

# УПРАВЛІННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЮ

УДК 330.341  
JEL L15, E01

## ЦИФРОВІ ІНСТРУМЕНТИ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

**Перегида Юлія Андріївна**

кандидат географічних наук,  
доцент кафедри міжнародних відносин  
Навчально-науковий інститут міжнародних відносин та соціальних наук  
Міжрегіональної академії управління персоналом (м. Київ, Україна)  
ORCID: 0000-0002-1434-2509  
julilla.pereguda@gmail.com

*Метою цієї статті є критичний огляд поточного стану цифрових технологій тваринництва за допомогою технологій точного тваринництва (PLF), зокрема великих даних і технології блокчейн. Завдяки технологіям PLF тваринництво має потенціал для вирішення вищезазначених нагальних проблем, стаючи більш прозорими та зміцнюючи довіру споживачів. Однак нові технології PLF все ще розвиваються, а технології основних компонентів (наприклад, блокчейн) все ще перебувають у зародковому стані та недостатньо підтвержені в масштабі. Технології PLF наступного покоління потребують платформ превентивної та прогнозовної аналітики, які можуть сортувати величезні обсяги даних, точно й доступно враховуючи конкретні змінні. Проблеми з конфіденційністю даних, безпекою та інтеграцією необхідно вирішити до того, як розгортання спільних рішень PLF для кількох аграрних підприємств (ферм) стане комерційно здійсненним.*

**Ключові слова:** конкурентоспроможність, продукція тваринництва, блокчейн, Big Data, прозорість.

DOI: <https://doi.org/10.32782/bsnau.2022.2.5>

**Постановка проблеми.** Передові технології цифровізації можуть допомогти сучасним фермам оптимізувати економічний внесок на одну тварину, зменшити важкість повторюваних фермерських завдань і подолати менш ефективні окремі рішення. Зараз існує сильний культурний наголос на зменшенні експериментів на тваринах і фізичного контакту з тваринами, щоб покращити добробут тварин і уникнути спалахів захворювань. Ця тенденція може підштовхнути більше досліджень щодо використання нових біометричних датчиків, великих даних і технології блокчейн для взаємної вигоди тваринників, споживачів і самих сільськогосподарських тварин. Автономія фермерів і підходи до землеробства, що керуються даними, у порівнянні з практиками управління тваринами, які базуються на досвіді, – це лише деякі з численних перешкод, які має подолати цифровізація, перш ніж її можна буде широко впроваджувати.

До 2050 року прогнозована чисельність населення світу перевищить 9 мільярдів [1], приблизно на 2 мільярди більше, ніж нинішня популяція [3]. Це зростання населення відбуватиметься переважно в країнах, що розвиваються, зокрема в Африці на південь від Сахари. Зростання населення та активний

розвиток у цих країнах створять підвищений попит на продукти тваринного походження. Тваринництво в країнах, що розвиваються, забезпечує стабільні джерела їжі, робочі місця та можливості для збільшення прибутку. Значну частину попиту на продукцію тваринництва задовольнятиме місцеве виробництво. Однак, незважаючи на зростання населення та попит на тваринний білок, споживачі стають все більш стурбованими негативним впливом тваринництва на навколишнє середовище, здоров'я населення та добробут тварин [2]. Вода та земля ставатимуть все більш конкурентоспроможними ресурсами, а це означає, що виробникам худоби потрібно буде максимізувати виробництво, одночасно використовуючи свої обмежені ресурси стабільно. Європейський Союз прагне стати кліматично нейтральним до 2050 року. Крім того, ставлення суспільства, особливо споживачів, різко змінюється, що ще більше стимулює відповідальні дослідження та інновації для вирішення нагальних проблем у тваринництві циклічними та стійкими способами. Цифровізація допоможе досягти цих цілей. Щоб задовольнити зростаючий попит на білок тваринного походження, водночас вирішуючи проблеми екологічної стійкості,

громадського здоров'я та добробуту тварин, фермери та зоотехніки можуть все більше покладатися на технології PLF для цифровізації тваринницького господарства. Цей критичний огляд присвячений технологіям PLF, а саме біометричним датчикам, великим даним і технології блокчейн, які можуть допомогти фермерам збільшити виробництво, одночасно вирішуючи проблеми споживачів. Крім того, у статті висвітлюється вплив технологій PLF на тваринництво, особливо в тому, що вони стосуються покращення здоров'я та добробуту тварин.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Дослідженню питань запровадження інструментів цифровізації для підприємств тваринництва присвячено роботи багатьох дослідників, зокрема: Jorquera-Chavez M., Fuentes S., Dunshea F.R., Jongman E.C., R.D. Warner R.D., Helwatkar A., Riordan D., Walsh J., Lin J., Shen Z., Zhang A., Chai Y., Morota G., Ventura R.V., Silva F.F., Koyama M., Fernando S.C. та багатьох інших [2–9].

**Метою статті** є критичний огляд поточного стану цифрових технологій тваринництва за допомогою технологій точного тваринництва (PLF), зокрема великих даних і технології блокчейн.

**Методи дослідження:** бібліографічний аналіз, компаративний аналіз, ретроспективний аналіз, метод узагальнення, синтез.

**Виклад основного матеріалу.** У сучасних системах тваринництва тварин переважно утримують у закритих приміщеннях або в невеликих вольєрах. Системи виробництва на пасовищах зменшуються, оскільки зростає вимога до високої рентабельності. Однак пасовищні системи зазвичай забезпечують кращу гігієну, ніж у закритих приміщеннях, забезпечують тварин м'якшою поверхнею, ніж зазвичай використовуваний бетон у будівлях, і дозволяють їм виконувати природну поведінку без серйозних обмежень у їхніх рухах. Такі умови мають багато позитивних наслідків для добробуту тварин, які відповідають загальним очікуванням споживачів. Крім того, випас може бути корисним для біорізноманіття, збереження ґрунту та поглинання вуглецю. Належною сільськогосподарською практикою є регулярний огляд здоров'я та добробуту тварин на пасовищі, що також регулюється законодавством у деяких країнах. У Швеції, наприклад, тварин потрібно оглядати принаймні раз на день. Автоматизована перевірка або моніторинг на відстані за допомогою цифрових технологій може значно скоротити трудомісткість. Насправді було припущено, що такі технології дозволять фермерам контролювати та керувати тваринами більш інтенсивно, ніж інакше, що призведе до вищої ефективності виробництва, меншого впливу на навколишнє середовище та покращення добробуту тварин. Технологічний розвиток останніх двох

десятиліть призвів до кількох цифрових застосувань у тваринницькому секторі. Оскільки зовнішні умови навколишнього середовища відрізняються залежно від погоди, клімату, фізичних умов, рослинності та географії, передача даних на великі відстані може бути технічно складною. Більшість існуючих сенсорних технологій у сільському господарстві розроблено для використання всередині приміщень. Нові розробки дистанційно керованих безпілотних літальних апаратів (БПЛА), які зазвичай називають дронами, ще більше розширили можливості моніторингу та управління сільськогосподарськими тваринами.

Датчики записують більш-менш безперервно цілодобово, і отримана інформація може бути набагато детальнішою, ніж одноразовий ручний огляд на день. Таким чином, використання датчиків може мати потенціал для сприяння випасу на великих пасовищах із посиленням моніторингом факторів, що вказують на стан добробуту тварин. Незважаючи на це, датчики можуть генерувати об'єктивну інформацію про події в навколишньому середовищі або умови тварин (активність, фізіологія тощо), але для інтерпретації даних часто потрібне людське судження, а для забезпечення благополуччя тварин потрібні відповідні дії. Таким чином, суттєве питання полягає в тому, чи можуть і в якій мірі цифрові технології замінити ручні перевірки. Поєднання автоматизованого цифрового моніторингу та ручних подальших перевірок може виявитися розумним компромісом. Крім того, деякі види застосування цифрових і переносних пристроїв також можуть впливати на окремих тварин таким чином, що може поставити під загрозу їх добробут.

За останнє десятиліття відбулися значні вдосконалення, включаючи автоматизовані системи годівлі, доїльні роботи та управління гноєм, а також максимізацію ефективності виробництва за допомогою приладів, розведення тварин, генетики та харчування. Незважаючи на цей прогрес, залишаються значні проблеми. Інтенсивне управління тваринництвом є необхідним для задоволення зростаючого попиту на продукти тваринництва, але обмежений і скупчений характер приміщень для худоби ускладнює для фермерів ретельний моніторинг здоров'я та благополуччя тварин [4]. У міру посилення кліматичних змін зростатиме ризик захворювань, теплового стресу та інших проблем зі здоров'ям тварин. Це, у свою чергу, створить більшу необхідність виявляти проблеми зі здоров'ям і спалахи захворювань завчасно або на ранній стадії, розуміти передачу хвороби та вживати профілактичних заходів, щоб уникнути великомасштабних економічних втрат [6]. Ці проблеми, а також зростання занепокоєння щодо добробуту тварин, прозорості та екологічної стійкості призвели до зростання інтересу до цифровізації тваринництва за допомогою технологій точного тваринництва [8].

Технології точного тваринництва (PLF) використовують принципи інженерних процесів для автоматизації тваринництва, що дозволяє фермерам контролювати здоров'я та благополуччя великих популяцій тварин, своєчасно виявляти проблеми з окремими тваринами та навіть передбачати проблеми до їх виникнення на основі попередніх даних. Приклади останніх розробок у технологіях PLF включають моніторинг поведінки великої рогатої худоби, виявлення вокалізацій, таких як крик у свиней, моніторинг кашлю у багатьох видів для виявлення респіраторних захворювань та визначення вагітності великої рогатої худоби за змінами температури тіла [5]. Технології PLF також можуть допомогти фермерам контролювати інфекційні захворювання в тваринницькому господарстві, покращуючи безпеку та доступність харчових продуктів. Використання технологій PLF зрештою покращить здоров'я та добробут тварин, одночасно зменшуючи проблеми безпеки харчових продуктів та максимізуючи ефективне використання ресурсів.

Основні проблеми в ефективному моніторингу добробуту тварин пов'язані з трьома ключовими факторами: вартість, достовірність і час отримання інформації. Більшість доступних методів є тривалими, трудомісткими, а отже, дорогими [7]. Тваринники часто покладаються на спостереження тваринників, щоб виявити проблеми зі здоров'ям і добробутом, але багато комерційних об'єктів мають високе співвідношення тварин до тварин. Наприклад, комерційна свиноферма може мати одного тваринника на кожні 300 свиней. Навіть пильні та добре навчені тваринники можуть не помітити тварин у критичному стані. Програми аудиту третіх сторін пропонують комплексну оцінку добробуту тварин, але вони також часто є дорогими та трудомісткими. Загальний аудит свинарства (CSIA), наприклад, використовує 27 критеріїв, багато з яких вимагають безпосереднього спостереження за тваринами. При великому розмірі стада це може бути непомірно дорогим.

CSIA також викликає занепокоєння щодо достовірності отриманих даних. Застосовувані критерії моніторингу включають оцінку стану тіла, кульгавість та ураження, усі з яких можуть бути суб'єктивними показниками. Неузгодженість між аудиторами викликає особливе занепокоєння; однак застосування більш об'єктивних, але інвазивних заходів має практичні обмеження. Тварини, як правило, повинні бути обмежені тваринами під час моніторингу ознак фізіологічного стресу, таких як підвищений пульс, рівень кортизолу та температура тіла, які неминуче викликають додатковий стрес, таким чином потенційно впливаючи на фізіологічні вимірювання, що проводяться. Навіть за допомогою неінвазивних спостережень тварини реагуватимуть на присутність людини поруч, часто роблячи ці спостереження не особливо

корисними для моніторингу «типової» поведінки тварин. Час отримання інформації має прямий вплив на здатність фермерів вживати коригувальні дії. CSIA визначає критерії для критичних невдач, таких як жорстоке поводження з тваринами або тварини в критичному стані, які потребують гуманної евтаназії. В ідеалі, щоб не продовжувати страждання тварини, ці умови слід виправляти задовго до того, як дійде до моменту реєстрації критичної несправності через сторонній аудит.

Використання технологій PLF, зокрема біометричних датчиків, сприятиме послідовному, об'єктивному та регулярному моніторингу добробуту худоби в режимі реального часу, дозволяючи фермерам оперативно виявляти проблеми та впроваджувати профілактичні заходи, щоб уникнути критичних збоїв. Технології прецизійного тваринництва дозволяють проводити неінвазивний відбір проб, допомагаючи фермерам і дослідникам отримати реалістичні показники, які можна використовувати для вирішення проблем добробуту. Технології PLF також можуть допомогти зменшити використання ресурсів; більш проактивний та індивідуалістичний підхід до здоров'я тварин зрештою зменшить потребу в ліках, особливо в антибіотиках [9].

Технології блокчейну дозволять фермерам прозоро звітувати перед споживачами про те, куди подорожує їжа, не вимагаючи від фермерів додаткового часу. Зекономлений тут час можна краще витратити на моніторинг добробуту тварин, громадської безпеки та проблем екологічної стійкості.

Використання біометричних датчиків і біосенсорів для моніторингу здоров'я та добробуту худоби призводить до отримання величезних обсягів даних, які необхідно обробити й проаналізувати, щоб отримати значущу інформацію для управління тваринами. Це призвело до прогресу в аналітиці великих даних – зборі та аналізі великих складних наборів даних [10]. Великі дані визначаються як набори даних з дуже великою кількістю рядків і стовпців, які перешкоджають візуальному контролю даних, і багатьма змінними або предикторами, які роблять дані безладними та непридатними для традиційних статистичних методів. Великі дані характеризуються чотирма ключовими атрибутами, спільно відомими як модель «4 Vs»: (i) обсяг, кількість даних; (ii) швидкість, швидкість доступу або використання даних; (iii) різноманітність, різні форми даних; і (iv) правдивість, очищення та редагування даних [11].

Точне тваринництво покладається на належне використання аналітики та моделювання великих даних для інформування керівництва про потреби в харчуванні, репродуктивний статус і тенденції зниження продуктивності, що може вказувати на проблеми зі здоров'ям і добробутом тварин. Моделі

великих даних отримують інформацію з датчиків, обробляють її, а потім використовують для виявлення відхилень у даних, які можуть впливати на тварин. Моделі великих даних сприяють ефективності сенсорних технологій шляхом сортування, щоб забезпечити значущі результати для ферм, включаючи ймовірність прогнозування майбутніх подій, покращення реакції фермерів і прийняття рішень, і навіть можуть дозволити фермерам групувати тварин на основі потреб, що призводить до більшої використання ресурсів. Дані датчиків можна розбити на дані, орієнтовані на тварин (фенотип), і дані, орієнтовані на середовище. Ці два типи даних слід контролювати одночасно, оскільки обидва впливають на здоров'я та продуктивність тварин. Цифрування тваринницького господарства шляхом використання стендів даних, орієнтованих на тварин і навколишнє середовище, для покращення загального управління здоров'ям, харчуванням, генетикою, відтворенням, добробутом, біозахистом і викидами парникових газів [13].

Існує два основних типи моделювання даних: пошукове та прогнозне. Дослідницькі моделі беруть дані з попередніх подій і визначають, які фактори мали вплив, тоді як прогнозные моделі використовують дані для прогнозування майбутніх подій на основі певних критеріїв. Правильне використання моделювання даних є важливим при використанні великих наборів даних; мінливість даних означає, що існує ряд змінних, які необхідно враховувати в моделях, і дані потрібно буде очистити, щоб видалити шум. Використання прогностичних моделей дозволяє фермерам передбачати майбутні результати та застосовувати більш проактивний підхід до управління. Технології великих даних також можуть бути корисними для моніторингу передачі захворювань шляхом створення контактних мереж і виявлення груп високого ризику.

Машинне навчання – це галузь штучного інтелекту, яка використовує алгоритми для статистичного прогнозування та логічного висновку [12]. Інтелектуальний аналіз даних схожий, але основна увага приділяється навчанню баз даних ідентифікувати шаблони для генерування інформації. Машинне навчання (ML) – споживач великих даних – стає все більшою сферою інтересу до точного тваринництва, оскільки воно дозволяє комп'ютерним алгоритмам поступово навчатися з наборів великих даних датчиків і відповідним чином вдосконалюватися, усуваючи потребу в аналітиці даних людини.

Методи ML часто використовуються в генетичних дослідженнях тварин для прогнозування фенотипів на основі генотипічної інформації, виявлення викидів у популяції та імпутації генотипу. ML також використовувався для виявлення маститу за допомогою автоматизованих технологій доїння на молочних фермах, оцінки маси тіла за допомогою аналізу зображень

і моніторингу стану мікробіома. ML і аналітика великих даних мають потенціал для покращення добробуту та продуктивності молочної худоби. Їх можна використовувати для моніторингу та прогнозування ймовірності кульгавості та маститу у молочної худоби, оскільки ці умови є особливо актуальними проблемами добробуту, які можуть мати серйозні негативні наслідки для виробництва молока.

Цифрові інструменти та технології мають неймовірну здатність покращувати харчування та продовольчу безпеку в усьому світі. Від сільськогосподарського виробництва до обробки після збирання врожаю цифрові інструменти можуть надавати сільськогосподарські дані в реальному часі, надавати фермерам важливу інформацію, збільшувати потенціал в сільському господарстві та розширювати фінансовий доступ і залучення до сільського господарства.

У тваринницькому секторі, який швидко розвивається, цифрові інструменти можуть підвищити як продуктивність, так і прибутковість для фермерів і скотарів. Інноваційна лабораторія Feed the Future для систем тваринництва під керівництвом Університету Флориди просуває цифрові інновації та послуги, які можуть допомогти тваринникам підвищити продуктивність і покращити свої засоби до існування.

Методи аналітики великих даних також можна використовувати для агрегування та інтеграції даних між фермами з метою оптимізації виробничих процесів і систем. Цінність великих даних залежить від автоматизації, доступності та точності наданих даних; перевірка помилок і контроль якості повинні бути реалізовані для забезпечення якості даних. У міру того, як PLF буде все ширше впроваджуватися на фермах, необхідно буде розробити програмне забезпечення, механізми контролю якості, системи баз даних і статистичні методи для узагальнення та візуалізації даних, а також визначення найбільш відповідних моделей даних. Іншою серйозною проблемою з великими даними, отриманими на фермах, є конфіденційність і безпека; отже, збір даних на фермах зараз недостатньо використовується, оскільки фермери надають пріоритет конфіденційності (табл. 1).

На основі даних, отриманих від біометричних і біологічних датчиків, моделі аналітичних технологій прогнозування великих даних можна використовувати для побудови систем цифрових сільськогосподарських послуг, які можуть підвищити продуктивність тваринництва, продуктивність і добробут худоби. Наприклад, завдяки інтеграції датчиків Інтернету речей (IoT) і великих даних була розроблена прогностична модель MooCare, щоб допомогти виробникам молочної продукції в управлінні молочним скотарством через прогнозування виробництва молока. Хвороби курчат ідентифікували та передбачали за допомогою моделей, роз-

**Таблиця 1 – Досвід зарубіжних підприємств, зайнятих у тваринництві, у сфері використання технологій аналізу великих даних**

| Країна     | Назва компанії      | Технологія, що застосовується на підприємстві   |
|------------|---------------------|---|
| Італія     | Cargill Inc         | Dairy Enteligen Application   |
| Ізраїль    | Cattle Watch        | Location Tracking System  |
| США        | Vence               | Artificial Intelligence   |
|            | Rex Animal Health   | Великі дані для прецизійної медицини в галузі охорони здоров'я тварин   |
|            | Merck Animal Health | Біометричні та поведінкові великі дані з датчиків вушних бирок для визначення викидів хворих тварин   |
| Нідерланди | Connecterra         | Великі дані для прогнозування поведінки молочних тварин у реальному часі за допомогою датчиків і машинного навчання на основі хмари                   |
| Ірландія   | Cainthus            | Комп'ютерний зір і глибоке навчання для моніторингу поведінки тварин  |
| Індія      | Chitale Dairy       | RFID-мітки та датчики для збору даних про те, скільки їсть молочна корова, і відстеження здоров'я корови  |
| Бельгія    | Porphyrio           | Прогнозний потік яєць, прогнозоване управління сировиною для птиці, управління стадом, система раннього попередження та оптимізоване планування забою |
| Австралія  | SmartShepherd       | Сенсор на основі нашійника та дані датчика для побудови материнського родоводу (розведення худоби) через ідентифікацію зв'язків між тваринами         |

*Джерело: узагальнено автором за даними веб-сайтів підприємств*

роблених із великих наборів даних. Цифрові дані з переносних датчиків тварин і сенсорних платформ тваринництва допомагають створити цифровий відбиток, який можна використовувати в моделях прогнозування та адаптивного прийняття рішень.

Блокчейн – це децентралізована або розподілена зашифрована книга транзакцій, де кожна транзакція створює вузол. Ці вузли організовані в записи, відомі як «блоки», на основі консенсусу сторін-учасників (рівноправних вузлів), а блоки пов'язані унікальними хеш-кодами, щоб утворити ланцюг. Щоразу, коли виникає нова транзакція, у режимі реального часу створюється інший вузол з інформацією про цю транзакцію для внесення до блокчейну. Чотири стовпи технології блокчейн – розподілені, прозорі, незмінні та демократичні. У тваринництві це означає, що кожній тварині на фермі необхідно присвоїти унікальну ідентифікацію. Цей унікальний ідентифікатор залишатиметься за цією твариною протягом усього її існування, щоб збирати дані про ферму (ферми), на якій вона жила, транспорт, який використовувався для транспортування тварини з ферми (ферм) на бійню, ветеринара, який перевіряє тварину на бійню, перевірку якості після забою, транспортування м'ясного продукту та, нарешті, інформацію про пакувальника та роздрібного продавця.

Технологія блокчейн забезпечить кілька важливих переваг для тваринництва, включаючи децентралізовані автоматизовані транзакції, які можуть сприяти більш ефективним системам аудиту для сертифікаційних і регуляторних організацій, системну інтеграцію, організовані записи ланцюгових транзакцій протягом усього життя тварини від ферми до столу

та більша відстежуваність і прозорість у тваринництві. Останнім часом зростає недовіра між фермерами та споживачами через вимогу прозорості сільськогосподарської продукції. Технології блокчейну можуть підвищити цю довіру, надаючи споживачам прозорість життєвого циклу тварини.

Технологія блокчейну може бути надзвичайно корисною для виявлення та відстеження спалахів захворювань худоби, таких як свинячий грип H1N1, ящур і коров'ячий сказ у Європі, пташиний грип [9], а також нещодавнє збільшення кількості спалахів сальмонели. Споживачі також дедалі більше стурбовані екологічністю та етичними проблемами тваринницького господарства, і вони вимагають прозорості у тому, як вирощуються кормові тварини. Безпека харчових продуктів також викликає серйозне занепокоєння серед споживачів: за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, 1 з 10 людей щороку відчуває захворювання, пов'язані з їжею, при цьому щорічно помирає понад 420 000 людей. Технологія блокчейн може допомогти відстежити шкідливу їжу назад до джерела, підвищивши відстеження та відповідальність за проблематичну практику в тваринницькому господарстві [7].

Оскільки харчові ланцюги та системи стають все більш глобальними, продукти тваринного походження повинні залишатися сумісними з численними правилами та протоколами щодо добробуту тварин та сталого розвитку. Документація щодо відповідності повинна бути доступною для регуляторів і сторонніх інспекторів, що може бути ускладнено, коли ця інформація зберігається на папері або в приватних базах даних [4]. Станом на 2020 рік тварин-

ництво залишається однією з найменш оцифрованих галузей у світі, що залишає багато можливостей для вдосконалення. Цифровізація тваринницького господарства, особливо за допомогою технології блокчейн, може забезпечити вирішення вищезазначених проблем, пов'язаних із спалахами захворювань і безпечністю харчових продуктів.

Незважаючи на потенційні значні переваги, технологія блокчейн все ще перебуває на ранніх стадіях розробки для широкого застосування (табл. 2) у харчовій промисловості, і лише кілька досліджень досліджують її вплив на тваринництво. Біоінженери та дослідники даних можуть зіграти значну роль у формулюванні відповідних критеріїв для прийняття рішення про те, який тип блокчейн-рішення буде найбільш вигідним для конкретних секторів тваринництва.

Технології прецизійного тваринництва, такі як датчики, технологія блокчейн і аналітика великих даних, можуть значно покращити екологічну стійкість і добробут тварин у тваринництві. З розвитком технологій ці технології стануть більш доступними для фермерів у всьому світі, але особливо для фермерів у країнах, що розвиваються, оскільки вони розширюються, щоб прогнати зростаюче населення.

Дані датчиків мають потенціал для значного покращення у тваринництві, але основними перешкодами для встановлення технологій PLF на фермах є необхідні умови навколишнього середовища та комунікаційна інфраструктура. Сараї для тварин

мають низку умов навколишнього середовища, які спочатку потрібно вирішити, щоб успішно впровадити рішення PLF. Це волога, пил, аміак (з гною), шкідники. Використання датчиків також потребує бездротової мережі датчиків, яка, можливо, повинна функціонувати на великих відстанях для передачі даних із кімнати для тварин на базовий комп'ютер. Часто інженери, які розробляють ці технології, особисто не були на фермах і не працювали біля худоби, тому їхні датчики можуть вийти з ладу в реальних умовах ферми. Розширення співпраці між фермерами, вченими-зоотехніками, біоінженерами та іншими професіоналами сприятиме створенню надійних технологій, придатних для довгострокової роботи в умовах ферми. Оскільки технології блокчейну та використання аналітики великих даних все ще знаходяться в зародковому стані, експертів у цій дисципліні порівняно мало, і, отже, зростає потреба в навчанні існуючої та майбутньої робочої сили цим технологіям і навичкам роботи з додатками для кінцевих користувачів у сільському господарстві.

Автоматизоване програмне забезпечення для виявлення відео в основному не функціонує в тваринницькому господарстві на даний момент. Аналіз зображень у свиней наразі намагається розрізнити різні види поведінки, такі як гра та агресія. Ці технології також не можуть відстежувати окремих тварин, принаймні протягом достатнього періоду для отримання значущої інформації про поведінку, що

**Таблиця 2 – Перелік підприємств, що застосовують технологію блокчейну у галузі тваринництва**

| Країна         | Назва підприємства         | Технологія блокчейну   | Напрямок застосування  |
|----------------|----------------------------|--|--|
| Словенія       | OriginTrail                | Ethereum Mainnet   | Рішення для відстеження молочних продуктів, м'яса птиці, органічних продуктів з яловичини.   |
| Південна Корея | Hunimal Blockchain Limited | Vein Recognition Technology                                      | Технологія ідентифікації тварин, наразі для компаньйонів із домашніми тваринами, які хочуть поширитися на інші тваринницькі галузі |
| США            | Ripe                       | R3 Corda Enterprise  | Платформа відстеження харчових продуктів, щоб уникнути підробок і шахрайства з продуктами харчування та вимірювати свіжість        |
|                | Acoer                      | Open APIS  | визначити передачу захворювання від худоби та сільськогосподарських тварин для запобігання пандеміям                               |
|                | Vetbloom                   | Internet Based Education Platform                                | У співпраці з IBM компанія Vetbloom створила застосування блокчейну для навчання облікових даних у ветеринарній галузі             |
| Кенія          | RippleNami                 | Visualization platform that consolidates big data                | Програма ідентифікації худоби та відстеження в реальному часі  |
| Іспанія        | CattleChain                | FIWARE Open Source Platform (Sentinel)                           | Прийняття рішень і відстеження ланцюга постачання яловичини та молочної худоби   |
| Китай          | VeChain                    | VeChain Thor Block Chain – Proof-of-Authority                    | Проблеми ланцюга постачання в м'ясній експортній промисловості   |
| Бельгія        | Investereum                | Building Block Chain Knowledge Platform and Software Development | Борються з підробленими продуктами харчування та покращують добробут тварин шляхом відстеження та відстеження                      |

*Джерело: узагальнено автором за даними веб-сайтів підприємств*

цікавить. Декілька технологій можуть відстежувати людей, коли вони встають і рухаються, але не можуть відстежувати людей, коли вони лежать у купі, а потім знову встають. Існують також проблеми з виділенням тварин з навколишнього середовища; багато відеотехнологій було розроблено в конкретних тестових сценаріях, де був хороший контраст між структурами загонів і тваринами; отже, технологія, ймовірно, зазнає збою при застосуванні в реальних ситуаціях ферми. Крім того, багато досліджень із тестування цих технологій проводилися на свинях; тому для оцінки застосовності для інших видів потрібна додаткова робота.

Дані, зібрані датчиками на фермах, дозволяють фермерам стежити за своїми тваринами, щоб використовувати отриману інформацію для проактивного тваринництва. Цю інформацію також можна обмінювати між фермами для покращення управління або реагування на конкретні проблеми зі здоров'ям тварин, добробутом або навколишнім середовищем на районному та регіональному рівнях. Великі тваринницькі сільськогосподарські компанії можуть інтегрувати та отримувати дані з багатьох джерел, використовуючи машинне навчання, щоб надавати керовані даними рішення та допомагати відповідати на запитання про поширені проблеми тваринництва.

Однак спочатку необхідно вирішити кілька проблем, найважливішою з яких є конфіденційність даних. Фермери, як правило, захищають свою інформацію і повинні бути впевнені, що дані з їхньої ферми будуть безпечними, перш ніж пропонувати їх поділитися. Додатковими перешкодами для інтеграції великих даних є відсутність технічних стандартів і власних алгоритмів, які використовуються виробниками датчиків. Виробники не тільки не бажають ділитися своїми алгоритмами; однак, може бути важко порівняти дані, що надходять від датчиків, створених різними виробниками, якщо датчики використовують різні протоколи, показники та частоти для отримання даних. Нові досягнення в машинному навчанні вирішують ці проблеми конфіденційності шляхом розробки систем обміну даними, які зберігають конфіденційність.

Проте як споживачі, так і фермери можуть вагатися щодо впровадження технологій PLF. Деякі споживачі побоюються, що PLF сприятиме аспектам «заводського господарства» інтенсивного тваринництва, де до тварин ставляться як до товару, а не до живих істот. Фермери також можуть вагатися через настороженість щодо технології та страх, що їх будуть далі відлучати від їхніх тварин. Використання технологій на фермах також потенційно може створити нерівність у тваринництві, створюючи соціально-економічну чи соціально-культурну напругу та несправедливо покараючи працівників, які не знають техніки.

Існує також гендерна упередженість у впровадженні внутрішньогосподарських технологій. Фермери в сільській місцевості також можуть опинитися в невідганному становищі через широкосмуговий доступ.

Бар'єри та потенційні невдачі для використання переваг «ЗВ», а саме біометричних біосенсорів, великих даних і технологій блокчейн у тваринництві дрібними фермерами в країнах, що розвиваються, включають політичні, соціальні, економічні та організаційні фактори. Поширення знань, адвокація політики, підприємливість, слабка взаємодія між учасниками ланцюжка створення вартості є одними з перешкод у впровадженні технологій у тваринницькому секторі. Залучення та сприяння тваринницьким підприємцям, зміцнення ланцюгів постачання, підвищення оплати за екосистемні послуги є одними із способів подолання бар'єрів у впровадженні технологій у тваринництві. Розкриття потенціалу нових інструментів і технологій у тваринництві вимагає соціальної архітектури (ціннісні пропозиції, моделі управління, керування даними тощо), а також технічної архітектури (сумісність, семантична мережа, онтології тощо).

Щоб запровадити PLF на фермах, галузь інформації, зв'язку та телекомунікацій (ІКТ) повинна вирішити вищезазначені проблеми прийнятності та доступності, а також наполягати на створенні простого у використанні програмного забезпечення та візуалізації даних. Досягнення цих цілей буде ключовим для широкого використання PLF фермерами та ветеринарами. Використання стільникових телефонів для отримання сповіщень у режимі реального часу про проблеми на фермі зараз впроваджується на деяких фермах як проста у використанні технологія. Комплексний поведінковий підхід разом із обширними експериментальними дослідженнями в системах тваринництва можливий завдяки інтеграції датчиків, Інтернету речей, блокчейну.

Застосування цифрових технологій у системах тваринництва допоможе ретельно дослідити та повністю зрозуміти динаміку та вплив зміни клімату на екологію сільськогосподарських тварин. Інноваційні засоби та передовий досвід мають першочергове значення для ефективної боротьби з новими трансформованими інфекційними захворюваннями худоби, особливо зоонозами (передача людям). Цифровізація може запропонувати такі рішення, як інструменти прогнозування для запобігання хворобам худоби, пом'якшення наслідків і готовності до пандемічних криз.

Оскільки глобальне зростання населення продовжується, а попит на продукти тваринного походження зростає, рішення щодо того, як зробити тваринництво ефективним в інших глобальних регіонах, стануть більш важливими, ніж будь-коли. Однак більшість досліджень і літератури з техно-

логія PLF походить з Північної Америки та Європи. Ферми в країнах, що розвиваються, мають унікальні проблеми, які неможливо вирішити за допомогою даних та інформації з північноамериканських і європейських ферм. Таким чином, необхідний більш глобальний підхід до розробки технологій PLF.

**Висновки.** Цей критичний огляд присвячений технологіям PLF, які допомагають фермерам збільшити виробництво, одночасно вирішуючи проблеми споживачів, а саме біометричним і біологічним датчикам, великим даним і технології блокчейн. Цифровізація за допомогою технологій точного тваринництва має потенціал для вирішення зростаючих занепокоєнь споживачів щодо добробуту тварин, стійкості навколишнього середовища та здоров'я населення, а також підготовки до задоволення зростаючого попиту на продукти тваринного походження внаслідок зростання населення. Наприклад, цифровізація тваринництва пропонує способи тестування та демонстрації системних інновацій на підтримку Європейської стратегії зеленої угоди «Від ферми до столу». Деякі з найбільш перспективних PLF включають біометричні та біо-

логічні датчики, великі дані та технології блокчейн. Датчики дозволяють фермерам збирати в режимі реального часу дані про здоров'я та добробут тварин, допомагаючи їм впроваджувати проактивні стратегії управління для підтримки сталого та безпечного постачання їжі. Аналітика великих даних перетворює дані датчиків у значущі та дієві результати для фермерів. Технологія блокчейн робить тваринництво більш прозорим і доступним для відстеження, підвищуючи довіру споживачів і покращуючи безпечність харчових продуктів. Звичайно, жоден великий прогрес у тваринництві не обходиться без потенційних недоліків, і їх потрібно виявити та усунути. Технології PLF все ще перебувають на ранніх стадіях впровадження на фермах, і потрібно буде вирішити низку проблем, перш ніж ці технології зможуть широко прийняти фермери та споживачі в усьому світі. Соціальні та економічні перетворення, які сприяють цифровому інклюзивному та здоровому суспільству, як обіцяно завдяки інноваціям у цифрових рішеннях для тваринництва, вимагають участі громадян через спільне створення та перевірку технологій.

#### **Список використаної літератури:**

1. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), World Livestock. 2011. *Livestock in Food Security*. Rome. URL: [http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Full%20Report\\_421.pdf](http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Full%20Report_421.pdf)
2. Helwatkar A., Riordan D., Walsh J. September. Sensor technology for animal health monitoring 8th international conference on sensing technology, Liverpool (2014), pp. 266–271.
3. Jorquera-Chavez M., Fuentes S., Dunshea F.R., Jongman E.C., R.D. Warner R.D. Computer vision and remote sensing to assess physiological responses of cattle to pre-slaughter stress, and its impact on beef quality: A review *Meat. Sci.*, 156 (2019), pp. 11–22. DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.05.007
4. Klerkx L., Jakku E., Labarthe P. A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda, *Njas-Wagen. J. Life Sc.* 90 (2019) 100315. DOI: 10.1016/j.njas.2019.100315
5. Lin J., Shen Z., Zhang A., Chai Y. Blockchain and IoT based food traceability for smart agriculture *Proceedings of the 3rd Int. Con. on Crowd Sci. and Eng* (2018), pp. 1–6.
6. Morota G., Ventura R.V., Silva F.F., Koyama M., Fernando S.C. Big data analytics and precision animal agriculture symposium: machine learning and data mining advance predictive big data analysis in precision animal agriculture.
7. Motta G.A., Tekinerdogan B., Athanasiadis I.N. Blockchain Applications in the Agri-Food Domain: The First Wave *Front. Blockchain.*, 3 (2020), p. 6.
8. Neethirajan S. Recent advances in wearable sensors for animal health management *Sens Biosensing Res.*, 12 (2017), pp. 15–29. DOI: 10.1016/j.sbsr.2016.11.004
9. Ochs D.S., Wolf C.A., Widmar N.J. Bir Consumer perceptions of egg-laying hen housing systems *Poult. Sci.*, 97 (10) (2018), pp. 3390–3396. DOI: 10.3382/ps/pey205
10. Piñeiro C., Morales J., Rodríguez M., Aparicio M., Manzanilla E.G., Koketsu Y. Big (pig) data and the internet of the swine things: a new paradigm in the industry *Anim. Front.*, 9 (2) (2019), pp. 6–15.
11. Thornton P.K. Livestock production: recent trends, future prospects *Philos. Trans. R. Soc. B.*, 365 (1554) (2010), pp. 2853–2867. DOI: 10.1098/rstb.2010.0134
12. UN (United Nations) Department of Economic and Social Affairs, Population Division, World population prospects. 2019. URL: <https://www.un.org/development/desa/publications/world-population-prospects-2019-highlights.html>
13. Wolfert S., Ge L., Verdouw C., Bogaardt M.J. Big data in smart farming—a review *Agric. Syst.*, 153 (2017), pp. 69–80. DOI: 10.1016/j.agsy.2017.01.023.

#### **References:**

1. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), World Livestock 2011 – Livestock in Food Security. Rome (2011). Available at: [http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Full%20Report\\_421.pdf](http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Full%20Report_421.pdf)



2. Helwatkar, A., Riordan, D., Walsh, J. (September, 2014) Sensor technology for animal health monitoring 8th international conference on sensing technology, Liverpool, pp. 266–271.
3. Jorquera-Chavez, M., Fuentes, S., Dunshea, F.R., Jongman, E.C., Warner, R.D. Computer vision and remote sensing to assess physiological responses of cattle to pre-slaughter stress, and its impact on beef quality: A review Meat. Sci., 156 (2019), pp. 11–22. DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.05.007
4. Klerkx, L., Jakku, E., Labarthe, P. A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda, Njas-Wagen. J. Life Sc. 90 (2019) 100315. DOI: 10.1016/j.njas.2019.100315.
5. Lin, J., Shen, Z., Zhang, A., Chai, Y. (2018) Blockchain and IoT based food traceability for smart agriculture Proceedings of the 3rd Int. Con. on Crowd Sci. and Eng, pp. 1–6.
6. Morota, G., Ventura, R.V., Silva, F.F., Koyama, M., Fernando, S.C. Big data analytics and precision animal agriculture symposium: machine learning and data mining advance predictive big data analysis in precision animal agriculture.
7. Motta, G.A., Tekinerdogan, B., Athanasiadis, I.N. Blockchain Applications in the Agri-Food Domain: The First Wave Front. Blockchain., 3 (2020), p. 6.
8. Neethirajan, S. Recent advances in wearable sensors for animal health management Sens Biosensing Res., 12 (2017), pp. 15–29. DOI: 10.1016/j.sbsr.2016.11.004
9. Ochs, D.S., Wolf, C.A., Widmar, N.J. Bir Consumer perceptions of egg-laying hen housing systems Poult. Sci., 97 (10) (2018), pp. 3390–3396. DOI: 10.3382/ps/pey205
10. Piñeiro, C., Morales, J., Rodríguez, M., Aparicio, M., Manzanilla, E.G., Koketsu, Y. Big (pig) data and the internet of the swine things: a new paradigm in the industry Anim. Front., 9 (2) (2019), pp. 6–15.
11. Thornton, P.K. Livestock production: recent trends, future prospects Philos. Trans. R. Soc. B., 365 (1554) (2010), pp. 2853–2867. DOI: 10.1098/rstb.2010.0134
12. UN (United Nations) Department of Economic and Social Affairs, Population Division, World population prospects (2019). Available at: <https://www.un.org/development/desa/publications/world-population-prospects-2019-highlights.html>
13. Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., Bogaardt, M.J. Big data in smart farming—a review Agric. Syst., 153 (2017), pp. 69–80. DOI: 10.1016/j.agsy.2017.01.023

**Yuliia Perekuda**, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of International Relations, Educational and Scientific Institute of International Relations and Social Sciences of the Interregional Academy of Personnel Management (Kyiv, Ukraine)

#### **DIGITAL TOOLS FOR INCREASING THE COMPETITIVENESS OF LIVESTOCK PRODUCTS**

*The purpose of this article is to critically review the current state of digital livestock technology using Precision Livestock (PLF) technologies, including big data and blockchain technology. With PLF technologies, livestock has the potential to address the above pressing issues by becoming more transparent and building consumer confidence. However, new PLF technologies are still developing, and core component technologies (such as blockchain) are still in their infancy and not yet proven at scale. Next-generation PLF technologies require preemptive and predictive analytics platforms that can sort through vast amounts of data accurately and affordably by accounting for specific variables. Data privacy, security and integration issues need to be addressed before the deployment of shared PLF solutions across multiple agribusinesses (farms) becomes commercially feasible. Advanced digitization technologies can help modern farms optimize economic input per animal, reduce the burden of repetitive farming tasks and overcome less efficient individual solutions. There is now a strong cultural emphasis on reducing animal experimentation and physical contact with animals to improve animal welfare and avoid disease outbreaks. This trend may spur more research into the use of new biometric sensors, big data, and blockchain technology for the mutual benefit of livestock farmers, consumers, and farm animals themselves. Farmer autonomy and data-driven approaches to farming versus experience-based animal management practices are just some of the many hurdles digitalization must overcome before it can be widely adopted. In modern animal husbandry systems, animals are mostly kept indoors or in small enclosures. Rangeland production systems are declining as the demand for high profitability increases. However, pasture systems generally provide better hygiene than indoor systems, provide the animals with a softer surface than the concrete commonly used in buildings, and allow them to perform natural behaviors without severely restricting their movements. Such conditions have many positive consequences for animal welfare that meet the general expectations of consumers. In addition, grazing can be beneficial for biodiversity, soil conservation and carbon sequestration. It is good agricultural practice to regularly inspect the health and welfare of animals on pasture, which is also regulated by legislation in some countries.*

**Key words:** competitiveness, livestock products, blockchain, Big Data, transparency.

Дата надходження до редакції: 23.08.2022 р.