

DOI: <https://doi.org/10.15276/ict.02.2025.33>
УДК 004.4'24

Цифрова трансформація тваринництва: впровадження нових та перспективних технологій із використанням штучного інтелекту.

Антощук Світлана Григорівна¹⁾

Д-р техніч. наук, професор каф. Інформаційних систем
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9346-145>; asg@op.edu.ua. Scopus Author ID: 8393582500

Кунуп Тетяна Василівна¹⁾

Канд. техніч. наук, ст. викладач каф. Інформаційних технологій
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0246-0951>; Kunup.t.v.@op.edu.ua

¹⁾ Національний університет «Одеська політехніка», пр. Шевченка, 1. Одеса, 65044, Україна

АНОТАЦІЯ

Оцінка добробуту сільськогосподарських тварин становить ключовий елемент системи моніторингу їхнього фізіологічного стану, продуктивності, а також своєчасного виявлення патологічних змін, травм та стресових факторів, що можуть призвести до погіршення здоров'я. Вона водночас набуває вагомого соціально-економічного значення, оскільки зростаючий споживчий попит на продукти, отримані за умов гуманного ставлення до тварин, зумовлює її інтеграцію у сучасні маркетингові стратегії агропромислового комплексу. Традиційні підходи до оцінювання добробуту, що здебільшого реалізуються шляхом візуальних спостережень та експертної оцінки ветеринарних спеціалістів, характеризуються суб'єктивністю, високою трудомісткістю та потребою у спеціалізованій підготовці. Натомість останні досягнення у сфері дистанційного зондування, технологій комп'ютерного зору та штучного інтелекту зумовили розроблення інноваційних біометричних систем, здатних забезпечувати отримання об'єктивних фізіологічних параметрів, безпосередньо пов'язаних із добробутом сільськогосподарських тварин і птиці.

Ключові слова: добробут тварин; моніторинг здоров'я; візуальний огляд; комп'ютерний зір; штучний інтелект (ШІ); біометрія худоби; агропромисловий комплекс

Актуальність. Цифрова трансформація тваринництва є відповіддю на сучасні виклики, зокрема зміну клімату, підвищення попиту на етичне ставлення до тварин та необхідність точного моніторингу здоров'я. У сучасних умовах розвитку агропромислового комплексу питання забезпечення належного рівня добробуту сільськогосподарських тварин набуває особливої ваги. Воно визначає не лише показники продуктивності та якості продукції, але й безпосередньо впливає на економічну ефективність галузі та її конкурентоспроможність на світових ринках. Зростаючий попит споживачів на продукцію, отриману з дотриманням принципів гуманного ставлення до тварин, перетворює проблему моніторингу їхнього добробуту на стратегічний пріоритет. Традиційні методи оцінювання, що ґрунтуються на візуальних оглядах та експертних судженнях, є обмеженими у точності й відтворюваності, вимагають значних фінансових і трудових ресурсів. У цьому контексті застосування інноваційних технологій – дистанційного зондування, комп'ютерного зору та штучного інтелекту – відкриває нові можливості для створення об'єктивних, автоматизованих і масштабованих систем моніторингу, які здатні підвищити рівень управління добробутом тварин та забезпечити стабільний розвиток галузі в умовах глобальних викликів.

Метою дослідження є дослідити цифрові технології (ШІ, комп'ютерне бачення, біометрія), які дозволяють відстежувати добробут тварин, прогнозувати продуктивність та запроваджувати неінвазивні рішення.

Під час написання роботи було досліджено статті із різних видань та опублікованих джерел, використовуючи ключові слова та інше. До огляду включено лише ті роботи, які розкривають значення впровадження нових та перспективних технологій та ШІ для тваринницьких ферм та птахофабрик.

Останні досягнення в галузі розумного моніторингу худоби спрямовані на об'єктивне вимірювання стресу тварин за допомогою цифрових технологій, що дозволяє оцінити вплив на добробут та продуктивність тварин за допомогою біометричних даних і штучного

інтелекту (ШІ). Найбільш точними методами вимірювання здоров'я та добробуту худоби є інвазивні тести, такі як аналіз зразків тканин і крові, а також використання контактних датчиків, розташованих на шкірі тварин або імплантованих всередину організму (наприклад, інтравагінально або ректально) за допомогою малоінвазивних процедур [2]. Однак ці методи є непрактичними для моніторингу великої кількості тварин на фермах, оскільки вони вимагають висококваліфікованого персоналу для відбору проб, розміщення датчиків, обробки та аналізу даних.

Крім того, інвазивні методи можуть спричиняти стрес у тварин, що вносить похибки в інтерпретацію результатів. З цієї причини активно ведеться пошук нових безконтактних методів для покращення добробуту тварин [5]. Існують також візуальні методи оцінки, які можуть бути здійснені експертами або навченим персоналом для визначення рівня стресу та добробуту тварин. Однак ці методи мають свою суб'єктивність і вимагають нагляду, що є одним з недоліків традиційних фізіологічних та сенсорних технологій [1].

Останні досягнення в цифрових технологіях, таких як сенсори, сенсорні мережі, інтегровані з Інтернетом речей (IoT), дистанційне зондування, комп'ютерне бачення та штучний інтелект, відкрили нові можливості для автоматизації та інтеграції різних підходів у галузі тваринництва та оцінки добробуту тварин [4, 7]. Зростає кількість досліджень, спрямованих на впровадження цих новітніх цифрових технологій у моніторинг худоби, таких як мінімально контактні датчики, цифрові нашийники та дистанційне зондування [3]. Крім того, нові методи аналізу та моделювання, зокрема застосування глибокого навчання та машинного навчання, дозволяють створювати ефективні і відповідальні програми штучного інтелекту (ШІ).

Основні застосування цих технологій зосереджені на оцінці фізіологічних змін у тварин, що пов'язані з різними типами стресу або з раннім прогнозуванням захворювань чи зараження паразитами [5, 6]. Одним з найбільш перспективних підходів є використання ШІ, що поєднує дистанційне зондування і машинне навчання для створення повністю автоматизованої системи для неінвазивного збору, аналізу та інтерпретації даних. Цей підхід використовує дані від різноманітних камер – видимих, теплових, мультиспектральних, гіперспектральних, а також технології виявлення світла та визначення дальності (LiDAR) для прогнозування таких показників, як здоров'я тварин, стрес і загальний стан самопочуття.

Проте більшість досліджень зосереджені на теоретичних аспектах та обмеженому наборі даних, зібраних протягом останніх років, переважно для тестування різних методів моделювання ШІ, а не для їх реального впровадження в галузі. Деякі дослідницькі групи сконцентрувались на пілотних проектах із впровадження ШІ для оцінки впливу теплового стресу на тварин, їх виробничі показники, добробут на фермах, транспортування тварин, ідентифікацію для відстеження, а також для моніторингу парникових викидів і зменшення впливу тваринництва на зміни клімату.

Проведений огляд базується на поточних дослідженнях новітніх цифрових технологій, що використовуються в тваринництві для оцінки здоров'я, добробуту та продуктивності тварин (див. таблицю). Деякі дослідження на основі штучного інтелекту намагаються вирішити занадто багато складних задач, замість того щоб зосередитися на простих та практичних застосуваннях, а прикладів реального впровадження таких технологій поки що небагато. Це є загальною проблемою застосування ШІ в різних галузях: лише 20 % пілотних проектів ШІ були адаптовані для реальних сценаріїв і доведені до промислового виробництва. Ситуація покращилась після COVID-19, коли у 2021 році частка таких проектів зросла до 20 % для машинного навчання та 25 % для рішень на основі ШІ [8].

Контекст підходу «гори вниз» дозволяє зосередитися на вирішенні конкретних, критичних проблем, що сприяє ефективній розробці нових технологій, включаючи ШІ. В Австралії та інших країнах, що займаються тваринництвом, визначено кілька проблем, пов'язаних з транспортуванням худоби в умовах зміни клімату, зокрема вплив підвищення температури, посухи та хвиль спеки на добробут тварин особливо під час тривалих поїздок в

дуже спекотних умовах, як це трапляється в Перській затоці, де температура може перевищувати 50°C. Визначення і відстеження тварин також є важливими аспектами. Багато країн-виробників тваринництва визнали ІІ та цифрову трансформацію ефективними і практичними рішеннями для вирішення багатьох проблем моніторингу та прийняття рішень у галузі. На графіку на рис. 1 показано порівняння максимальної точності моделей штучного інтелекту (R^2) для різних видів тварин:

Найвищі результати точності спостерігаються для великої рогатої худоби та овець ($R^2 = 0.99$). Це свідчить про високий рівень надійності AI-моделей у цих сферах. Для свиней точність дещо нижча (0.95), але все ще залишається високою. Найменшу точність показали моделі для курей (0.92), що може бути пов'язано зі складністю умов утримання, більшою динамікою поведінки чи технічними обмеженнями у зборі даних.

Таким чином, AI-рішення демонструють високу ефективність у моніторингу добробуту тварин, однак рівень точності залежить від виду тварини, що потребує подальшої адаптації методів для птахівництва.

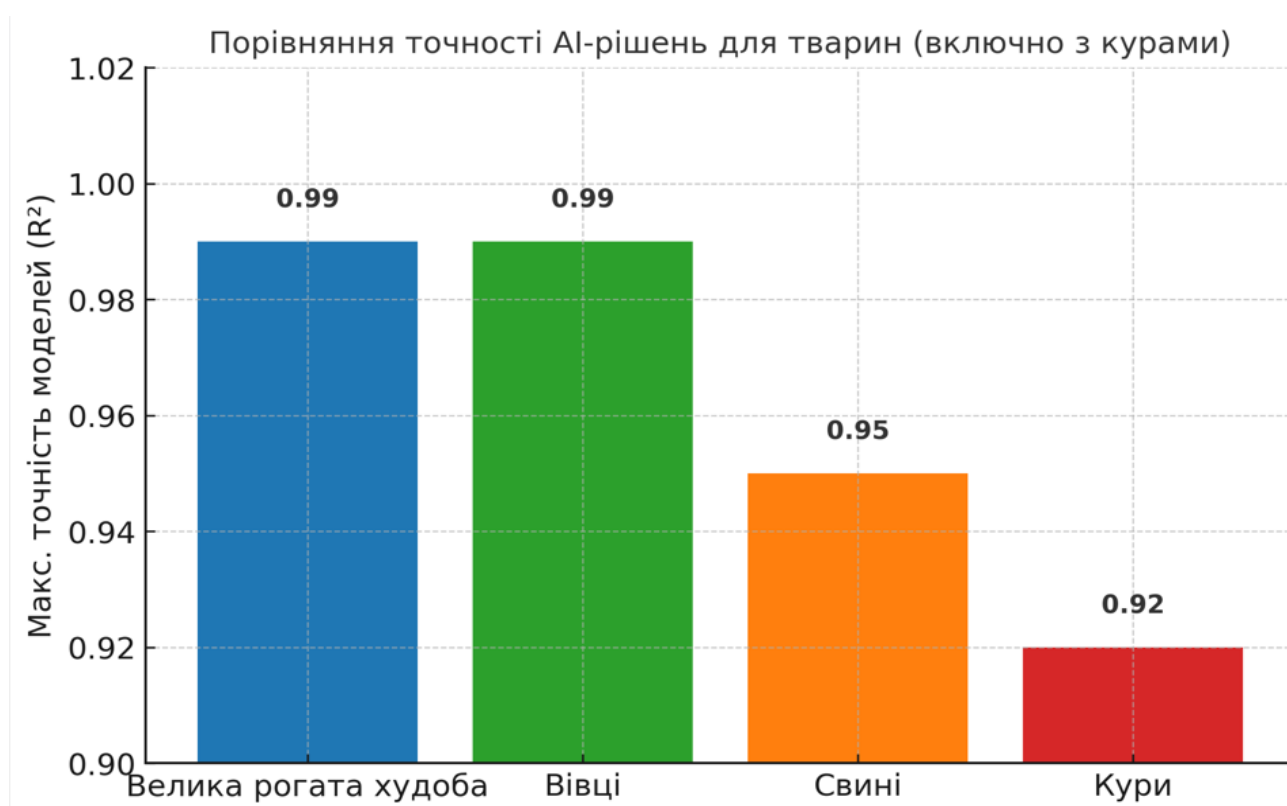


Рис. 1. Порівняння ефективності ІІ у моніторингу добробуту сільськогосподарських тварин

У таблиці наведено порівняльний аналіз застосування цифрових технологій за видами тварин.

Цифрова трансформація тваринництва є одним із ключових напрямів інноваційного розвитку агропромислового комплексу у наш час. Впровадження технологій штучного інтелекту, комп'ютерного зору, дистанційного моніторингу та біометрії відкриває нові можливості для забезпечення ефективного управління фермерськими господарствами, підвищення продуктивності тварин, раннього виявлення захворювань, а також контролю добробуту тварин у режимі реального часу.

Таблиця Порівняння технологій за видами тварин

	Тварина	Основні параметри моніторингу	Методи	Точність моделей R^2	Проблеми/Виклики
1	Велика рогата худоба	Температура, ЧСС, дихання, активність	Інфрачервона термографія, RFID-мітки, фотоплетизмографія (PPG), лазерне зондування, відеоспостереження з комп'ютерним зором	До 0.99 для оцінки пульсу, температури та руху	Контактні методи викликають стрес. Необхідність обмеження руху тварин, дорогі рішення для фермерів, складність масового розгортання
2	Вівці	Температура шкіри, серцебиття, дихання, жуйна активність, переміщення, реакції на стрес	Акселерометри, RGB/ІЧ-відео, носимі пристрої (недоуздки), аналіз рухів голови та щелеп, нейронні мережі	До 0.99 (температура, ЧСС, ЧД, поведінка)	Необхідність носимих датчиків, обмежений доступ до різних частин тіла, складність автоматичного моніторингу в групах
3	Свині	Поведінкові реакції, положення тіла, температура, вага	Камери спостереження, глибинні камери, моделі машинного навчання для оцінки активності та вимірювання розмірів	До 0.95 при оцінці ваги та активності	Перешкоди при зйомці (кілька тварин в кадрі), обмеженість глибини огляду, складність відеоаналізу без людської розмітки
4	Кури	Температура, частота дихання, рухова активність, поведінка під стресом	Відеоаналіз (RGB + ІЧ), термографія, об'єктне виявлення через ML, аналіз пір'я, оцінка руху та щільності	До 0.92 при аналізі температури, дихання та руху	Щільність утримання птиці, часткове перекриття об'єктів, шум на фоні, складність індивідуального трекінгу

Дослідження показали, що застосування ІЧ-термографії, RGB-відеоаналізу, акселерометрії, носимих сенсорів та глибокого навчання дозволяє з високою точністю виявляти зміни у фізіологічних параметрах тварин. Це особливо актуально для неінвазивного моніторингу температури тіла, частоти серцевих скорочень, дихання, рухової активності та поведінкових реакцій. Застосування таких технологій не лише покращує загальне управління стадами, а й мінімізує потребу у стресових для тварин процедурах.

Разом із тим, широке впровадження цих рішень на практиці стикається з низкою бар'єрів: високою вартістю обладнання, складністю інтеграції ІТ-рішень у сільське господарство, недостатнім рівнем цифрової грамотності персоналу та обмеженою нормативною базою. Особливої уваги потребує адаптація моделей машинного навчання до специфіки різних порід, умов утримання та кліматичних регіонів.

Попри зазначені виклики, перспективи розвитку цієї галузі залишаються надзвичайно обнадійливими. Розробка стандартизованих систем біометричного моніторингу, інтеграція з хмарними платформами та впровадження “edge computing” створюють підґрунтя для формування нової парадигми «розумного тваринництва». У майбутньому очікується поява гібридних систем, які поєднуюватимуть мультисенсорні дані, прогнозу аналітику та автоматизоване прийняття рішень.

Таким чином, цифрова трансформація тваринництва - це не лише інструмент підвищення ефективності агровиробництва, а й важливий фактор сталого розвитку, підвищення рівня

добробуту тварин, захисту навколишнього середовища та зміцнення довіри споживачів до аграрного сектору.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Burn C. C., Pritchard J. C., Whay H. R. “Observer reliability for working equine welfare assessment: problems with high prevalences of certain results. *Animal Welfare*”. 2009; 18: 177–187.
2. Chung H., Li J., Kim Y., Van Os J. M., Brounts S. H., Choi C. Y. “Using implantable biosensors and wearable scanners to monitor dairy cattle’s core body temperature in real-time”. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2020; 174: 105453.
3. Karthick G., Sridhar M., Pankajavalli P. “Internet of things in animal healthcare (IoTAN): review of recent advancements in architecture, sensing technologies and real-time monitoring”. *SN Computer Science*. 2020; 1: 1–16.
4. 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”. *Journal of Animal Science*. 2018; 96: 1540–1550.
5. Neethirajan S., Kemp B. “Digital livestock farming”. *Sensing and Bio-Sensing Research*. 2021; 32: 100408.
6. Neethirajan S., Tuteja S. K., Huang S-T., Kelton D. “Recent advancement in biosensors technology for animal and livestock health management”. *Biosensors and Bioelectronics*. 2017; 98: 398–407.
7. Singh M., Kumar R., Tandon D., Sood P., Sharma M. “Artificial Intelligence and IoT based Monitoring of Poultry Health: A Review”. *IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (Comnetsat)*. 2020. p. 50–54.
8. Wang M., Youssef A., Larsen M., Rault J-L., Berckmans D., Marchant-Forde J.N., Hartung J., Bleich A., Lu M., Norton T. “Contactless video-based heart rate monitoring of a resting and an anesthetized pig”. *Animals*. 2021. 11: 442.

DOI: <https://doi.org/10.15276/ict.02.2025.33>

UDC 004.4’24

Digital transformation of animal husbandry: implementation of emerging and promising technologies using artificial intelligence

Svitlana G. Antoshchuk¹⁾

Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Information Systems
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9346-145>; asg@op.edu.ua. Scopus Author ID: 8393582500

Tetyana V. Kunup¹⁾

PhD, Senior Lecturer of the Department of Information Technologies
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0246-0951>; Kunup.t.v.@op.edu.ua

¹⁾ Odesa Polytechnic National University, 1, Shevchenko Ave. Odesa, 65044, Ukraine

ABSTRACT

The assessment of farm animal welfare is a key component of monitoring systems aimed at evaluating physiological status, productivity, and the timely detection of pathological changes, injuries, and stressors that may negatively impact health. This issue is gaining increasing socio-economic importance, as consumer demand grows for products derived under humane conditions, prompting its integration into modern marketing strategies within the agro-industrial sector. Traditional approaches to welfare assessment, which primarily rely on visual observations and expert evaluations by veterinary specialists, are often subjective, labor-intensive, and require specialized training. In contrast, recent advances in remote sensing, computer vision, and artificial intelligence have driven the development of innovative biometric systems capable of capturing objective physiological parameters directly related to the welfare of livestock and poultry.

Keywords: Animal welfare; health monitoring; livestock productivity; stress detection; visual inspection; computer vision; artificial intelligence (AI); livestock biometrics; physiological parameters; poultry farming; agro-industrial complex