

TARASYUK Anton,
graduate student of the Department
of Digital Economics and Systems Analysis
of Kyiv National University
of Trade and Economics;
19, Kyoto str., Kyiv, 02156, Ukraine

E-mail: anton.tarasyuk213@gmail.com
ORCID: 0000-0003-0830-1636

GAMALIY Volodymyr,
Professor, Dr. physical and mathematical Science
Department of Digital Economics and Systems Analysis
of Kyiv National University
of Trade and Economics;
19, Kyoto str., Kyiv, 02156, Ukraine

E-mail: vgamaliy52@gmail.com
ORCID: 0000-0001-7544-7470

ТРЕНДИ ЦИФРОВІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ

Розглянуто основні напрями реалізації цифрових технологій у сільському господарстві та перспективи їх розвитку в умовах концепції Четвертої промислової революції. Обґрунтовано необхідність застосування інтелектуальних систем для ефективного управління аграрним підприємством.

Ключові слова: система управління, інтелектуальні системи, машинне навчання, диджиталізація агросектора.

Постановка проблеми. Економіка розвинених країн світу базується на швидкому розвитку інновацій та цифрових технологій. Застосування інформаційних технологій підвищує продуктивність управлінської діяльності, даючи змогу ефективніше вирішувати поточні завдання. Інформаційні технології забезпечують накопичення, збереження та обробку величезної кількості даних, аналіз яких сприяє прийняттю ефективних рішень.

Сільське господарство є лідером в експорті нашої держави, при цьому, як в Україні, так і у світі, не існує комплексного системного підходу до розвитку підприємств галузі на основі застосування інформаційних технологій за концепцією Четвертої промислової революції.

Сучасні агропідприємства дедалі частіше використовують у своїй діяльності передові технології: дрони, інтернет-платформи, метеостанції, спеціалізовані мобільні додатки й системи обробки даних. При цьому більшість підприємств застосовують ці технології несистемно та не ведуть облік і відстеження інформації, тому не відбувається зростання ефективності діяльності як окремого підприємства, так і галузі загалом.

На сьогодні сільське господарство потребує оптимізації виробничих процесів на базі цифрових технологій для одержання максимального прибутку та раціонального використання ресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання використання цифрових технологій у промисловості та агропромисловому комплексі (АПК) знаходяться в центрі уваги багатьох науковців.

У праці В. Рябошлика "Четверта промислова революція: небачені можливості та передбачувані виклики" розглянуто питання про радикальний характер технологічних змін, яких потребує Україна [1].

М. Руденко дослідив сучасні технології, притаманні процесу цифрової трансформації сільськогосподарських підприємств (СГП), і окреслив ключові фактори, наявність яких сприяє створенню "розумних" СГП [2]. Цей же автор запропонував принципи та послідовність процесу управління ризиками сучасних підприємств аграрного сектора [3].

К. Назарова, В. Гордополов, Н. Куляша, О. Куляша показали значущість аграрного сектора для національної економіки через розгляд його частки та її динаміки генерації ВВП [4].

І. Ніколаєв, В. Вишневська, Р. Жовновач підкреслюють, що великій кількості виробничих підприємств України притаманна неефективність функціонування, пов'язана з недоліками в управлінні, обґрунтовують необхідність створення інформаційно-аналітичної системи прийняття управлінських рішень [5].

Сучасні технології управління підприємством на засадах цифрової економіки та інновацій досліджували М. Климчук, Т. Ільїна, С. Климчук, Н. Хоменко, які довели можливість виокремлення напрямів розвитку цифрових технологій [6].

У праці [7] Г. Антонова, О. Ковирьова підкреслено, що цифровізація реального сектора економіки – головна складова цифрової економіки та визначальний чинник зростання економіки загалом, зокрема і самої цифрової індустрії як виробника технологій. Цифрові технології змінюють традиційні моделі бізнесу, виробничі ланцюги та процеси, обумовлюють появу нових продуктів та послуг, платформ та інновацій.

М. Рахман, С. Корабельський [8] та В. Яновська [9] показали, що в Україні швидкими темпами ефективно розвивається інфраструктура для розроблення та застосування цифрових технологій. З розуміння цифровізації як глобального тренду сучасного розвитку економіки і суспільства і за результатами аналізу та порівняння сукупності показників, що дають змогу кількісно охарактеризувати стан і тенденції розвитку національної цифрової інфраструктури, впливає висновок, що процеси, які відбуваються на ринку телекомунікаційних послуг, незаперечно сприяють посиленню конкурентних позицій України в глобальному середовищі. Зміни споживчих переваг, трансформація ринку та індивідуалізація споживання на фоні цифровізації ринкових сегментів і населення, формування широкосмугової моделі споживання й бездротового середовища створюють надійні умови для зростання цифрової економіки, підвищення інноваційності її аграрного сектора та побудови інформаційного суспільства.

Як відзначають І. Ковача та І. Хусті (*Imre Kovács, István Husti*), сільське господарство 4.0 за аналогією з промисловістю 4.0, являє собою інтегровану внутрішню та зовнішню мережу сільськогосподарських операцій. Використання інтернет-порталів може полегшити

обробку великих обсягів даних, а також створення мереж у фермерському господарстві та із зовнішніми партнерами [10].

Завдяки сучасному стану науково-технічного прогресу аграрії можуть не тільки використовувати у виробництві цифрові технології, а й зробити сільське господарство в цілому керованим та прогнозованим.

Метою роботи є дослідження сучасного стану реалізації інформаційних технологій у сільськогосподарських підприємствах України та виявлення невирішених проблем цифровізації аграрних підприємств.

Методи дослідження. У ході дослідження застосовано загальнонаукові та спеціальні методи пізнання: системного аналізу і синтезу, маркетингових досліджень, статистичні та ін.

Результати дослідження. У 2015 р. німецький консорціум *Industrial Internet* презентував стандарт "Еталонна архітектура індустріального Інтернету" в межах реалізації концепції "Індустрія 4.0: Інтернет речей на шляху до Четвертої промислової революції", під яким розуміли широке впровадження у виробництво кіберфізичних систем та з'єднання різних речей з мережею. Завдяки такій новій індустрії заплановано підвищення конкурентоспроможності німецької обробної промисловості. У зарубіжних аналітичних матеріалах, різноманітних інтерв'ю "Індустрія 4.0" асоціюється з промисловим виробництвом майбутнього, що ґрунтується на інноваційних технологічних розробках [11]. Ці технології пов'язані з феноменом інформаційного буття – цифровізацією (диджиталізацією).

Експерти Всесвітнього економічного форуму в Давосі у своєму звіті "Готовність до майбутнього виробництва" (Digital Transformation Initiative) зазначають, що для України зосередитися на цифровізації – правильний і єдиний спосіб скоротити відчутний розрив у міжнародних показниках порівняно з іншими країнами світу [12].

В. Скіцько – один з перших українських дослідників у своїй статті "Індустрія 4.0 як промислове виробництво майбутнього", звернув увагу на отримані групою науковців та фахівців дев'ять розробок (результатів) науково-технічного прогресу, які становлять основу Індустрії 4.0 та Четвертої промислової революції [13]: великі дані та їх аналіз (*Big Data and Analytics*); автономні роботи (*Autonomous Robots*); моделювання (*Simulation*); горизонтальна та вертикальна системна інтеграція (*Horizontal and Vertical System Integration*); промисловий Інтернет речей (*The Industrial Internet of Things*); кібербезпека (*Cybersecurity*); хмари (*The Cloud*); адитивне (додаткове) виробництво (*Additive Manufacturing*); розширена (або віртуальна) реальність (*Augmented Reality*).

В Україні процес цифровізації економіки представлено у "Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 роки" [14], де зазначається, що "...цифровізація – насичення світу електронно-цифровими пристроями, засобами, системами та налагодження електронно-комунікаційного обміну між ними, що фактично уможливорює інтегральну взаємодію віртуального та фізичного, тобто створює кіберфізичний простір". Також у документі зазначається

потреба у розвитку інфраструктури блокчейн, геоінформаційної інфраструктури та промислової цифрової інфраструктури, окремим пунктом виділено розвиток цифрового землеробства та цифровізації агросектора [14].

Для ефективної цифровізації сільського господарства важливо визначити концепцію розвитку галузі та галузевих підприємств. Для цього необхідно звернутись до концепції "розумна фабрика", яку вперше представлено на ярмарку Ганновер Мессе у 2011 р. [15]. Вона описує новий спосіб організації виробництва, де робочі процеси автоматично скоординовані один з одним та пов'язані між собою через мережу, яка має зв'язок з навколишнім світом [16].

Автори праці [17] виділили відмітні риси "розумних" виробництв (табл. 1).

Таблиця 1

Відмітні риси "розумних" виробництв

Риса	Практичне впровадження
Здатність до "розумної" дії й "розумного" реагування	Максимально збільшує технічну ефективність, ефективність витрат і вигод завдяки плануванню, постійному моніторингу й безперервності навчання
"Оперативні активи" (працівники, завод, обладнання, операційні моделі та бази даних)	Такі активи інтегровані й обізнані про свій стан завдяки системі сенсорів. Периферійні пристрої, виконавчі механізми й виробниче обладнання мають здатності до обробки інформації та оснащені сенсорами для автоматичного самоаналізу
Адаптивність	Обладнання "розумного" виробництва спроможне виявити позаштатні ситуації і пристосуватися до них. Система має здатність адекватно функціонувати залежно від мінливих обставин
Інформаційна доступність	Обладнання має повний доступ до необхідної інформації в будь-який час роботи
Реальність	Для запобігання аварій в рамках "розумного" виробництва здійснюється збір інформації у реальному часі
Оперативність	Система має здатність до оперативного реагування на зміни й неполадки в технологічному процесі
Екологічність	"Розумне" виробництво є екологічно стійким, використовує рециклінг і мінімально впливає на довкілля
Інтелектуальність	Необхідною рисою "розумного" виробництва є висококваліфікована робоча сила
Гнучкий менеджмент	Система володіє розумінням меж автоматичної дії і постачає всю необхідну інформацію операторам та управлінцям для прийняття необхідних рішень
Тактика для стратегії	Працівники "розумного" виробництва навчені здійснювати дії, що забезпечують стратегічну ефективність підприємства

Джерело: розроблено авторами за [17].

Розумне сільське господарство являє собою впровадження SMART-технологій у сільському господарстві. Аббревіатура SMART (*Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Timebound*) означає правильну постановку цілей і пошук оптимального шляху їх досягнення. Також слово "smart" береться за прямим перекладом з англійської мови і означає "розумний". В агросекторі застосування отримали обидва тлумачення терміна SMART, і вони містять: технології збирання та аналізу інформації (*GNSS, GIS, RS, Web, BigData, Yieldmonitoring, Soil-test* тощо); технології автоматизованого управління та прийняття

рішень (*Crop- Land-, Livestock-management*); технології реалізації прийнятих рішень (*Variable Rate Technology*).

Імре Ковач та Істван Хусті відмічають що новий поштовх у точному землеробстві спостерігається в усьому світі з початку 2010-х, відтоді ж розумні технології все частіше застосовуються як стандартні функції управління тракторів, зернозбиральних комбайнів та іншого обладнання [10].

В. Гарольд зі співавторами [18] зазначають, що цифрове сільське господарство пропонує нові можливості завдяки повсюдній доступності інтенсивних обчислювальних технологій як частини так званої Індустрії 4.0: "Сільське господарство буде слідувати за іншими галузями промисловості, при цьому вигоди від цифрових технологій отримають матеріальну форму і стануть джерелом підвищення ефективності виробництва¹". Очікується, що цифровізація у сільському господарстві забезпечить технічні можливості для оптимізації систем сільськогосподарського виробництва, ланцюгів створення вартості та продовольчої системи [19].

М. Руденко [2] дослідив, яка саме інформація та технології узагальнюють концепцію "Сільське господарство 4.0". У своїй статті "Технології цифрової трансформації сільськогосподарських підприємств" автор виділяє п'ять основних груп технологій (рис. 1).

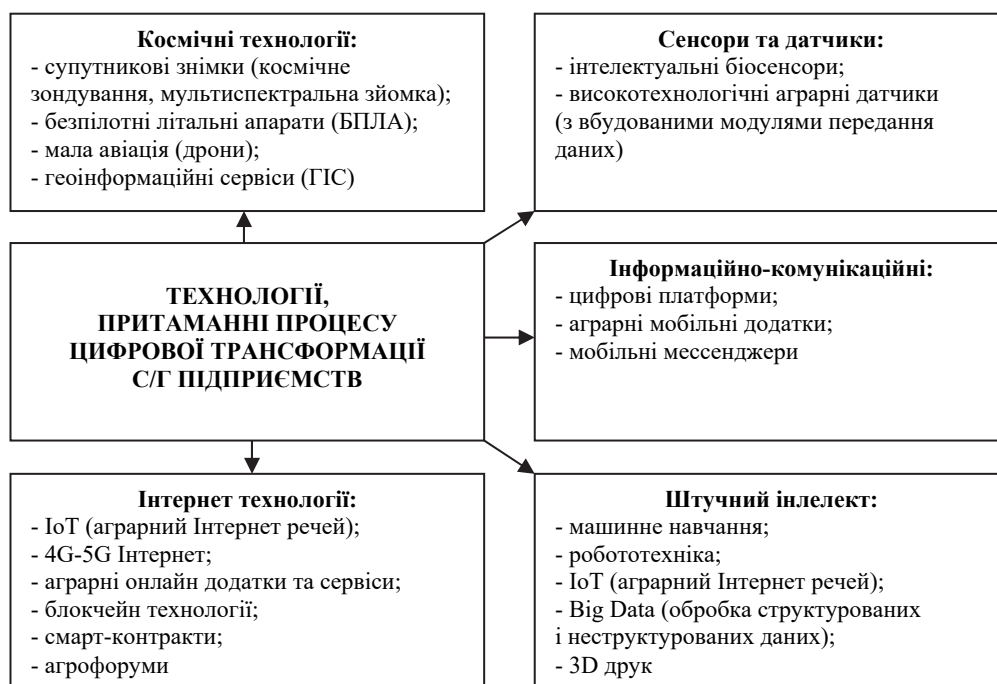


Рис. 1. Класифікація технологій розумного сільського господарства [2]

¹ Усі цитати з іншомовних джерел наведено у перекладі авторів статті.

Нашу версію технологічного наповнення концепції "Сільське господарство 4.0" для сучасних СГП викладено на *рис. 2*.

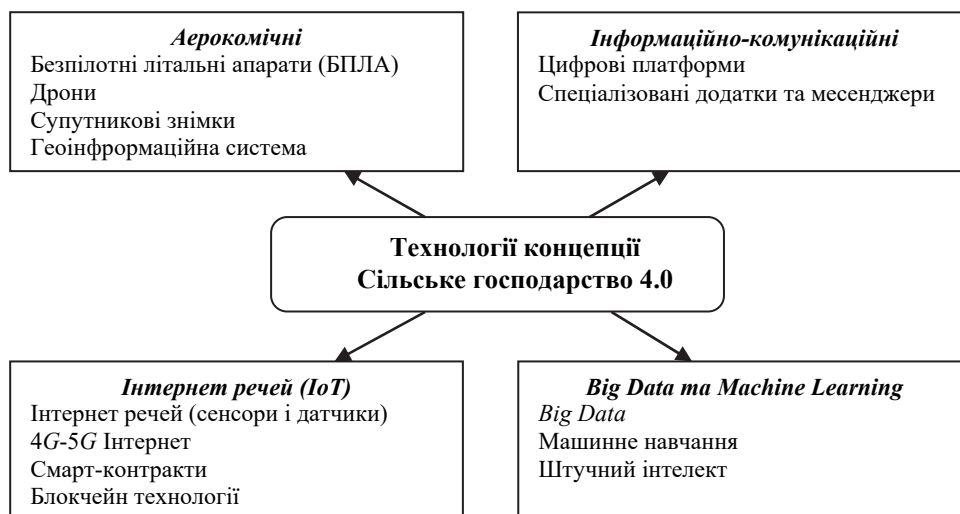


Рис. 2. Класифікація технологій розумного сільського господарства для аграрних підприємств

Джерело: розроблено авторами.

Аерокосмічні технології (див. *рис. 2*), можливості яких включають створення супутникових знімків (космічне зондування, мультиспектральна зйомка), являють собою основу індивідуального підходу до кожної ділянки сільськогосподарських угідь відповідно до технології точного землеробства завдяки трьом складовим: системі спостереження, внесенню змінних норм добрив та навігації.

Також сюди належать дрони, які на сьогодні застосовуються аграріями для вирішення трьох основних завдань: візуальний контроль і моніторинг; обмір земельного банку та розроблення карт полів; внесення рідких добрив або засобів захисту рослин (ЗЗР).

Згідно з дослідженнями, опублікованими у журналі "Агробізнес" відносно використання дронів у сільському господарстві [20], аграрні підприємства здебільшого використовують дрони лише для обміру земельного банку.

Комбінований авіакосмічний моніторинг має чотири основні складові: зондування поверхні; мультиспектральна зйомка сільськогосподарських угідь; гарантований щоденний моніторинг і систему обробки даних моніторингу, що дає змогу диференційовано вносити добрива, ЗЗР, здійснювати полив культур тощо [21].

Ще одним не менш важливим елементом аерокосмічних технологій є геоінформаційні системи (ГІС) [22], які допомагають [23]:

- здійснювати централізоване зберігання та управління картографічною базою даних сільськогосподарського підприємства;

- ефективно управляти земельними ресурсами, оперативно вирішувати територіальні конфлікти та незаконне захоплення земель, здійснювати моніторинг за землевласниками і землекористувачами;
- контролювати виконання сільськогосподарських робіт на полях, відстежувати посіви за культурами і полями;
- оцінювати якість ґрунтів, їхню потенційну врожайність, агроекологічний стан, деградаційні процеси;
- аналізувати ефективність ведення сільського господарства;
- виконувати оперативні аудити сільськогосподарських угідь, контролювати діяльність віддалених (польових) працівників (землевпорядників, агрономів), забезпечувати можливість збору просторових даних у польових умовах у реальному часі завдяки мобільному картографічному додатку, який з'єднано з інтерактивною картою;
- автоматизувати процес складання звітності, планування та прогнозування розвитку роботи підприємства.

При цьому, як зауважив О. Бойко [24], практична реалізація концепції точного землеробства СГП потребує створення адаптованої до визначених умов системи підтримки прийняття рішень, використовуючи пристрої супутникової навігації, ГІС-технології, дані дистанційного зондування, бортові комп'ютери, робото-технічні пристрої сільськогосподарського призначення, програмне забезпечення. Наслідком таких технологічних змін стає потреба у програмному забезпеченні для обробки великого обсягу спеціалізованої інформації та прийняття на її основі ефективних управлінських рішень.

Другий технологічний напрям концепції, *Інтернет речей (IoT)* (див. рис. 2) містить спеціалізовані датчики та сенсори, що відслідковують та автоматизують основні виробничі процеси. В рослинництві датчики можна поділити на п'ять великих груп:

- датчики та сенсори, що відслідковують параметри ґрунту;
- датчики, що відслідковують параметри росту рослин;
- сенсори для знаходження шкідників та захворювань рослин;
- датчики для моніторингу погодних умов;
- *GPS*-датчики для відслідковування техніки на полі.

Так, для тваринництва використовують передусім нашійники з *GPS*, *RFID* чи біометрією для тварин, автоматизовані системи годівлі та обслуговування. Ефективна робота агропідприємства з усіма інформаційними потоками від датчиків та сенсорів можлива за допомогою Інтернету речей (*IoT*), на основі якого здійснюється постійний контроль та управління бізнес-процесами.

Реалізація потенціалу *інформаційно комунікаційних технологій (ІКТ)* відбувається на базі цифрових платформ, додатків та чат-ботів. В Україні розроблена цифрова платформа *Cropio* [25] – інтегроване комплексне програмне рішення, що забезпечує супутниковий моніторинг стану посівів, ведення обліку показників та відстеження обладнання і техніки з метою максимального підвищення ефективності

прийняття рішень. Використання цифрових платформ (наприкладі *Cropio*) дає змогу дистанційно контролювати сільськогосподарські угіддя, у тому числі здійснювати автодокументування, прогнозування та планування сільськогосподарських операцій.

Виділимо на основі аналізу статті [26] найпопулярніші типи внутрішніх аграрних мобільних додатків, які охоплюють:

- системи загального доступу до робочих файлів підприємства та спільної роботи над ними;
- мобільні версії корпоративних соціальних мереж;
- внутрішню комунікацію, месенджери, трекери повідомлень;
- системи управління польовими роботами, що вимагають постійного збору, уточнення та синхронізації інформації;
- автоматизацію процесів документообігу тощо.

Останній із напрямів, наведених на *рис. 2*, – *великі дані та машинне навчання*. Усі зазначені технологічні рішення є джерелами інформації, тому постає потреба в обробці та аналізі великого обсягу інформації для прийняття ефективних рішень та розроблення прогнозів. Необхідним є використання технології великих даних (*Big Data*), яка являє собою ключовий елемент сучасних *Smart*-підприємств. Що ж до обробки даних, то тут передусім необхідним є застосування технологій машинного навчання, які завдяки великому масиву інформації, зможуть виявляти нові закономірності в діяльності, мінімізувати витрати та підвищувати ефективність наявних виробничих ресурсів. Важливо вказати, що такі програмні засоби засновані на концепції управління підприємством із синхронізацією з клієнтом (*CSRP*). У їх основу покладено дві важливі складові: ефективність і безпека, які закладені в автоматизовані робочі місця, та являють собою програмну реалізацію функцій працівника, забезпечуючи доступ до необхідної інформації.

На сьогодні програмне рішення у галузі великих даних ще не використовується в агросекторі навіть у найбільших агрохолдингах.

Створення дійсно "розумних" СГП потребує об'єднання трьох ключових факторів:

- наявності у підприємства *технологій*, які можуть збирати та обробляти дані;
- *алгоритмів*, які перетворюють отриманий масив даних від усіх наявних на підприємстві пристроїв у конкретні рішення для поліпшення ефективності виробництва, використання та розподілу ресурсів;
- *великих даних (Big Data)*, на основі яких можна проаналізувати тисячі операцій та дослідити, яким чином та з якою якістю відбуваються виробничі процеси на агропідприємстві і виявити приховані закономірності.

Концепція сучасного аграрного виробництва, заснованого на процесах цифрової трансформації та концепціях Четвертої промислової революції, – не лише застосування сучасних технологічних засобів,

таких, як дрони чи метеостанції, а й програмна обробка отриманої інформації для вдосконалення виробничих процесів та зменшення собівартості виготовленої продукції.

Основною цінністю для сучасних аграрних підприємств є *інформація*, тому виникає потреба у розробленні спеціалізованих систем для зберігання, обробки, аналізу та прийняття рішень. Такими програмними засобами можуть бути спеціалізовані *ERP*-системи, побудовані на основі концепції *CSRP*.

Визначимо відмінності сучасних *ERP*-систем.

Перший елемент, який їх відрізняє, – це застосування алгоритмів *Machine Learning* та штучного інтелекту для планування організації і контролю процесів на підприємстві. Саме завдяки цьому рішенням поєднані з технологією *Big Data* підприємства стають більш ефективними та рентабельними і менш залежними від зовнішніх обставин.

Другим елементом є перехід такої системи з класу звичайних автоматизованих інформаційних систем до нового класу – поєднання автоматизованих інформаційних систем та систем прийняття й підтримки рішень. У цьому випадку перехід дає змогу не лише ефективно планувати та організовувати діяльність, а й оцінювати та мінімізувати ризики прийнятих рішень.

Що ж до *третього* і останнього ключового елемента, то це перехід до використання у діяльності автоматизованих робочих місць. Його провідна мета – це чітка взаємодія відповідно до обов'язків працівника, безпека комерційної інформації підприємства, оцінка ефективності персоналу та можливість реалізації інноваційних підходів на невеликих ділянках діяльності підприємства.

На шляху до підвищення ефективності та конкурентоспроможності сільськогосподарського виробництва найбільші українські агрохолдинги інвестують у "розумні" технології мільйони доларів. Так, Укрлендфармінг звітує про зростання врожайності на 25 % завдяки застосуванню точного землеробства [27]; Агропросперіс повідомляє, що ефективність роботи зросла в кілька разів після того, як закупили для агрономів планшети зі спеціальними програмами й інтерактивною базою даних, яка дає змогу оперативно приймати логістичні рішення [28]; Кернел впроваджує проєкт цифрової платформи для автоматичного планування виробничих процесів, моніторингу їх виконання, а також розроблення мобільних додатків для роботи в полі агрономів та інженерів [29]; Астарта за 4 роки заощадила 15 млн дол. США завдяки системі *GPS*-нагляду і моніторингу використання пального (більше ніж річний обсяг інвестицій в інновації семи найбільших агрохолдингів країни) [30]. Також компанія планує запустити мобільну платформу для моніторингу стану посівів, їх розвитку і фази росту, наявності комах і шкідників, що надасть можливість підбирати добрива, ЗЗР тощо.

Проте, як правило, 80 % всіх інвестицій в інновації в аграрній галузі спрямовуються на облік, документообіг та рішення щодо оптимізації поточних витрат.

Висновки. Концепція "Індустрія 4.0" стала основою для сучасного індустріального виробництва. Реалізація потенціалу інформаційно-комунікаційних технологій для підвищення конкурентоспроможності продукції привела до ідеї "Smart Factory".

За результатами аналізу шляхів розвитку концепції "Сільське господарство 4.0" ("SmartFarm") для її застосування на аграрних підприємствах України виділено такі технологічні напрями: аерокосмічні технології; Інтернет речей (IoT); інформаційно-комунікаційні технології; "Великі дані" та машинне навчання. Розглянуто основні досягнення в кожному технологічному напрямі, наявні розробки та шляхи їх застосування. Встановлено, що для забезпечення якісного розвитку агросектора вже використовуються технологічні та технічні засоби, проте більшість технологій задіяні для операційних процесів та контролю поточного стану на підприємстві. Доведено, що найменш розробленою є технологія великих даних та машинне навчання – найважливіші для створення автоматизованих робочих місць.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з практичною реалізацією програмного забезпечення для якісної обробки великих масивів інформації та прийняття рішень щодо планування діяльності підприємства та її поточного контролю. Це вимагає залучення алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту в систему управління, саму ж систему управління доцільно розробляти на основі автоматизованих робочих місць.

Результати досліджень, представлені у статті, будуть корисними науковцям, науково-педагогічним працівникам, здобувачам вищої освіти та практикам, які займаються проблематикою диджиталізації агросектора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Рябошлик В. Четверта промислова революція: небачені можливості і передбачувані виклики. *Економіст*. 2017. № 6. С. 1-28.
2. Руденко М. В. Технології цифрової трансформації сільськогосподарських підприємств. *Агросвіт*. 2019. № 23. С. 8-18.
3. Руденко М. В. Управління ризиками підприємств аграрного сектора. *Бізнес Інформ*. 2018. № 2. С. 313-318.
4. Назарова К. О., Гордополов В. Ю., Куляша Н. Ю., Куляша О. Ю. Розвиток агробізнесу в Україні: аналіз, оцінка та аудит. *Бізнес Інформ*. 2020. № 9. С. 136-146.
5. Ніколаєв І. В., Вишнеvsька В. А., Жовновач Р. І. Підходи до розробки інформаційно-аналітичної системи для прийняття управлінських рішень на підприємстві. *Центральноукраїнський науковий вісник. Економічні науки*. 2019. Вип. 2 (35). С. 159-168.
6. Климчук М. М., Ільїна Т. А., Климчук С. А., Хоменко Н. Ю. Сучасні технології управління підприємством на засадах цифрової економіки та інновації. *Бізнес Інформ*. 2020. № 7. С. 59-65.

7. Антонова Г. В., Ковирьова О. В. Бездротові технології як ланка цифровізації сільського господарства. *Комп'ютерні засоби, мережі та системи*. 2018. №17. С. 53-59.
8. Рахман М. С., Корабельський С. О. IT-галузь України в очах світової спільноти. *Бізнес Інформ*. 2020. № 7. С. 181-188.
9. Яновська В. П. Інтенсивність цифровізації економіки України. *Економіка України*. 2020. № 9 (706). С. 5-20.
10. Kovács, I. & Husti, I. The role of digitalization in the agricultural 4.0—how to connect the industry 4.0 to agriculture? *Hungarian Agricultural Engineering*. 2018. № 33. С. 38-42.
11. *Четверта промислова революція: зміна напрямів міжнародних інвестиційних потоків*: монографія/за наук. ред. А. І. Крисоватого та О. М. Сохацької. Тернопіль, 2018. 478с.
12. Мазаракі А., Новікова Н., Сунько Ю. Цифрові детермінанти трендів підготовки фахівців. *Вісник Київського національного торговельно-економічного університету*. 2020. № 2. С. 5-20.
13. Скіцько В. І. Індустрія 4.0 як промислове виробництво майбутнього. *Інвестиції: практика та досвід*. 2016. № 5. 33-40.
14. Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації: Розпорядження КМУ від 17 січня 2018 р. № 67-р. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-%D1%80> (дата звернення 05.11.2019).
15. Industry 4.0, factoryofthefuture, factory 4.0, smartfactory... URL: <https://www.ordinal.fr/en/industry-4-0-smart-factory.htm>.
16. Редько К. Ю., Корзун Л. С. Концепція, переваги та ризики "РОЗУМНОЇ ФАБРИКИ"– ФАБРИКИ "ІНДУСТРІЇ 4.0". Глобалізація напрямів формування промислового потенціалу в умовах постіндустріальних трансформацій, 2019, С. 5.
17. Ящишина І. В. Суть та особливості смарт-підприємств. *Наукові записки Національного університету Острозька академія*. 2018. № 11. С. 14-18. Серія: Економіка.
18. Van Es, Harold M. et al. Digital agriculture in New York State: report and recommendations. Cornell University: Ithaca, NY, 2016.
19. Klerkx, Laurens; Jakku, Emma; Labarthe, Pierre. A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 2019, 90: 100315.
20. Агрокоптер або Дрон польовий. URL: <http://agro-business.com.ua /agro/mekhanizatsiia-apk/item/1089-ahrokopter-abo-dron-polovyi.html> (дата звернення 05.11.2019).
21. Зачем агробизнесу космические технологии? URL: <https://propozitsiya.com/zachem-agrobiznesu-kosmicheskie-tehnologii/> (дата звернення 05.11.2019).
22. Морозов В. В., Шапоринська Н. М., Морозов О. В., Пічуря В. І. Геоінформаційні системи в агросфері. Київ: Аграрна освіта, 2010. 269 с.
23. Геоінформаційна система для сільського господарства. URL: <https://magneticonemt.com/geoinformatsijna-systema-dlya-sil'skogo-gospodarstva> (дата звернення 05.11.2019).

24. Бойко О. Г. Можливості використання ГІС/ДЗЗ технологій у точному землеробстві. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2010. № 4. С. 67-69.
25. Система управління агровиробництвом Cropio. URL: <https://about.cropio.com/ru> (дата звернення 05.11.2019).
26. Корпанюк Т. М., Мулик Я. І. Застосування мобільних додатків в бізнесі та їх облік. *Ефективна економіка*. 2018. № 3. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6181> (дата звернення 05.11.2019).
27. Офіційний вебсайт компанії Укрлендфармінг. URL: <https://www.ulf.com.ua/ua>.
28. Офіційний вебсайт групи компаній "Агропросперіс". URL: <https://www.agroprosperis.com>.
29. Офіційний вебсайт компанії "Кернел". URL: <https://www.kernel.ua/ua>.
30. Офіційний вебсайт компанії "Астарта". URL: <https://astartaholding.com>.

Стаття надійшла до редакції 17.06.2021.

Tarasjuk A., Gamaliy V. Digitalization trends of agricultural enterprises in Ukraine.

Background. Agriculture is a leader in the export of our country, but there is no comprehensive systemic approach in Ukraine and in the world to the development of enterprises in this industry based on the use of information technology in terms of the concept of the Fourth Industrial Revolution.

An analysis of recent research and publications has shown that there are some scientific achievements, but an important scientific and practical problem of a comprehensive strategy for digitalization of agricultural enterprises remains unresolved.

The **aim** of the article is to study the current state of implementation of information technologies in Ukrainian agricultural enterprises, to identify unresolved problems of agricultural enterprises digitalization.

Materials and methods. Methods of system analysis and synthesis, marketing researches, statistical and comparison were used in the paper.

Results. Scientific hypotheses have been put forward regarding the need to create and implement a comprehensive concept of digitalization of agriculture – "Smart agricultural", which is a set of software and hardware that provides automated collection and transmission for processing all necessary data for management decisions in the agricultural sector. Based on the results of this study, the theoretical foundations for the development and application of intelligent systems in the agricultural sector and the use of automated workplaces in control systems have been developed.

The main groups of hardware and software used for industry automation are considered. At detailed consideration of application of the specified technological directions, there are non-systematic application, absence of software for systematic fixing and control of parameters for the further analysis.

Conclusion. The results of the development ways analysis of the "Agriculture 4.0" ("SmartFarm") concept for its application at the Ukrainian agricultural enterprises allowed to allocate four technological directions: aerospace technologies; Internet of Things (IoT); information and communication technologies; Big Data and Machine Learning. The main achievements in each technological direction, available developments and ways of their application are considered. We found out that technological and technical means are used to ensure the quality development of the agricultural sector, but most technologies are used for operational processes and control of the enterprise current state. The study demonstrates that the big data technology and machine learning, which are the most important for the creation of automated jobs are not developed completely.

Keywords: management system, intelligent systems, machine learning, digitalization of agricultural sector.

REFERENCES

1. Rjaboshlyk, V. (2017). Chetverta promyslova revoljucija: nebacheni mozhlivosti i peredbachuvani vyklyky [The fourth industrial revolution: unprecedented opportunities and anticipated challenges]. *Ekonomist – Economist*, 6, 1-28 [in Ukrainian].
2. Rudenko, M. V. (2019). Tehnologii' cyfrovoi' transformacii' sil's'kogospodars'kyh pidpryjemstv [Technologies of digital transformation of agricultural enterprises]. *Agrosovet – Agrosvit*, 23, 8-18 [in Ukrainian].
3. Rudenko, M. V. (2018). Upravlinnja ryzykamy pidpryjemstv agrarnogo sektora [Risk management of agricultural enterprises]. *Biznes Inform – Business Inform*, 2, 313-318 [in Ukrainian].
4. Nazarova, K. O., Gordoplov, V. Ju., Kuljasha, N. Ju., & Kuljasha, O. Ju. (2020). Rozvytok agrobiznesu v Ukrai'ni: analiz, ocinka ta audyt [Agribusiness development in Ukraine: analysis, evaluation and audit]. *Biznes Inform – Business Inform*, 9, 136-146 [in Ukrainian].
5. Nikolajev, I. V., Vyshnevs'ka, V. A., & Zhovnovach, R. I. (2019). Pidhody do rozrobky informacijno-analitychnoi' systemy dlja pryjnattja upravlins'kyh rishen' na pidpryjemstvi [Approaches to the development of information and analytical system for management decisions in the enterprise]. *Central'noukrai'ns'kyj naukovyj visnyk. Ekonomichni nauky – Central Ukrainian Scientific Bulletin. Economic sciences*, 2, 159-168 [in Ukrainian].
6. Klymchuk, M. M., Il'ina, T. A., Klymchuk, S. A., & Homenko, N. Ju. (2020). Suchasni tehnologii' upravlinnja pidpryjemstvom na zasadah cyfrovoi' ekonomiky ta innovacii' [Modern technologies of enterprise management on the basis of digital economy and innovation]. *Biznes Inform – Business Inform*, 7, 59-65 [in Ukrainian].
7. Antonova, G. V., & Kovyr'ova, O. V. (2018). Bezdrotovi tehnologii' jak lanka cyfrovizacii' sil's'kogo gospodarstva [Wireless technologies as a link of agriculture digitalization]. *Komp'juterni zasoby, merezhi ta systemy – Computer tools, networks and systems*, 17, 53-59 [in Ukrainian].
8. Rahman, M. S., & Korabel's'kyj S. O. (2020). IT-galuz' Ukrai'ny v ochah svitovoi' spil'noty [Ukraine's IT industry in the eyes of the world community]. *Biznes Inform – Business Inform*, 7, 181-188 [in Ukrainian].
9. Janovs'ka, V. P. (2020). Intensyvnist' cyfrovizacii' ekonomiky Ukrai'ny [Digitalization intensity of Ukraine's economy]. *Ekonomika Ukrai'ny – Economy of Ukraine*, 9 (706), 5-20 [in Ukrainian].
10. KOVÁCS, I. & HUSTI, I. (2018). The role of digitalization in the agricultural 4.0—how to connect the industry 4.0 to agriculture? *Hungarian Agricultural Engineering*, 33, 38-42 [in English].
11. *Chetverta promyslova revoljucija: zmina naprjamiv mizhnarodnyh investycijnyh potokiv [The fourth industrial revolution: a change in the direction of international investment flows]*. (2018). A. I. Krysovatyj, O. M. Sohac'koi' (Eds.). Ternopil' [in Ukrainian].
12. Mazaraki, A., Novikova, N., Sun'ko, Ju. (2020). Cyfrovi determinanty trendiv pidgotovky fahivciv [Digital determinants of experts training trends]. *Visnyk Kyiv's'kogo nacional'noho torgovel'no-ekonomichnogo universytetu – Herald of Kyiv National University of Trade and Economics*, 2, 5-20 [in Ukrainian].
13. Skic'ko, V. I. (2016). Industrija 4.0 jak promyslove vyrobnyctvo majbutn'ogo [Industry 4.0 as the industrial production of the future]. *Investycii': praktyka ta dosvid – Investments: practice and experience*, 5, 33-40 [in Ukrainian].
14. Pro shvalennja Koncepcii' rozvytku cyfrovoi' ekonomiky ta suspil'stva Ukrai'ny na 2018–2020 roky ta zatverdzhennja planu zahodiv shhodo i'i' realizacii': Rozporjadzhennja KMU vid 17 sichnja 2018 r. № 67-r. [On approval of the Concept of development of the digital economy and society of Ukraine for 2018–2020 and approval of the action plan for its implementation: Order of the Cabinet of Ministers of January 17, 2018 № 67-r]. Retrieved from <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-%D1%80> (data zvernennja 05.11.2019) [in Ukrainian].

15. Industry 4.0, factory of the future, factory 4.0, smartfactory... *www.ordinal.fr*. Retrieved from <https://www.ordinal.fr/en/industry-4-0-smart-factory.htm> [in English].
16. Red'ko, K. Ju., & Korzun, L. S. (2019). Koncepcija, perevagy ta ryzyky "ROZUM-NOI' FABRYKY" – FABRYKY "INDUSTRII' 4.0". Globalizacija naprjamiv formuvannja promyslovogo potencialu v umovah postindustrial'nyh transformacij [The concept, advantages and risks of "SMART FACTORY" – FACTORY "INDUSTRY 4.0". Globalization of directions of industrial potential formation in the conditions of post-industrial transformations], 5 [in Ukrainian].
17. Jashhyshyna, I. V. (2018). Sut' ta osoblyvosti smart-pidpryjemstv [The essence and features of smart enterprises]. *Naukovi zapysky Nacional'nogo universytetu Ostroz'ka akademija – Scientific notes of the National University of Ostroh Academy*, 11, 14-18 [in Ukrainian].
18. VAN, ES, Harold, M. et al. (2016). Digital agriculture in New York State: report and recommendations. Cornell University: Ithaca, NY [in English].
19. KLERKX, Laurens, JAKKU, Emma, & LABARTHE, Pierre (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 90:100315 [in English].
20. Agrokoopter abo Dron pol'ovyj [Agrocopter or field drone]. *agro-business.com.ua*. Retrieved from <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1089-ahrokoopter-abo-dron-polovyi.html> (accessed on 05 November 2019) [in Ukrainian].
21. Zachem agrobiznesu kosmycheskye tehnologyy? [Why agribusiness needs space technology?]. *propozitsiya.com*. Retrieved from <https://propozitsiya.com/zachem-agrobiznesu-kosmicheskie-tehnologii> (accessed on 05 November 2019) [in Ukrainian].
22. Morozov, V. V., Shaporyns'ka, N. M., Morozov, O. V., & Pichura, V. I. (2010). *Geoinformacijni systemy v agrosferi [Geographic information systems in the agrosphere]*. Kyiv: Agrarna osvita [in Ukrainian].
23. Geoinformacijna systema dlja sil's'kogo gospodarstva. *magneticonemt.com*. Retrieved from <https://magneticonemt.com/geoinformatsijna-systema-dlya-sil'skogo-gospodarstva> (accessed on 05 November 2019) [in Ukrainian].
24. Bojko, O. G. (2010). Mozhlyvosti vykorystannja GIS/DZZ tehnologij u tochnomu zemlerobstvi [Possibilities of using GIS / remote sensing technologies in precision agriculture]. *Visnyk Poltav's'koi' derzhavnoi' agrarnoi' akademii' – Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 67-69 [in Ukrainian].
25. Systema upravlinnja agropyrobnyctvom Cropio [Cropio agricultural production management system]. *about.cropio.com*. Retrieved from <https://about.cropio.com/ru> (accessed on 05 November 2019) [in Ukrainian].
26. Korpanjuk, T. M., & Mulyk, Ja. I. (2018). Zastosuvannja mobil'nyh dodatkiv v biznesi ta i'h oblik [Application of mobile applications in business and their accounting]. *Efektivna ekonomika – Efficient Economy*, 3. Retrieved from <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6181> (accessed on 05 November 2019) [in Ukrainian].
27. Oficijnyj vebсайт kompanii' Uklendfarming [Official website of Uklendfarming]. *www.ulf.com.ua*. Retrieved from <https://www.ulf.com.ua/ua> [in Ukrainian].
28. Oficijnyj vebсайт grupy kompanij "Agroprosperis" [Official website of group of companies "Agroprosperis"]. *www.agroprosperis.com*. Retrieved from <https://www.agroprosperis.com> [in Ukrainian].
29. Oficijnyj vebсайт kompanii' "Kernel" [Official website of "Kernel"]. *www.kernel.ua*. Retrieved from <https://www.kernel.ua/ua> [in Ukrainian].
30. Oficijnyj vebсайт kompanii' "Astarta" [Official website of "Astarta"]. *astartaholding.com*. Retrieved from <https://astartaholding.com> [in Ukrainian].