УДК 637.54:004.43
DOI 10.15673/swonaft.v2i86.2478

ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН У ЛАНЦЮГУ ПОСТАЧАННЯ М'ЯСА ПТИЦІ

Поварова Н.М., канд. техн. наук, доцент
Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

Copyring © 2022 by author and the journal «Scientific Works»
This work is licensed under Vthe Creative Commons Attribution International License (CC By).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Анотація. *Сучасні системи відстеження характеризуються неможливістю пов'язати записи харчових ланцюгів, неточністю та помилками в записах і затримками в отриманні важливих даних, які є фундаментальними у випадку харчових спалахів захворювань; ці системи мають стосуватися відкликання та вилучення неспоживчих товарів. У статті представлено огляд різноманітних останніх технологічних досягнень, таких як інноваційні впровадження блокчейн технології, які можуть сприяти збільшенню продажів агропродукції, або дозволити споживачеві знати повну інформацію про продукти серії IV через смартфон; визначення автентичності їжі за допомогою ізотопного аналізу або аналізу послідовностей ДНК. Також представлено деякі концептуальні досягнення в галузі відстеження харчових продуктів, такі як розробка загальної основи для уніфікації існуючих технічних регламентів, взаємозв'язку між агентами, реєстраторами середовища та продуктами, усі вони у формі інтернету речей, а також розробка інтелектуальної відстежуваності, де можна отримати інформацію про продукт, в тому числі термін його зберігання, що залишився.*

Ці нові методи та концепції надають нові можливості для підвищення ефективності та сумісності існуючих систем відстеження

Ключові слова: відстеження харчових продуктів, контроль харчових продуктів, системи відстеження, м'ясо птиці, блокчейн.

FEATURES OF THE IMPLEMENTATION OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE POULTRY MEAT SUPPLY CHAIN

Povarova N.M., PhD, Associate Professor
Odesa National University of Technology, Odesa

Abstract. *Current tracking systems are characterized by the inability to link food chain records, inaccuracies and errors in records, and delays in obtaining critical data, which are fundamental in the case of foodborne disease outbreaks; these systems should address recalls and withdrawals of non-consumer goods. The article provides an overview of various recent technological advances, such as innovative implementations of blockchain technology, which can help increase sales of agricultural products, or allow the consumer to know complete information about Series IV products through a smartphone; determining the authenticity of food using isotopic analysis or DNA sequence analysis. Also presented are some conceptual advances in the field of food traceability, such as the development of a common framework for the unification of existing technical regulations, the relationship between agents, environmental recorders and products, all in the form of the Internet of Things, systems, and the development of intelligent traceability where possible get information about the product, including its remaining shelf life. To date, interest in blockchain technology has increased. The invention of the principles of distributed storage of information became a kind of revolution in the world of information technologies. The latest technology is a distributed database that maintains an ever-growing list of records, so-called blocks. Such a database is the basis of the Bitcoin cryptocurrency, where it serves as a ledger for all operations. The prospects for the development of the blockchain ecosystem and its capabilities are closely related to the development of modern technological processes. With the help of this register, it becomes possible to track the processes of manufacturing products, control the quality of the manufactured product. Each stage will be considered completed only if the transaction (a record in the database that contains information about one or another stage of the technological process) will be accepted and confirmed by all users of this network.*

Keywords: food tracking, food control, tracking systems, poultry meat, blockchain.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями. Стурбованість світової громадськості безпекою харчових продуктів ніколи ще не була такою високою, як нині. Значні кризи у сфері безпеки та якості виробництва продуктів харчування у світі, що відбулися за останні двадцять років, заронили сумніви у свідомість споживачів та породили недовіру до продуктів, що поставляються на ринок. Тільки наприкінці минулого та на початку поточного століття в цій галузі відбулася низка помітних подій, що вплинули на підвищення вимог з боку споживачів до безпеки та якості харчової продукції. Наведемо деякі з них:

- спалах коров'ячого сказу у Великій Британії та Канаді завдав величезних збитків економікам цих країн;
- у Канаді втрачений прибуток від експорту становив понад 20 млн доларів на день, причому ціна на яловичину знизилася на 60 %;
- у Великій Британії загальна вартість збитків склала 11 млрд фунтів стерлінгів;
- за прогнозами Австралійської урядової промислової комісії, заборона на експорт яловичини з країни через будь-яке захворювання терміном на 12 місяців завдасть Австралії збитків у 8–13 млрд австралійських доларів, що призведе до скорочення персоналу, задіяного в галузі, на 30 % , а робітників із суміжних галузей (транспортна та ін.) на 2–3 %.

Наведені приклади показують, що неможливість вчасно попередити або вчасно усунути джерело зараження завдає відчутного удару по економіці. У зв'язку з цим багато країн ввели до законодавства вимогу щодо обов'язкової наявності систем простежуваності протягом усього харчового ланцюга. Ця концепція одержала назву «від поля до столу». Впровадження «простежуваності» у харчовий сектор – це новий напрямок, який набирає сили в країнах Північної Америки та Європи. Необхідність її з різних причин усвідомили і уряди, і бізнес. У США, наприклад, національна трагедія 2001 року призвела до ухвалення закону про протидію біотероризму та спричинила розробку державних, а потім і міжнародних стандартів систем «простежуваності» харчової продукції. Часткова «простежуваність» існувала і раніше – це всім відомі зараз стандарти ISO та HACCP, розроблені для контролю біологічних, хімічних та фізичних ризиків виробництва, але сучасність вимагала більшого.

Глобалізація торгівлі та відсутність міжнародних стандартів ускладнювали ідентифікацію походження та історії продуктів, і обов'язкове використання HACCP у переробці не допомагало вирішити зазначені проблеми, оскільки був відсутній механізм комунікації зібраних цією системою даних між іншими учасниками ринку по всьому ланцюгу проходження продукту. Тому в різних галузях і, насамперед, у рибній галузі почали використовувати нову концепцію «простежуваності», яка наразі стає невід'ємною частиною бізнесу.

У 2002 році Європарламентом та Радою Європи ухвалено Регламент ЄС № 178/2002, що встановлює загальні вимоги до продовольства та процесів його виробництва, що визначає процедури щодо забезпечення безпеки харчової продукції. Ключовим положенням документа є вимога розглядати виробництво продуктів харчування як нерозривний ланцюжок, починаючи від годівлі та вирощування тварин, закінчуючи вимогою до інформації для споживача на готовому продукті. В американському законодавстві актом 2002 року «Про забезпечення здоров'я суспільства та про готовність реагувати на біотероризм» (PL 107–188) зазначається, що підприємства повинні організувати та вести облікову документацію, необхідну для визначення найближчого (у ланцюжку постачання) постачальника та найближчого отримувача продовольчого товару (принцип «один попередній та один наступний»).

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Після детального дослідження справжнього визначення простежуваності представили збірку всіх визначень, у яких говориться, що простежуваність – це «можливість доступу до будь-якої або всієї інформації, що стосується того, що розглядається, протягом життєвого циклу за допомогою записаних ідентифікацій» [1].

Відстеження харчових продуктів претендує на високий потенціал для захисту споживачів, орієнтуючись саме на відкликання, усунення непридатних харчових продуктів і сприяння розслідуванню причин проблем безпеки харчових продуктів; все це є невід'ємною частиною безпеки харчових продуктів, якості харчових продуктів, харчового захисту та невід'ємною вимогою ланцюга постачання харчових продуктів. Всесвітнє визнання простежуваності харчових продуктів, наприклад Patagonia traces в Аргентині, об'єднання GS1 Australia з Efficient Consumer Response Australasia (ECRA), підтримане Австралійською продовольчою та бакалійною радою (AFGC) та іншими ключовими державними установами та департаментами створюють портал для відкликання та вилучення всіх продуктів (Австралія GS1, 2010), Національна система відстеження сільського господарства та харчових продуктів (NAFTS, 2013) у Канаді, впровадження «Інтернету речей» та створення майбутнього хмарного обчислювального центру у районі Цзіньшань у Шанхаї для забезпечення відстеження харчових продуктів у Китаї, Регламент Європейського Союзу (2002) №.178/2002 та Система швидкого оповіщення ЄС про харчові продукти та корми (RASFF), використання програмного забезпечення Grapenet для відстеження та відстеження для

експорту столового винограду з Індії до ЄС, запровадження повної системи відстеження яловичини в Кореї (ІСТ у 2011).), Закон США про боротьбу з біотероризмом (2001, H.R. 3448) і Закон про модернізацію та безпеку харчових продуктів (FMSA, 2011. H.R. 2751) у США ще більше зміцнюють віру світової спільноти в простежуваність харчових продуктів [2, 3]. Оскільки простежуваність є добре відомою проблемою для більшості харчової промисловості, дослідження має на меті представити перспективу щодо запровадження на території України нових тенденцій і останніх досягнень, представивши нові технологічні та концептуальні методи та продемонструвавши їх новизну.

Автори пишуть про неможливість пов'язати записи харчових ланцюгів, що характеризує поточні системи відстеження, також описує неточність і помилки в записах і затримки в отриманні важливих даних. Доступ до цієї інформації є ключовим у разі харчового спалаху хвороби та необхідний для роботи агентів з безпеки харчових продуктів.

Крім того, відстеження викликало багато проблем, пов'язаних з управлінням продовольчою кризою, відстеженням сипучих продуктів, проблемами щодо якості та збереження ідентичності, запобіганням шахрайству та боротьбою з контрафакцією [4]. Служба економічних досліджень Міністерства сільського господарства США стверджує, що окрім забезпечення безпечного постачання харчових продуктів, використання системи відстеження призводить до зниження вартості систем розподілу, зменшення витрат на відкликання та розширення продажів продуктів із ознаками, які важко розрізнити [5]. Навіть багато виробників харчових продуктів мають хорошу внутрішню електронну систему відстеження, але обмін інформацією між ланками в ланцюзі постачання займає дуже багато часу або є складним через різноманітність та закритий характер відповідних внутрішніх систем [6], отже, вони не усвідомлюють справжньої цінності використання електронної системи відстеження, оскільки витрати на встановлення технології та експлуатацію системи перевищують переваги.

Отже, є потреба в зміні, де всі агенти в ланцюзі поставок можуть виграти, з'являються нові тенденції в секторі простежуваності харчових продуктів, зосереджені на вдосконаленні процесів, таких як онтологія відстеження та відстеження харчових продуктів (FTTO) і критична точка відстеження (CTE), об'єднані в рамках TraceFood Framework, можуть забезпечити нові досягнення для покращення ефективності і сумісності існуючої системи відстеження. З одного боку, критична подія відстеження забезпечує швидку та ефективну систему відстеження харчових продуктів [7] з безпекою щодо володіння даними, доступу до даних і захисту конфіденційної інформації, а Ontology Food Track and Trace Ontology забезпечує інтеграцію між різнорідними базами даних, що забезпечує взаємодію між різними системами [8].

З іншого боку, TraceFood Framework надає принципи та вказівки щодо впровадження відстежуваності в харчових ланцюжках. Зростаюче розповсюдження нових технологій у поєднанні з доступністю нових обчислювальних та симуляційних моделей, здається, суттєво покращує теперішню вартість простежуваності харчових продуктів і вирішить проблеми відсутності зв'язку між агентами та забезпечить надійну та однорідну лінію для працювати, натомість маючи цілий ряд абсолютно різнорідних правил. Відстеження можуть бути лише ефективними; якщо вони будуть реалізовані на рівні галузевого системного підходу [9] . Щоб здійснювати ефективний моніторинг продукту, галузі завжди потребували легко застосовуваних і недорогих методів відстеження, останні досягнення можуть запропонувати ефективність із новітніми технологіями, такими як хемометричне моделювання, ізотопний аналіз або штрих-кодування ДНК, незважаючи на те, що вони не найдешевші. З іншого боку, бездротові пристрої моніторингу все ще вдосконалюються та впроваджуються в багатьох інноваційних дослідженнях з метою забезпечення доступного та легкого способу відстеження [10, 11,12, 13,14].

Blockchain – база даних, яка складається з транзакцій, об'єднаних в блоки, і зберігається на вузлах мережі, яка її складає. Blockchain може бути публічним, як Bitcoin Blockchain, або приватним, за доступом до якого стежить адміністратор.

Основні характеристики даного реєстру – це довіра до алгоритму, незмінність даних, прозорість операцій та повний контроль над цифровим активом.

Блок транзакцій – спеціальна структура для запису групи транзакцій. Транзакція при цьому здійснюється лише тоді, коли вважається підтвердженою. Це зручно і надійно, якщо йдеться про здійснення платежів чи передачу конфіденційних даних. Аби транзакція вважалася достовірною («підтвердженою»), її формат і підписи мають бути перевірені. Після цього групу транзакцій записують в спеціальну структуру, так званий блок). В цих блоках інформацію можна швидко перевірити. А ще в кожному наступному зберігається інформація про попередній. При операціях із криптовалютами, наприклад, у ланцюжку блоків міститься інформація про всі вчинені коли- небудь операції з біткойнами.

В блок входять заголовок та список транзакцій. Заголовок блоку включає в себе свій хеш, хеш попереднього блоку, хеши транзакцій та додаткову службову інформацію. Першою транзакцією в блоці завжди вказується отримання комісії, яка стане нагородою користувачеві за створений блок. Для проведення транзакцій в блоці використовують деревоподібне хешування, аналогічне формуванню хеш-суми файлу в протоколі BitTorrent (тому самому, який використовується в роботі торент-трекерів). Транзакції, крім нарахування комісії за створення блоку, містять всередині атрибута input посилання на

транзакцію, за якою на цей рахунок були отримані біткойни (або інші дані чи цифрові валюти). Комісійні операції можуть містити в атрибуті будь-яку інформацію (для них це поле носить назву Coinbase parameter), оскільки у них немає батьківських транзакцій. Створений блок буде прийнятий іншими користувачами, якщо числове значення хешу заголовка дорівнює або нижче певного числа, величина якого періодично коригується. Структура ланцюжка представлена на рисунку 1.

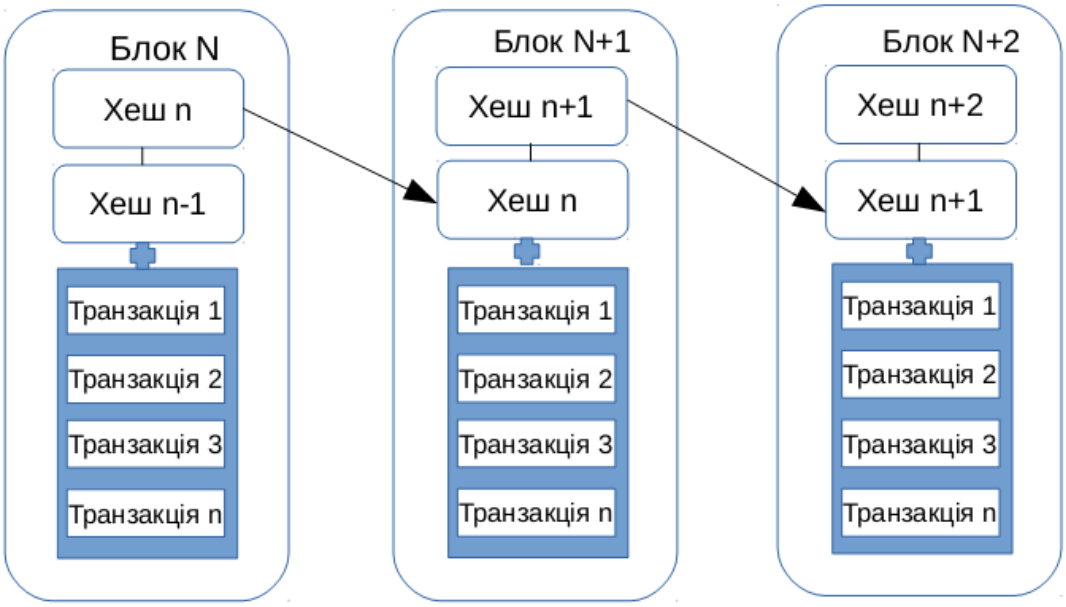

Рисунок 1 – Структура ланцюга в Blockchain

Різні блокчени вирішують дану задачу по-різному. Найбільш відомим механізмом є *Proof of Work (PoW)* – доказ виконаної роботи, який реалізований в *Bitcoin Blockchain.* Перше правило *PoW* полягає в тому, що один новий блок додається до *Blockchain*, в середньому, кожні 10 хвилин. Процес додавання чергового блоку називається “Майнінг”, вузли які намагаються додати блок в ланцюжок (“майнери”), використовують обчислювальну потужність своїх комп’ютерів, щоб спробувати вирішити криптографічну задачу, успішне вирішення якої, дозволяє додати новий блок.

У міру того як все більше учасників світового логістичного ринку переймаються підвищенням прозорості та надійності ланцюгів поставок, провідні IT-компанії просувають ідею використання для цих цілей технології Blockchain. Так, міжнародна IT-компанія IBM вже запропонувала деяким великим компаніям з різних сфер діяльності протестувати свої розробки, засновані на принципі Blockchain.

Міжнародний Blockchain-консорціум Hyperledger був запущений Linux Foundation в 2015 році і на даний момент об'єднує понад 115 компаній з різних сфер, включаючи фінанси, автомобілебудування, охорону здоров'я, IoT і авіацію. Головна мета консорціуму – створення єдиної Blockchain-платформи з відкритим кодом, яка дозволить організаціям по всьому світу впровадити технологію в свої бізнес-процеси.

Ритейлер WalMart одним з перших тестує нову технологію IBM на поставках манго в США і свинини в Китаї. Як вважають в компанії, її впровадження підвищить ефективність управління запасами і забезпечить безпеку поставляються продуктів харчування. Блокчейн дозволить отримати повну інформацію про будь-якої партії товару, занесеної до бази даних, за лічені секунди.

Прозорість ланцюга поставок принесе користь і кінцевим споживачам, які зможуть переконатися в безпечності продукції, її свіжості, відсутності ГМО і небажаних добавок. Або ж точно дізнатися, що куплений тунець ні здобутий браконьєрським способом – саме з метою захистити себе від поді- бних звинувачень Blockchain став використовувати британський стартап Provenance. Компанія за допомогою технології Blockchain відстежує рух тунця, контролюючи його ловлю і доставку. Компанія EverLadger використовує технологію в ланцюжку поставок для підтвердження джерела походження в торгівлі алмазами.

Стартап Assetcha.in за допомогою Blockchain підвищує безпеку зберігання цінних речей.

Для того, щоб конкретно виділити кожний з етапів технологічного процесу, який буде котролюватись за допомогою Blockchain-системи, необхідно проанлізувати кожний з цих етапів та визначити їх основні характеристики. Для коректної роботи системи необхідно побудувати ланцюг, який будет опи- сувати правильну послідовність виконання первинної переробки м’ясної продукції (у моєму випадку розглядається процес переробки свинини). Результатом даного аналізу є блок-схема, на якій вказані всі етапи технологічно го процесу. Все це необхідно для того, щоб за допомогою системи можна було

відстежити в яких умовах і з якими параметрами була проведена первинна переробка. Таким чином, кожна з транзакцій, що була занесена у Blockchain, буде повідомляти про якість отриманої в результаті сировини. Отримана сировина направляється на вторинну переробку, результатом якої є готовий до споживання продукт.

Обґрунтування вибору платформи для реалізації системи простежуваності харчових продуктів за допомогою Blockchain

У спрощеному варіанті мережу Blockchain можна визначити як децентралізовану систему для ефективного і безпечного обміну бізнес-активами. Загальна розподілена бухгалтерська книга забезпечує зберігання незмінних записів про операції з активами між учасниками мережі і реєструє поточний (глобальний) стан цих активів. Бізнес-правила, яким підкоряються транзакції, кодуються в розумних контрактах або чейнкодах.

Замість перевірки транзакцій за участю центрального органу або надійного посередника, наприклад банку або брокерської фірми, учасники мережі Blockchain використовують механізм досягнення консенсусу забезпечуючи надійність, відстеження і прозорість в мережі. Для підвищення рівня конфіденційності учасники можуть приєднатися до одного або декількох каналів з ізоляцією даних; в цьому випадку застосовується бухгалтерська книга, загальна для всіх ідентифікованих учасників каналу.

Комерційна мережа Blockchain є колективною власністю групи ідентифікованих і верифікованих установ, наприклад підприємств або університетів. Всі учасники цієї контрольованої мережі, відомі один одному. Технологія Blockchain лежить в основі мережі Bitcoin. Однак Bitcoin не відповідає вимогам комерційних організацій, так як є неконтрольованою мережею. Bitcoin знаходиться під управлінням спільноти учасників, до яких не пред'являються строгі вимоги ідентифікації. Крім того, в мережі відсутній ідентифікований склад власників.

– IBM Blockchain Platform

The IBM Blockchain Platform це єдина повністю інтегрована і готова до використання на підприємстві платформа Blockchain, призначена для прискорення процесу розробки, управління та експлуатації багаторівневих бізнес-мереж. Дана платформа розроблена на основі новітнього коду Hyperledger Fabric з модульною архітектурою, що забезпечує безпеку, цілісність даних, масштабованість і продуктивність корпоративного класу.

– Hyperledger Fabric

Відповідно до потреб сучасних ринків IBM і ряд інших компаній ініціювали спільний проект зі створення відкритої галузевої реалізації технології Blockchain для комерційного використання, який отримав назву Hyperledger Fabric, (один з проектів Hyperledger). Hyperledger Fabric є середовищем для розподілених бухгалтерських книг в контрольованих мережах. Завдяки модульній архітектурі Hyperledger Fabric забезпечує максимальний рівень конфіденційності, стійкості, гнучкості і масштабованості для рішень Blockchain, що дозволяє використовувати за принципом plug-and-play різні компоненти, і застосовує технологію контейнерів для виконання «розумних» контрактів, що реалізують логіку додатків системи.

Hyperledger – це спільний open source проект, створений для просування технології Blockchain за допомогою реалізації функцій, необхідних для відкритого міжгалузевого стандарту розподілених реєстрів. Це міжнародний проект, який охоплює провідні компанії в сфері фінансів, банківського сектора, інтернету речей, логістики, виробництва і технологій. Проект Hyperledger функціонує за підтримки The Linux Foundation.

Hyperledger ставить своїм завданням розробку відкритих технологій розподіленого реєстру, які дозволять компаніям створювати стабільні галузеві програми, платформи і апаратні системи, призначені для виконання конкретних бізнес-операцій. Проект налічує більше 122 учасників і охоплює різні галузі, включаючи фінанси, охорона здоров'я, Інтернет речей, обслуговування кредитних карт, авіацію та інші.

Мета роботи.

Розробити систему простежуваності для підприємств птахопереробної галузі , яка б вирішувала наступні задачі:

- швидко та на ранніх етапах виявляти ризики зараження харчових продуктів, що значно позначиться на зменшенні фінансових витрат для усунення подібних ситуацій;
- зробити більш прозорим обіг харчових продуктів на внутрішньому ринку, забезпечити своєчасне виявлення та відкликання з торгової мережі та мережі громадського харчування недоброякісної харчової продукції;
- забезпечити можливість підвищити безпеку сировини та оперативність вжиття заходів щодо запобігання надходженню подібної сировини до виробничого ланцюга;
- підвищити довіру споживачів до якості та безпеки харчових продуктів, що надходять на їх стіл;
- максимально спростити інтеграцію України у світову систему простежуваності.

Виклад основного матеріалу дослідження. У процесі виробництва м'яса птиці в продуктовому ланцюзі, входять до неї різні структури,які несуть як основні, так і другорядні ролі. До основних ролей відносяться постачальники племінної птиці (вирощування та транспортування), виробництва комбікормів, кормових інгредієнтів, ветпрепаратів, підприємства з вирощування птиці, м'яса птиці (забій, переробка м'яса, упаковка, маркування, реалізація, транспортування), постачальники харчових інгредієнтів (виробництво та транспортування панірувальних сумішей і спецій і т. д.), підприємства оптової та роздрібної торгівлі (отримання, зберігання, реалізація, транспортування бункерів, контейнерів тощо), постачальники логістичних послуг (транспортування та зберігання з використанням вантажного автотранспорту, залізничного, водного транспорту, авіації), організації, що контролюють дотримання правил (організації з нагляду).

Тому для простеження всього життєвого циклу продукту, його історії, необхідно в кожній вищезгаданій ланці харчового ланцюга мати систему простежуваності – внутрішню, а між ланками – зовнішню.

Зрештою, Простежуваність продукту вимагає ефективного застосування як зовнішньої, так і внутрішньої Простежуваності. Кожен учасник цього процесу повинен мати можливість ідентифікувати безпосереднє джерело та безпосереднього споживача продукту, що простежується. Це дотримання принципу «крок вгору і крок вниз». Цей принцип вимагає від партнерів ланцюга поставок збирати, реєструвати, зберігати найменші подробиці інформації про життєвий цикл. Для створення ефективної системи простеження в ланцюзі постачання необхідно наступне:

- будь-який товар, який необхідно простежити «вгору та вниз», має бути унікально ідентифікований у світовому масштабі;
- усі сторони ланцюга постачання повинні запровадити зовнішню та внутрішню простежуваність;
- зовнішня простежуваність має місце тоді, коли товар, що відстежується, фізично передається від одного торгового партнера (джерела простежуваного продукту) іншому (приймачу, або реципієнту, цього продукту).

Внутрішня простежуваність має місце тоді, коли торговий партнер отримує один або кілька об'єктів, що відстежуються, як сировинний матеріал, який підлягає процесам переробки всередині підприємства з метою отримання одного або кількох відстежуваних об'єктів як кінцевий продукт. Впровадження внутрішньої Простежуваності має забезпечувати необхідний зв'язок між сировиною та продукцією.

При постачанні племінних курчат необхідно зареєструвати джерело їх походження, чи це спеціалізоване господарство чи власне виробництво. У ході будь-якого виду транспортування як усередині підприємства, так і між різними виробництвами птиця, що переміщається, повинна супроводжуватися документацією, оформленою постачальником, хоча внесені в них параметри можуть різнитися.

При прийманні племінної продукції необхідно перевірити документацію та занести всі дані разом із датою та часом надходження до протоколів приймання. Необхідно також надати коди партіям, щоб зв'язати коди партій постачальників з кодами, які будуть використовуватися підприємством.

Реєстрація партій може вестись як за допомогою письмових протоколів, так і за допомогою введення інформації в центральну базу за допомогою сканерів, штрих-кодів або інших методів ІТ.

При розподілі птиці по зонах вирощування та утримання необхідно обов'язково реєструвати, яке саме стадо знаходиться на даній ділянці. Тому кожен пташник повинен мати власний ідентифікаційний код, який необхідно пов'язувати з конкретним кодом партії птиці, що знаходиться в ньому.

Безпека та якість м'яса птиці багато в чому обумовлені якістю кормів, їх обсягами та часом годівлі. Тому необхідна простежуваність використовуваних кормів, а також графіків годівлі кожної партії. Корми слід отримувати від надійних виробників, які запровадили систему простежуваності та гарантують постачання кормів без механічних, хімічних та біологічних забруднень. Аналогічні вимоги повинні пред'являтися до власних комбікормових заводів, при цьому вимоги системи простежуваності повинні поширюватися на постачальників інгредієнтів для кормів.

При Простежуваності кожна партія кормів повинна мати власний код, який повинен реєструватися під час приймання, а в період зберігання кормів повинні дотримуватися процедур контролю за запасами. Під час годівлі необхідно реєструвати та пов'язувати з кодом партії птиці код партії та обсяг кормів, що надходить у кожен пташник.

У процесі вирощування птиці для запобігання ряду захворювань застосовуються різноманітні ветпрепарати відповідно до настанов про їх використання. З метою недопущення наявності залишкового вмісту їх у готовому продукті, а також заборонених до вживання, потрібна реєстрація властивостей та джерела ветеринарних препаратів, часу їх використання та умов їх зберігання. Час, дата та умови вивантаження кожної підготовленої партії птиці для забою в зоні промислового стада має реєструватися та фіксуватися у документах на її здачу.

Таким чином, загальна мета Простежуваності на виробництві, що вирощує птицю, полягає в тому, щоб забезпечити документування кожної партії птиці з моменту надходження яєць (або курчат) до часу її

вилучення на переробку. Протоколи повинні показувати, які корми та ветеринарні препарати, у який час і в якій кількості давалися птиці, а також містити інформацію, в якій ці продукти можна було відстежити до реєстраційних документів їхніх постачальників.

Опис реалізації системи простежуваності харчових продуктів

Для зручності етап реалізації компонентів мережі був розділений на п’ять основних етапів.

I етап: Створення структури бізнес-мережі

Основним поняттям є визначення бізнес-мережі (BND). Вона визначає модель даних, логіку транзакції та правила контролю доступу для рішення для блок-схеми. Щоб створити BND, потрібно створити відповідну структуру проекту на диску.

Найпростіший спосіб – почати використовувати генератор Yeoman для створення бізнес-мережі скелетів. Таким способом створюється каталог, що містить всі компоненти ділової мережі.

1. Створення каркасу мережі, за допомогою Yeoman. Ця команда вимагає задати назву бізнес-мережі, опис, ім'я автора, адресу електронної пошти автора, вибір ліцензій та простір імен.
2. yo hyperlerger-composer: businessnetwork
3. Ввід даних про мережу: назва мережі та потрібна інформація для опису, ім'я автора та електронна пошта автора.
4. Apache-2.0 ліцензія.
5. org.acme.biznet реєструю як простір імен.

II етап: Визначення основних елементів мережі

Ділова мережа складається з активів, учасників, транзакцій, правил контролю доступу та додаткових подій та запитів. У каркасі мережі, створеної на попередніх етапах, є файл моделі (.cto), який буде містити ви- значення класів для всіх активів, учасників та транзакцій у бізнес-мережі. Мережа також містить документ керування доступом (permissions.acl) з основними правилами контролю доступу, файл сценарію (logic.js), що містить функції процесорів транзакцій, і файл package.json, що містить мета- дані бізнес-мереж.

Моделювання активів, учасників та транзакцій

Першим оновленим документом є файл моделі (.cto). Цей файл напи- сано за допомогою платформи IBM Blockchain: Develop Modelling Language. Файл моделі містить визначення кожного класу активу, транзакції, учасника та події. Це неявно розширює платформу IBM Blockchain: Develop System Model, описану в документації для мови моделювання.

Додавання логіки транзакції JavaScript

У файлі моделі було визначено торговельну транзакцію, яка визначає відношення до активу та учасника. Файл функції обробника транзакцій містить логіку JavaScript для виконання транзакцій, визначених у файлі моделі.

Торгова транзакція призначена для простого прийняття ідентифікатора товарного активу, на якому здійснюється торгівля, а також ідентифікатора учасника трейдера, який призначається новим власником.

Створюється файл permissions.acl в каталозі, для регламентування правил доступу до системи.

III етап: Створення архіву мережі

Тепер, коли бізнес-мережа визначена, вона повинна бути упакована в файл архіву бізнес-мереж, який можна буде розгортати (.bna).

Використовуючи командний рядок, перехожду до необхідного каталогу. З каталогу tutorial-network запускаю таку команду:

composer archive create -t dir -n .

Після запуску команди в каталозі tutorial-network створено файл архіву бізнес-мережі під назвою tutorial-network@0.0.1.bna.

IV етап: Розгортання ділової мережі

Після створення файлу .bna бізнес-мережа може бути розгорнута на базі Hyperledger Fabric. Зазвичай, інформація від адміністратора Fabric потрібна для створення ідентифікатора PeerAdmin, з привілеями для розгортання типового коду для користувачів. Однак, як частина етапу інсталяції необхідного середовища розробки, вже було створено ідентифікатор PeerAdmin.

Після використання runtime бізнес-мережа може бути розгорнута для користувачів. Для кращої практики слід створити нову ідентифікацію для адміністрування бізнес-мережі після розгортання. Цей користувач називається адміністратором мережі. Корпоративна мережева картка PeerAdmin з правильними обліковими даними вже створена як частина інсталяції середовища розробки.

Розгортання ділової мережі до Fabric Hyperledger вимагає наявності платформи IBM Blockchain для розробки мережевого коду, який буде встановлений на одноранговій платформі, після чого архіву бізнес-мережі (.bna) слід надіслати користувачів, а новий учасник, ідентифікатор та пов'язана картка повинні бути створеним як адміністратор мережі. Нарешті, корпоративна мережева карта мережевого адміністратора повинна бути імпортована для використання, а потім мережа може бути налагоджена, щоб перевірити, чи відповідає вона вимогам до Blockchain.

V етап: створення сервера REST

IBM Blockchain Platform: Develop може створити індивідуальний API REST на основі бізнес-мережі. Для розробки веб-додатків API REST надає корисний рівень абстракції.

Створений API буде використовуватись для маніпуляцій з мережею через Web-інтерфейс. Таким чином, звертаючись до API, можна отримати лістинг транзакцій, створити нового користувача, або зробити новий запис до Blockchain.

Наступним етапом проектування буде розширення створеної мережі. Оскільки визначені етапи переробки м'ясної продукції, що описані у другому розділі, мають строгу послідовність, необхідно описати її у вигляді коду.

Для того щоб почати роботу з даними етапами первинної та вторинної переробки, необхідно створити новий актив для мережі. Даний актив буде описувати сировину (або стадо) всі її характеристики, а також параметри необхідні для контролю технологічного процесу. Тобто кожний з етапів виробництва буде представлений у вигляді параметра для даного активу. За допомогою цих параметрів можна буде відстежити статус продукції. Кожна транзакція, що буде надходити до мережі, у разі її підтвердження, буде змінювати один з цих параметрів згідно з послідовністю передбаченою нормами первинної та вторинної переробки м'ясної продукції. Крім того, для отримання точної інформації про технологічний процес, будуть записуватись основні параметри при яких цей процес проводиться. Таким чином, можна буде з впевненістю говорити про якість виготовленого продукту.

Для реалізації даного етапу необхідно зробити запис до файлу моделей (.cto) та вказати всі його параметри і їх типи даних. Також, необхідно визначити ідентифікатор для даного активу, за яким можна буде звернутись до мережі для простежування актуального стану активу. Оскільки процес буде контролюватись групою людей, то необхідно прив'язати актив до певного власника. Так ми можемо гарантувати, що внесення змін буде проводитись тим користувачем, який має на це право і тільки потім транзакція буде розглядатись усіма іншими користувачами на предмет її прийняття. Замовник в даному випадку може контролювати тільки стан активу, в той час як підприємство, яке використовує систему може чітко визначити порядок виконання етапів і власне виконавця (контролера, який стежить за правильністю проведення переробки). Кожен з етапів технологічного процесу має спеціально створений тип даних Status. Для простоти змінна типу Status може мати два значення NotCompleted – у разі якщо етап ще не виконаний, або Completed – якщо етап був успішно завершений.

Наступним етапом буде опис основних характеристик користувача. Це необхідно, перш за все, при реєстрації нового користувача в мережі. В залежності від того, які обов'язки закріплені за тим чи іншим спеціалістом, будуть змінюватись його права та можливості в рамках Blockchain.

Було б недоцільно описувати кожного користувача окремо, в залежності від його посади та обов'язків. Тому було вирішено створити абстрактного користувача одним з параметрів якого буде посада (position). В залежності від даного параметру будуть налаштовуватись параметри доступу до мережі а також перелік дій, які даний користувач може виконувати в мережі. В даному файлі описані наступні параметри:

- прізвище та ім'я користувача;
- адреса електронної пошти;
- посада;
- адреса проживання.

Для того щоб отримати доступ до даного файлу в основному файлі .cto

необхідно імпортувати його: import org.acme.base.User

І вже в основному файлі просто було просто зроблено запис про користувача, який буде ідентифікуватись за його ID. Умовно користувачів було розділено на два основних типи:

- звичайний користувач (продавець, замовник, керівник тощо);
- спеціалізований користувач (лаборант, фахівець тощо).

Наступною дією буде створення транзакцій. В загальному вигляді, транзакції будуть схожими одна на одну. Транзакція Trade, яка описана вище, потребую для коректного виконання отримання двох елементів: ідентифікатор сировини та ідентифікатор користувача. Отримавши необхідні дані, у разі, якщо транзакція буде підтверджена всіма вузлами мережі – конкретна сировина буде належати вже іншому власнику. Таким чином, виконується передача активу між двома користувачами. Таким чином реалізується вся логіка транзакцій для даної системи.

Оскільки, необхідно кожного разу при занесенні даних до Blockchain контролювати незмінність і строго визначену послідовність технологічного процесу переробки м'ясної продукції, то необхідно при виконанні кожної наступної транзакції контролювати статус попередньої, тобто впевнитись у тому, що попередня транзакція вже виконана. Для перевірки описаних компонентів створюється користувач. Після створення, з'являється наступний запис в загальному лістингу транзакцій. Необхідно перевірити правильність внесення даних, так стан даного запису. Оскільки дана транзакція являє собою також запис в *Blockchain*, то у транзакції повинен з'явитись геш, який згідно налаштуванням системи записується в поле *transactionID*. Ще однією важливою відміткою є *timestamp*. Дана відмітка говорить про дату і час

створення даного запису і являється ідентифікатором для групування транзакцій у новий блок, оскільки загально прийнято, що транзакції групуються за часом створення Для доступу, керування і маніпуляцій з даними в Blockchain використовується веб-інтерфейс Hyperledger.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Впровадження системи простежуваності дозволить покращити такі показники підприємств птахівничої галузі:безпека продукції; керованість якістю продукції; керованість виробничим процесом загалом.

Розробка пілотного проекту з простежуваності та його впровадження дозволить створити базову систему простежуваності у птахівничій галузі України та на її основі поширювати цей досвід на інші підприємства. Це дозволить прискорити гармонізацію законодавства країни з ЄС та виконати міжнародні вимоги щодо забезпечення якості та безпеки продукції птахівничої галузі, посісти гідне місце на світовому ринку.

References:

1. Olsen, P., & Borit, M. (2013). How to define traceability. Trends in Food Science &Technology, 29(2013). https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.10.003
2. Welt, B., & Blanchfield, J. R. (2012). UFoST Scientific Information Bulletin (SIB) March 2012 food traceability. Consulted 4/20/2015. http://www.iufost.org/iufostftp/IUF. SIB.Food%20Traceability.pdf.
3. Bujji, M. (2012). Tracing the footsteps, FnB news (India). Consulted 14/1/2015 http:// www.fnbnews.com/article/detnews.asp?articleid 26342&sectionid 32
4. Dabbene, F., Gay, P., & Tortia, C. (April 2014). Traceability issues in food supply chain management: a review. Biosystems Engineering, 120. Operations Management in Bio-production Systems. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.09.006
5. Golan, E., Krissoff, B., & Kuchler, F. (2004). Food traceability: one ingredient in a safe and efficient food supply, economic research service. Amber Waves, 2, 14-21.
6. Storøy, J., Thakur, M., & Olsen, P. (2013). The TraceFood Framework e principles and guidelines for implementing traceability in food value chains. Journal of Food Engineering, 115(1), 41-48. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.09.018
7. McInerney, B., Corkery, G., Ayalew, G., Ward, S., & McDonnell, K. (2010). A preliminary in vivo study on the potential application of e-tracking in poultry using ink printed 2D barcodes. Computers and Electronics in Agriculture, 73(2), 112-117. https://doi.org/10.1016/j.compag.2010.06.004
8. Pizzuti, T., Mirabelli, G., Sanz-bobi, M. A., & Gome´z-gonzale´z, F. (2014). Food track &
9. trace ontology for helping the food traceability control. Journal of Food Engineering, 120(0), 17-30.
10. Fritz, M., & Schiefer, G. (2009). Tracking, tracing, and business process interests in food commodities: a multi-level decision complexity. International Journal of Production Economics, 117(2009), 317-329. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.10.015
11. Badia-Melis, R., Brecht, E., Lowe, A., & Uysal, I. (2013). Pallet-wide temperature estimation and mapping for perishable food. In American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual Meeting, Kansas City, MO, 21-24 July 2013.
12. Badia-Melis, R., Garcia-Hierro, J., Ruiz-Garcia, L., Jime´nez-Ariza, T., Robla Villalba, J. I., & Barreiro, P. (2014). Assessing the dynamic behavior of WSN motes and RFID semi-pasive tags for temperature monitoring. Computers and Electronics in Agriculture, 103, 11-16. https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.01.014
13. Badia-Melis, R., Ruiz-Garcia, L., Garcia-Hierro, J., & Robla, J. I. (2015). Refrigerated fruit storage monitoring combining two different wireless sensing technolo- gies: RFID and WSN. Sensors, 2015(15), 4781-4795. https://doi.org/10.3390/s150304781
14. Lin, Q., Mark, X., Zetian, F., Trebar, M., & Xiaoshuan, Z. (April 2014). C2SLDS: a WSN- based perishable food shelf-life prediction and LSFO strategy decision support system in cold chain logistics. Food Control, 38, 19-29. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.09.023
15. Zou, Z., Chen, Q., Uysal, I., & Zheng, L. (2014). Radio frequency identification enabled wireless sensing for intelligent food logistics. Philosophical Transactions of the Royal Society A, 372. published 5 May 2014. https://doi.org/10.1098/rsta.2014.0209

Cite as

Поварова Н.М Особливості впровадження технології блокчейн у ланцюгу постачання м'яса птиці//Наукові праці / Одеський національний технологічний університет. Одеса, 2022. Випуск 86, Том 2. С. 4– 12.

Отримано в редакцію	15.07.2022	Received	15.07.2022
Прийнято до друку	20.10.2022	Approved	20.10.2022