

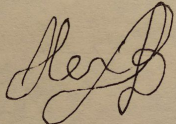
**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ
ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Факультет комп'ютерних наук та кібернетики
Кафедра прикладної статистики

Кваліфікаційна робота
на здобуття ступеня бакалавра
за спеціальністю 124 Системний аналіз
на тему:

**Дослідження перспектив впровадження технологій Blockchain для
моніторингу логістичних процесів в реальному часі**

Виконав студент 4-го курсу
Баранюк Олександр Андрійович

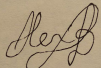


Науковий керівник :
асистент, кандидат фіз.-мат. наук
Шевчук Юлія Михайлівна



Засвідчую, що в цій роботі немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.

Студент



Роботу розглянуто й допущено до захисту на
засіданні кафедри прикладної статистики
«6» червня 2022р.,

протокол No 11

В.о. завідувача кафедри
Розора Ірина Василівна



ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ЛОГІСТИЧНІ ЛАНЦЮГИ	7
Цифрова трансформація ланцюга поставок	15
Вирішення питань відслідковування та відстеження	18
Заключення по відслідковуванню та відстеженню	22
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЯ БЛОКЧЕЙН	25
Смарт контракти	29
Смарт контракти Ethereum	30
Властивості та переваги блокчейну	31
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИКЛАДУ СИСТЕМИ ВІДСЛІДКУВАННЯ ТА ВІДСТЕЖЕННЯ	36
Фізичний потік в зовнішній логістиці	36
Інформаційний потік в зовнішній логістиці	37
Проблеми	38
РОЗДІЛ 4. АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН	40
Застосування блокчейну в відслідковуванні та відстеженні	43
Проблеми реалізації	45
ВИСНОВКИ	51
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ТА ПОСИЛАННЯ	53
ДОДАТОК	55

ВСТУП

Глобалізація разом із сучасними тенденціями розвитку, такими як скорочення життєвого циклу продукції та зниження прибутку, призвели до того, що управління ланцюгом поставок стало складнішим, ніж будь-коли (Ніджаја, 2018). Ці виклики у сфері ланцюгів поставок стали пріоритетними проблемами для організацій, оскільки вони впливають на загальну ефективність, вартість, якість бізнесу і, головне, обслуговування клієнтів. Останні дослідження показують, що прозорість ланцюжка поставок забезпечує високий рівень довіри серед зацікавлених сторін і покращує обслуговування клієнтів, тим самим вселяючи довіру на довгострокову співпрацю (He et al., 2008).

Своєчасна доставка продукції клієнту стає стратегічною метою глобальних компаній. Епоха діджиталізації та «досвід Amazon» у секторі роздрібної торгівлі привчила клієнтів мати можливість відслідковувати та відстежувати їх товар в будь-який момент часу (Wognum et al., 2010). Таким чином, компанії почали серйозно цікавитися сферою відслідковування і відстеження з двох причин: по-перше, покращити обслуговування клієнтів, а по-друге, щоб відстежувати власні важливі продукти.

Pizzuti and Mirabelli (2015) наголошують на необхідності мати систему відстеження продукту, щоб забезпечити зв'язок між фізичним потоком продукту та потоком інформації, а також забезпечити повну історію шляху на майбутнє. Використання відслідковування може додатково надати уявлення про оцінку якості та продуктивності логістичної системи (Allata et al., 2017). Система безперервного моніторингу також забезпечує швидше виявлення будь-яких проблем у процесі логістики. (Narshimhalu et al., 2015). Однак

вартість і зміни, необхідні для впровадження відслідковуваності, є одним із головних бар'єрів для малих галузей (Allata et al., 2017).

Sarkis et al. (2011) стверджують, що невдачі у встановленні надійного каналу зв'язку впливають на довіру між компанією та її клієнтами. Тому потреба в інформаційних системах і технологіях для покращення обміну інформацією стала важливою. У той же час інформація не повинна мати жодних невизначеностей (Pizzuti and Mirabelli, 2015). Саме тут вступає в гру технологія блокчейн, яка може забезпечити прозорість, відстежуваність і довіру до неефективних бізнес-практик (Kim and Laskowski, 2017).

У наведеному вище розділі коротко викладено поточний стан та потреби відслідковування та відстеження в сучасному бізнес-середовищі. Метою цієї роботи є дослідження доступних технологій для відслідковування та відстеження продуктів. Крім того, також вивчається перспектива застосування технології блокчейн для зовнішньої логістики та пропонується схема для впровадження.

Література та тематичні дослідження у сфері управління ланцюгами поставок доступні у великій кількості. Однак у випадку з технологією блокчейн те ж саме обмежено. Блокчейн вважається революційною та досить свіжою технологією, проте існує потреба в зрозумілій картині того, як цю технологію можна впровадити для підвищення ефективності ланцюга поставок. Нуре Cycle Gartner також підтверджую перспективність блокчейну та прогнозує, що він буде комерційно життєздатним у найближчому майбутньому (Gartner, 2017). На рисунку 1 показано, що блокчейн, станом на 2017, перетнув «Пік задертого очікування», що просувається до «ями розчарування».

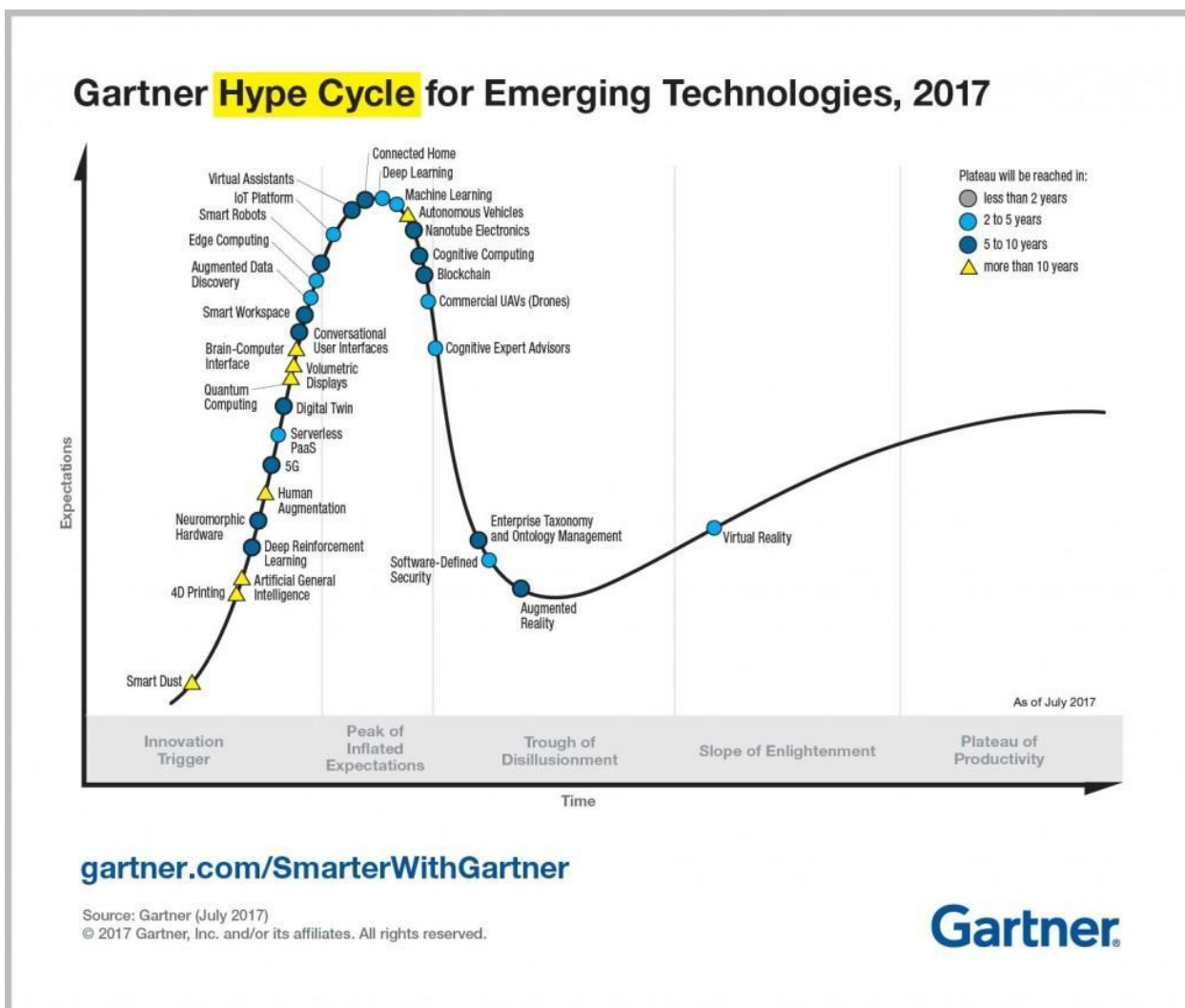


Рисунок 1. Gartner Hype Cycle (Gartner, 2017)

Крім цього, робота формує такі дослідницькі питання:

- **Питання 1:** Для чого необхідне відслідковування та відстеження товару у зовнішній логістиці?
- **Питання 2:** Які технології доступні для забезпечення рішень для відслідковування та відстеження?
- **Питання 3:** Як технологія блокчейн вписується в рішення для відслідковування та відстеження?
- **Питання 4:** З якими проблемами можуть зіткнутися організації під час впровадження технології блокчейн у зовнішню логістику?

Робота зосереджується на потенційному застосуванні блокчейну в зовнішній логістиці та аналізує проекти, реалізовані для відслідковування та відстеження в управлінні ланцюгом поставок. Огляд об'єктів дослідження звужується від ширшої теми ланцюга поставок до відслідковування та відстеження у вихідній логістиці.

Ця робота поділена на 6 частин. У вступі наведено коротку довідкову інформацію по темі та пояснення мети роботи, обсяг та обмеження дослідження. У першому розділі розглядається відповідна інформація про ланцюжок поставок, зовнішню логістику та цифрову трансформацію в ланцюжку поставок. У другому розділі розглядається технологія блокчейн та можливості, які вона надає в контексті роботи. В третьому розділі розглядається тематичний приклад. Четвертий розділ присвячений застосуванню і проблемам, які пов'язані з впровадженням технології блокчейн. Нарешті, висновок завершує дослідження та обговорює ключові моменти всієї роботи.

РОЗДІЛ 1. ЛОГІСТИЧНІ ЛАНЦЮГИ

Основний принцип ланцюга поставок залишився незмінним. Ланцюг постачання – це мережа, створена для розповсюдження продукту між різними суб'єктами, такими як виробник, постачальники та дистриб'ютори, які є зацікавленими сторонами (Londe & Masters, 1994). Walters (2007) зазначає, що кожна компанія постачає своїм споживачам товари, які відповідають їх потребам. Щоб задовольнити цю вимогу, підприємствам потрібно вирішити, як забезпечити оптимальне постачання продуктів та інформації, щоб задовольнити запити споживачів (Christopher, 2005). Stadtler et al. (2014) додає, що ланцюг поставок складається щонайменше з двох юридично різних організацій, пов'язаних потоками грошей, товару та інформації. Він об'єднує компанії кінцевої продукції ланцюга поставок, інфраструктуру розподілу, постачальників і споживачів (Stadtler et al., 2014).

Ланцюжок поставок являє собою мережу партнерів, відповідальних за перетворення ресурсів (на початку) в готовий продукт (в кінці), який оцінюється кінцевим користувачем, тим самим додаючи кожного партнера до ланцюга вартості (Harrison, et al. 2008). Tyndall et al. (1998) додає процес, або роботу, як четвертий потік на додаток до фізичних потоків, потоків фінансів та інформації, тоді як Stank et al. (2001) твердить, що фінанси, інформація, оцінка товарів/послуг та місцезнаходження клієнтів складають ланцюг поставок. У літературі виділяється недостатнє розуміння концепції управління ланцюгом поставок (Supply chain management = SCM); тому визначення, запропоноване в цьому дослідженні для управління ланцюгом поставок, є визначенням, запропонованим Sim-Chi-Levi, et al. (2008), де сказано:

«Управління ланцюгом постачання — це набір підходів, які використовуються для ефективної інтеграції постачальників, виробників, складів і магазинів, щоб товари вироблялися та розподілялися в потрібних кількостях, у потрібних місцях і в потрібний час, для мінімізації загальносистемних витрат, відповідаючи вимогам рівня обслуговування»

Визначення включає всі функції (логістика, розвиток, фінанси, маркетинг тощо) і враховує вплив постачальників і клієнтів (Simchi-Levi, et al., 2008). Цей підхід розглядає ланцюг поставок як систему та включає процес ланцюжка поставок партнерів (Simchi-Levi et al., 2008).

Рисунок 2 показує складність управління ланцюгом поставок, оскільки він зображений як конвеєр. Ballou (2004) визначає управління ланцюгом поставок як синхронізацію різних побічних потоків (продуктів, інформації, фінансів, прогнозів тощо) через різні функціональні сфери підприємства (логістика, маркетинг, розподіл, виробництво, планування тощо) та через зовнішні фірми ланцюга поставок (Villalmanzo 2018). Mentzer et al. (2001) далі додає, що ця координація включає певний ступінь довіри, ризику, прихильності та залежності від життєздатності як між внутрішнім, так і зовнішнім корпоративним обміном. Отже, управління ланцюгом поставок не може повністю розкрити свій потенціал без достатньої командної роботи (Villalmanzo, 2018).

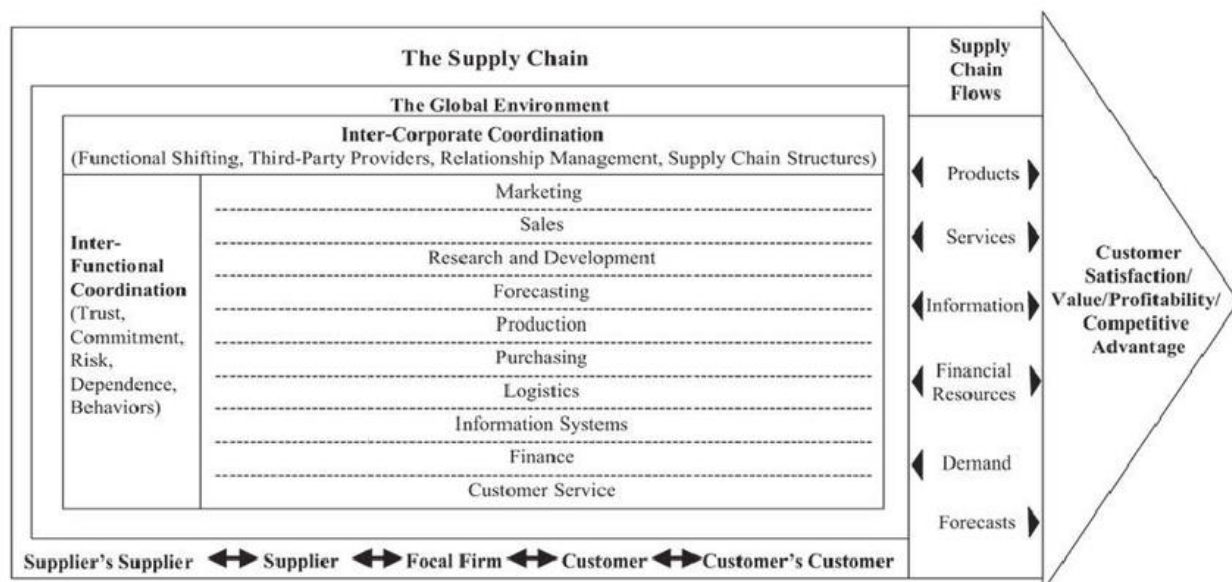


Рисунок 2. Модель управління ланцюгом постачання (Ballou, 2004)

Для досягнення взаємодії та внутрішньої координації застосовуються засоби обміну інформацією та ІТ-системи. Потік даних — це механізм взаємозв'язку між різними системами ланцюга поставок, який прагне мінімізувати невизначеність за допомогою даних про дії інших учасників

шляхом обміну інформацією між партнерами ланцюга поставок (Harrison et al., 2008). Ця модель підкреслює цінність кінцевого споживача. Harrison et al. (2008) зазначає, що діяльність ланцюга поставок дозволяє протікати інформації та валюті, таким чином робить задоволення клієнта важливою частиною управління ланцюгом постачання для організації (Mentzer et al., 2001).

Однак у стратегічному контексті ця модель управління ланцюгом поставок зосереджується на підвищенні ефективності та результативності системи з метою отримання необхідної конкурентної переваги, яка в кінцевому підсумку приносить конкурентоспроможність (Ballou, 2004). Mentzer et al. (2001) також відзначають, що головні цілі управління ланцюгом поставок полягають у максимізації цінності та задоволеності споживачів, що веде до збільшення конкурентних переваг для ланцюга поставок і, що ще більш важливо, для компанії. Більше того, суперництво між ланцюгами поставок більше не існує, оскільки різні фірми більше не можуть конкурувати одна проти одної (Waters, 2007). Таким чином, об'єднання і співпраця закритих і відкритих організацій через ланцюг поставок не є основною метою управління ланцюгом поставок, а натомість є вимогою для досягнення ефективної та продуктивної системи. Тому нижче коротко обговорюються такі ключові аспекти, пов'язані з успішним управлінням ланцюгом поставок.

- Цінність і задоволеність клієнта: Нинішні ринки керуються клієнтами, і суб'єктивна оцінка компанії стає критичним фактором для споживача (Simchi-Levi, et al., 2008). З більшою доданою вартістю та зниженими цінами клієнти створюють дедалі більше попиту на товари (Waters, 2007). Emmett and Crocker (2007) стверджують, що споживачі в основному віддають перевагу наявності певного продукту, часу виконання замовлення, витратам і рівню обслуговування.
- Конкурентна перевага: Ефективність управління ланцюгом поставок покращується завдяки постійному задоволенню попиту споживачів і

доданню вартості послуг, що забезпечує стійке джерело конкурентних переваг (Waters, 2007).

- **Інтеграція:** Інтеграція потоків відправлення і отримання покращує роботу всього ланцюга поставок і вимагає необхідної підтримки для координації партнерів ланцюга поставок, шляхом встановлення спільного управління потоками ресурсів та інформації (Harrison, et al., 2008). Єдина інтегрована функція є засобом, за допомогою якого компанії скоординовано керують переміщенням ресурсів та інформації (Waters, 2007).

Відповідно до теорії ланцюга вартості від Майкла Портера, розгляд є найкращим підходом до створення ланцюга вартості на рівні бізнес-одиниці, а не на рівні організації чи підрозділу. Коли товар проходить через ланцюг створення вартості, його вартість зростає. Починаючи з виробників, які надають необхідні ресурси для створення продуктів і використання мереж, таких як роздрібні торговці, до кінцевих споживачів, усі ці процеси включають ланцюжок створення вартості або систему націнки (Porter, 1985). Рисунок 3 показує запропоновану Портером систему цінності ланцюга поставок.

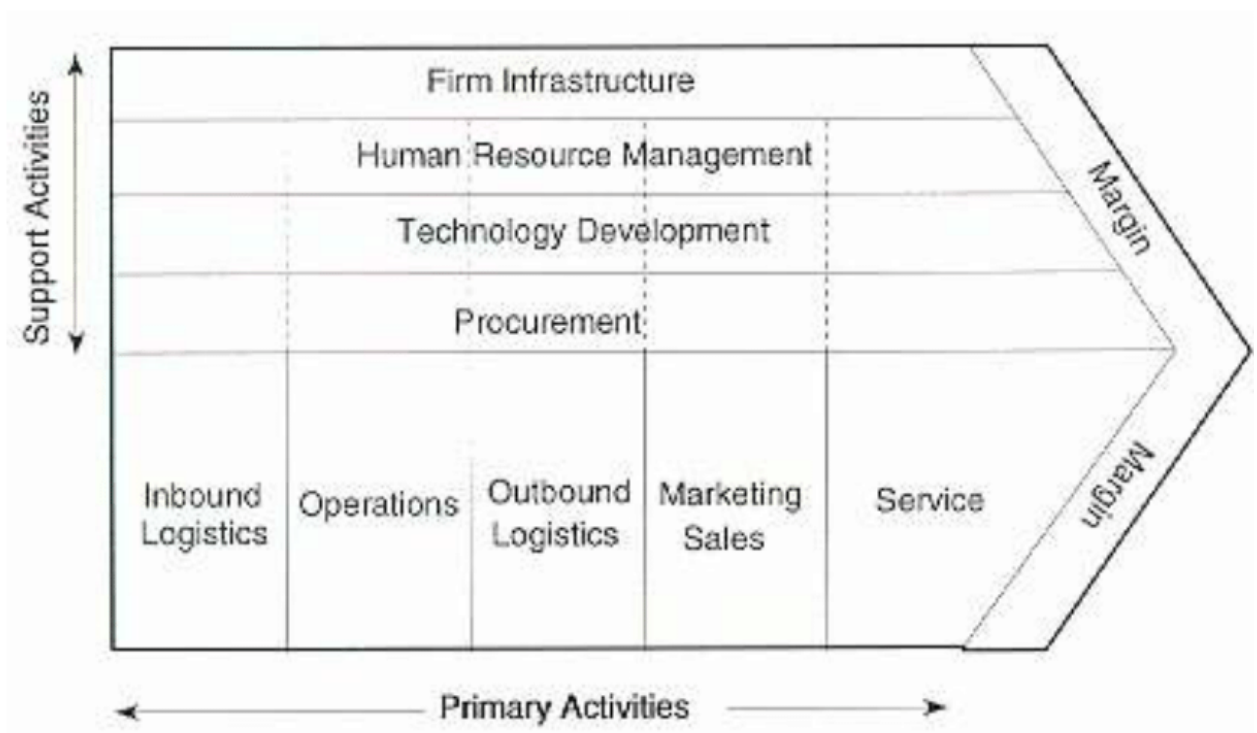


Рисунок 3. Ланцюг цінності і конкурентної переваги (Porter, 1985)

Портер (1985) перераховує такі види діяльності в моделі як основні:

- Внутрішня логістика: охоплює всі внутрішні операції, необхідні для переміщення сировини, а також запасів від виробників до фабрик.
- Операції: включає всі операції, необхідні для перетворення сировини, оплати робочої сили та інших допоміжних витрат у вихідні дані на основі товарів або послуг.
- Зовнішня логістика: включає всі операції, пов'язані зі зберіганням і доставкою кінцевим клієнтам.
- Маркетинг і продажі: Це стосується стимулювання продажу продуктів і послуг.
- Обслуговування: охоплює всі операції після продажу, необхідні для збереження статусу продукту або послуги для клієнта.

Також в парадигмі Портера показані допоміжні заходи:

- Інфраструктура фірми: включає всі ключові функціональні завдання, які підтримують повсякденну діяльність організації, такі як маркетинг, адміністрування, фінанси та бухгалтерський облік тощо.
- Управління людськими ресурсами (HRM): включає всі практики, пов'язані з управлінням людським капіталом і відносинами всередині бізнесу.
- Розвиток технологій: охоплює технологічний досвід, застосування, процеси та обладнання, що використовуються у виробничому процесі компанії.
- Закупівля: включає всі види діяльності, які обслуговують потреби компанії шляхом придбання ресурсів із зовнішнього ринку.

Farahani et al., (2011) описує логістику як обробку переміщення товарів і пов'язану з цим передачу інформації. Він також стверджує, що логістика включає в себе кілька різних процесів, таких як замовлення доставки, складування, управління складом, розподіл і пакування. Логістичний метод

вимагає багато співпраці між працівниками, і можна зробити висновок, що значна частина логістичної роботи пов'язана з ефективним процесом спілкування (Farahani et al., 2011).

Karlsson and Reumark (2007) визначають зовнішню логістику як всю логістичну діяльність, що відбувається після стадії виробництва. Така діяльність пов'язана з доставкою, підготовкою та управлінням матеріалами постачання клієнтам і від них (Karlsson and Reumark, 2007). Логістичні операції змінилися від традиційного підходу економічної ефективності до меншого часу виконання, клієнтоорієнтованості та посиленої стратегії підтримки. Логістика – це не просто «економія грошей»; тепер це невід'ємна частина стратегії обслуговування та клієнтоорієнтованості (Farahani 2011, p.203).

Lai & Cheng (2009, p39) поділяють управління логістикою на чотири частини.

- Обслуговування клієнтів спрямоване на суть управління ланцюгом поставок, завдяки доставці правильного товару в потрібній кількості в потрібне місце за найнижчою ціною та в хорошому стані. Задоволений клієнт, швидше за все, повернеться до того самого постачальника/виробника і заохотить інших купувати у того ж постачальника/виробника через якість послуг, які вони отримують.
- Обробка замовлень є одним із ключових компонентів, оскільки вона об'єднує операції від розподілу до самого виконання замовлення і до того, як споживач отримає своє відправлення. Burnson (2006) зазначає, що клієнти завжди вимагають безперервного постачання інформації про придбання, коли справа доходить до виконання їх замовлень. Це ставить перед менеджером із закупівлі завдання спілкуватися з внутрішніми зацікавленими сторонами (виробнича група) і зовнішніми зацікавленими сторонами (постачальники логістичних послуг (LSP) тощо) і надавати клієнту приблизний час на виконання та іншу необхідну інформацію.

- Контроль запасів — це здатність компанії передбачати ринковий попит і майбутнє зростання, а також підтримувати якомога менший курс своїх акцій. Із зростанням глобалізації та збільшенням термінів доставки, практика управління запасами стала ще важливішою (Waters, 2002).
- Транспортування є центральним фактором у процесі розподілу, оскільки воно стосується передачі сировини та готової продукції з одного кінця ланцюга постачання до іншого (Lai & Cheng, 2009, p.39). Організації визначають, що необхідно перевозити та який найефективніший метод транспортування в доступності, наприклад, визначають способи подорожі, маршрут і час виконання.

Транспортування розглядається як точка фокусу аналізу, тому проводиться ретельніше дослідження. Управління транспортом описується як транспортування продукції зі складу виробника до кінцевого споживача (Bhatnagar 2009, p133, Sarkisov 2001).

Управління транспортуванням складається з двох частин: внутрішні перевезення, що відносяться до управління транспортуванням від виробника до клієнта, і зовнішні транспортування, що відносяться до управління перевезеннями від підприємства до споживача (Lai & Cheng, 2009, p.133); В управлінні транспортуванням зазвичай беруть участь щонайменше три учасники: відправник, перевізник і одержувач. Відправник — це той, кому необхідно перевезти товар; Уряд і громаду також можна розглядати як партнерів у прийнятті транспортних рішень у більш широкому спектрі. Мета відправника і одержувача одна і та ж: якнайшвидше транспортувати/отримати продукцію за найменшу кількість часу. Мета перевізника, однак, полягає в тому, щоб реалізувати якомога більше відправлень з мінімальними зусиллями та більшою ефективністю. Уряд має такі функції, як впровадження дорожніх правил, як-от час, протягом якого водій вантажівки може їздити на перевізнику без перерви або тарифів. З іншого боку, громада більше стурбована впливом транспорту на їхнє життя, таким як проблеми безпеки, аварії та забруднення навколишнього середовища (Bhatnagar, 2009, p.135-137).

Bhatnagar (2009, p.133-141) виділяє п'ять видів транспортування : водний, залізничний, автомобільний, повітряний і трубопровідний. Компанії визначають вид транспорту, враховуючи свої потреби та потреби своїх клієнтів (Blanchard, 2010, p.70). Крім того, беручи до уваги нинішній конкурентний ринок, робота Teo and Shu's стверджує, що компанія може розвивати ефективну мережу, щоб надавати послуги за найнижчими витратами. Компанія повинна враховувати дві речі, вибираючи мережу дистрибуції; по-перше, спосіб доставки товарів клієнтам, по-друге, посередників, які беруть участь у потоці до клієнта (Chopra, 2001). Мережа поставок та проектування каналів становить найбільшу проблему для нинішніх компаній. Основна проблема полягає в тому, що точки підключення необхідно узгодити з мережею ланцюга поставок (Ballou, 2001). На рисунку 4 зображена типова мережа ланцюга поставок.

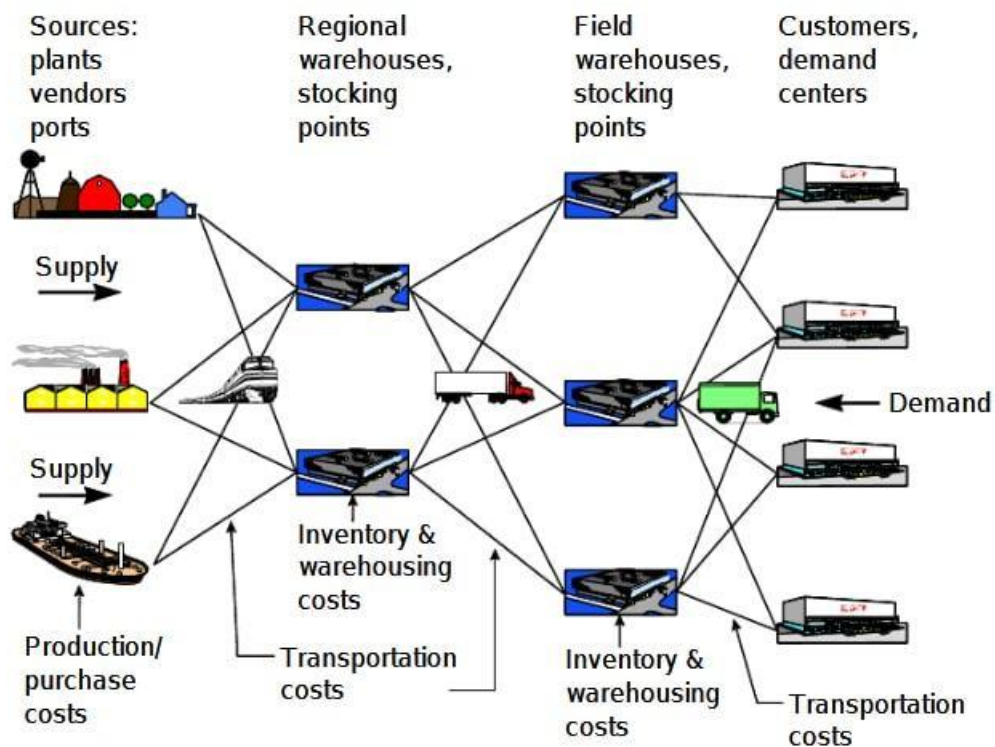


Рисунок 4. Типова мережа ланцюга поставок (Ballou, 2001)

Вибір відповідного каналу дистрибуції є важливим рішенням для компаній, які бажають вийти на кілька сегментів ринку. По'єднання каналів допомагають структурувати управління каналами розподілу (Ballou, 2001).

Etzel et al. (2004) надають деякі прості та домінуючі канали розподілу від одного до кількох рівнів, тоді як Kotler and Keller (2008, с.490) запропонували гібридний канал розподілу, де виробник/виробник використовує декілька каналів. Рисунок 5 ілюструє різні канали розподілу.

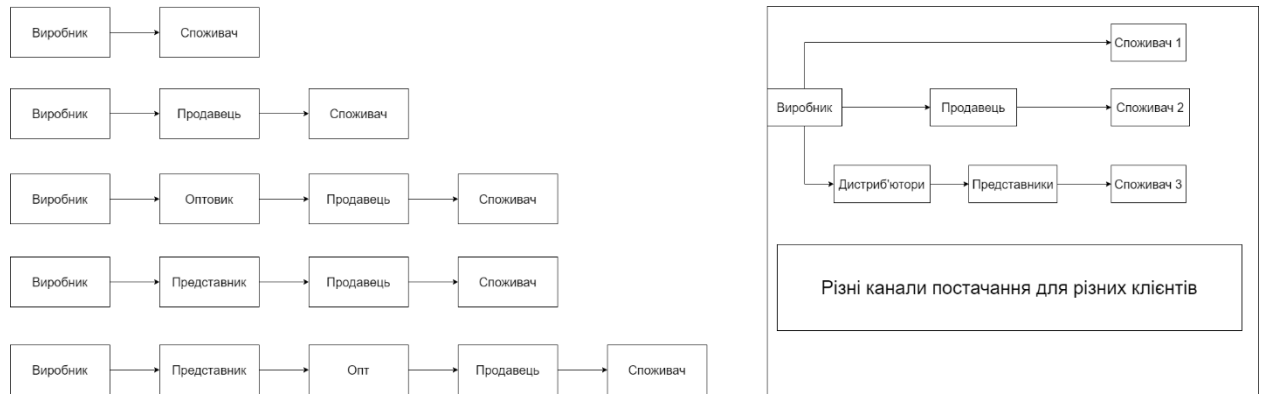


Рисунок 5. Прості і гібридний канали розподілу

Комунікація є ще одним основним фактором розвитку та підтримки відносин, а більш відкрита комунікація між зацікавленими сторонами призводить до більших шансів на створення перспективних ідей та практик (Blanchard, 2010, р.85). Насправді клієнти покладають високі очікування, які можна задовольнити за допомогою чудового сервісу, а кращі комунікаційні ресурси є засобом їх досягнення (Blanchard, 2010, р.134).

1.1 Цифрова трансформація ланцюга поставок

Цифрова трансформація є однією із найбільш значущих бізнес-подій нашого часу (GT Nexus, 2016). Ця трансформація спостерігається всередині або між організаціями та їхніми клієнтами. Успіх організації тепер залежить від ефективності роботи мережі партнерів ланцюга поставок для доставки товарів і послуг, які відповідають потребам її клієнтів. Цей процес створює вражаючу кількість даних і є критичним для управління ланцюгом поставок через здатність керувати даними та інформацією (Rushton et al., 2007).

Згідно з опитуванням, проведеним GT Nexus (2016), 75 відсотків респондентів вважають, що цифрова трансформація ланцюга поставок «справді необхідна». Цифрова трансформація всіх процесів та інформаційних потоків між кожним партнером по ланцюжку поставок необхідна для досягнення успішного цифрового переходу на підприємстві. Waters (2007) охоплює телефонію, мережу, збір даних, аналіз даних та обмін інформаційними технологіями (IT). Планування ресурсів підприємства (ERP) — це база даних, яка дозволяє отримувати дані про весь бізнес і відіграє важливу роль у розвитку підприємства (Rushton, et al., 2007). Просунуте планування та створення розкладу (APS) — це інструмент, який використовує інформацію в реальному часі для підтримки прийняття рішень у ланцюжку поставок та оперативного планування (Rushton, et al., 2007). APS разом з іншими інформаційними системами, такими як система управління складом (WMS), система управління транспортом (TMS) тощо, орієнтовані на процеси і можуть бути вбудовані в систему ERP (Rushton, et al., 2007).

Harrison et al. (2008) зазначає, що вони можуть бути неузгодженими один з одним з огляду на спільне використання вищезгаданих міжорганізаційних структур, проте виникнуть високі витрати на впровадження та розгортання. Інтернет-платформи забезпечують крос-платформний обмін повідомленнями і можуть використовуватися як посередник між бізнесами для просування доступу до нових клієнтів і нових бізнес-можливостей, таких як е-комерція та е-бізнес. Нижче наведено короткий список ключових технологій, які наразі впливають на цикл цифрової трансформації:

- Датчики та IoT: дані збираються і документуються автоматично та в режимі реального часу за допомогою датчиків, встановлених практично у всіх компонентах товарів і виробничому обладнанні. Датчики підключаються до центральних систем через захищені бездротові мережі, забезпечуючи онлайн-дані, які зберігаються разом із історичними даними в єдиній інформаційній системі (Villalmanzo, 2018).

- Автономні транспортні засоби: ця технологія все ще знаходиться на стадії розробки, але потреба в водіях зменшується. Автономні транспортні засоби в основному використовуватимуться в логістиці безпілотними вантажівками, де вони будуть покладатися на картографування ближнього радіусу дії та радіолокаційне програмне забезпечення для оцінки середовища транспортного засобу. Вони також можуть використовувати зв'язок з іншими автомобілями на дорозі для збору інформації, щоб прискорити транспортний потік та мінімізувати забруднення та ризик ДТП (Villalmanzo, 2018).
- Хмарні обчислення: Хмарні обчислення — це розподілена мережа, яка забезпечує централізоване хаб-підключення, що з'єднує наскрізні програми з партнерами DSN. Таким чином, ця хмарна платформа забезпечує співпрацю та пропонує різноманітні персональні можливості доставки та роботи в мережі (McKinsey & Company, 2015).
- Біг дата: Біг дата – це бази даних, розмір яких перевищує можливості збору, зберігання, керування та аналізу традиційних програмних засобів набору даних. Кілька джерел даних, включаючи історичні дані та дані в реальному часі, ідентифікуються, об'єднуються та керуються механізмами біг дата (Villalmanzo 2018). Спочатку вони визначають та пов'язують найбільш релевантні дані, потім синхронізують та об'єднують фрагментовані дані перед виконанням видалення зайвого, а потім ігнорують відсутню інформацію. Отримана інформація використовуються для аналізу даних, аналізуючи біг дата, приймаються раціональні рішення і проводяться збори корисних даних (Manuika, et al., 2011).
- Блокчейн: це зашифрований відкритий запис даних, у якому підприємства можуть шукати фізичні активи та документувати всі

свої транзакції. Він також забезпечує загальний доступ до однієї і тієї ж інформації для всіх схвалених сторін, зменшуючи ризик контакту або передачі помилок даних. Як наслідок, тестування результатів займає менше часу, тому ці послуги можуть бути спрямовані на покращення якості, економію, або на те й інше (Deloitte, 2018).

1.2 Вирішення питань відслідковування та відстеження

Kunnari (2018) провів широке дослідження з аналізу різних доступних рішень для відслідковування та відстеження та стверджує, що використання цих рішень значно зросло за останні роки. Одними з основних причин цього є еволюція нових технологій, падіння цін і глобальний масштаб сучасності. А ще час роботи батареї в мініпристроях зробив реалізацію програми відслідковування та відстеження простішою, ніж будь-коли (Schrauf and Berttram 2016; Kunnari 2018). Такі методи, як керування даними в реальному часі, що полегшує отримання інформації, зараз широко використовуються. Завдяки усуненню бар'єрів, це дозволяє обмінюватися та синхронізувати цінну інформацію в мережі ланцюга поставок, мотивація зросла в контексті ланцюга поставок (Kunnari, 2018). Доступні рішення для відслідковування та відстеження допомагають компаніям обмінюватися інформацією, щоб протидіяти ефекту «батога» з управління ланцюгом поставок (Kouvelis et al. 2006; Kunnari, 2018). Lee et al., (1997) описує ефект батога як відхилення замовлень, яке може бути більше, ніж у продажах, і варіація зазвичай збільшується в міру просування вгору в ланцюжку поставок. У наступних розділах розглядаються різні методи та системи, що використовуються в управлінні ланцюгом поставок.

- RFID: радіочастотна ідентифікація (RFID) була винайдена в 1948 році, але знадобилося багато часу, щоб система була недорогою та

достатньо точною для широкого використання (Kunnari, 2018). За своєю природою RFID є бездротовою може розглядатися як найпростіша концепція, яка використовує міткове кодування. Стандартна мережа RFID складається з трьох компонентів: RFID-трекер, який служить міткою, процесор тегів з антеною і трансивером і, не в останню чергу, хост-машина, яка підключається до бізнес-системи. Функція тега полягає в зборі та передачі даних у режимі реального часу за допомогою радіохвиль. Конкретна інформація про запас або доставку міститься на наклейці, яку читач потім ідентифікує та записує (Kunnari, 2018). Angeles (2005) далі додає, що RFID використовувався для відстеження продуктів і активів через ланцюжок поставок транспортом у роздрібному бізнесі. Портали зчитування встановлюються в основних областях ланцюга, таких як порти завантаження роздрібних торговців, консолідатори, експедитори та центри доставки. Системи моніторингу періодично оновлюються, оскільки об'єкти з тегами переміщуються через зчитувачі (Kunnari, 2018).

- RFID і GPS: хоча RFID має багато переваг, коли використовується всередині складів для цілей інвентаризації та обробки матеріалів, відстеження часто втрачається, коли він покидає склад до наступної ідентифікації. Технологія GPS служила для відстеження першочергових та лікарських вантажів. (He et al. 2009, pp. 2-3; 2018). При спільному використанні технології RFID і GPS дають більші переваги, оскільки вони допомагають у підготовці внутрішньої та зовнішньої логістики і в кінцевому підсумку узгоджуються з системами планування ресурсів. Переваги включають бездоганну видимість, покращену надійність, краще прийняття рішень щодо внутрішніх і зовнішніх завантажень і розвантажень, динамічну маршрутизацію вантажів, покращену

транспортну пропускну здатність та автоматичне включення звітності про підтримку прийняття рішень щодо відправлення (Kunnari, 2018). Коли ці методи інтегруються, досягається абсолютна точність моніторингу ланцюга поставок (Wang et al . 2008, pp. 295-296, Kunnari 2018).

- GPS та GSM: Ключове обґрунтування використання технології GPS та GSM для цілей моніторингу та відстеження – це економія та надійність. Сьогодні у всі смартфони влаштована ця технологія, і також вона використовується для відстеження автомобілів. GPS і GSM використовуються в моніторингу автомобілів через різноманітність способів використання цих систем, а також простоту використання. (Lee et al. 2014, p. 353; 2018). Знання місцезнаходження транспортного засобу є однією з найбільших проблем у програмах відслідковування та відстеження, і цей пристрій дозволяє отримати місцезнаходження транспортного засобу в будь-який момент часу та будь-де на Землі. Ціна, доступність і точність сприяють використанню GPS на відміну від інших технологій. Lee (2014) каже, що найпоширенішим застосуванням є технології GSM та SMS як спосіб бездротової передачі даних, як-от використання SMS, і доступ до даних про місцезнаходження автомобіля (Kunnari 2018).
- Система керування автопарком: Система управління автопарком (FMS) є вимогою для відстеження транспортних засобів. Ця система керує всім транспортним парком підприємства. Система управління автопарком має на меті покращити ефективність і якість галузі, надаючи інформацію про основні перешкоди на дорогах та відстежуючи місцезнаходження їхнього автопарку на карті в режимі реального часу. (Kunnari, 2018) Зростання світових цін на нафту є однією з головних причин підвищення рівня впровадження систем управління автопарком. Це робить

транспорт і логістику ефективнішими, оптимізуючи маршрути транспортних засобів, що призводить до економії, мінімізації ризиків та підвищення ефективності автопарку. Thong et al. (2007) стверджує, що розумний розподіл ресурсів є ключовим елементом у створенні ефективного управління автопарком. На додаток до вдосконалення системи, система управління автопарком також розв'язує деякі проблеми, такі як економія палива, темпи використання одного т.з. та витрати на технічне обслуговування т. з. (Mohan et al. 2009). Система керування автопарком — це веб-платформа, яка може приймати багато рішень, пов'язаних з транспортними засобами та водіями, і надає компаніям показники для оптимізації розподілу транспортних засобів і водіїв. Деякі показники охоплюють пробіг транспортного засобу, витрату палива, проблеми з обслуговуванням та продуктивність водія (Kunnari, 2018).

- Інтернет речей: Macaulay et al. (2015) відзначають, що IoT піднімає систему відслідковування та відстеження на наступний рівень, оскільки це робить операцію швидшою, ефективнішою, безпечнішою та точнішою. Система дає змогу логістичним компаніям мати прямі знання про потік продукції протягом усього життєвого циклу (Kunnari, 2018). Таким чином, програма гарантує, що вантаж прибуде неушкодженими та буде доставлений вчасно та в потрібне місце. IoT також окреслює рівень захисту та доступності на транспорті (Macaulay et al. 2015; Kunnari, 2018). Завдяки комбінації датчиків і мережевих технологій можна швидко відстежувати прогрес виготовлення продукту та статус транспортування через Інтернет. Майбутнє рухається до фази, коли майже кожен електронний пристрій навколо нас буде підключено до Інтернету, створюючи тим самим співпрацю, зв'язок і комунікацію між індивідами. He et al. (2014) додає, що

IoT має забезпечити сприятливий підхід для покращення всієї транспортної та автомобільної інфраструктурних мереж.

Водночас турбота про захист даних є важливою частиною проблем безпеки, оскільки вона вказує, що переглядати та редагувати дані можуть лише уповноважені особи (Kunnari, 2018). Бездротові мережі відіграють важливу роль у зменшенні загроз, пов'язаних із захистом комп'ютера. Kunnari (2018) далі додає, що обмін даними за допомогою сотових мереж збільшує ризик неправомірного використання даних, оскільки доступ до даних стає простішим для сторонніх. Але захист є чітким і важливим питанням, яке потрібно вирішити, щоб IoT розкрив свої можливості в повній мірі (He et al. 2014). Програмне забезпечення Інтернету речей вважається довготривалим підходом відслідковування та відстеження, оскільки в ньому використовуються ті самі технології та обладнання (Kunnari, 2018).

1.3 Заключення по відслідковуванню та відстеженню

Рішення, розглянуті в попередньому розділі, можуть запропонувати можливі розв'язки для організацій щодо впровадження системи відслідковування та відстеження. Однак рішення про використання того чи іншого типу технології залежить від потреб підприємства. Використання систем RFID стане обхідним шляхом у ситуаціях, коли товар або партію не потрібно контролювати в режимі реального часу. Проте, виходячи з можливостей IoT, його розгортання забезпечить організаціям довгострокові рішення. IoT продемонстрував успіх і здійснить революцію у всьому ланцюжку поставок. Тому важливо, щоб компанії ретельно аналізували всі нововведення. Згадані рішення мають свої переваги та недоліки, які наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Переваги та недоліки рішень відслідковування та відстеження (Kunnari, 2018)

Рішення	Переваги	Недоліки	Посилання
RFID	Дешевизна, популярність і дослідженість	Не самостійний постачальник рішень у реальному часі, застаріла технологія	Keen & Mackintosh 2001; Lento et al.2009; Sun 2012
RFID and GPS	Надає рішення для відстеження в реальному часі	Високі вимоги до комунікаційної технології для передачі даних	Wang et al. 2008; He et al. 2009; Deshmukh et al.2016.
GPS and GSM	Відстеження в реальному часу, використання смартфона і спеціальних додатків, щоб	Висока вартість розгортання	Thong et al. 2007; Chadil et al. 2008; Lee et al. 2014.

	підлаштуватися під потреби компанії, легка реалізація		
Fleet Management System	Індивідуально підібрана технологія може інтегруватися в ІТ систему компанії і надати рішення в реальному часі	Висока вартість, підходить тільки для транспорту яким володіє компанія, складна інтеграція	Mohan et al. 2009; Aljaafreh et al. 2011.
Internet of things	Довгострокова інвестиція з величезним потенціалом, використання загальнодоступних технологій для надання рішень в реальному часі	Висока вартість, вимагає значних змін в системах компанії	Coetzee & Eksteen 2011; Speed & Shingleton 2012; Palmquist & Leal 2016.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЯ БЛОКЧЕЙН

Блокчейн простими словами можна описати як спосіб зберігання інформації про транзакції між кількома сторонами, але в надійний спосіб. Появу блокчейну можна простежити від створення біткойна, який є цифровою валютою, побудованою на основі попередніх інновацій у сфері фінансів, обчислень, мереж та безпеки. Наші існуючі грошові системи складаються з матеріальних грошей, таких як купюри та монети, які контролюються урядом і знаходяться в обігу. З іншого боку, біткойн є цифровим активом. Перша спогада про біткойн була в роботі Сатоші «Bitcoin: A Peer - to - Peer Electronic Pay System», яка заклала основу для першої криптовалюти. Код валюти був опублікований рік потому в Інтернеті, який став відомий як технологія блокчейн (Cellabz, 2015).

Переваги біткойна поширюються на економічну, гуманітарну та правову систему, тим самим дають зрозуміти, що технологія блокчейн є революційною за своєю природою і має потенціал для реконфігурації операцій, а також аспектів суспільства. Визначення блокчейну пов'язане з біткойном. Блокчейн — це публічна база даних, яка містить усі виконані транзакції Bitcoin. Ланцюжок зростає, оскільки майнери додають нові блоки для запису останніх транзакцій. Блоки продовжують в послідовному і хронологічному порядку додаватися до блокчейну. Кожен повний вузол, який по суті є будь-яким комп'ютером, підключеним до біткойн, може мати копію блокчейну. Повна інформація про баланс та адреси буде зберігатися в блокчейні. Механізм бездовірного підтвердження блокчейну обумовлений надійною системою публічної бази даних, яка зберігається на різних децентралізованих вузлах по всьому світу і підтримується майнерами (Swan, 2015).

Bashir (2017) також стверджує, що основною одиницею блокчейну є транзакція, яка відображає передачу балансу з однієї адреси на іншу. Кожен передавач і одержувач мають унікальний ідентифікатор, відомий як адреса, для кожної транзакції, яку можна повторно використовувати або створювати

заново (Villalmanzo, 2018). Використовуючи операцію майнінгу, список транзакцій документується в блоці. Кожен блокчейн має різні розміри блоку, час і тригери для генерування блоків (Laurence, 2017).

Іншими словами, Bashir (2017) визначає блокчейн як механізм розподіленої бази даних, який можна інтерпретувати як систему аутентифікації для цифрових транзакцій і місце, де можуть зберігатися дані про транзакції між користувачами мережі. Таблиця 2 описує різні рівні доступу; а саме «приватний», «публічний» і «консорціум»; а на рисунку 6 показані варіанти розподілу, такі як «централізована», «децентралізована» або «розподілена». Учасника мережі блокчейну зазвичай називають вузлом.

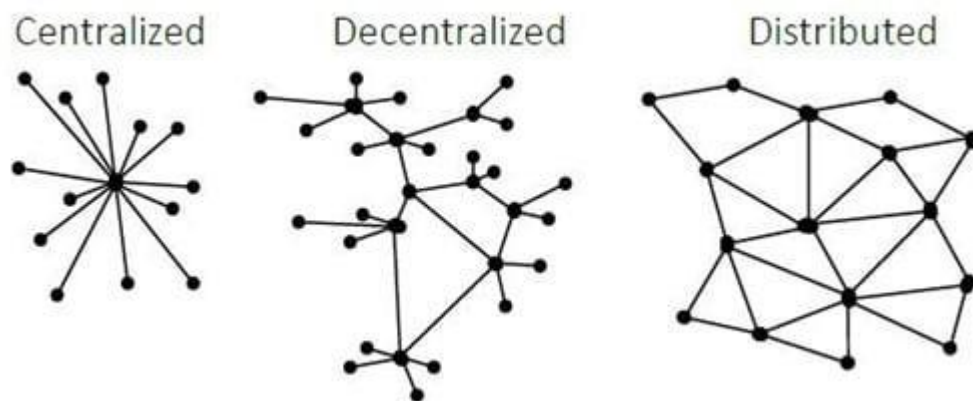


Рисунок 6. Різні мережеві структури

Блок містить хеш з попереднього блоку, таким чином зв'язуючи блоки та зберігаючи дані в послідовному вигляді, що утворює ланцюг блоків у мережі (Tate and Daniel, 2017). Кожен блок можна визначити як зашифровану інформацію з усіма зашифрованими транзакціями. Хеш є продуктом хеш-функції всього блочного вмісту. Хеш-функція — це алгоритм який отримує на вхід дані і видає число фіксованої довжини, до речі, така функція має бути незворотною (Abeyratne & Monfared 2016; Villalmanzo, 2018). Для виконання хеш-функції використовується протокол консенсусу, який можна визначити як спеціальну процедуру підтвердження транзакцій блокчейну. Підтвердження транзакції є особливо важливою характеристикою блокчейну через ризик злому.

Гіпотеза, яка називається візантійською теорією похибки, описує цей ризик нападу. Візантійська теорія похибки виникла з проблеми візантійських полководців, у якому кілька різних сил могли колективно знищити місто лише за умови, що всі вони зустрілися в один конкретний момент і водночас вирішили піти атаку. Подібну проблему можна знайти в цифровому середовищі, де злом призведе до збою в роботі вузла. Отже, якщо мережа вузлів працює разом, то база даних може бути скомпрометована (Lamport et al. 1982).

Цю проблему можна вирішити за допомогою різних підходів. У таблиці 2 більш детально наведено три протоколи консенсусу: Proof of Job (PoW), Proof of Stake (PoS) і Conduct Byzantine Fault Tolerance (PBFT). Більш того, для цілей транзакції вузли надають приватний ключ і відкритий ключ відповідно, які більш детально описані в таблиці 2 (Kairos Future 2017). Протоколи консенсусу зазвичай використовуються для шифрування транзакцій, але вони забирають багато часу та енергії, тому перетворюються на інструменти для посилення кооперативних процесів (Holmberg et al, 2018). Ланцюжок блоків показано на рисунку 7.

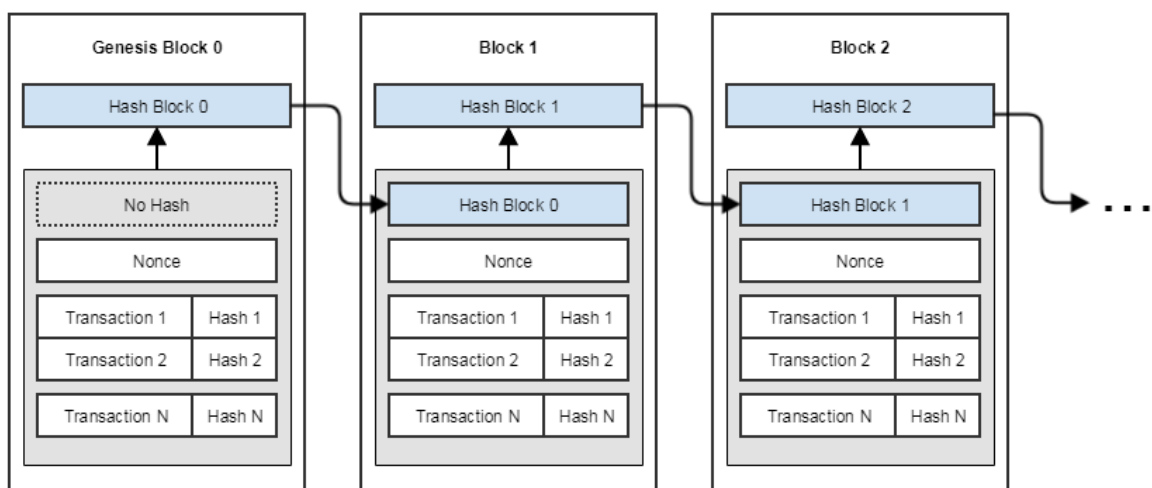


Рисунок 7. Ланцюг блоків (Tate and Daniel, 2017)

Однією з основних особливостей технології блокчейну є те, що інформація зберігається таким чином, що не дозволяє іншим користувачам змінювати, видаляти, додавати інформацію в блок без загрози виявлення

(Villalmanzo, 2018). Це гарантує оригінальне походження та автентичність транзакції і, таким чином, підвищує загальну цілісність та довіру, пов'язану з певною криптовалютою, або іншим продуктом. Однією з основних переваг блокчейну є те, що мережа блокчейну забезпечуватиме свої власні правила у своїй приватній мережі (Abeyratne & Monfared 2016).

Можливості блокчейну зосереджені на функціях, які допомагають досягти та зберегти довіру та цілісність у peer-to-peer мережах, які потребують посередництва (Drescher, 2017). Переваги, передбачені для цієї системи, включають децентралізовану довіру, зниження витрат, підзвітність і прозорість (Bashir 2017). Характеристики технології блокчейн вважаються ідеальними для вирішення проблем управління ланцюгом поставок, таких як відсутність довіри з боку партнерів, підтвердження аутентифікації архівування, неефективний процес тощо (Villalmanzo, 2018).

Таблиця 2. Терміни пов'язані з блокчейном

Функція	Тип	Опис
Доступ	Приватний	Приватний блокчейн централізований і контролюється однією організацією, а члени відповідають певним вимогам і отримують різні повноваження.
	Публічний	До нього може отримати доступ будь-хто анонімно. До нього може отримати доступ будь-хто анонімно в процесі консенсусу (Lin et al. 2017).
	Консорціум	Модель консорціуму — це платформа, заснована на перевагах загальнодоступного блокчейну, але вона має головну особливість приватного блокчейну з відомими учасниками, відомими як схвалені члени (Gramoli 2017). У деяких випадках його можна назвати гібридним типом блокчейну.
Ключі	Приватний	Закритий ключ ідентифікується, доступний і використовується для доступу до мережі, вузлів і підтвердження транзакцій лише в ключовому вузлі власника (Kairos Future 2017).
	Публічний	Щоб інші вузли мережі могли взаємодіяти з цим конкретним вузлом існує публічний ключ (Kairos Future 2017).
Архітектура розподілу	Централізована	Всі дані, які збираються та зберігаються в одній точці (Larsson & Korsfeldt n.d; Lin et al. 2017).
	Децентралізована	Дані глобально поширенні в декількох локальних баз даних. Вміст баз узгоджується

		всіма вузлами учасників за допомогою консенсусного протоколу
	Розподілена	Певна кількість копій даних зберігаються в кількох вузлах мережі. У випадку з біткойнами всі вузли містять копії всіх транзакцій.
Протоколи консенсусу	Proof of Work (PoW)	PoW – це консенсусний протокол, який використовує, наприклад мережа блокчейн біткойн. Процес підтвердження транзакції здійснюється шляхом виконання трудомісткого завдання з використанням інформації з існуючого блокчейну, яке називається «майнінг». (Investopedia 2018).
	Proof of Stake	Шанси стати єдиним валідатором, який створить та підтвердить блок, залежить від кількості монет у їхньому крипто-гаманці – чим більше монет у гаманці, тим вище шанс на перевірку. (Zheng et al. 2017).
Оптимізація	Дерево Меркла	Merkle Tree — це структура даних, яка використовується для ефективнішого та безпечного кодування даних блокчейну в таких криптовалютах, як біткойн. Встановлені через хеш-функцію цілого блоку даних транзакції, усі транзакції в блоці хешуються, з'єднуються та хешуються разом, і так далі, доки один хеш для кожного блоку не буде називатися Деревом Меркла (Investopedia 2018). Протягом усіх транзакцій, здійснених в одному блоці, див. рисунок 4, дерево Меркла є результатом усіх хешів. Кожного разу, коли приймається нова транзакція, дерево Меркла оновлюється (Bitcoinwiki 2015). Древа Меркла корисні, оскільки перевірка для певної транзакції можлива без завантаження всього блокчейну, але можна перевірити лише пов'язані хеші для кожної з гілок і Коренів Меркла (Investopedia 2018).

2.1 Смарт контракти

Для блокчейну смарт-контракти означають такі транзакції блокчейну, які виходять за рамки простих транзакцій для купівлі або продажу валюти і які можуть включати більш широкі інструкції. Традиційний контракт – це домовленість між двома або більше сторонами щодо виконання чогось чи ні. Для виконання своїх зобов'язань кожна сторона повинна довіряти іншій стороні. Смарт-контракти демонструють той самий тип угоди, але усувають

потребу сторін мати єдиний тип довіри. Це пояснюється тим, що смарт контракти визначаються кодом і запускаються кодом без будь-яких знань чи мудрості. Справді, автономія, самодостатність і децентралізація – це три елементи розумного контракту, які відрізняють їх. Автономність означає, що контракт і агент-ініціатор не повинні підключатися для перевірки після запуску та роботи. По-друге, здатність смарт-контрактів збирати ресурси, а саме збирати кошти за допомогою послуг або акціонерного капіталу, і витратити необхідні ресурси, такі як потужність обробки або зберігання, є незалежною. По-третє, смарт контракти децентралізовані, оскільки вони не розподіляються на одному централізованому сервері, а виконуються на всіх вузлах мережі (Swan, 2015).

2.2 Смарт контракти Ethereum

Смарт контракт — це спеціальний обліковий запис, який зберігає виконуваний код разом із пов'язаними з ним даними та балансом рахунку в блокчейні. Смарт-контракти мають адресу (відкритий ключ) і створюються за допомогою транзакцій. Транзакції також використовуються для взаємодії з контрактом на блокчейні, надсилаючи гроші на баланс рахунку або виконуючи код. Для виконання коду контракту виклик функції, що містить ім'я функції та її параметри, кодується у двійковому коді та надсилається до контракту в полі даних транзакції.

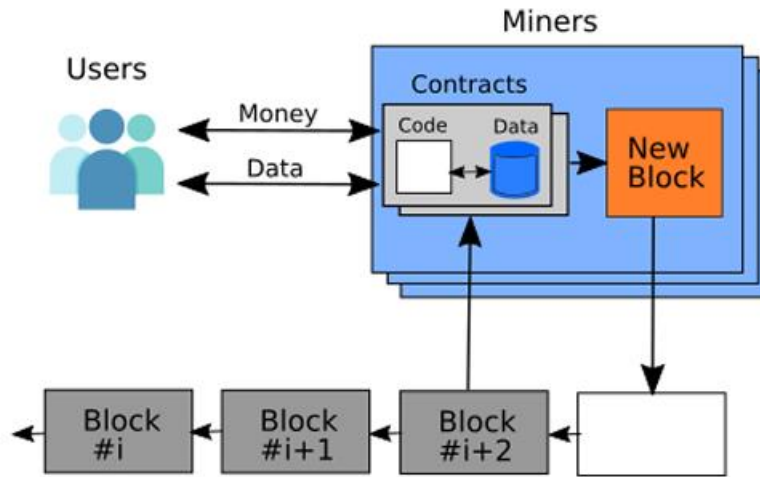


Рисунок 8. Виконання смарт контракту в блокчейні

Рисунок 8 ілюструє взаємодію зовнішніх облікових записів (користувачів) із контрактом. Кожен раз, коли контракт отримує повідомлення від іншого контракту або транзакцію від користувача, він може отримати ефір або виконати функцію, яка вказана в полі даних. Таким же чином контракт може надсилати гроші зі свого балансу на інші рахунки або виконувати функції за іншими договорами шляхом трансляції повідомлень. Виконання коду відбувається на всіх вузлах майнінгу в мережі одночасно, які досягають консенсусу щодо нового стану контракту за допомогою алгоритму підтвердження роботи (PoW). Постійні змінні контракту зберігаються в сховищі(storage), формату ключ-значення, пов'язаному з контрактом, який зберігається в блокчейні. Доступ до сховища дуже дорогий (20000 одиниць газу на 256-бітове слово), оскільки його потрібно зберігати на кожному повному вузлі мережі. Проміжні результати обчислень зберігаються в пам'яті(memory), непостійному масиві байтів. Стан, як і код контракту, є публічними, і код контракту не може змінюватися ретроспективно.

2.3 Властивості та переваги блокчейну

У той час як технологія блокчейн спочатку була пов'язана з біткойнами, її можна використовувати в ряді галузей, як-от банківська справа, медичне

обслуговування та управління ланцюгом поставок. Блокчейн можна застосовувати практично в будь-якій галузі, де керують активами та здійснюють транзакції. Він може забезпечити безпечний ланцюг зберігання цифрових і фізичних активів завдяки своїм функціональним особливостям, які полегшують транзакції за допомогою довіри, консенсусу, безпеки та смарт контрактів. Ці аспекти блокчейнів розглянуть далі (Sultan et al., 2018).

- Консенсус: Для того, щоб транзакція була отримана і записана в блокчейн, всі учасники повинні погодитися дотримуватися однакових правил. Це консенсус. Якщо транзакція порушує одне з правил, затверджених мережею, транзакція буде вважатися недійсною. Консенсус дозволяє кожному учаснику довіряти мережі, оскільки вони знають, що кожна транзакція буде відповідати правилам, які вони ратифікували під час запуску мережі.
- Походження: Учасники знають, звідки надходять активи та як їхня власність змінювалася з часом. Походження кожного активу (який би він не був, матеріальний, нематеріальний, цифровий) має бути прозорим. Якщо у нас є блокчейн, призначений для відстеження проходження маршруту від морської риби до ресторану, потрібно знати, де вона була зловлена, ким і коли. Також потрібно знати, скільки посередників було залучено під час рибної подорожі. До того моменту, коли в ресторані купили ту саму рибу.
- Незмінність: Жоден учасник не може змінити операцію після її запису в базу. Неважливо, хто ти, просто ти не маєш на це права. Якщо сталася помилка, для скасування помилки необхідно використати нову транзакцію. Тоді дві операції відобразатимуться в блоці. Перша транзакція, яка вважається помилкою, завжди відобразатиметься після запису.
- Істина: У мережі блокчейн є лише одне джерело істини, яке є базою даних всієї мережі. Щоб дізнатися, кому що належить, або вивчити певні операції, можна відвідати лише це місце.

Блокчейн пропонує кілька переваг і можливостей, і дослідники підтримали це твердження. До відкриття блокчейну найпрактичнішим способом досягнення прозорості та безпеки даних був централізований ланцюг поставок. Однією з проблем централізованої структури є можливість того, що суб'єкт є слабкою ланкою і стане причиною єдиної точки збою (Abeurate & Monfared, 2016). Учасники ланцюга постачання покладаються на єдиного постачальника інформації для зберігання, передачі та обміну всією інформацією в централізованій системі відстеження ланцюга поставок. Такий централізований підхід до системи створює проблеми, оскільки це монополістичний, асиметричний і непрозорий підхід до системи, який може призвести до шахрайства, маніпулювання та підміни інформації між учасниками ланцюга зберігання (Tian, 2016). Однак впровадження хеш-функцій у розподілену мережу робить архітектуру стійкою до хакерських атак. Для безпечного резервного копіювання даних блокчейн надає право зберігати незмінні записи про доступні ресурси, надаючи споживачам точні знання, щоб поводитися більш ефективно (Saber et al., 2018).

Але якщо децентралізована мережа визначає структуру лише з кількома гравцями, які сприяють роботі системи, то рішення стає вразливим для хакерських атак, які можуть бути спрямовані на кількох учасників (Kshetri 2018). Однак ця технологія все ще знаходиться на початковому етапі, і вона стикається з проблемами масштабованості з точки зору продуктивності, затримки та ефективності (Lu & Xu, 2017, Tian, 2017). Платформа дозволяє створювати міжнародні партнерства, які включають дотримання глобального законодавства, правил і ринкових законів, що робить застосування блокчейну складним процесом. Більше того, завжди існуватиме відстань між фізичним середовищем і віртуальним середовищем, що дозволить обдурити надійність, дозволивши члену не виконувати фактичні та фізичні дії, як це обіцяно в цифровому контракті (Kshetri 2018, Lin et al. 2017).

Смарт-контракти можуть бути запроваджені та інтегровані в систему, щоб надати блокчейну стимули для контролю ходу бізнес-процесу та

подальшої оптимізації та автоматизації процесів ланцюга поставок. Зменшивши кількість осіб, які беруть участь у виконанні контракту, смарт-контракти зменшують витрати та покращують гарантії (Abeyratne & Monfared, 2016). Усі сторони повинні дійти згоди, щоб блокчейн працював ефективно, що може бути складним завданням. Не тільки учасники ланцюга поставок вибирають спільний підхід, але й роздрібні постачальники також, що є кроком до вступу в блокчейн (Kshetri 2018).

Ця технологія забезпечує високий рівень незмінності ланцюга поставок, цілісності процесів і прозорості. Навіть якщо він підключений до пристроїв IoT, він здатний забезпечити високу підтримку для ефективної роботи системи відстеження. У тій мірі, в якій система забезпечує потужний зв'язок між бізнесами, забезпечуючи високий рівень обміну інформацією, вона дозволяє компаніям досягти глибшого розуміння ланцюга вартості, частиною якого вони є, тим самим покращуючи маркетинг, дистрибуцію, логістику та якість продукту (Abeyratne & Monfared, 2016; Kshetri, 2018; Khan & Salah, 2018; Tian, 2017). Така практика дозволяє краще прогнозувати ресурсозбереження, таким чином заохочувати соціальну відповідальність і, таким чином, заощаджувати ресурси на системах і сприяти захисту екології (Saber et al. 2018).

Це також заощадить витрати за рахунок економії часу, оскільки технологія блокчейн підвищує продуктивність, наприклад, завдяки можливості видаляти паперові записи та замінювати їх даними в реальному часі (Abeyratne & Monfared, 2016). Як і у випадку з блокчейном, розгорнутим у розподіленій мережі, це може виключити участь третіх сторін, наприклад, банківських фінансових послуг або послуг перевірки (Korpela et al., 2017). З іншого боку, використання блокчейну може вимагати від третіх сторін перевірку даних, таких як уряди та органи сертифікації, і таким чином контролювати їх сертифікацію (Tian, 2017). Хоча дані повинні бути отримані пристроями IoT і підключені до блокчейну, самому блокчейну не потрібна зовнішня інфраструктура, наприклад апаратні засоби, щоб архівувати та зберігати дані (Saber 2018). Навіть у складних харчових продуктах блокчейн

може зберігати дані на рівні складників, які відстежують походження кожного інгредієнта (O'Marah, 2017). Крім того, технологія блокчейн вимагає певної ІТ-інфраструктури в ланцюжку поставок, наприклад доступу до Інтернету, що наразі може бути непрактичним для деяких віддалених постачальників товарів. Ручні або автоматичні процеси, такі як clear tags або RFID, забезпечать актуальність цифрових ідентифікаційних даних (Abeyratne & Monfared, 2016).

Забезпечуючи гідну авторизовану реєстрацію та право власності, а також належний моніторинг та звітність, блокчейн повинен мати можливість вирішувати деякі проблеми власності та ідентифікації пристроїв IoT, що використовуються в промисловому секторі, в промисловості товарів і послуг, а також у відстеженні запасів. (Khan & Salah, 2018). Технологія блокчейн також має переваги для клієнтів, оскільки вони можуть отримувати точні та надійні дані про товари (Abeyratne & Monfared, 2016).

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИКЛАДУ СИСТЕМИ ВІДСЛІДКУВАННЯ ТА ВІДСТЕЖЕННЯ

3.1 Фізичний потік в зовнішній логістиці

Обсяг тематичного дослідження починається, коли продукт готовий до відвантаження в кінці процесу виробництва. Він почав свою подорож з Вааси на вантажівці до порту Ментілуото у Фінляндії де зберігався, потім відправився на вантажівці до порту Турку у Фінляндії, а потім на човні до Сінгапуру. Фізичний рух ланцюга поставок показано на рисунку 9.

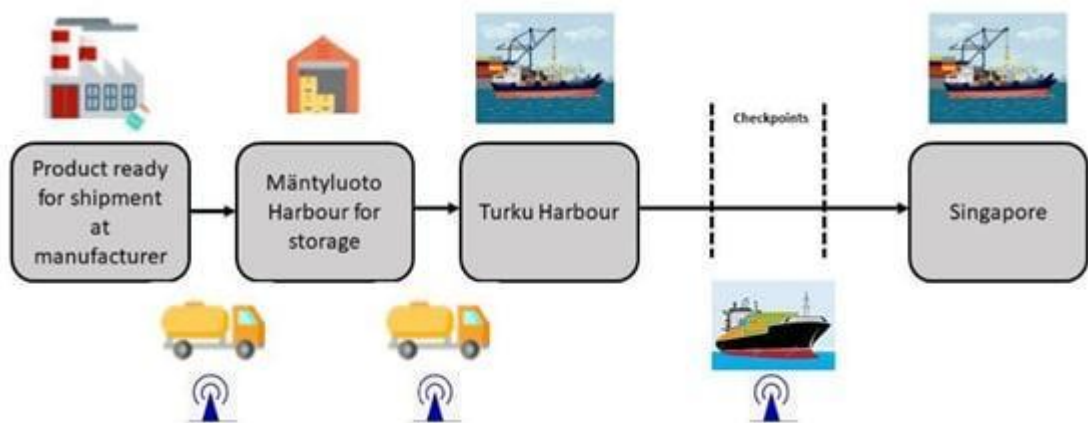


Рисунок 9. Ланцюг постачання досліджуваної системи

Були проаналізовані різні трекери, доступні на ринку, і вибрані та використані наступні три:

- **TINO:** Це трекери з батареєю великої ємності, які використовуються для передачі даних про позиціонування та відстеження. Термін служби перевищує місяць, що робить його вигідним варіантом для міжнародного відстеження. На додаток до своїх функцій позиціонування, трекери TINO надсилають умовні дані, які вважаються важливими критеріями якості продукції та задоволеності споживачів (вологість, температура, температура

точки роси, вібрація тощо) для продуктів, що перебувають у відправленні.

- GPS трекери: Це навігаційні пристрої, які зазвичай перевозяться транспортним засобом, що рухається. Він використовує глобальну систему позиціонування (GPS) для відстеження та визначення місцезнаходження пристрою.
- Система AIS: Ця система надає дані відстеження судна під час перебування в морі. Дальність прийому антени AIS становить 70 кілометрів, вона не використовується, коли станції обміну даними знаходяться занадто далеко.

3.2 Інформаційний потік в зовнішній логістиці

Компанія, система якої досліджується, має налаштування ERP (SAP) для управління потоком інформації в повсякденному бізнесі та використовує електронні листи для спілкування з транспортними компаніями. Коли продукт готовий до відвантаження на стороні виробника, інформація оновлюється в ERP. Команда логістики отримує підтвердження та зв'язується з перевізником для здійснення відвантаження зі складу компанії. Подальша інформація про відстеження збирається транспортною компанією і доступна для відображення.

Після реалізації пілотного проекту була створена онлайн-платформа, на якій відображалася загальна інформація щодо відстеження продукту. Портал був налаштований, щоб включати різні вкладки, такі як клієнти, замовлення на покупку, проекти, відправлення, одиниці обробки тощо, які є важливими для процесу відстеження. Інформація, отримана на кожному етапі шляху продукту, була легкодоступною для відповідних зацікавлених сторін. Процес показаний на рисунку 10.

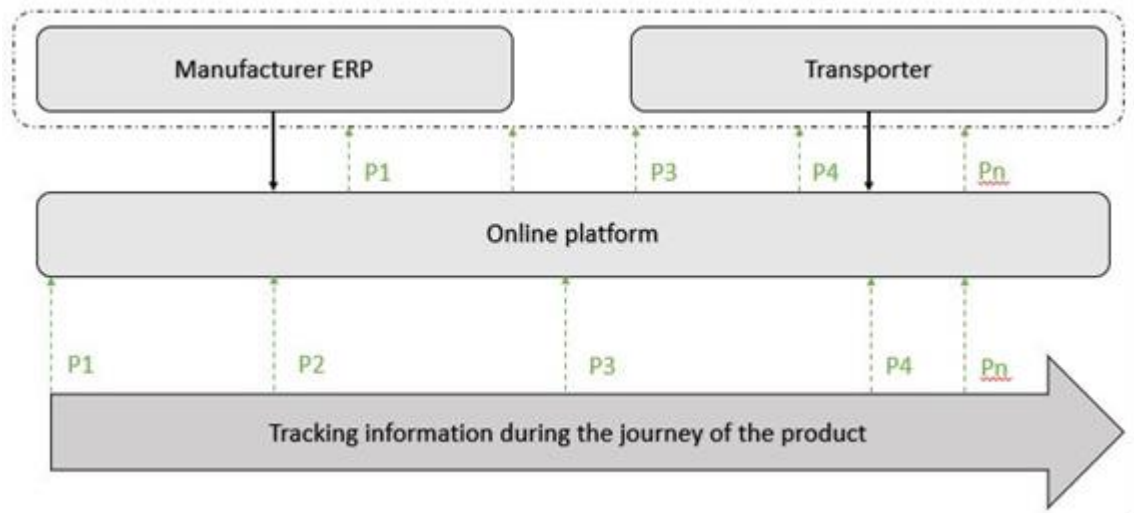


Рисунок 10. Інформаційний потік після реалізації пілотного проекту

Дані (P_1, P_2, \dots, P_n), які в даному випадку є насамперед деталями місця та часу, генеруються та завантажуються на онлайн-платформу. Інформація на онлайн-порталі доступна для зацікавлених осіб з боку виробника та перевізника. Це забезпечує швидший і точний обмін інформацією з клієнтами, тим самим покращуючи обслуговування клієнтів.

3.3 Проблеми

Доступну технологію відстеження було перевірено на основі її функціональних можливостей, а також вимог до ланцюга поставок і логістичної мережі. У сьогоденній складній логістичній обстановці пілотний проект – це онлайн-підхід до збору та поширення інформації про відстеження. Проект дозволяє подолати поточну нестачу систем відстеження в короткостроковій мережі мультикомпаній.

Цей приклад, а також інші подібні пілотні проекти в різних галузях стикаються з певними проблемами під час впровадження цього рішення в усій мережі ланцюга поставок. Дотримання правил, парадигматичні зміни в цеху, зміна ІТ-структури, як-от взаємодія ERP з іншими порталами, вартість

впровадження та безпека даних є однією з проблем для впровадження рішень відстеження та відстеження у вихідній логістиці (Bonardi, 2017).

РОЗДІЛ 4. АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН

У цьому розділі представлено уявлення про те, як продукт, слід відслідковувати та відстежувати. Структура впровадження базується на висновках з теорії попередніх розділів. Як описано в розділі 2.3 і в таблиці 2, суб'єкти (виробники, перевізники, клієнти) можуть реєструватися в мережі, використовуючи свій власний закритий ключ і використовувати відкритий ключ для ідентифікації та авторизації. Суб'єкти можуть вводити дані вручну або автоматично в мережу, вихідний логістичний потік у цьому випадку, за допомогою свого приватного ключа на пристроях, які підключені до додатка, і таким чином забезпечують інтерфейс для введення нових даних. Блокчейн вибирається в залежності від рівня безпеки. Хоча публічний блокчейн краще, ніж приватний, створюється колекція приватного блокчейну, що дозволяє вибирати, які особи можуть мати внесок і контролювати ланцюжок. На рисунку 11 показано пропоновану схему застосування блокчейну у вихідній логістиці.

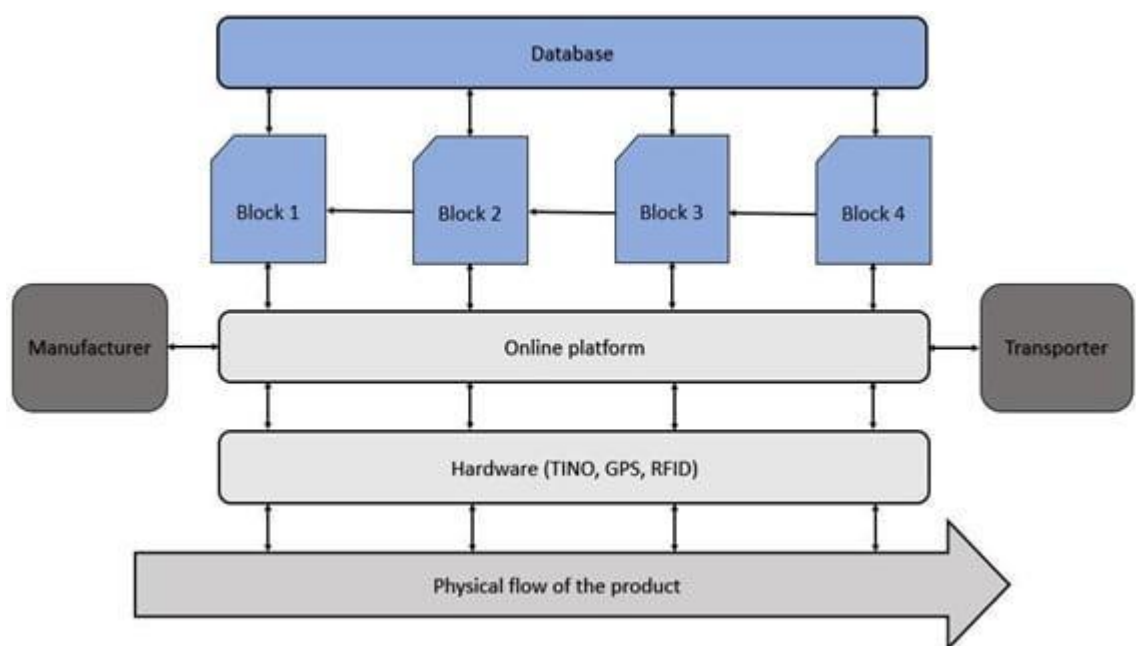


Рисунок 11. Схема для системи відстеження базованої на блокчейн

Схема пропонує рівень блокчейну, підключений до онлайн-платформи. До поточних блоків, нові блоки збирають, зв'язують і обробляють інформацію про товар під час ходу вихідної логістики. Для кожного продукту створюється унікальне цифрове резюме, яке оновлюється протягом усього його шляху. Інформацію, пов'язану з продуктом, можуть візуалізувати зацікавлені сторони. Причина розглядання блокчейну для підтвердження таких транзакцій пов'язана з його захищеністю, а рівень бази даних пропонує безпечні резервні копії з обмеженим доступом. Рисунок 12 охоплює весь ланцюжок поставок.

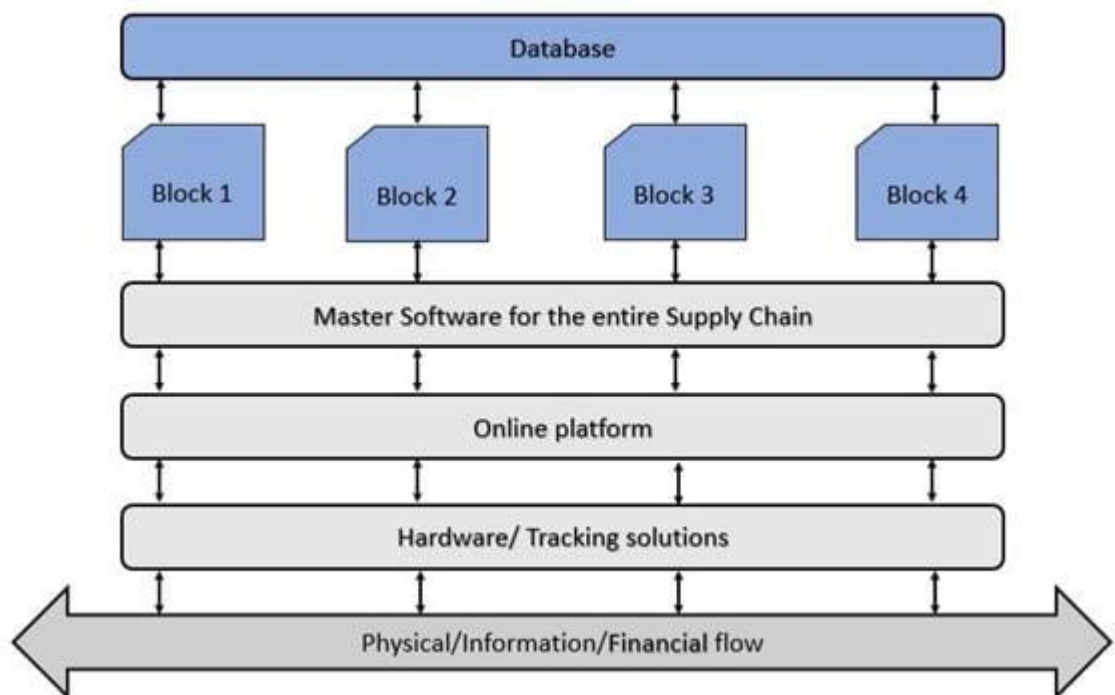


Рисунок 12. Покращена схема для ланцюга поставок

Доречність блокчейну в цій ситуації важливіша. Конкретні зацікавлені сторони ланцюга поставок включені в головну програму, і всі операції ланцюга поставок можна виконувати та контролювати безпечним способом. Структура, запропонована на рисунку 11, має бути логічно послідовною, а смарт контракти є засобом для її досягнення. Потік процесу контракту, застосованого до тематичного дослідження, проілюстрований на рисунку 13.

Кожен блок має смарт-контракт, пов'язаний зі специфікаціями, які повинні бути виконані, наприклад, мітки часу надходження продукту або поточне розташування, щоб завершити блок і почати створення наступного

блоку в ланцюжку. На малюнку 13 також показано нові дані та дані з попередніх блоків, які використовувалися для створення нового блоку під час побудови нового блоку.

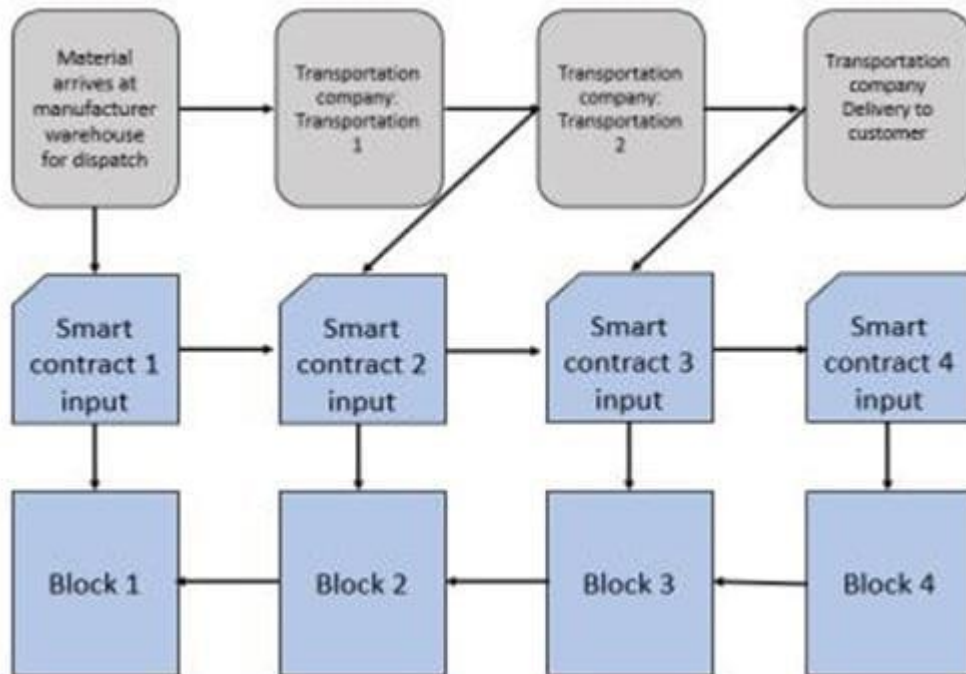


Рисунок 13. Взаємодія зі смарт-контрактами в блокчейні

Смарт-контракт може бути програмним забезпеченням, яке має властивість автоматично запускати певну функцію, коли відбувається заздалегідь визначена подія. Наприклад, на малюнку 12, коли транспортна компанія завершує передачу товару з однієї точки в іншу, апаратна технологія (RFID, TINO, GPS) передає інформацію, яка оновлюється на онлайн-порталі. Це виконує умову в смарт-контракті, і інформація додається до блоку, який, у свою чергу, додається в блокчейн, і інформація захищається.

4.1 Застосування блокчейну в відслідковуванні та відстеженні

Запропонований блокчейн-структура передбачає можливість відслідковування та відстеження товару від складу виробника до кінцевого споживача. Щоб запровадити таку структуру, необхідні інвестиції як у апаратне, так і в програмне забезпечення, і було помічено, що понесені витрати будуть незначними через постійне зниження ціни на пристрої IoT (Mattila, et al., 2016). Компанії також стикаються з труднощами у впровадженні підходів відслідковування та відстеження з огляду на зниження витрат. Деякі з причин вказують на неефективне сканування, запис та обмін даними між зацікавленими сторонами. Крім того, відсутність стандартизованих процесів, використання різноманітних технологій та інформаційної системи ще більше ускладнює процес відстеження та відстеження. Тим не менш, деякі глобальні та локалізовані компанії усвідомили важливість та ефективність рішення для відслідковування й відстеження та розпочали пілотні проекти з використанням технології блокчейн. У таблиці 3 наведено використання технології блокчейн в деяких успішних пілотних проектах відслідковування та відстеження.

Таблиця 3. Деякі пілотні проекти

Проект	Опис	Статус	Джерело
BASF, Ahrma, Quantoz	Система відстеження палетів	Пілотний проект завершений	Прес-реліз
Provenance and COOP	Дані в режимі реального часу для демонстрації та відстеження свіжого продукту	Пілотний проект завершений	Веб-сторінка
Provenance and Fairfood	Використання технології блокчейн для відстеження етичних претензій і цифрового підтвердження справедливої торгової практики	Пілотний проект завершений	Веб-сторінка
Walmart and IBM	Використання технології блокчейн для збору інформації про походження, захист та автентичність харчових продуктів, а також для відстеження всього ланцюга поставок у режимі реального часу	Пілотний проект завершений	Прес-реліз та брошури

Marine transport international	Система контролю потоків контейнерів	Отримано підтвердження концепту	Прес-реліз
IBM and AOS	Система для контролю за вантажівками	Прототипи	Прес-реліз

BASF є найбільшим виробником хімії у світі, і в 2017 році разом із запуском Ahrma проводить пілотні дослідження, щоб перевірити перспективність розумних палетів Ahrma (приклад 1). Розумні піддони використовують датчики IoT, які збирають інформацію, пов'язану з розташуванням транспортованого товару, і надають додаткову інформацію про такі показники, як коливання температури, навантаження та певний вплив на продукти. Для збору інформації використовується мережа блокчейн, а затвердженим партнерам надається доступ до аналізу руху палетів (BASF, 2017).

Provenance — це постачальник блокчейн-рішень, який співпрацює з компаніями з різних секторів і пропонує рішення для відслідковування та відстеження. Provenance і со-operative пілотували проект у 2017 році (випадок 2), щоб відстежувати свіжу продукцію на шляху від виробника до супермаркету. Дані збиралися по всьому ланцюжку поставок, а в блокчейні зберігалася інформація щодо постачальника, розташування продукту та впливу на навколишнє та соціальне середовище, надаючи таким чином історію подорожі продукту в реальному часі (The Provenance Team, 2017).

Крім того, у випадку 3, Provenance пілотував використання технології блокчейн для відстеження етичних претензій і цифрових практик справедливої торгівлі. Пілотне дослідження мало показати гідну оплату за 1000 кокосів працівникам ферми. Платіж і працю 55 фермерів було зареєстровано в блокчейні, а підтвердження оплати та подорожі продукту з Індонезії до Європи було показано на платформі з використанням підходу сертифікації (The Provenance Team, 2017).

У 2016 році Walmart разом з IBM розпочав пілотний проект відслідковування та відстеження в агропродовольчій промисловості (випадок 4). Провелося цифрове відстеження продуктів зі свинини з однієї ферми в різні магазини Китаю. Члени ланцюга постачання змогли візуалізувати шлях продукту, наприклад, деталі ферми, номер партії, заводські дані та термін придатності (IBM, 2016).

Sea Transport International (MTI) завершила свій пілотний проект Container Streams у 2017 році (випадок 5). Для обміну даними про постачальників, вантажовідправників, митниці, даних про навантаження та термінала була використана платформа блокчейн, і всі зацікавлені сторони ланцюга поставок мали доступ до інформації (PRNewswire, 2017).

У 2017 році IBM разом із AOS розробили блокчейн та рішення IoT для логістичної діяльності Колумбії (випадок 6). Транзакції, пов'язані з вантажем, були оцифровані, а інформація, згенерована датчиками, була зареєстрована в блокчейні. Для цілей відстеження була доступна інформація про місцезнаходження вантажівки, доставлені товари, змінні руху та навантаження транспортного засобу. Ця програма допомогла покращити процес відслідковування та відстеження та надала кращу оцінку для передбачення часу доставки для клієнтів. IoT також допоміг отримати зовнішню інформацію, таку як погода, температура та вологість, що скоротило час доставки.

4.2 Проблеми реалізації

У цьому підрозділі висвітлюються ключові перешкоди, з якими стикаються підприємства під час інтеграції технологій блокчейн у свій ланцюг поставок і в цілому в рішеннях для відслідковування та відстеження.

- Масштабованість: Використання блокчейну в ланцюжку поставок не викликає особливого занепокоєння, але це також є основною

проблемою для всієї архітектури блокчейну. Масштабованість не є проблемою для мережі ланцюга поставок, але вона також є основною перешкодою для всієї екосистеми блокчейн. Термін «масштабованість» відноситься до спроможності системи, в термінах користувача та спроможності транзакції, до кооперації і нарощення обсягу роботи (Villalmanzo 2018). Якщо його оцінити для більших експлуатаційних потреб, пристрій, який добре прогресує, підтримує або покращує рівень успіху чи продуктивності (Investopedia, 2018). Використання блокчейну в ланцюгах поставок було оцінено для реальних додатків, згаданих у попередньому розділі, тоді як масштабованість була проблемою в реалізації. Більшість реалізацій все ще є пілотними проектами в рамках PoC або невеликих масштабів, без розгляду великомасштабних проектів. Блокчейн має бути технологічно та соціально прогресивним, щоб досягти широкого впровадження. Технологічна масштабованість базується на кількості вузлів, кількості даних і номерах транзакцій, а соціальна масштабованість пов'язана з номерами та типами користувачів (Ge et al. 2017; Villalmanzo, 2018).

Bashir (2017) зазначає, що в останні роки проблема масштабованості була в центрі значних обговорень і інтересу ЗМІ, пропонуючи різні підходи до проблеми масштабованості блокчейну. У прикладі 4 звіт IBM підкреслив важливість схвалення блокчейну для всіх партнерів задля вирішення проблеми соціальної масштабованості та розробки рекомендацій щодо конфіденційності (Ge, et al. 2017). З іншого боку, технологічну масштабованість важко запровадити в умовах робочого навантаження та без жертв при децентралізації, оскільки блокчейн вимагає досягнення цільової частоти та затримки (Gencer, 2017). Будь-які рішення стосуються

використання альтернативних консенсусних структур і алгоритмів альтернативних функцій, оскільки вони погано відповідають кількості транзакцій (Swan, 2015).

- Занепокоєння щодо конфіденційності: Незважаючи на те, що технологія блокчейн пропонує безперебійну та прозору базу даних записів, будь-яку транзакцію можна побачити на всіх вузлах блокчейну (Cagnazzo, 2017). У цифрових транзакціях та обміні даними через співробітників ця функція викликає кілька проблем із конфіденційністю (Villalmanzo, 2018). Усі транзакції за замовчуванням відкриті та прозорі в публічних мережах блокчейн. Таким чином, будь-хто може простежити шлях транзакції, включаючи адреси відправки та призначення (Mougaуar, 2016). Для блокчейн-додатків, які вимагають більш високого рівня конфіденційності та секретності, наприклад, у фінансовій індустрії чи галузі охорони здоров'я, такий погляд на транзакції неможливий, але важливий для ланцюга поставок (Bashir, 2017). Криптографічні технології дозволяють аутентифікувати транзакції без розкриття особи власника, щоб захистити конфіденційність користувачів (Mougaуar, 2016). Тому, хоча транзакції можна побачити в блокчейні, псевдоланцюжки не прив'язані до віртуальних адрес, тому забезпечується властивість псевдоанонімності (Mercer, 2016). Хоча конфіденційність захищена, криптографічні ключі, пов'язані з автономними ідентифікаторами, можуть бути вкрадені або розкриті, якщо потрібно усунути проблему конфіденційності (Villalmanzo, 2018).
- Сумісність: Блокчейн розвивається задля рішення сумісності даних та структур в нових ланцюгах постачання. Щоб підключити, передати дані та знання через організаційні кордони, для взаємодії потрібна здатність менеджерів систем знань взаємодіяти та обмінюватися даними та інформацією в межах організації та за її

межами (Грей 2017). У кількох поточних програмах SCM сумісність також залишається вимогою для внутрішнього обладнання або в приватних хмарних середовищах. Неспроможність взаємодіяти пов'язана з ієрархічними процедурами, відсутністю сумісності, ревізійності та контролю, спричиняє труднощі в охопленні всього шляху продукту (Provence 2016).

Сумісність має на меті забезпечити спільну базу даних для всіх учасників ланцюга поставок, у якій усі сторони можуть переглядати, читати та архівувати інформацію без центрального контролю (Ge et al, 2017) (Швейцарія, 2016). Цю технічну перешкоду можна вирішити за допомогою блокчейну. Таким чином, дані взаємодіють у всьому ланцюжку поставок. З іншого боку, важливо розглянути взаємодію між блокчейном і застарілими системами ланцюга поставок. Щоб усунути перешкоди сумісності, ланцюги поставок необхідні для наявності стандартів, які дозволяють підключеним системам спілкуватися за допомогою однієї мови, архітектури та ідентифікаторів (Bashir, 2017).

Нарешті, у зростаючому середовищі необхідно враховувати сумісність між системами блокчейну (Villalmanzo, 2018). Існуюче обмеження на сумісність блокчейну сприяє розробці багатьох протоколів, які можуть працювати в різних блокчейнах, а також ряду зусиль організацій щодо встановлення стандартів взаємодії блокчейну (Bashir, 2017, Ge et al., 2017).

- Прийняття: Загальновідомо, що технологія блокчейн все ще залишається досить незрілою і далекою від загальноприйнятого ланцюга поставок (Villalmanzo 2018). Незважаючи на те, що частота інновацій в малих проектах у реальних компаніях зростає, щоб показати, що процеси ланцюга поставок на базі блокчейну

мають життєздатність, все ж зберігається розрив між інноваційністю технології та інвестиціями (Луу, 2018). Завчасне впровадження буде можливим лише в тому випадку, якщо механізми розгортання надійні, технологічні інструменти готові і будуть знайдені рішення проблем (Mougaar, 2016).

Впровадження технології блокчейн у сфері ланцюга поставок лідерів галузі могло б прискорити процес розповсюдження. Більш того, підприємства отримують значну перевагу над своїми консервативними конкурентами завдяки швидкому впровадженню цієї технології зараз, перш ніж вона буде широко розповсюджена (Curtis, 2018; Villalmanzo, 2018). Неможливість усвідомити можливу корисність технологій блокчейн, або майбутні проблеми заважають лідерам ринку впроваджувати великі пілотні проекти у своїх ланцюгах поставок, зменшуючи поширення.

Декількома організаціями було проведено багато опитувань, щоб краще зрозуміти ключові виклики та проблеми лідерів галузі щодо включення цієї технології у свою діяльність (Villalmanzo, 2018).

Для вирішення цих питань у квітні 2017 року Chain Company Insights провело опитування. Це перше, з серії поточних досліджень щодо створення та використання блокчейну в області ланцюга поставок (DeCovny, 2017).

Опитування було призначене для експертів з міжнародних ланцюгів поставок, включаючи консультантів, туристичні компанії, постачальників технологій та радників (Villanmanzo 2018). Отже, опитування показує, що підприємства досить добре поінформовані про блокчейн, і більше третини респондентів скористалися цією платформою. Технічні можливості використання ланцюга поставок зосереджені на моніторингу запасів ланцюга поставок, обміні інформацією, обробці платежів і

купівлі, і всі вони спрямовані на підвищення прозорості та відстежованості ланцюга поставок (DeCovny, 2017; Villanmanzo, 2018).

Основними перевагами, на які посилаються респонденти, є прозорість, зниження витрат на обробку, довіра між партнерами ланцюга поставок і безпека. У той час як блокчейн у ланцюгах поставок теоретично може бути застосований, реалізація блокчейну все ж поки-що зустрічається з багатьма перешкодами. Бюджет, сумісність та відсутність вимог, відсутність розуміння/свідомості, брак виробництва, відсутність промислової підтримки та регуляторні проблеми були ключовими перешкодами, виявлені компаніями, які було опитано (DeCov-Ny, 2017).

Нарешті, бізнес запитали про перспективи потенціалу підключення до блокчейну та інші супутні йому технології. Як і слід було передбачити, біг дата, наукова аналітика, Інтернет речей і хмарні обчислення є інноваціями, які найбільше можуть вплинути на прийняття рішень компанією (Villalmanzo, 2018). Результати дослідження підкреслюють конкурентоспроможність технологій блокчейн у сфері ланцюга поставок. Хоча початковий процес впровадження все ще триває (DeCovny, 2017).

ВИСНОВКИ

Дослідження розпочалося з огляду теорії, щоб створити підстави для якісного збору даних та подальшого огляду теоретичних відомостей. Робота використовує тематичне дослідження, яке було зроблено для розуміння процесу відслідковування та відстеження продукту у зовнішній логістиці та розуміння технологій, які використовуються в цьому процесі. Крім того, було вироблено розуміння практики процесу разом із співвідношенням між інформаційним потоком і фізичним потоком шляху продукту.

Оскільки технологія блокчейн може забезпечити подібні рішення з кращим ефективним процесом, на основі прикладу було запропоновано структуру. Причиною проведення досліджень технології блокчейн багато в чому були такі її риси, як прозорість, безпека та довіра. Запропонована структура перевіряється на прикладі програми, частина коду якої знаходиться в додатку. Проте запропонована структура є зручною для користувачів і підходить для власної реалізації ланцюга поставок і подальшого дослідження.

Тепер дослідження здатне відповісти на запитання, сформульовані на початку. Здобуті знання дозволяють ознайомитися з поточним станом цифрового ланцюга поставок, особливо, у зовнішній логістиці. Крім того, тематика допомагає мати уявлення про різні технології, доступні для відслідковування та відстеження продукту, і зрозуміти хід практичної реалізації. На основі цього розуміння вводиться концепція блокчейну, також представлена схема, яка реалізує технологію блокчейну в рішенні для відстеження та відстеження зовнішньої логістики. На цьому етапі читач знайомиться з деякими пілотними проектами, проведеними з відстеження та відстеження продукту/палету/контейнера за допомогою технології блокчейн. Ідея, що лежить в основі цього, — зробити читача обізнаним про розвиток, здійснений в цій галузі, і перевірити зручність використання схеми.

У дослідженні робиться спроба розглянути питання, порушені Saberi et al., (2018) щодо розробки основ, які можуть зробити управління ланцюгом поставок більш ефективним. Дослідження також передбачає застосування технології блокчейн у ланцюжку поставок як суб'єкта додавання вартості. Однак найбільшим обмеженням є відсутність знань і досліджень у цій галузі. Запропонована рамка в цьому дослідженні обмежується відслідковуванням та відстеженням продуктів лише у вихідній логістиці.

У зв'язку з недавнім спалахом Covid19 та його потенційним зв'язком із сірими ринками, ця робота може дати базове розуміння використання блокчейну для відслідковування та відстеження товарів, особливо продуктів харчування. Цей спалах також змінив характер покупок, оскільки зросла залежність від електронної комерції. Це дає можливість компаніям протестувати відслідковування та відстеження функціональності блокчейну, щоб завоювати довіру клієнтів. Безсумнівно, що застосування блокчейну в сфері ланцюга поставок має величезний потенціал, і переваги можна розподілити по всій мережі ланцюга поставок.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ТА ПОСИЛАННЯ

1. Abeyratne, S.A., Monfared, R.P., 2016. Blockchain ready manufacturing supply chain using distributed ledger. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 5(9), 1–10.
2. Allata, A., Valero, A. & Benhadja, L., 2017. Implementation of traceability and food safety systems (HACCP) under the ISO 22000:2005 standard in North Africa: The case study of an ice cream company in Algeria. *Food Control*, 79, 239-253.
3. Angeles, R. 2005. RFID Technologies: Supply-Chain Applications and Implementation Issues, *Information Systems Management*, Vol. 22, No. 1, pp. 51-56.
4. Ballou, R. H., 2001. The Evolution and Future of Logistics and Supply Chain Management. *European Business Review*, 19(4):332-348
5. Ballou, R. H., 2004. *Business Logistics/Supply Chain Management*. Fifth ed. New Jersey: Pearson.
6. Bashir, I., 2017. *Mastering Blockchain*. First ed. s.l.:Packt Publishing
7. BASF, 2017. BASF invests in smart supply chain start-up Ahrma.
8. Bhatnagar, A. 2009. *Textbook of Supply Chain Management*. Lucknow.
9. Blanchard, D., 2010. *Supply Chain Management Best Practices*. 3rd Edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
10. Cellabz, 2015. *Blockchain and Beyond*.
11. Chopra, S. & Sodhi, M. S., 2004. Managing risk to avoid supply-chain breakdown. *MIT Sloan Management Review*, Fall, 53-61.
12. Christopher, M. 1998. *Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Cost and Improving Service*, FT Pitman Publishing, London, United Kingdom, 240 p.
13. Drescher, D., 2017. *Blockchain Basics: A Non-Technical Introduction in 25 Steps*. s.l.:Apress.
14. Emmett, S. & Crocker, B., 2007. *The Relationship-driven Supply Chain*. First ed. Hampshire: Gower.

15. Farahani, R., Rezapour, S., & Kardar, L. 2011. *Logistics Operation and Management: Concepts and Models*.
16. Ge, L. et al., 2017. *Blockchain for Agriculture and Food; Findings from the pilot study*, Wageningen: Wageningen Economic Research.
17. Gramoli, V., 2017. *From Blockchain consensus back to Byzantine consensus*. *Future Generation Computer Systems*.
18. GT Nexus, 2016. *The current and future state of digital supply chain transformation*. 2016 GT Nexus, an Infor company.
19. He, W., Zhang, N., Tan, P.S., Lee, E.W., Li, T.Y. & Lim, T.L. 2008. A secure RFID-based track and trace solution in supply chains, 6th IEEE International Conference on Industrial Informatics, Daejeon, South Korea, July 13-16, 2008, IEEE, pp. 1364-1369.
20. He, W., Tan, E.L., Lee, E.W. & Li, T.Y. 2009. A solution for Integrated Track and Trace in Supply Chain based on RFID & GPS, IEEE Conference on Emerging Technologies & Factory Automation, Palma de Mallorca, Spain, September 22-25, 2009, IEEE.
21. Holmberg, A. and Åquist, R., 2018. *Blockchain technology in food supply chains*. Master of Science in Industrial Engineering and Management. Karlstads University.
22. Karlsson, J. & Reumark, P., 2007. *Future drivers and trends influencing the outbound logistics development*. Master Thesis LIU-IEI-TEK-A--07/00151—SE, Linköping Institute of Technology.
23. Korpela, K., Hallikas, J. & Dahlberg, T., 2017. *Digital supply chain transformation toward blockchain integration*.

ДОДАТОК

```

pragma solidity >= 0.4.24;

import "../coffeecore/Ownable.sol";
import "../coffeeaccesscontrol/FarmerRole.sol";
import "../coffeeaccesscontrol/DistributorRole.sol";
import "../coffeeaccesscontrol/RetailerRole.sol";
import "../coffeeaccesscontrol/ConsumerRole.sol";

// Define a contract 'Supplychain'
contract SupplyChain is
    Ownable,
    FarmerRole,
    DistributorRole,
    RetailerRole,
    ConsumerRole
{
    // Define 'owner'
    // address owner;

    // Define a variable called 'upc' for Universal Product Code (UPC)
    uint256 upc;

    // Define a variable called 'sku' for Stock Keeping Unit (SKU)
    uint256 sku;

    // Define a public mapping 'items' that maps the UPC to an Item.
    mapping(uint256 => Item) items;

    // Define a public mapping 'itemsHistory' that maps the UPC to an
    array of TxHash,
    // that track its journey through the supply chain -- to be sent from
    DApp.
    mapping(uint256 => string[]) itemsHistory;

    // Define enum 'State' with the following values (from 0 to 7):
    enum State {
        Harvested,
        Processed,
        Packed,
        ForSale,
        Sold,
        Shipped,
        Received,
        Purchased
    }

    State constant defaultState = State.Harvested;

    // Define a struct 'Item' with the following fields:
    struct Item {
        uint256 sku; // Stock Keeping Unit (SKU)
        uint256 upc; // Universal Product Code (UPC), generated by the
        Farmer, goes on the package, can be verified by the Consumer
        address ownerID; // Metamask-Ethereum address of the current owner
        as the product moves through 8 stages
        address originFarmerID; // Metamask-Ethereum address of the Farmer
        string originFarmName; // Farmer Name
        string originFarmInformation; // Farmer Information
    }
}

```

```

        string originFarmLatitude; // Farm Latitude
        string originFarmLongitude; // Farm Longitude
        uint256 productID; // Product ID potentially a combination of upc
+ sku
        string productNotes; // Product Notes
        uint256 productPrice; // Product Price
        State itemState; // Product State as represented in the enum above
        address distributorID; // Metamask-Ethereum address of the
Distributor
        address retailerID; // Metamask-Ethereum address of the Retailer
        address consumerID; // Metamask-Ethereum address of the Consumer
    }

    // Define 8 events with the same 8 state values and accept 'upc' as
input argument
    event Harvested(uint256 upc);
    event Processed(uint256 upc);
    event Packed(uint256 upc);
    event ForSale(uint256 upc);
    event Sold(uint256 upc);
    event Shipped(uint256 upc);
    event Received(uint256 upc);
    event Purchased(uint256 upc);

    // Define a modifier that checks to see if msg.sender == owner of the
contract
    modifier onlyOwner() {
        require(isOwner(), "Sender is not the owner of the contract.");
        _;
    }

    // Define a modifier that verifies the Caller
    modifier verifyCaller(address _address) {
        require(
            msg.sender == _address,
            "Sender is not the caller of the contract."
        );
        _;
    }

    // Define a modifier that checks if the paid amount is sufficient to
cover the price
    modifier paidEnough(uint256 _price) {
        require(
            msg.value >= _price,
            "Paid amount is insufficient for the price."
        );
        _;
    }

    // Define a modifier that checks the price and refunds the remaining
balance
    modifier checkValue(uint256 _upc) {
        _;
        uint256 _price = items[_upc].productPrice;
        uint256 amountToReturn = msg.value - _price;
        items[_upc].consumerID.transfer(amountToReturn);
    }

```

```

// Define a modifier that checks if an item.state of a upc is
Harvested
modifier harvested(uint256 _upc) {
    require(
        items[_upc].itemState == State.Harvested,
        "Product hasn't been harvested."
    );
    _;
}

// Define a modifier that checks if an item.state of a upc is
Processed
modifier processed(uint256 _upc) {
    require(
        items[_upc].itemState == State.Processed,
        "Product hasn't been processed."
    );
    _;
}

// Define a modifier that checks if an item.state of a upc is Packed
modifier packed(uint256 _upc) {
    require(
        items[_upc].itemState == State.Packed,
        "Product hasn't been packed."
    );
    _;
}

// Define a modifier that checks if an item.state of a upc is ForSale
modifier forSale(uint256 _upc) {
    require(
        items[_upc].itemState == State.ForSale,
        "Product isn't for sale yet."
    );
    _;
}

// Define a modifier that checks if an item.state of a upc is Sold
modifier sold(uint256 _upc) {
    require(
        items[_upc].itemState == State.Sold,
        "Product hasn't been sold."
    );
    _;
}

// Define a modifier that checks if an item.state of a upc is Shipped
modifier shipped(uint256 _upc) {
    require(
        items[_upc].itemState == State.Shipped,
        "Product hasn't been shipped."
    );
    _;
}

// Define a modifier that checks if an item.state of a upc is Received
modifier received(uint256 _upc) {
    require(
        items[_upc].itemState == State.Received,

```

```

        "Product hasn't been received."
    );
    -;
}

// Define a modifier that checks if an item.state of a upc is
Purchased
modifier purchased(uint256 _upc) {
    require(
        items[_upc].itemState == State.Purchased,
        "Product hasn't been purchased."
    );
    -;
}

// In the constructor set 'owner' to the address that instantiated the
contract
// and set 'sku' to 1
// and set 'upc' to 1
constructor() public payable {
    sku = 1;
    upc = 1;
}

// Define a function 'kill' if required
function kill() public {
    if (isOwner()) {
        selfdestruct(msg.sender);
    }
}

// Define a function 'harvestItem' that allows a farmer to mark an
item 'Harvested'
function harvestItem(
    uint256 _upc,
    address _originFarmerID,
    string _originFarmName,
    string _originFarmInformation,
    string _originFarmLatitude,
    string _originFarmLongitude,
    string _productNotes
) public onlyFarmer {
    // Add the new item as part of Harvest
    items[_upc] = Item({
        sku: sku,
        upc: _upc,
        ownerID: _originFarmerID,
        originFarmerID: _originFarmerID,
        originFarmName: _originFarmName,
        originFarmInformation: _originFarmInformation,
        originFarmLatitude: _originFarmLatitude,
        originFarmLongitude: _originFarmLongitude,
        productID: _upc + sku,
        productNotes: _productNotes,
        productPrice: 0,
        itemState: State.Harvested,
        distributorID: 0,
        retailerID: 0,
        consumerID: 0
    });
}

```

```

        // Increment sku
        sku = sku + 1;

        // Emit the appropriate event
        emit Harvested(_upc);
    }

    // Define a function 'processtItem' that allows a farmer to mark an
    item 'Processed'
    // Call modifier to check if upc has passed previous supply chain
    stage
    // Call modifier to verify caller of this function
    function processItem(uint256 _upc)
        public
        harvested(_upc)
        verifyCaller(msg.sender)
        onlyFarmer
    {
        // Update the appropriate fields
        items[_upc].itemState = State.Processed;

        // Emit the appropriate event
        emit Processed(_upc);
    }

    // Define a function 'packItem' that allows a farmer to mark an item
    'Packed'
    // Call modifier to check if upc has passed previous supply chain
    stage
    // Call modifier to verify caller of this function
    function packItem(uint256 _upc)
        public
        processed(_upc)
        verifyCaller(msg.sender)
        onlyFarmer
    {
        // Update the appropriate fields
        items[_upc].itemState = State.Packed;

        // Emit the appropriate event
        emit Packed(_upc);
    }

    // Define a function 'sellItem' that allows a farmer to mark an item
    'ForSale'
    // Call modifier to check if upc has passed previous supply chain
    stage
    // Call modifier to verify caller of this function
    function sellItem(uint256 _upc, uint256 _price)
        public
        packed(_upc)
        verifyCaller(msg.sender)
        onlyFarmer
    {
        // Update the appropriate fields
        items[_upc].itemState = State.ForSale;
        items[_upc].productPrice = _price;

        // Emit the appropriate event
    }

```

```

        emit ForSale(_upc);
    }

    // Define a function 'buyItem' that allows the distributor to mark an
    item 'Sold'
    // Use the above defined modifiers to check if the item is available
    for sale, if the buyer has paid enough,
    // and any excess ether sent is refunded back to the buyer
    // Call modifier to check if upc has passed previous supply chain
    stage
    // Call modifier to check if buyer has paid enough
    // Call modifier to send any excess ether back to buyer
    function buyItem(uint256 _upc)
        public
        payable
        forSale(_upc)
        paidEnough(items[_upc].productPrice)
        checkValue(_upc)
        onlyDistributor
    {
        // Update the appropriate fields - ownerID, distributorID,
    itemState
        items[_upc].ownerID = msg.sender;
        items[_upc].itemState = State.Sold;
        items[_upc].distributorID = msg.sender;

        // Transfer money to farmer
        uint256 price = items[_upc].productPrice;
        items[_upc].originFarmerID.transfer(price);

        // emit the appropriate event
        emit Sold(_upc);
    }

    // Define a function 'shipItem' that allows the distributor to mark an
    item 'Shipped'
    // Use the above modifiers to check if the item is sold
    // Call modifier to check if upc has passed previous supply chain
    stage
    // Call modifier to verify caller of this function
    function shipItem(uint256 _upc)
        public
        sold(_upc)
        verifyCaller(msg.sender)
        onlyDistributor
    {
        // Update the appropriate fields
        items[_upc].itemState = State.Shipped;

        // Emit the appropriate event
        emit Shipped(_upc);
    }

    // Define a function 'receiveItem' that allows the retailer to mark an
    item 'Received'
    // Use the above modifiers to check if the item is shipped
    // Call modifier to check if upc has passed previous supply chain
    stage
    // Access Control List enforced by calling Smart Contract / DApp
    function receiveItem(uint256 _upc) public shipped(_upc) onlyRetailer {

```

```

// Update the appropriate fields - ownerID, retailerID, itemState
items[_upc].ownerID = msg.sender;
items[_upc].itemState = State.Received;
items[_upc].retailerID = msg.sender;

// Emit the appropriate event
emit Received(_upc);
}

// Define a function 'purchaseItem' that allows the consumer to mark
an item 'Purchased'
// Use the above modifiers to check if the item is received
// Call modifier to check if upc has passed previous supply chain
stage
// Access Control List enforced by calling Smart Contract / DApp
function purchaseItem(uint256 _upc) public received(_upc) onlyConsumer
{
    // Update the appropriate fields - ownerID, consumerID, itemState
    items[_upc].ownerID = msg.sender;
    items[_upc].itemState = State.Purchased;
    items[_upc].consumerID = msg.sender;

    // Emit the appropriate event
    emit Purchased(_upc);
}

// Define a function 'fetchItemBufferOne' that fetches the data
function fetchItemBufferOne(uint256 _upc)
    public
    view
    returns (
        uint256 itemSKU,
        uint256 itemUPC,
        address ownerID,
        address originFarmerID,
        string originFarmName,
        string originFarmInformation,
        string originFarmLatitude,
        string originFarmLongitude
    )
{
    // Assign values to the 8 parameters
    itemSKU = items[_upc].sku;
    itemUPC = items[_upc].upc;
    ownerID = items[_upc].ownerID;
    originFarmerID = items[_upc].originFarmerID;
    originFarmName = items[_upc].originFarmName;
    originFarmInformation = items[_upc].originFarmInformation;
    originFarmLatitude = items[_upc].originFarmLatitude;
    originFarmLongitude = items[_upc].originFarmLongitude;

    return (
        itemSKU,
        itemUPC,
        ownerID,
        originFarmerID,
        originFarmName,
        originFarmInformation,
        originFarmLatitude,
        originFarmLongitude
    )
}

```

```

    );
}

// Define a function 'fetchItemBufferTwo' that fetches the data
function fetchItemBufferTwo(uint256 _upc)
    public
    view
    returns (
        uint256 itemSKU,
        uint256 itemUPC,
        uint256 productID,
        string productNotes,
        uint256 productPrice,
        uint256 itemState,
        address distributorID,
        address retailerID,
        address consumerID
    )
{
    // Assign values to the 9 parameters
    itemSKU = items[_upc].sku;
    itemUPC = items[_upc].upc;
    productID = items[_upc].productID;
    productNotes = items[_upc].productNotes;
    productPrice = items[_upc].productPrice;
    itemState = uint256(items[_upc].itemState);
    distributorID = items[_upc].distributorID;
    retailerID = items[_upc].retailerID;
    consumerID = items[_upc].consumerID;

    return (
        itemSKU,
        itemUPC,
        productID,
        productNotes,
        productPrice,
        itemState,
        distributorID,
        retailerID,
        consumerID
    );
}
}

```