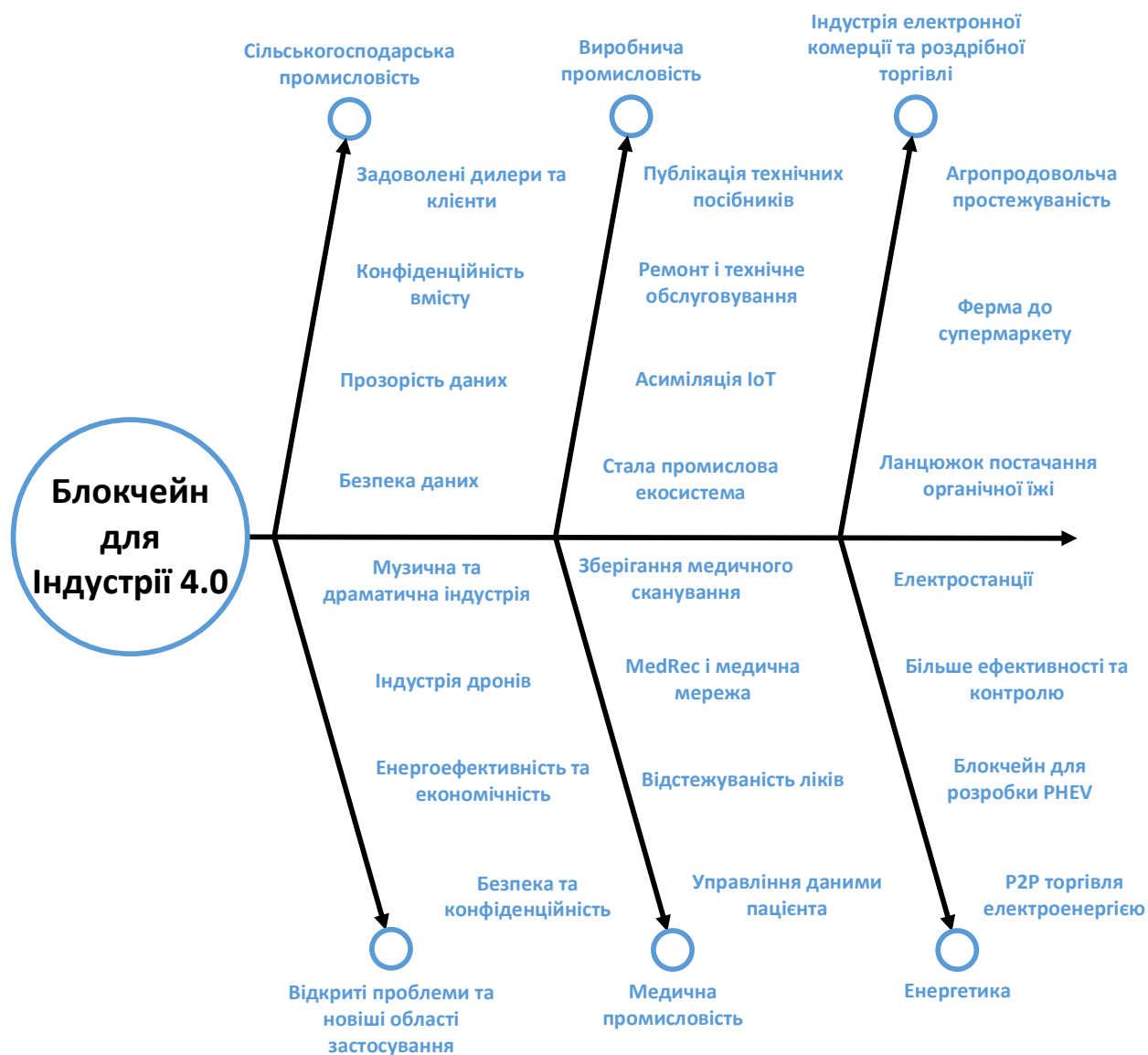


Рисунок 2.2 – Основні субдомени Industry 4.0 для реалізації технології Блокчейн

Завдяки належному дотриманню зазначених субдоменів та підвимірів інструментів Блокчейну можлива реалізація прогресивних та ефективних підходів Індустрії 4.0, заснованих на принципах для загального зростання та розвитку [26].

Блокчейн може вплинути практично на всі галузі та дозволяє багатьом партнерам безпечно працювати з тими ж даними та інформацією, не вимагаючи перегляду та дозволу від третьої сторони. Це виключає повторювану роботу та мінімізує час, витрачений на розподіл та делегування прав та привілеїв доступу до інформаційних ресурсів. Крім того, Блокчейн:

- полегшує підтвердження володіння активами;
- зменшує кількість підробок;
- дає можливість покупцям і продавцям укладати контракти на вільному ринку.
- виробникам формувати широку мережу постачальників.

Блокчейн, об'єднує переважну більшість учасників ланцюгів постачання в одну мережу, яка забезпечує повну простежуваність компонентів і частин, що дозволяє швидше виконувати логістичні процеси. Це допомагає підвищити рівень автоматизації шляхом вилучення ринкових положень між учасниками ланцюга постачання Блокчейну, зменшуючи людське втручання та помилки [31]. Підприємства повинні дотримуватися гнучкої стратегії в умовах жорсткої глобальної конкуренції, коли досягають успіху лише найсильніші. ШІ може обробляти отримані від IoT-пристроїв колекції даних та інші набори даних для різних сценаріїв, наприклад, з метою прогнозування ремонту виробничих систем та конвеєрів.

2.3 Застосування технології Блокчейн для Індустрії 4.0

На різних етапах обробки Блокчейн дозволяє здійснювати децентралізовані транзакції та обмінюватися знаннями в Індустрії 4.0 у форматі надійних структур, які позначають всі транзакції та часові інтервали. Блокчейн дозволяє компаніям підвищувати показники надійності та стабільності роботи, поступово охоплюючи ширше коло задач та сприяючи розвитку екосистеми в цілому [32]. Основні застосування технології Блокчейн для Індустрії 4.0 у фінансовій та бізнесовій галузях подано в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Застосування технології Блокчейн для Індустрії 4.0 у фінансовій та бізнесовій галузях

Області застосування	Опис
Фінанси	Основний акцент Блокчейн робить на застосунках у фінансовому секторі. Управління фінансовими операціями може здійснюватися за допомогою Блокчейнів. За допомогою Блокчейнів можна було б вирішити проблеми з іноземною валютою та досягти контрольованого спектру в транзакціях постачання. Наразі фінансовий та платіжний сектор, як правило, виступають як вирішальне застосування Блокчейну та швидкості впровадження в багатьох інших галузях [33].
Бізнес	За останні роки ця технологія вийшла за межі світу фінансових послуг та підприємства в широкому діапазоні секторів. Почато дослідження можливої ролі у розвитку інфраструктури. Ініційовано процес підтвердження в Інтернеті та приєднання до тисяч комп'ютерів. Мережа налаштована на періодичне оновлення, щоб отримати доступ до надійної інформації в режимі реального часу від будь-якої сторони. Блокчейн прозорий, ефективний, гнучкий та дуже стабільний для бізнес-задач [34].

Для виробників цифрова трансформація була повільним процесом розвитку, але вона не може нехтувати ефективністю, конкурентоспроможністю та гнучкістю цифровізації. Критичні ідеї можуть бути використані для оптимізації систем та виробників, з метою підвищення економії на основі використаних даних, отриманих від давачів та виробничого обладнання.

Основні застосування технології Блокчейн для Індустрії 4.0 у галузях цифрових покупок та логістики подано в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Застосування технології Блокчейн для Індустрії 4.0 у галузях цифрових покупок та логістики

Області застосування	Опис
Цифрові покупки	Блокчейн робить наступний крок власності. Ця технологія відкрила нові можливості для майбутніх покупців у сфері економіки нерухомості по всьому світу. Блокчейн має особливі переваги на ринку, такі як автентифікація цифрових покупок і формування довіри до рішення для купівлі та продажу нерухомості як на промисловому, так і на житловому фронті. Технологія Блокчейн виявилася більш ніж безпідставною рекламою в галузі охорони здоров'я [35].
Ланцюги постачання	Кілька нових інновацій покращують спосіб роботи промислових компаній із управлінням ланцюгом поставок. Індустрія ланцюга постачання, безсумнівно, шукатиме ефективних шляхів відкритості, підзвітності та продуктивності в міру розвитку технології Блокчейн. У поєднанні з оповіщеннями про дані в режимі реального часу централізація програм ERP надає компаніям, що входять до Індустрії 4.0, повний контроль над їхньою діяльністю і дозволяє їм вирішувати питання про майбутнє, орієнтоване на дані [36].

З додаванням технологій Блокчейн нинішня цифрова революція принесе масові інновації. Сектор споживчих товарів [37], мабуть, є найбільш інтерактивним у сфері:

- надання послуг;
- виробництва;
- роздрібної торгівлі.

Основні застосування технології Блокчейн для Індустрії 4.0 у галузях ідентифікації виробів та захисту даних виробництва подано в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Застосування технології Блокчейн для Індустрії 4.0 у галузях ідентифікації виробів і агрегатів та захисту даних виробництва

Області застосування	Опис
Ідентифікація виробів і агрегатів	Блокчейни надають інформацію для ідентифікації продуктів і збірок. Це може сприяти кількісній оцінці та вирішенню специфічних проблем якості. Блокчейн надає всю інформацію про товар, вузли, компоненти та напрямок доставки. Ця технологія використовується для збору даних на кожному етапі, що може значно мінімізувати витрати на нагадування та збої в поточному контексті. Це ідеальний спосіб керувати продуктами та їх збірками. У Індустрії 4.0 Блокчейн може додати цінності в різних інших сферах [38].
Захист даних виробництва	Базове шифрування Блокчейну також можливе для захисту даних в Індустрії 4.0. Це може запобігти небажаному перегляду деяких даних, що передаються через загальнодоступну мережу. Блокчейн можна використовувати декількома способами у сфері інтелектуальної власності для підтвердження авторських прав, реєстрів і чітких прав, ведення записів, моніторингу та відстеження прав на розповсюдження, встановлення контрактів на інтелектуальну власність і навіть керування купівлею прав у контексті Індустрії 4.0 [39].

Ефективні розумні контракти Блокчейн можуть зв'язувати всі сторони та гарантувати їх дотримання. Блокчейн може виявитися успішним у запобіганні підробкам, відстежуваність яких у всіх сегментах ланцюга постачання є проблемою в секторах електроніки, розкоші та здорового способу життя.

Основні застосування технології Блокчейн для Індустрії 4.0 у галузях автотранспорту та спостереження подано в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Застосування технології Блокчейн для Індустрії 4.0 у галузях автотранспорту та спостереження

Області застосування	Опис
Автотранспорт	Блокчейн може використовуватися різними видами ініціатив і партнерами в автомобільному секторі. Його цінність для виробництва є перспективною з безперервним зростанням Індустрії 4.0. Блокчейн має важливий вплив на багато секторів у всьому світі. У Блокчейні дані про закупівлі та інші дані можуть зберігатися в цифровій формі в автомобільній промисловості [40].
Спостереження	У сфері краудфандингу та інвестиційного капіталу Блокчейн реалізував принцип смарт-контрактів. Це сприяло покращенню нагляду за окремими кампаніями кожного афілійованого агентства та зменшило ймовірність шахрайства. Блокчейн дозволив користувачам точно контролювати свої пожертвування. Це дало їм можливість залишатися в курсі новин, додало відчуття відповідальності та відповідальності, а також допомогло благодійним організаціям вирішувати зростаючі проблеми, пов'язані з пожертвуванням коштів на інші цілі [41].

Постачальники обладнання можуть заробляти на продажах на складах, де вони використовують інноваційне обладнання.

Постійне зростання автомобільної промисловості було контрпродуктивним для проблем безпеки в контексті ймовірного злому підключених транспортних засобів [42]. Багато питань можна вирішити за допомогою Блокчейну [43].

Основні застосування технології Блокчейн для Індустрії 4.0 у галузях інформації, безпеки та запису транзакцій подано в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Застосування технології Блокчейн для Індустрії 4.0 у галузях інформації, безпеки та запису транзакцій

Області застосування	Опис
Інформація та безпека	Вся інформація, надана Блокчейном, зберігається в цифровому вигляді, наприклад, як виробляються товари, як вони починають відправлятися, як керуються даними та багато іншого. Блокчейну притаманні якості безпеки за допомогою структури даних. Він забезпечує точний моніторинг та можливості відстеження, якщо дані є постійними та зручним для обміну з відповідною інформацією, а також включає рахунки-фактури, угоди та своєчасні обміни. Отже, галузі вибирають мережі Блокчейн для кращих управлінських рішень та захисту від кібератак [44].
Запис транзакції	Блокчейн – це децентралізована система реєстрації транзакцій. Транзакції реєструються в глобальному Блокчейн-буклеті, який зберігається на тисячах комп'ютерів по всьому світу. Операції реєструються та організуються в блоки в книзі книги. Блокчейн містить хеш попереднього блоку, і його швидко виявляють і уникають, щоб змінити або підробити транзакції. Це допомагає людям передавати та отримувати в електронному вигляді, є найвідомішим використанням технології Блокчейн [45].

Більшість компаній сьогодні змінюються в цифровому форматі, але зрив виробництва набагато помітніший. Індустрія 4.0 зазнає глибоких удосконалень, розширює віртуальні дані та процеси. Перехід почався, і очікується, що він матиме значний ефект [20]. Протягом усієї виробничої екосистеми очікуються технічні, економічні та соціальні покращення.

Основні застосування технології Блокчейн для Індустрії 4.0 у галузях зберігання даних та управління подано в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Застосування технології Блокчейн для Індустрії 4.0 у галузях зберігання даних та управління

Області застосування	Опис
Зберігання даних	Блокчейн включає мережу, яка використовується для передачі даних від датчика до сховища, а потім до пристрою аналізу. Існує невеликий ризик, коли дані переміщуються через приватну мережу. Хмара надає багато переваг, таких як недорога обчислювальна потужність і оплата. Однак дані розміщуються в спільній мережі як уразливість за допомогою хмари. Ця технологія також може зменшити ризик за допомогою хорошої системи обміну та зберігання даних [46].
Управління	Що стосується реалізацій та переваг Блокчейну, різні галузі більше застосовні до Індустрії 4.0. Це дозволяє ефективніше керувати та деталізувати продукцію, яку вимагає ринок. За допомогою останньої інформації, зібраної камерами та датчиками, Блокчейн можна побудувати, щоб збирати більше інформації, ніж людина потенційно може зібрати за короткий час. Також можливе використання базового шифрування Блокчейну. Блокчейн може допомогти захистити ІР авторів цифрового дизайну. Цю технологію також можна використовувати для обробки фінансових переказів, а також для моніторингу використання цифрової власності [47].

Індустрія 4.0 має ряд інформаційно-технологічних інновацій 3D-друк, робототехніка та автоматизація, інтелектуальний Інтернет речей, комп'ютерна освіта та цифровізація ланцюгів поставок [48].

Основні застосування технології Блокчейн для Індустрії 4.0 у галузях зберігання даних та управління подано в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Застосування технології Блокчейн для Індустрії 4.0 у галузях інтеграції систем та цифрових довідників

Області застосування	Опис
Інтеграція систем	Технології Блокчейн можуть залучати своїх партнерів, клієнтів і ланцюги поставок через організацію, надаючи більше можливостей для інтеграції за межі екосистеми бізнесу. Це допомагає повідомити будь-кого про операцію. Індустрія 4.0 може однаково отримати доступ до даних, щоб звести до мінімуму ризик приховування та спотворення даних. Виробники можуть створити вигідні результати завдяки успішному впровадженню цієї технології. Це початок ринку результатів, який призначений для революції бізнес-моделей та розвитку для просування більшого бізнесу [49].
Цифрові довідники	Блокчейн – це децентралізований цифровий каталог, який архівує публічні та приватні однорангові транзакції. Усі властивості вбудовуються та підтримуються у відкритих розподілених бібліотеках у цифровому коді. Кожна транзакція містить унікальний цифровий підпис, який вся мережа ідентифікує та перевіряє, захищає від відкриття, маніпуляцій та перегляду. Таким чином, Блокчейн має здатність виключати посередників і центральних з нового методу обміну даними та передачі активів. Ідентифікація може бути використана для ідентифікації товарів і осіб для відстеження предметів у Індустрії 4.0 [50].

Блокчейн – це інноваційна технологія, яка може допомогти підняти рівень цифрового розвитку. Там, де різним сторонам бізнес-мережі потрібно здійснювати транзакції, обмінюватися та передавати дані, зберігаючи атмосферу довіри, Блокчейн також може додати цінності для Індустрії 4.0 [51].

Блокчейн може використовувати багато інших галузей, наприклад, «розумні» вимірювання для ефективнішого використання електроенергії або для забезпечення безпечного керування сертифікатом енергоефективності будівлі. Його робочі стандарти засновані на захисті, документації та сталості. В Індустрії 4.0 технологія Блокчейн надає цілу низку можливостей інтелектуальної мережі [52]. Блокчейн-транзакції обіцяють вищий ступінь автоматизації, міжпартійні тертя, тим самим зменшуючи витрати та прискорюючи операції завдяки гнучкості мережі. Його можна застосовувати до різних систем ланцюга поставок різними способами, щоб надати суттєві переваги кожному використанню [53]. Споживачі мають високий ступінь свободи, і компанії можуть сформувати більш конкурентоспроможний, керуваний попитом у режимі реального часу шлях [54]. Ефективне використання характеристик етикетки незмінності, простежуваності, безпеки, надійності та відкритості показує ефективність, досягнуту в комерційних процесах [55].

2.4 Запити Індустрії 4.0, які може вирішити Блокчейн

Існують різні проблеми Індустрії 4.0, які можна легко вирішити за допомогою технології Блокчейн. Ця технологія може зберігати всі дані в цифровому вигляді для покращення виробничих процесів. Тільки з належним персоналом бізнес-моделі зможуть впроваджувати нові технології, продовжуючи успішно працювати [56]. Ця технологія може вирішити задачі конфіденційності даних при належному застосуванні. Багато компаній можуть легко ділитися своїми даними та сприяти міжорганізаційному обміну даними. Іншим серйозним занепокоєнням є загроза поточних і нових вразливостей у виробництві.

Блокчейн активно інтегрується в розумні фабрики, які забезпечують взаємодію в реальному часі. Ця технологія може підключатися до однієї або кількох мереж. Недоліки в будь-якому з цих частин обладнання можуть

зробити систему вразливою для атак. Індустрія 4.0 може вирішувати різні проблеми безпеки [57].

Збір та перевірка даних на точність є великою проблемою. Дані традиційно збиратимуться декількома трекерами та надсилатимуться до центру аутентифікації, поки не будуть використані для аналізу. Використовуючи Блокчейн та інтелектуальні угоди для забезпечення надійності та володіння зібраними даними, інформація може бути передана дослідникам даних, використовуючи дані для розробки моделей машинного навчання безпосередньо з драйвера [58]. Блокчейн вирішує деякі ключові задачі:

- масштабованість;
- анонімність;
- надійність.

Програмне забезпечення Блокчейн може бути інноваційним способом відстеження та керування багатьма підключеними пристроями, щоб можна було обмінюватися та обробляти передачу даних між підключеними пристроями. Це також усуне окремі точки збоїв шляхом децентралізації та створить середовище, яке зробить роботу інформаційних систем надійною. Блокчейн може сприяти безпечному та стабільному функціонуванню мережі Інтернету речей між підключеними IoT-пристроями.

2.5 Висновок до другого розділу

В другому розділі кваліфікаційної роботи описано перспективні можливості Блокчейн для інтеграції в Індустрію 4.0. Проаналізовано сфери/субдомени Індустрії 4.0 для використання технології Блокчейн. Розглянуто застосування технології Блокчейн для Індустрії 4.0. Описано запити Індустрії 4.0, які може вирішити Блокчейн.

РОЗДІЛ 3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

3.1 Надзвичайні ситуації екологічного характеру

Кваліфікаційна робота освітнього ступеня «бакалавр» присв'ячена аналізу використання технології Блокчейн для Індустрії 4.0. Інноваційні інформаційно-технологічні концепти Блокчейн та Індустрія 4.0 запроваджуються в багатьох галузях господарства, виробництва та людської діяльності в цілому. Тому доцільно розглянути надзвичайні ситуації екологічного характеру.

Надзвичайна екологічна ситуація (НЕС) – надзвичайна ситуація, при якій на окремій місцевості сталися негативні зміни в навколишньому природному середовищі, що потребують застосування надзвичайних заходів з боку держави [59]. До таких змін належать втрата, виснаження чи знищення окремих природних комплексів та ресурсів внаслідок надмірного забруднення довкілля, руйнівного впливу стихійних сил природи та інших факторів, що обмежують або виключають можливість життєдіяльності людини та проведення господарської діяльності в цих умовах.

Основними принципами регулювання правового режиму в зоні надзвичайної екологічної ситуації є:

- пріоритет захисту життя та здоров'я людей;
- непорушність конституційних прав і свобод людини та громадянина;
- комплексність заходів, спрямованих на нормалізацію екологічного стану;
- забезпечення населення достовірною інформацією про стан довкілля, можливу загрозу для життя та здоров'я людей і про виконання заходів, спрямованих на нормалізацію екологічного стану;
- невідворотність відповідальності осіб, винних у виникненні або ускладненні надзвичайної екологічної ситуації.

Екологічні надзвичайні ситуації тісно пов'язані з такими чинниками, як національна безпека та надзвичайний стан. Проте за своїм змістом вони більш широкі, ніж НЕС, оскільки охоплюють не лише екологічну, але й інші сфери людської діяльності.

Зона надзвичайної екологічної ситуації – окрема місцевість України, на якій виникла надзвичайна екологічна ситуація [60]. Правовий режим зазначеної зони-це особливий правовий режим, який може тимчасово запроваджуватися в окремих місцевостях у разі виникнення надзвичайних екологічних ситуацій і спрямовується на попередження людських і матеріальних втрат, відвернення загрози життю і здоров'ю громадян, а також усунення негативних наслідків надзвичайної екологічної ситуації.

Зони НЕС-офіційно оголошені території, на яких вони склалися. У рішенні компетентного державного органу про оголошення відповідної зони екологічно небезпечною має бути зазначено ступінь небезпеки й показаний вид зони. Класифікація цих зон, їх статус і правові наслідки, що впливають із факту віднесення територій до встановлених категорій, у тому числі стосовно компенсацій і пільг громадянам, що мешкають або перебувають тимчасово у їх межах, визначається законодавством України. Така класифікація проводиться за різноманітними ознаками: джерелами виникнення, наслідками, масштабами, ступенем небезпеки, залежно від причин виникнення тощо. До класифікаційних ознак надзвичайних ситуацій законодавець відносить: опис ознаки (короткий опис ситуації, випадку, події, пригоди, аварії, явища); одиницю виміру показника ознаки; порогове значення показника ознаки тощо.

Для забезпечення організації взаємодії центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ та організацій у процесі вирішення питань, пов'язаних з НЕС та ліквідацією їх наслідків, законодавством здійснюється класифікація за їх рівнями: державного, регіонального, місцевого або об'єктового рівня. Для визначення рівня НЕС встановлюються такі критерії: територіальне поширення та обсяги технічних і матеріальних ресурсів, що необхідні для ліквідації наслідків надзвичайної ситуації; кількість людей, які

постраждали або умови життєдіяльності яких було порушено внаслідок надзвичайної ситуації; розмір заподіяних (очікуваних) збитків.

Класифікація зон надзвичайних екологічних ситуацій можлива на підставі різних критеріїв, зокрема:- за прикладом загальної класифікації надзвичайних ситуацій, в залежності від причин походження подій, що можуть зумовити виникнення надзвичайних екологічних ситуацій, можна виділяти:

- надзвичайні екологічні ситуації техногенного характеру (транспортні, виробничі аварії, пожежі тощо);
- надзвичайні екологічні ситуації природного характеру (дія природних стихійних сил – землетруси, повені);
- надзвичайні екологічні ситуації соціально-політичного характеру (терористичні акти);
- надзвичайні екологічні ситуації військового характеру.

Перелік всіх надзвичайних ситуацій, визначених у відповідних законодавчих актах Верховною Радою України, згрупованих за ознаками належності до названих типів надзвичайних ситуацій, міститься в Державному класифікаторі надзвичайних ситуацій [61].

За наслідками НЕС можна класифікувати на незворотні, тривалі, тимчасові й суттєві. Масштаби наслідків НЕС визначаються на основі експертної оцінки, прогнозу або результатів модельних експериментів, проведених кваліфікованими експертами.

3.2 Планування робіт щодо охорони праці

В кваліфікаційній роботі освітнього ступеня «бакалавр» проведено аналіз використання технології Блокчейн для Індустрії 4.0. Зазначені інноваційні інформаційно-технологічні концепти активно запроваджуються в багатьох галузях виробництва та господарства. Тому потрібно розглянути питання планування робіт щодо охорони праці.

В Україні передбачено управління охороною праці як на державному, так і на галузевому, регіональному і виробничому рівнях. Загальні положення щодо управління охороною праці, порядок введення в дію системи управління, основні функції і завдання управління викладені в Типовому положенні про систему управління охороною праці на галузевому, регіональному та виробничому рівнях [62].

Метою управління охороною праці є забезпечення безпеки, збереження здоров'я та працездатності людини в процесі трудової діяльності. Таким чином, система управління охороною праці (СУОП) – це сукупність суб'єкта та об'єкта управління, які на підставі комплексу нормативної документації проводять цілеспрямовану, планомірну діяльність з метою забезпечення здорових, безпечних і високопродуктивних умов праці. Охорона праці базується на законах та інших нормативно-правових актах, які є головним джерелом зовнішньої інформації, що надходить до СУОП.

До основних функцій управління охороною праці належать:

- прогнозування і планування робіт;
- організація та координація робіт;
- облік показників, аналіз та оцінка стану умов і безпеки праці;
- контроль за станом охорони праці, функціонуванням СУОП;
- стимулювання діяльності з охорони праці.

До СУОП повинен входити розділ щодо планування робіт з охорони праці. У ньому передбачається планування робіт щодо систематичної ідентифікації небезпеки для здоров'я і безпеки персоналу, поступового підвищення рівня безпеки на підставі визначених пріоритетів [63].

Основні напрями перспективного планування: складання комплексного плану поліпшення стану умов та безпеки праці, який повинен бути складовою плану економічного та соціального розвитку підприємства; поточного (річного) плану заходів з охорони праці, що включаються у розділ «Охорона праці» колективного договору; оперативного (квартального, місячного) плану заходів для структурних підрозділів [64].

Значне місце в СУОП належить системі контролю результативності її дії. Ця система залежно від обсягів виробництва та чисельності працюючих може передбачати: адміністративно-громадський контроль, оперативний контроль з боку керівників робіт та інших посадових осіб, внутрішній аудит охорони праці, контроль з боку служби охорони праці та комісії з охорони праці.

Система контролю повинна забезпечити:

- ідентифікацію та реєстрацію аварій, нещасних випадків та професійних захворювань (для більш повної інформації бажано реєструвати всі, навіть незначні аварії, нещасні випадки, що не призвели до втрати працездатності, — мікротравми);
- додержання працюючими вимог нормативно-правових актів;
- своєчасність проведення періодичних медичних оглядів, навчання та інструктажів з охорони праці;
- визначення обсягів шкідливих виробничих факторів;
- проведення необхідних якісних та кількісних оцінок стану умов та безпеки праці;
- проведення ідентифікації, діагностики, оглядів, випробувань об'єктів, машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки.

За різних методів і встановленої періодичності контролю система повинна передбачати безпосередню участь роботодавця в аналізі функціонування СУОП і прийнятті управлінських рішень [65]. Це забезпечить можливість коригувальних та запобіжних дій.

І останнє, що повинна забезпечити СУОП – стимулювання діяльності структурних підрозділів, застосування дисциплінарно-виховних заходів до осіб, які допускають порушення нормативно-правових актів з охорони праці та положення СУОП.

ВИСНОВКИ

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр» проведено аналіз предметних областей Блокчейн та Індустрія 4.0:

- Описано контекст використання Блокчейну для Індустрії 4.0.
- Виконано обґрунтування доцільності проведення аналізу використання Блокчейну для Індустрії 4.0.
- Висвітлено опис інформаційної технології Блокчейн.
- Розглянуто інноваційну концепцію Індустрія 4.0. Зафіксовано стан та перспективи досліджень.
- Проаналізовано драйвери та механізми запровадження технології Блокчейн для Індустрії 4.0.

В другому розділі кваліфікаційної роботи:

- Описано перспективні можливості Блокчейн для інтеграції в Індустрію 4.0.
- Проаналізовано сфери/субдомени Індустрії 4.0 для використання технології Блокчейн.
- Розглянуто застосування технології Блокчейн для Індустрії 4.0.
- Описано запити Індустрії 4.0, які може вирішити Блокчейн.

У розділі «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» описано надзвичайні ситуації екологічного характеру. Висвітлено планування робіт щодо охорони праці.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

- 1 J. Huang, L. Kong, G. Chen, et al., Towards secure industrial IoT: blockchain system with credit-based consensus mechanism, *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 15 (6) (2019) 3680–3689.
- 2 P. Sandner, A. Lange, P. Schulden, The role of the CFO of an industrial company: an analysis of the impact of blockchain technology, *Future Internet* 12 (8) (2020) 128.
- 3 X.L. Liu, W.M. Wang, H.Y. Guo, et al., Industrial blockchain based framework for product lifecycle management in industry 4.0, *Robot. Comput. Integrated Manuf.* 63 (2020), 101897.
- 4 T.M. Fernandez-Carames, O. Blanco-Novoa, M. Suarez-Albela, et al., A UAV and blockchain-based system for Industry 4.0 inventory and traceability applications. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings* vol. 4, 2018.
- 5 A. Kapitonov, I. Berman, S. Lonshakov, et al., Blockchain based protocol for economical communication in Industry 4.0. 2018 Crypto Valley Conference on Blockchain Technology (CVCBT); 20-22 Jun 2018; Zug, Switzerland, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2018, June, pp. 41–44.
- 6 Duda, O., Kunanets, N., Martsenko, S., Matsiuk, O., Pasichnyk, V., Building secure Urban information systems based on IoT technologies. *CEUR Workshop Proceedings* 2623, pp. 317-328. 2020.
- 7 J.W. Leng, G. Ruan, P. Jiang, et al., Blockchain-empowered sustainable manufacturing and product lifecycle management in industry 4.0: a survey, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 132 (2020), 110112.
- 8 Duda, O., Palka, O., Pasichnyk, V., Matsiuk, O., Kunanets, N., & Tabachyshyn, D. (2020, September). Existing City Assessment Systems. In 2020 IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT) (Vol. 2, pp. 238-241). IEEE.

- 9 J. Leng, S.D. Ye, M. Zhou, et al., Blockchain-secured smart manufacturing in industry 4.0: a survey, *IEEE Transactions on Systems, Man, And Cybernetics: Systems* 51 (1) (2021) 237–252, <https://doi.org/10.1109/tsmc.2020.3040789>.
- 10 U. Bodkhe, S. Tanwar, K. Parekh, et al., Blockchain for industry 4.0: a comprehensive review, *IEEE Access* 8 (2020) 79764–79800.
- 11 C. Lin, D.B. He, X.Y. Huang, et al., BSeIn: a blockchain-based secure mutual authentication with fine-grained access control system for industry 4.0, *J. Netw. Comput. Appl.* 116 (2018) 42–52.
- 12 M. Singh, Blockchain technology for data management in Industry 4.0. In: *Blockchain Technology for Industry 4.0*, Springer, Singapore, 2020, pp. 59–72.
- 13 G. Rathee, M. Balasaraswathi, K.P. Chandran, et al., A secure IoT sensors communication in industry 4.0 using blockchain technology, *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing* 12 (1) (2021) 533–545.
- 14 Duda, O., Pasichnyk, V., Kunanets, N., Antonii, R., Matsiuk, O. Multidimensional Representation of COVID-19 Data Using OLAP Information Technology. *International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies*, 2020, 2, pp. 277–280, 9321889.
- 15 Y. Kayikci, N. Subramanian, M. Dora, et al., Food supply chain in the era of Industry 4.0: blockchain technology implementation opportunities and impediments from the perspective of people, process, performance, and technology, *Prod. Plann. Contr.* (2020) 1–21.
- 16 D.V. Lypnytskyi, Opportunities and challenges of blockchain in industry 4.0, *Economy of Industry* 1 (85) (2019) 82–100.
- 17 P. Mukherjee, D. Singh, The opportunities of blockchain in health 4.0. In: *Blockchain Technology for Industry 4.0*, Springer, Singapore, 2020, pp. 149–164.
- 18 T.B. da Silva, E.S. de Moraes, L.F.F. de Almeida, et al., Blockchain and industry 4.0: overview, convergence, and analysis, *Blockchain Technology for Industry 4* (2020) 27–58, 0.
- 19 Oleksii Duda, Liliana Dzhydzhora, Oleksandr Matsiuk, Andrii Stanko, Nataliia Kunanets, Volodymyr Pasichnyk, Oksana Kunanets. *Mobile Information*

System for Monitoring the Spread of Viruses in Smart Cities. *SISN*. 2020; Volume 8: pp. 65 - 70.

20 Javaid, Mohd, et al. "Blockchain technology applications for Industry 4.0: A literature-based review." *Blockchain: Research and Applications* (2021): 100027.

21 A.E.C. Mondragon, C.E.C. Mondragon, E.S. Coronado, Exploring the Applicability of Blockchain Technology to Enhance Manufacturing Supply Chains in the Composite Materials Industry. 2018 IEEE International Conference on Applied System Invention (ICASI); 13-17 Apr 2018; Chiba, Japan, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2019, pp. 1300-1303.

22 C. Zhang, Y. Chen, A review of research relevant to the emerging industry trends: industry 4.0, IoT, blockchain, and business analytics, *Journal of Industrial Integration and Management* 5 (1) (2020) 165-180.

23 A.G. Khan, A.H. Zahid, M. Hussain, et al., A journey of WEB and blockchain towards the industry 4.0: an overview. 2019 International Conference on Innovative Computing (ICIC); 1-2 Nov 2019; Lahore, Pakistan, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2019, pp. 1-7.

24 I. Jovovic, S. Husnjak, I. Forenbacher, S. Macek, Innovative application of 5G and blockchain technology in industry 4.0, *EAI Endorsed Transactions on Industrial Networks and Intelligent Systems* 6 (18) (2019).

25 Q. Wang, X. Zhu, Y. Ni, et al., Blockchain for the IoT and industrial IoT: a review, *Internet of Things* 10 (2020), 100081.

26 C.T.B. Garrocho, M.C. Silva, C.M.S. Ferreira, et al., Real-time systems implications in the blockchain-based vertical integration of industry 4.0, *Computer* 53 (9) (2020) 46-55.

27 T.M. Fernandez-Carames, O. Blanco-Novoa, I. Froiz-Míguez, et al., Towards an autonomous industry 4.0 warehouse: a UAV and blockchain-based system for inventory and traceability applications in big data-driven supply chain management, *Sensors* 19 (10) (2019) 2394.

28 J. Lohmer, R. Lasch, Blockchain in operations management and manufacturing: potential and barriers, *Comput. Ind. Eng.* 149 (2020), 106789.

29 K. Sabri-Laghaie, S.J. Ghouschi, F. Elhambakhsh, et al., Monitoring blockchain cryptocurrency transactions to improve the trustworthiness of the fourth industrial revolution (industry 4.0), *Algorithms* 13 (12) (2020) 312, <https://doi.org/10.3390/a13120312>.

30 M. Li, D. Hu, C. Lal, et al., Blockchain-enabled secure energy trading with verifiable fairness in industrial internet of things, *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 16 (10) (2020) 6564–6574.

31 I. Froiz-Míguez, P. Fraga-Lamas, J. Varela-Barbeito, et al., LoRaWAN and blockchain based safety and health monitoring system for Industry 4.0 operators 42, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings*, 2019, p. 77.

32 M. Ammar, A. Haleem, M. Javaid, et al., Improving material quality management and manufacturing organisations system through Industry 4.0 technologies, *Mater. Today: Proceedings* 45 (6) (2021) 5089–5096.

33 S. Sajid, A. Haleem, S. Bahl, et al., Data science applications for predictive maintenance and materials science in context to Industry 4.0, *Mater. Today: Proceedings* 45 (6) (2021) 4898–4905.

34 T. Zheng, M. Ardolino, A. Bacchetti, et al., The applications of Industry 4.0 technologies in manufacturing context: a systematic literature review, *Int. J. Prod. Res.* (2020) 1–33.

35 A.H. Sodhro, S. Pirbhulal, M. Muzammal, et al., Towards blockchain-enabled security technique for industrial internet of things based decentralised applications, *J. Grid Comput.* 18 (2020) 615–628.

36 P.T. Duy, D.T.T. Hien, D.H. Hien, et al., A Survey on opportunities and challenges of blockchain technology adoption for revolutionary innovation. *SoICT 2018: The Ninth International Symposium on Information and Communication Technology*; 6–7 Dec 2018; Danang City Viet Nam, ACM, New York, NY, USA, 2018, pp. 200–207.

37 J. Hathaliya, P. Sharma, S. Tanwar, et al., Blockchain-based remote patient monitoring in healthcare 4.0.. 2019 IEEE 9th International Conference On Advanced

Computing (IACC); 13-14 Dec 2019; Tiruchirappalli, India, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2019, pp. 87-91.

38 M. Li, K.L. Zhang, J.M. Liu, et al., Blockchain-based anomaly detection of electricity consumption in smart grids, *Pattern Recogn. Lett.* 138 (6) (2020) 476.

39 J. Dai, N. He, H. Yu, Utilising blockchain and smart contracts to enable Audit 4.0: from the perspective of accountability audit of air pollution control in China, *J. Emerg. Technol. Account.* 16 (2) (2019) 23-41.

40 B. Putz, M. Dietz, P. Empl, et al., Ethertwin: blockchain-based secure digital twin information management, *Inf. Process. Manag.* 58 (1) (2021), 102425.

41 A. Haleem, M. Javaid, Industry 4.0 and its applications in dentistry, *Indian J. Dent. Res.* 31 (5) (2020) 824.

42 B. Fu, Z. Shu, X. Liu, Blockchain enhanced emission trading framework in fashion apparel manufacturing industry, *Sustainability* 10 (4) (2018) 1105.

43 M. Swami, D. Verma, V.P. Vishwakarma, Blockchain and industrial internet of things: applications for industry 4.0. In: *Proceedings of International Conference on Artificial Intelligence and Applications*, Springer, Singapore, 2021, pp. 279-290.

44 H.R. Hasan, K. Salah, R. Jayaraman, et al., A blockchain-based approach for the creation of digital twins, *IEEE Access* 8 (2020) 34113-34126.

45 A. Dolgui, D. Ivanov, S. Potryasaev, et al., Blockchain-oriented dynamic modelling of smart contract design and execution in the supply chain, *Int. J. Prod. Res.* 58 (7) (2020) 2184-2199.

46 S.H. Jang, J. Guejong, J. Jeong, et al., Fog computing architecture based blockchain for Industrial IoT. *Computational Science - ICCS 2019. ICCS 2019. Lecture Notes in Computer Science*, in: J. Rodrigues (Ed.) vol 1153, Springer, Cham, 2019, pp. 593-606.

47 A.O. Kwok, S.G. Koh, Neural network insights of blockchain technology in manufacturing improvement. 2020 IEEE 7th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA); 16-21 Apr 2020; Bangkok, Thailand, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2020, pp. 932-936.

48 M. Holland, J. Stjepandic, C. Nigischer, Intellectual property protection of 3D print supply chain with blockchain technology; 17-20 Jun 2018; Stuttgart, Germany, in: 2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC), IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2018, pp. 1-8.

49 I. Islam, K.M. Munim, S.J. Oishwee, et al., A critical review of concepts, benefits, and pitfalls of blockchain technology using concept map, IEEE Access 8 (2020) 68333-68341.

50 C. Hennebert, F. Barrois, Is the blockchain a relevant technology for the Industry 4.0?. 2020 2nd Conference On Blockchain Research & Applications For Innovative Networks And Services (BRAINS); 28-30 Sept 2020; Paris, France IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2020, pp. 212-216.

51 S. Khan, R. Singh, Kirti, Critical factors for blockchain technology implementation: a supply chain perspective, Journal Of Industrial Integration And Management (2021), 2150011, <https://doi.org/10.1142/s2424862221500111>.

52 J.W. Leng, P.Y. Jiang, Evaluation across and within collaborative manufacturing networks: a comparison of manufacturers' interactions and attributes, Int. J. Prod. Res. 56 (15) (2018) 5131-5146.

53 H. Zhang, Q. Liu, X. Chen, et al., A digital twin-based approach for designing and multi-objective optimization of hollow glass production line, IEEE Access 5 (2017) 26901-26911, <https://doi.org/10.1109/access.2017.2766453>.

54 P. Pinheiro, R. Santos, R. Barbosa, Industry 4.0 multi-agent system based knowledge representation through blockchain. In: International Symposium on Ambient Intelligence, Springer, Cham, 2018, pp. 331-337.

55 K. Kuhi, K. Kaare, O. Koppel, Ensuring performance measurement integrity in logistics using blockchain. 2018 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI); 31 Jul-2 Aug 2018; Singapore, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 2018, pp. 256-261.

56 D. Schoenle, K. Wallis, J. Stodt, et al., Industry use cases on blockchain technology. In: Industry Use Cases on Blockchain Technology Applications in IoT and the Financial Sector, IGI Global, Hershey, PA, USA, 2021, pp. 248-276.

57 C.H. Lim, S. Lim, B.S. How, et al., A review of industry 4.0 revolution potential in a sustainable and renewable palm oil industry: HAZOP approach, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 135 (2021), 110223.

58 B. Bhushan, C. Sahoo, P. Sinha, et al., Unification of blockchain and Internet of Things (BIoT): requirements, working model, challenges and future directions, *Wireless Network* 27 (1) (2021) 55-90.

59 Надзвичайні ситуації екологічного характеру. Основні принципи класифікації. URL: https://vuzlit.com/113542/nadzvichayni_situatsiyi_ekologichnogo_harakteru_osnovni_printsipi_klasifikatsiyi.

60 Стаття 65. Зона надзвичайної екологічної ситуації. URL: https://protocol.ua/ua/pro_ohoronu_navkolishnogo_prirodnogo_seredovishcha_statty_a_65/.

61 Державний класифікатор надзвичайних ситуацій. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0552565-01#Text>.

62 Про Типове положення про службу охорони праці. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0140-93#Text>.

63 Розділ СУОП: планування робіт з охорони праці. URL: <https://studfile.net/preview/7333705/page:2/>.

64 План роботи служби з охорони праці. URL: <https://www.sop.com.ua/article/862-plan-roboti-slujbi-z-ohoroni-prats>.

65 Система управління охороною праці в організації. URL: <http://nkker.com/wp-content/uploads/2020/04/10.04-OP-v-galuzi-YU-41-42-Lektsiya-2.pdf>.