DOI: 10.55643/ser.3.45.2022.475

Ольга Гарафонова
д.е.н., професор, Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана, Київ, Україна;
e-mail: ogarafonova@ukr.net
ORCID: 0000-0002-4740-7057
(Corresponding author)

Вікторія Маргасова
д.е.н., професор, Національний університет «Чернігівська політехніка», Чернігів, Україна;
ORCID: 0000-0001-8582-2158

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗВИТКУ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ

АНОТАЦІЯ

У статті досліджено перспективи впровадження інноваційних технологій розвитку агропромислового комплексу. Головну увагу приділено аналізу можливостей застосування 5G в агропромисловому комплексі (АПК), технічні переваги зв'язку 5G в АПК, які забезпечують точне землеробство, порівнюються з поточними технологіями 4G.

Емпіричні дані показали, що з'єднання 5G наразі тестується в 5 із 6 випадків використання 5G Testing і демонструє потенціал для майбутнього застосування в решті сценаріїв використання, переважно додатків. Географічне поширення є глобальним, хоча зосереджене на північній півкулі, що вказує на те, що для країн, що розвиваються, поки що зовсім не застосовується або мало. Майбутнє 5G в АПК також залежатиме від ряду сприятливих факторів, які визначатимуть упровадження в рамках ширшої теми цифрових інновацій.

Незважаючи на те, що інновації інколи обумовлюються самими новими технологіями, вони часто спричинені вузькими місцями, із якими стикаються різні учасники харчової системи. У деяких випадках вузьким місцем є високі витрати на оплату праці або потреба в підвищенні продуктивності праці для зростання прибутків ферми, тоді як в інших випадках тиск навколишнього середовища може прискорити розвиток і впровадження нових комунікаційних технологій. Для телекомунікаційних компаній і влади малонаселених сільських районів необхідність усунення соціальних розбіжностей і доставки суспільних благ у віддалений регіон може стати причиною стимулювання 5G як перспектива впровадження інноваційних технологій розвитку агропромислового комплексу.

Ключові слова: інновації, інноваційні технології, агропромисловий комплекс, розумне землеробствсо, 5G

JEL Класифікація: Q16

ВСТУП

Пандемія Covid-19 уплинула на всі сектори економіки. Агропромисловий сектор також зазнав дуже явних наслідків, особливо в тих виробничих контекстах, які характеризуються корпоративною атомізацією, відсутністю співпраці та інновацій. Агропромисловий сектор, який характеризується низьким рівнем інновацій і залежністю від іноземних країн щодо багатьох видів сировини та продуктів харчування, обов'язково повинен відновити межі конкурентоспроможності, якщо він хоче змінити курс. Дослідження показують слабкий розвиток упровадження інноваційних технологій в агропромисловому секторі, тоді як харчова промисловість і дистрибуція є висококонкурентними. Сьогодні малий агробізнес нездатний бути конкурентоспроможними, оскільки він усе більше працює на глобалізованому ринку, що призводить до розриву між виробництвом і споживанням. Упровадження інноваційних технологій розвитку агропромислового комплексу повинне відбуватися з урахуванням цифрової трансформації в сільському господарстві та харчових системах, яка сприяє безперервному технологічному прогресу й збільшенню можливостей підключення. Ці футуристичні сценарії розблокує зв'язок 5G, наступний крок після 4G, оскільки він забезпечує великі обсяги передачі даних і низьку затримку,

Received: 11/08/2022
Accepted: 20/09/2022
Published: 30/09/2022

© Copyright
2022 by the author(s)

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons CC-BY 4.0

що може призвести до багатьох корисних результатів для технологічних застосувань у сільськогосподарській промисловості, що є інноваційними технологіями розвитку агропромислового комплексу.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Питанню інновацій та інноваційних технологій розвитку агропромислового комплексу приділяли увагу багато науковців, але мотивація цього дослідження сформована на теоретичному підґрунті Білінської В. Ю [1], Гончаренко О. В. [2], Коровій Я. В. [3], Махортова Ю. та Набієва Д. [4], Мойсеєнко І. П., Демчишин М. Я., Козій І. С. [5], Халатур С. М. [6], Шпортюк Н. Л. [7].

По всьому світі є численні компанії-стартапери, які розробляють цифрові технології у сфері автоматизації, штучного інтелекту, повсюдного високошвидкісного зв'язку, дронів, великих даних, робототехніки тощо. Зазвичай вони вбудовані в мережі та підтримуються інкубаторами й прискорювачами. У той же час уплив цього розвитку все ще нижчий за його справжній потенціал. Основними причинами цього є нинішня фрагментація знань і технологічного досвіду поблизу ферм, відсутність перспективних бізнес-кейсів для фермерів і бізнес-моделей для постачальників технологій. Іншою перешкодою є фрагментація та неузгодженість між різними видами державного й приватного фінансування. У Європі ініціатива SmartAgriHubs намагається подолати ці виклики шляхом консолідації та розвитку загальноєвропейської мережі цифрових інноваційних центрів і центрів компетенції. Спеціально для робототехніки така програма була запущена 2019 року, вона спрямована на створення європейської екосистеми для ефективного впровадження робототехнічних технологій в агрохарчуванні. Співпраця в екосистемі АПК може зіграти важливу роль у включенні сільського господарства та сільських територій загалом до списку потенційних сфер застосування 5G через асоціації. Прикладами таких асоціацій у Європі є Інтернет наступного покоління (NGI), який очолює Європейська комісія, 5G державно-приватне партнерство (5G-PPP, 2020), Асоціація інфраструктури 5G (5G-IA, 2020) та Альянс за інновації в Інтернеті речей (AIOTI, 2020). Більшість цих асоціацій мають конкретну робочу групу (або робочий пакет) чи розділ у своїх документах щодо АПК.

Згідно з Девісом і Голдбергом [21], агробізнес – це поєднання сільського господарства (фермерство) і всіх видів діяльності, що здійснюються вище за течією (товари для ферм) і нижче за течією (переробка та розподіл). Підприємець схильний до інновацій як функції можливого підвищення конкурентоспроможності підприємства.

Підприємства, які впроваджують інновації, роблять це для того, щоб зменшити собівартість виробництва, як, наприклад, сталося за останні десять років із поширенням електронних секаторів (і пов'язаних із ними машин для ув'язування) для обрізки у виноградарстві або, як у минулому, з поширенням механічно доїльних апаратів. Крім того, компанія, яка впроваджує інновації, робить це для підвищення ефективності використання ресурсів, таких як трансформація спринклерного зрошення системи до системи мікророзповсюдження [22]. І знову ж таки, нововведення підприємця може стосуватися підвищення якості продукції, що відбувається при дотриманні певних виробничих умов для продукції з найменуванням походження або типовим позначенням. Нарешті інновація може стосуватися диверсифікації виробництва компанії для зменшення й технічних ризиків сільськогосподарської діяльності, і ринкових ризиків. Отже, інновація – це результат, який знаходить підприємець як функцію проблеми, із якою він стикається під час підприємницької діяльності.

МЕТА ТА ЗАВДАННЯ

Метою дослідження є обґрунтування можливостей і перспективи впровадження інноваційних технологій у розвиток агропромислового комплексу України. Для досягнення мети в дослідженні поставлені та виконані такі завдання:

- визначити переваги та недоліки застосування комунікаційних технологій четвертого й п'ятого поколінь при застосуванні в агропромисловому комплексі України;
- створити типологію основних вимірів і підкатегорій за допомогою методу ітерацій з обробкою інформації для класифікації можливих випадків використання;
- обґрунтувати рівні агрегації, які використовуються для класифікації області застосування кіберфізичних систем управління в агропромисловому комплексі

DOI: 10.55643/ser.3.45.2022.475

МЕТОДИ

У дослідженні використано методи синтезу та аналізу – для виявлення потенційних можливостей застосування інноваційних технологій підприємствами агропромислового бізнесу. Для виявлення перспектив і вузьких місць використання новітніх технологій застосовувалися методи оцінювання та порівняння.

У ході дослідження було виявлено тестові стенди 5G в АПК з усього світу в Європі, Азії, Південній Америці, Австралії та Північній Африці. Випадки використання, виявлені в Європі, здебільшого були частиною масштабних проєктів, які фінансуються Європейським Союзом. Відкриття варіантів використання показало, що тестування 5G здійснюється переважно двома способами. По-перше, фактичне тестування з технологією 5G застосовувалося або ж виконується й класифікується як «тестування 5G». По-друге, було визначено іншу категорію варіантів використання, коли розумні фермерські практики ще не впроваджуються без технології 5G, але працюють у конфігурації IoT із поточними технологіями 3G, NB-IoT або 4G/LTE. Ці випадки використання показують великий потенціал для 5G, особливо для ухвалення рішень у реальному часі зі збільшеною швидкістю передачі даних і обсягами з низькою затримкою, і класифікуються як «Майбутнє для 5G».

РЕЗУЛЬТАТИ

Розумні датчики, автономні трактори та дрони-розпилювачі є сьогоднішніми прикладами цифровізації агропромислового комплексу, спрямованої на стійкість харчової системи. Ця цифрова трансформація включає одну або кілька технологій, таких як Інтернет речей (IoT), Big Data, Blockchain, Digital Twin та аналіз даних у реальному часі за допомогою алгоритмів штучного інтелекту (AI). IoT, наприклад, уважається справжньою зміною ситуації в агропромисловому комплексі, оскільки вона може значно підвищити продуктивність і сталість. Продуктивність підвищується не тільки завдяки автоматизованій роботі в полі, але й завдяки покращеному ухваленню рішень за допомогою даних про врожай, продукцію та відстеження в реальному часі за всім ланцюгом постачання харчових продуктів. Наприклад, технологія блокчейну в органічних харчових системах може покращити відстеження використання пестицидів і прозорість інформації про харчові продукти та місцезнаходження продукту, коли харчові продукти переміщуються ланцюгом постачання від ферми до столу [12]. На фермі все частіше використовують дані в реальному часі про врожай, худобу, поле, ґрунт і контекст (погоду та воду) для ухвалення кращих рішень. У деяких випадках ручне управління фермою більше навіть не потрібне, наприклад, повністю автоматизовані кліматичні системи в теплицях [13], перетворення ферм на кіберфізичні системи управління (CPMS). CPMS — це вбудовані комп'ютери та мережі, які відстежують і контролюють фізичні процеси, надаючи дані для розрахунків і аналітики, і навпаки, у три фази [14].

Вирішальною технологічною передумовою для сприяння цій цифровій трансформації є передавання даних у режимі реального часу між, наприклад, датчиками ґрунту, води чи погоди та цифровими інструментами або роботизованими пристроями, які підтримують ухвалення рішень для фермера. Передавання даних у режимі реального часу потребує безперервного обміну даними, що, у свою чергу, вимагає високошвидкісного з'єднання даних.

Обмеження поточних мережевих комунікаційних технологій, наприклад 3G/4G, WiFi, LorAWAN, NB-IOT, полягають в обмеженій доступності та пропускній здатності, що спричиняє затримки (затримки в передачі даних) і перешкоджає ефективному передаванню даних [15]. Потрібна додаткова потужність для збільшення кількості підключених пристроїв, необхідних для інтелектуального ведення сільського господарства.

Фермер, який отримує сповіщення за допомогою програми на смартфоні про високий рівень вологості ґрунту на основі даних із ґрунтових датчиків і в той же час попереджений про великі опади того ж дня за допомогою аналізованих погодних даних, повинен швидко ухвалити рішення про те, які частини поля не потребують додаткового зрошення. У сільській місцевості будь-яка затримка в обміні даними або втрата зв'язку між датчиками, пристроями чи серверами даних безпосередньо впливає на сільськогосподарські операції, оскільки це вплине на критичні бізнес-процеси в компанії в міській місцевості.

Таким чином, для точного землеробства потрібні результати технологій розумного землеробства в режимі реального часу для підтримки фермерів в ухваленні рішень у повсякденних сільськогосподарських операціях, а це означає, що швидкий, надійний та безпечний обмін даними між датчиками та пристроями є обов'язковим. Через збільшення кількості пристроїв, які необхідні для розумного землеробства, потрібне високошвидкісне підключення, щоб подолати проблеми з поточними 3G/4G під час роботи з такою великою кількістю пристроїв.

Загальний термін «5G» означає нові комунікаційні технології п'ятого покоління, які забезпечують низьку затримку, вищу швидкість висхідного зв'язку та завантаження, а також більшу кількість підключених пристроїв. Спектри від 2,4 до 3,5 ГГц мають таке покриття, як і поточна мережа довгострокового розвитку (LTE), так звана середня частота 5G. Вищі швидкості досягаються за допомогою вищих частот, наприклад 3,5 ГГц або вище. Відсутність стабільного та надійного бездротового з'єднання в сільській місцевості можна вирішити за допомогою цього високошвидкісного з'єднання з низькою затримкою. Постійний розвиток технологій 5G і 6G обіцяє забезпечити цей тип підключення. Порівняно з 5G, надзвичайно висока швидкість передавання даних (у терабайтах за секунду) і висока енергоефективність із використанням ширшого спектра – лише деякі з переваг, які пропонує 6G. Технології підключення шостого покоління поєднують різні рівні, включаючи космічний, наземний, повітряний, підводний і підземний [16].

У квітні 2019 року Південна Корея стала першою країною, яка широко запровадила 5G. GSMA, галузева організація Global System for Mobile Communications, яка представляє інтереси операторів мобільних мереж у всьому світі, очікує, що одна третина населення світу буде покрита мережами 5G [17]. Останні глобальні дані про спектр, виділений для 5G, показують, що було розгорнуто більше мереж і більше пристроїв 5G стають комерційно доступними. Застосування 5G в ланцюгах поставок і виробничих середовищах включає мобільних роботів у виробництві, автономні транспортні засоби в транспорті та логістиці, промисловий Інтернет речей (IIoT), доповнену реальність додатків для техніків з обслуговування та технічного обслуговування й додатки віртуальної реальності для користувачів [18]. Інші приклади можна знайти в автомобільній промисловості, на залізниці, в системі охорони здоров'я, в державних послугах та освіті [19].

Але навіть незважаючи на те, що послуги 5G зараз стають доступними в усьому світі, ці програми все ще досить нові. Незважаючи на те, що цифрова трансформація відбувається в агропромисловому комплексі, уплив 5G на сільське господарство та харчові системи ще належить побачити. Обмежені приклади застосування 5G в сільському господарстві та харчових системах досі не були досліджені, щоб робити висновки щодо можливостей і викликів.

У центрі екосистеми АПК ферми в усіх секторах сільського господарства все частіше використовують кіберфізичні системи управління (CPMS). Це означає, що розумні пристрої, підключені до Інтернету, контролюють систему ферми. Розумні пристрої розширюють звичайні інструменти (наприклад, опадомір, трактор, ноутбук), додаючи автономне визначення контексту за допомогою всіх типів датчиків, вбудований інтелект, здатний виконувати автономні дії або робити це віддалено. Оскільки кіберфізичні системи управління продовжують розвиватися, ферми ставатимуть усе більш автономними, використовуючи штучний інтелект на основі бачення та великі дані. Проєктування таких систем вимагає розуміння спільної динаміки комп'ютерів, програмного забезпечення, мереж і фізичних процесів [16]. Мережевий рівень, як частина архітектури IoT, включає широкосмугову стільникову мережу та є основою систем із підтримкою IoT [6]. Це незамінна технологія для точного землеробства, оскільки вимагає швидкого обміну даними між датчиками та діями фермера.

Проте потреба в постійному доступі до Інтернету, який необхідний для IoT, часто відсутня, оскільки дані про навколишнє середовище змінюються відносно повільно [9]. Поточна технологія сприйняття даних у поєднанні з хмарними обчисленнями, великими даними та іншими інформаційними технологіями, спрямованими на досягнення контролю над сільськогосподарськими системами, вимагатиме інтелектуального середовища платформи 5G для АПК [11]. І 5G може виявитися трансформаційним, щоб забезпечити інтелектуальний контроль як завершальний етап кіберфізичних систем управління в АПК.

У точному землеробстві бездротові комунікаційні технології повинні мати низьке енергоспоживання, великі відстані, великі обсяги підключення та низьку вартість. ZigBee – це технологія, яка споживає дуже низьку енергію, але має обмежене покриття. Технології LPWA підходять для датчиків відкритого поля, які вимагають низької потужності, мають широке покриття та передачу даних від низького до середнього. Основними недоліками сучасних технологій є можливість середньої передачі даних і обмежена кількість пристроїв, які можуть обслуговувати антенні станції. У Таблиці 1 показано, чим 5G відрізняється від зв'язку 4G, а також спектр для низьких, середніх і високих частот 5G [17].

Таблиця 1. Характеристики підключення 5G та 4G. *(Джерело: складено на основі [17])*

Характеристики	4G	5G
Пікова швидкість передачі даних	150 Мбіт/с-1 Гбіт/с	10 Гбіт/с
Затримка	Висока затримка (10 мс)	Низька затримка (1 мс)
Спектр	До 2,5 ГГц	Низький діапазон: менше 1 ГГц; Середній діапазон: 3,3-3,8 ГГц; Високий діапазон: наприклад, 26/28/40/66-71 GH
Діапазон (залежно від типу комірки)	Довго	Короткий

DOI: 10.55643/ser.3.45.2022.475

Щоб визначити можливості для 5G в агропромисловому комплексі, технічні переваги зв'язку 5G в АПК IoT, які забезпечують точне землеробство, порівнюються з поточними технологіями 4G, що підсумовано в Таблиці 2. Переваги розглядаються з точки зору етапів циклу кіберфізичного управління в АПК, а також покращення додатків IoT за допомогою підключення 5G.

Таблиця 2. Переваги підключення 5G в агропромисловому комплексі на етапах CPMS. *(Джерело: складено на основі [20])*

	4G (LoRa, NB-IoT)	5G	Очікувані переваги 5G для IoT в АПК	Приклади IoT в АПК
Фази циклу кіберфізичного управління в АПК				
Моніторинг	Можливий обмін даними невеликого розміру (низький інтернет-трафік)	Обмін даними (наприклад, відео) у режимі реального часу з малим або більшим обсягом даних	Граничні обчислення є найкращим рішенням для програм, чутливих до затримки, і демонструють потенціал для сільського господарства. Це може забезпечити зберігання та управління ближче до фермера з меншою затримкою, хоча 4G достатньо для цього етапу управління Інформацію в режимі реального часу про місцезнаходження продукту, походження, сертифікацію можна було б розблокувати до кінця ланцюжка створення вартості, щоб краще інформувати споживачів	Дрони, відеоспостереження
Сенсорування та аналіз	Швидкий обмін великими обсягами даних складний	Обмін великими обсягами даних у реальному часі. Усвідомлення контексту та ситуації, викликане подіями в реальному часі	Системи моніторингу врожаю, інтерфейси користувача (мобільні програми, віртуальна та доповнена реальність). Термінові сповіщення можна довести до відома фермера за допомогою периферійних обчислень. Раннє попередження у випадку харчових інцидентів, перепланування в разі неочікуваних відхилень якості харчових продуктів та моделювання якості продукту на основі умов навколишнього середовища	Дрони, датчики, аналітика даних, AI
Контроль	Фаза управління переважно ручна, менш ефективна	Обмін великими обсягами даних у режимі реального часу, периферійні обчислення. Автономне визначення контексту за допомогою всіх типів датчиків, вбудований інтелект, здатний виконувати автономні дії	Пульти дистанційного керування для іригаційних систем, систем унесення добрив, кліматичних контролерів, систем збирання врожаю. Покращені системи сільськогосподарського виробництва завдяки підвищеній точності та низькому ризику магістралі 5G. Останній етап циклу управління, інтелектуальне керування, буде більш здійсненним, коли доступне підключення 5G, наприклад, інтелектуальні теплиці, віддалене та автономне землеробство	Дрони, роботи, аналітика даних, штучний інтелект, безпілотні вантажівки та трактори

Ураховуючи обмежене застосування 5G в сільському господарстві [19], пошук літератури надає інформацію про те, як ці переваги застосовуються до реальних агропроєктів. Загалом можна очікувати від додатків IoT в екосистемі сільського господарства багато можливостей, які використовують 5G порівняно з 4G,.

Зібрані дані про випадки використання «тестування 5G» були основним джерелом інформації для класифікації варіантів. Кожний опис варіантів використання був уважно досліджений. Типологія була створена ітераційно з обробкою цієї інформації для класифікації випадків використання на кілька категорій, як представлено в Таблиці 3.

Таблиця 3. Типологія основних вимірів і підкатегорій для класифікації випадків використання. *(Джерело: складено на основі [17])*

Основний розмір	Підкатегорія
1. Рівень агрегації	Фермерська система
	Система харчування (від ферми до виделки)
	Міжгалузевий/сільський район
2. Цикл управління CPMS	Моніторинг
	Аналіз і планування
	Контроль
3.Рівень ухвалення рішень	Фізична особа (підприємство/споживач)
	Ланцюг постачання (цілісність харчових продуктів)
	Громадськість (суспільство/уряд)
4. Підгалузь/галузь сільського господарства	Орне
	Садівництво
	Тваринництво

Перший вимір – це рівень агрегації, який використовується для класифікації області дії системи, у якій працює варіант використання. Перша підкатегорія на цьому рівні агрегації – це система ферми, де фермеру допомагає інтелектуальне землеробство або сільськогосподарська робототехніка з використанням зв'язку 5G. Сфера застосування зростає на наступному рівні, коли інші учасники всієї харчової системи – від ферми до виделки – активно залучені до сценарію використання. Третій рівень агрегації означає, що підключення 5G підтримує випадки використання розумного сільського господарства за межами АПК та включає всю сільську місцевість або також підтримує інші сектори, такі як охорона здоров'я чи виробництво. Прикладом є випадки, коли дані ферми передаються консультативним організаціям, або виробникам машин, або між землеробами та тваринниками. Співпраця з іншими галузями, наприклад.

Другим виміром є цикл управління, який безпосередньо стосується використання кіберфізичних систем управління в агропромисловому комплексі та складається з трьох підкатегорій. Перший стосується використання всіх типів датчиків для інтелектуального моніторингу здоров'я рослин або тварин, розташування та розвитку. У другій підкатегорії дані моніторингу використовуються для інтелектуального аналізу з метою оптимізації ухвалення рішень, що призводить до планування роботи ферми. Цикл управління закритий, коли сільськогосподарські операції підтримуються інтелектуальним контролем посівів або великої рогатої худоби, наприклад, роботами, які зрізають рослини, або дронами, що обприскують бур'яни. Аналіз випадків за цим виміром дає змогу глибше зрозуміти тип інтелектуального фермерського додатку з покращеним підключенням 5G. Повний потенціал 5G буде найкраще продемонстрований, коли підтримуватиметься повний цикл управління.

Третій ідентифікований вимір – це рівень ухвалення рішень, який описує, для якого типу даних ухвалення рішень, створених спільно з технологією 5G, використовуються. Перша підкатегорія стосується індивідуального рівня, на якому окремі підприємства використовують дані для ухвалення власних рішень. Це також можна застосовувати для маркетингових цілей або для інформування споживачів, які ухвалюють рішення, наприклад, про те, який тип їжі купувати. Друга підкатегорія охоплює весь ланцюг поставок і стосується вирішення питань цілісності харчових продуктів, які стосуються таких питань, як: звідки береться їжа, як її виробляють тощо? Нарешті, дані також можуть бути використані для вирішення суспільних проблем, наприклад, щодо зміни клімату, здоров'я чи забруднення навколишнього середовища.

Четвертий і останній вимір також застосовувався для класифікації варіантів використання в одному або кількох конкретних підсекторах агропромислового комплексу, а саме:

- у підсекторі орного господарства (систематичне використання землі для вирощування таких культур, як пшениця, ячмінь, рис, а також бобові або олійні культури);
- у підсекторі садівництва (декоративні рослини, овочі та фрукти);
- у підсекторі тваринництва (свинина, телятина, яловичина та баранина). Це дає уявлення про конкретні підгалузі, які інвестують у розробки 5G.

Окрім переваг використання 5G в АПК, хочемо зупинитися на недоліках. Недоліки, пов'язані з підключенням 5G, можуть виявитися серйозними при застосуванні в АПК. По-перше, подальше вдосконалення поточних технологій Інтернету речей є важливим з апаратної точки зору для забезпечення широкого використання в різноманітних сферах АПК, наприклад, у різних кліматичних умовах, культурах і типах ґрунтів.

По-друге, розробка пристроїв IoT для суворих умов (відкрите повітря, бруд, пил, волога, гній тварин, холодне зберігання, гаряче очищення тощо) і для природних об'єктів (рослини, тварини, квадратні метри ґрунту, швидкопсувні харчові продукти) можуть становити проблеми. Фермери мають обмежені (доступні) можливості для вбудовування пристроїв IoT в самі об'єкти, особливо для пристроїв, які інтегрують останні технологічні досягнення, оскільки вже було досягнуто значного прогресу в адаптації більш зрілих технологій до специфічних вимог сільського господарства.

По-третє, у сільській місцевості наявність електроенергії є основною вимогою для підключення до електромережі. Розробка енергоефективних технологій, включаючи пристрої та компоненти підключення для сільської місцевості, допоможе подолати цю проблему. У деяких випадках хорошим рішенням для цього може бути апаратне забезпечення 5G на сонячних батареях або живлення від акумулятора.

По-четверте, необхідно вирішити такі технічні проблеми, щоб забезпечити оптимальну конфігурацію IoT на рівні розумної ферми, оскільки перехід до 5G триває. Вищі частоти (3,5 ГГц) покривають меншу відстань, тому для покриття території потрібно більше антен, що також означає вищі інвестиційні витрати для мобільних операторів.

DOI: 10.55643/ser.3.45.2022.475

Наприклад, у Нідерландах мережа 5G поєднується з 4G LTE, який використовує існуючі макростільники й може забезпечити максимальну пропускну здатність на користувача в середньому 24 Мбіт/с на краю комірки. Після цього необхідно ущільнити мережу за допомогою розгортання малих комірок, що забезпечить збільшення пропускної здатності, але за значних витрат [20]. Для майбутніх випадків використання в АПК під час вибору відповідної технології 5G слід ураховувати, чи призначене це застосування для зовнішнього чи внутрішнього використання, чи для обох. При використанні смартфонів як модемів для підключення вони мають обмеження в пропускній здатності багатоканальних з'єднань. Крім того, для додатків IoT в АПК з використанням багатьох невеликих датчиків початково рекомендованою радіотехнологією є 3GPP/LoRa через нижчу вартість і поточну доступність.

Нарешті, хоча переваги 5G, які призводять до підвищення продуктивності завдяки мінімізації людських зусиль, можуть допомогти подолати нестачу робочої сили, це також може призвести до втрати робочих місць [19]. У той же час очікується, що люди та роботи працюватимуть разом, спочатку роботи виконуватимуть просту роботу, а робочі місця людей рухатимуться вгору ланцюжком створення вартості, адже люди виконуватимуть роботу на вищому рівні інтелекту. Країни, що розвиваються, наприклад в Африці, для яких характерне молоде населення, могли б скористатися можливостями мобільних технологій. І молоді фермери повинні бути підготовлені до правильного поєднання професійних навичок і основних навичок точного землеробства.

Майбутнє 5G в АПК також залежатиме від низки сприятливих факторів, які визначатимуть упровадження в рамках ширшої теми цифрових інновацій в агропродовольчій сфері. Ці фактори включають сумісність і надійні заходи кібербезпеки. Також важливі життєздатні бізнес-моделі для операторів мобільного зв'язку (спільне використання та нарізка мережі) і монетизація даних для всіх залучених сторін. Інший фактор стосується управління обміном даними, включаючи використання відкритих даних, даних приватних фермерів і даних від постачальників послуг, таких як підрядники, ґрунтові лабораторії тощо. Зміни в політиці, спрямовані на підвищення якості життя в сільській місцевості за допомогою міжгалузевих послуг і платформ, також матимуть позитивний уплив на поглинання в АПК. І оскільки наразі відомі лише декілька варіантів використання 5G в АПК, важливо ділитися та повторно використовувати знання й досвід через мережі цифрових інноваційних центрів, наприклад, зараз у європейському проєкті SmartAgriHubs [19].

Майбутні дослідження можуть збільшити кількість варіантів використання, а також розширити географічне представництво, щоб отримати ширшу картину застосування 5G в агропромисловому комплексі. Роль кінцевого користувача, такого як фермер, менеджер чи оператор, можна було б додатково дослідити, оскільки вони є людьми, які щоденно використовують технологію. Незважаючи на те, що висновки містять достатньо вказівок для розробників політики щодо підтримки подальших розробок підключення нового покоління, майбутні дослідження можуть зосередитися на політичних рекомендаціях на всіх рівнях (національному, регіональному та місцевому) щодо застосування підключення нового покоління, зокрема пов'язаних із поточними цілями щодо цілі сталого розвитку. Майбутні дослідження можуть також розглянути прогрес, досягнутий для окремих випадків використання або регіонів, що будуть перспективами впровадження інноваційних технологій розвитку агропромислового комплексу.

ДИСКУСІЯ

Як зазначив Ван дер Плоег [10], «розвиток науково обґрунтованої технології матеріалізується через дедалі більшу деконтекстуалізацію або незалежність різних виробничих процесів від тих факторів, які спочатку створювали його локальність і різноманітність, це означає, що сільське господарство все більше відривається від цих структурних елементів, які спочатку вносили саму специфіку». Таким чином, процес виробництва землі починає бути відірваним від природних обмежень і законів екології: добрива та сировину більше не отримують виключно з місцевої екосистеми, а натомість їх виробляє та доставляє з інших місць агробізнес [11, 12]. Це означає, що обробка землі певною мірою залежить від бізнес-рішень, які ухвалюються в інших частинах світу, наприклад, щодо добрив і пестицидів.

Особливий аспект інновацій в АПК стосується так званого сільського господарства, яке представляє набір точних технологій взаємопов'язаного сільського господарства, що завдяки перехресному аналізу факторів навколишнього середовища, клімату та вирощування дає змогу встановити потреби сільськогосподарських культур у зрошенні та харчуванні, прогнозувати патології, виявляти шкідників до їх появи, економити час і ресурси, оптимізувати час виробництва та впливати на якість продукції та умови праці.

Майбутнє 5G в АПК також залежатиме від ряду сприятливих факторів, які визначатимуть упровадження в рамках ширшої теми цифрових інновацій в АПК. Ці фактори включають сумісність [18] і надійні заходи кібербезпеки [10]. Також важливі життєздатні бізнес-моделі для операторів мобільного зв'язку (спільне використання та нарізка мережі) і монетизація даних для всіх залучених сторін [13]. Інший фактор стосується управління обміном даними,

включаючи використання відкритих даних, даних приватних фермерів і даних від постачальників послуг, таких як підрядники, ґрунтові лабораторії тощо [14]. Зміни в політиці, спрямовані на підвищення якості життя в сільській місцевості за допомогою міжгалузевих послуг і платформ, також матимуть позитивний вплив на поглинання в АПК [19]. І оскільки наразі відомі лише декілька варіантів використання 5G в АПК, важливо ділитися та повторно використовувати знання й досвід через мережі цифрових інноваційних центрів, наприклад, зараз у європейському проєкті SmartAgriHubs [20]. Майбутні дослідження можуть збільшити кількість варіантів використання, а також розширити географічне представництво, щоб отримати ширшу картину застосування 5G в АПК. Роль кінцевого користувача, такого як фермер, менеджер чи оператор, можна було б додатково дослідити, оскільки вони є людьми, які щоденно використовують технологію.

Особливим аспектом технічного прогресу є цифрові інновації, які вказують на широкий спектр технологічних, організаційних та управлінських змін, метою яких є покращення застосування цифрових технологій в економічній системі. У сфері цифрових інновацій є так званий блокчейн, перш за все тому, що він не може чекати «часу інновацій», щоб окупити свої інвестиції та почати отримувати більше доходу. У цьому відношенні це будуть компанії середнього та великого розміру, які здійснюватимуть інвестиції в інноваційні процеси, або компанії, які працюють у певних контекстах асоціації та структурування ланцюга поставок.

У наступні кілька років АПК доведеться дедалі більше конкурувати на світовому ринку, і для цього він повинен: 1) зменшити інформаційну асиметрію, яка спотворює ринки; 2) інвестувати в політику просування продукції; 3) заохочувати об'єднання підприємств у різних формах, передбачених законодавством; 4) керувати бізнесом відповідно до економічно-ділової логіки; 5) зміцнювати співпрацю між кооперативами (на різних етапах ланцюга постачання) для створення критичної маси та скорочення витрат.

ВИСНОВКИ

На сьогодні застосування 5G в АПК перебуває на ранній стадії. У цьому дослідженні було виявлено п’ять основних переваг: 1) зв’язок із 5G дає змогу створювати кіберфізичні системи управління в АПК; 2) Інтернет речей із підтримкою 5G може збільшити впровадження Інтернету речей АПК; 3) вища швидкість, об’єм, потужність обробки з периферійними обчисленнями та меншою затримкою покращать розумне землеробство; 4) управління ланцюгом поставок у реальному часі для покращеного моніторингу якості продуктів харчування та зменшення відходів і 5) повністю автономні ферми. На додаток до цих переваг це дослідження виявило випадки, коли технологія розгортається для підтвердження концепцій. Більшість агровиробників займаються землеробством і тваринництвом і зосереджені на моніторингу, часто в поєднанні з аналізом великих даних.

Контрольні дії за допомогою 5G застосовуються в половині випадків використання 5G Testing, що вказує на те, що повністю автономні процеси ферми можна очікувати лише в довгостроковій перспективі. Можна також зробити висновок, що акцент робиться на індивідуальному ухваленні бізнес-рішень, а не на оптимізації в межах регіону (наприклад, спільне управління дефіцитними ресурсами, такими як вода). Поточні проєкти часто здійснюються державними дослідницькими та телекомунікаційними компаніями у співпраці з кінцевими користувачами, такими як фермери, постачальники та підприємства харчової промисловості.

REFERENCES / ЛІТЕРАТУРА

1. Bilinska, V.Iu. (2015). Suchasni innovatsiini tekhnolohii v silskomu hospodarstvi: osnovna kharakterystyka ta perspektyvy vprovadzhennia. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu im. Tarasa Shevchenka. Seriia «Ekonomika». Vol. 7(172), pp. 74–80
2. Honcharenko, O. V. (2011). Ekonomichna sutnist innovatsii ta dzherela yikh formuvannia. Investytsii: praktyka ta dosvid. Vol. 24, pp. 4-6. http://nbuv.gov.ua/UJRN/ipd_2011_24_3
3. Korovii, Ya. V. (2019). Otsiniuvannia prohresu zaprovadzhennia innovatsii u silskomu hospodarstvi zadlia staloho rozvytku rehionu Yevropy i Tsentralnoi Azii. Halytskyi ekonomichnyi visnyk. Vol. 4, pp. 112–121.
4. Makhortov, Yu., & Nabiieva, D. (2020). Vykorystannia suchasnykh innovatsiinykh tekhnolohii pidpryiemstvamy APK. Ekonomika ta suspilstvo. Vol. 22. https://doi.org/10.32782/2524-0072/2020-22-26
5. Moiseienko, I. P., Demchyshyn, M.Ia., & Kozii, I.S. (2019). Innovatsiina aktyvnist promyslovykh pidpryiemstv v Ukraini: rehionalnyi aspekt. Sotsialno-pravovi studii. Vol. 1 (3), pp. 123-129.

DOI: 10.55643/ser.3.45.2022.475

6. Khalatur, S. M., & Khalatur, O. (2019). Metodychnyi instrumentarii finansuvannia innovatsiinoi diialnosti v APK. Svit finansiv. Vol. 3(60), pp. 65-75. http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/1757

7. Shportiuk, N. L. (2020). Problemy perekhodu ahropromyslovoho kompleksu na innovatsiinyi shliakh rozvytku ta mekhanizmy derzhavnoho rehuliuvannia shchodo pidvyshchennia efektyvnosti vprovadzhennia innovatsiinykh tekhnolohii. Derzhavne upravlinnia ta mistseve samovriaduvannia. Vol. 4(47), pp. 88-93. http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/4907

8. Pererva, P., Kuchynskyi, V., Kobielieva, T., Kosenko, A., & Maslak, O. (2021). Economic substantiation of outsourcing the information technologies and logistic services in the intellectual and innovative activities of an enterprise. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 4, Issue 13 (112). pp. 6–14. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239164

9. Lubov, Lipych, Svitlana, Bortnik, Oleksandr, Tovsteniuk, Oksana, Kchilycha, and Myroslava, Kushnir (2017). Prospects for the introduction of innovations by agricultural enterprises in Ukraine . Problems and Perspectives in Management, 15(3), 53-63. https://doi.org/10.21511/ppm.15(3).2017.05

10. Tetiana, Mulyk, & Yaroslavna, Mulyk. (2020). INNOVATIONS IN THE AGRICULTURAL BUSINESS: PROBLEMS AND PROSPECTS IN UKRAINE. International Journal of Innovative Technologies in Economy, vol. 1(28), pp. 9-18. https://doi.org/10.31435/rsglobal_ijite/31032020/6959

11. Mireille van Hilten et al. (2020). Blockchain for Improving Organic Food Traceability : Case Studies on Benefits and Challenges Front. Front. Blockchain 3:567175, pp. 1-9, https://doi.org/10.3389/fbloc.2020.567175

12. H., Li, Y.u., Guo, H., Zhao, Y., & Wang, D. (2021). Chow Towards automated greenhouse: A state of the art review on greenhouse monitoring methods and technologies based on internet of things Comput. Electron. Agric., 191. https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106558

13. E.A., Lee, & S.A., Seshia. (2017). Introduction to Embedded Systems - A Cyber-Physical Systems Approach, LeeSeshia.org. https://ptolemy.berkeley.edu/books/leeseshia/releases/LeeSeshia_DigitalV1_08.pdf

14. M.A., Peters, & T., Besley. (2021). 5G transformational advanced wireless futures Educ. Philos. Theory, 53 (9), pp. 847-851. https://doi.org/10.1080/00131857.2019.1684802

15. Salam, A. (2020). Internet of Things for Sustainable Mining. In: Internet of Things for Sustainable Community Development. Internet of Things, Springer, Cham. DOI:10.1007/978-3-030-35291-2_8

16. GSMA|5G Global Launches & Statistics - Future Networks. (n.d.). Retrieved January 10, 2021, from https://www.gsma.com/futurenetworks/ip_services/understanding-5g/5g-innovation/.

17. Industrial 5G. Voor de industrie van morgen, n.d. Industrial 5G. Voor de industrie van morgen. (n.d.). Retrieved July 12, 2021, from https://new.siemens.com/nl/nl/products/automation/industrial-communication/industrial-5g.html?gclid=Cj0KCQjw0K-HBhDDARIsAFJ6UGg8pGvrMpch9R3P349OrNv3qCd9zMKLzVsDf63NuAiCluRsQNtdzRoaAp0pEALw_wcB.

18. World Economic Forum. (2019). 5G-Next Generation Networks Programme Repository of use cases. November. https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Impact_of_5G.pdf.

19. E.J., Oughton, Z., Frias, S., van der Gaast, & R., van der Berg. (2019). Assessing the capacity, coverage and cost of 5G infrastructure strategies: Analysis of the Netherlands. Telematics and Informatics, Vol. 37, pp. 50-69. https://doi.org/10.1016/j.tele.2019.01.003

20. Davis, J. H., & Goldberg, R. A. (1957). A Concept of Agribusiness. Boston, MA: Graduate School of Business Administration, Division of Research, Harvard University.

21. Kuznyetsova, A. Y., Zherebylo, I. V., Klipkova, O. I., & Kozmuk, N. I. (2019). Creation of the value of national enterprises with the help of the innovation centers in the cluster formations. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice, 2*(29), 391–402. https://doi.org/10.18371/fcaptp.v2i29.172364

Olga Garafonova, Viktoriya Marhasova

PROSPECTS FOR THE INTRODUCTION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF UKRAINE

The article examines the prospects for introducing innovative technologies for the development of the agro-industrial complex. The main attention is paid to the analysis of the possibilities of using 5G in the agro-industrial complex, the technical advantages of 5G communication in the agro-industrial complex, which ensure precision farming, are compared with current 4G technologies.

Empirical evidence has shown that the 5G connection is currently being tested in 5 out of 6 5G Testing cases and demonstrates the potential for future applications in other use scenarios, mainly applications. The geographical distribution is global, although it is concentrated in the northern hemisphere, which indicates that the application for developing countries is not yet applicable at all or little. The future of 5G in the agro-industrial complex will also depend on a number of contributing factors that will determine the implementation of digital innovations within the broader topic.

Although innovations are sometimes driven by new technologies themselves, they are often driven by bottlenecks faced by various participants in the food system. In some cases, the bottleneck is high labor costs or the need to increase productivity to increase farm profits, while in other cases, environmental pressures can accelerate the development and introduction of new communication technologies. For telecommunications companies and governments, sparsely populated rural areas, the need to eliminate social differences and deliver public goods to a particular region may lead to the promotion of 5G as a prospect for the introduction of innovative technologies for the development of the agro-industrial complex.

Keywords: innovations, innovative technologies, agro-industrial complex, smart farming, 5G

JEL Classification: Q16

DOI: 10.55643/ser.3.45.2022.475