

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА
РОБОТА**

15.01. – КМР.1851. – С 2022.12.15.07. ПЗ

ХИТРУК ІРИНИ РУСЛАНІВНИ

2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

УДК: 004.942:63 (477)

ПОГОДЖЕНО
Декан факультету
інформаційних технологій
д.п.н..
проф _____ О.Г.Глазунова
«__» _____ 2023 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
економічної кібернетики
к.е.н.,
доц. _____ В.В.Харченко
«__» _____ 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Моделювання цифрової трансформації аграрного сектору України

Спеціальність	051 – «Економіка»
Освітня програма	«Економічна кібернетика»
Програма підготовки	освітньо-професійна

Гарант освітньої програми: _____ Н.В.Попрозман
підпис

Виконала: _____ І.Р.Хитрук
підпис

Керівник магістерської кваліфікаційної
роботи (вчений ступінь, звання) _____ М.В.Негрей
підпис

КИЇВ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Завідувач кафедри
економічної кібернетики
Проф. _____ Д.М.Жерліцин
“ ____ ” _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
до виконання магістерської кваліфікаційної роботи
студентці Хитрук Ірині Русланівні

Спеціальність 051	«Економіка»
Освітня програма	«Економічна кібернетика»
Програма підготовки	освітньо-професійна

1. Тема роботи: **«Моделювання цифрової трансформації аграрного сектору України»** Затверджена наказом ректора від 15.12.2022 р. № 1851 «С»
2. Термін подання завершеної роботи на кафедру – 05.11.2023 р.
3. Вихідні дані до роботи (проекту) – Державна служба статистики України
4. Перелік графічного матеріалу – 11 рисунків, 3 таблиці
5. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають дослідженню в роботі):
 - а) Теоретичні основи цифрової трансформації аграрного сектору України.
 - б) Дослідження компаній, що впроваджують цифрову трансформацію в аграрному секторі України.
 - в) Аналіз поширення е-урядування в аграрній сфері.
 - г) Аналіз залежності продуктивності праці в сільському господарстві від цифрової трансформації.
6. Дата отримання завдання – 15.12.2022р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи к.е.н., доц. _____ Марина НЕГРЕЙ
ЗАВДАННЯ ПРИЙНЯВ ДО ВИКОНАННЯ _____ Ірина ХИТРУК

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	
		за планом	фактично
1	Формування переліку завдань, мети, об'єкту, предмету дослідження, написання розділу 1	До 01.04.2023	За планом
2	Збір статистичних даних, обробка, написання розділу 2	До 01.06.2023	За планом
3	Написання розділу 3 і висновків	До 01.11.2023	За планом

РЕФЕРАТ

Тема: «Моделювання використання добрив сільськогосподарськими підприємствами різних форм власності»

Магістерська кваліфікаційна робота викладена на 84 сторінках комп'ютерного тексту, містить 3 таблиці, 11 рисунків. Робота складається із вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел із 62 найменувань.

Об'єктом дослідження є процеси моделювання цифрової трансформації аграрного сектору України.

Предметом дослідження є методи та моделі аналізу цифрової трансформації аграрного сектору України.

Метою роботи є дослідження цифрової трансформації аграрного сектору України.

Завдання дипломної роботи:

- провести аналіз стану цифрової трансформації аграрного сектору України,
- провести кластеризацію європейських країн за індексами цифрової трансформації аграрного сектору;
- побудувати регресійну модель.

Методи дослідження. Методичною основою дослідження є методи: економіко-математичного моделювання, кластерний аналіз, експертний аналіз, статистичний та регресійний аналіз.

Результати дослідження.

У сучасному світі, цифрова трансформація стає невід'ємною та надзвичайно актуальною частиною розвитку аграрного сектору. Існуючі технології та інноваційні підходи дозволяють підвищити продуктивність та конкурентоспроможність сільського господарства, а також забезпечують стійкість галузі до зовнішніх викликів і коливань на світовому ринку.

Однією з ключових характеристик цифрової трансформації аграрного сектору є впровадження сучасних цифрових технологій та інновацій. Це включає в себе застосування різноманітних інформаційних систем, IoT-рішень, аналіз даних, штучний інтелект, та багато інших інструментів. Ці технології допомагають вдосконалити всі аспекти сільського господарства, від посіву та збору врожаю до управління ланками постачання та реалізацією продукції.

Під час розвитку цифрової трансформації важливо враховувати світовий досвід та успішні практики інших країн. Існують численні приклади успішних цифрових ініціатив в аграрному секторі, які можуть бути використані як зразки для подальшого розвитку. Зокрема, це стосується реалізації "сільського господарства 4.0", де технології, дані та автоматизації інтегруються для оптимізації виробництва та управління.

Ринок інновацій в аграрному секторі стає все більш важливим для залучення нових технологій та ресурсів. Розвиток цифрового урядування в аграрному секторі України відкриває можливості для покращення взаємодії між державними органами та аграрними підприємствами, що сприяє ефективному вирішенню питань та підтримці розвитку галузі.

Оцінка перспектив цифрової трансформації аграрного сектору України свідчить про можливість досягнення позитивних результатів завдяки впровадженню інновацій та цифрових рішень. Регресійна модель допомагає прогнозувати вплив цифрових технологій на розвиток сільського господарства, і це є ключовим аспектом для обґрунтованих стратегій розвитку.

Кластеризація країн за показниками цифрової трансформації в аграрному секторі надає можливість виділити групи країн з подібними рівнями розвитку та розробити індивідуальні стратегії для подальшого розвитку цієї галузі.

Загальний висновок полягає в тому, що цифрова трансформація є невід'ємною частиною розвитку аграрного сектору, яка має великий потенціал для покращення якості та продуктивності сільського господарства в Україні. Для досягнення успіху у цій галузі необхідно продовжувати впроваджувати інноваційні рішення, спираючись на світовий досвід та розвивати співпрацю між урядовими органами та сільськогосподарськими підприємствами.

Ключові слова: цифрова трансформація, кластеризація, регресія, е-урядування, аграрний сектор, сільське господарство, інновації, IoT – технології, штучний інтелект.

АНОТАЦІЯ

Хитрук І.Р. – Моделювання цифрової трансформації аграрного сектору України. – Магістерська кваліфікаційна робота.

Магістерська кваліфікаційна робота на здобуття наукового ступеня магістра за спеціальністю 051 «Економіка», освітньою професійною програмою «Економічна кібернетика» – Національний університет біоресурсів і природокористування України Міністерства освіти і науки України, 2023.

У магістерській кваліфікаційній роботі висвітлено теоретичні основи цифрової трансформації аграрного сектору України. Досліджено ключові аспекти цифрової трансформації, включаючи сутність цього процесу та розвиток світового досвіду в галузі цифрової трансформації сільського господарства. Проведена оцінка сучасного стану цифрової трансформації аграрного сектору України, включаючи аналіз ринку інновацій в галузі та ступінь впровадження е-урядування в аграрних процесах. Проаналізовано вплив цифрової трансформації на продуктивність праці в сільському господарстві та визначено статистичну значущість цього впливу. Запропоновано рекомендації щодо подальшого розвитку та вдосконалення цифрової трансформації аграрного сектору України з метою підвищення ефективності та конкурентоспроможності галузі.

Ключові слова: цифрова трансформація, кластеризація, регресія, е-

урядування, аграрний сектор, сільське господарство, інновації, IoT – технології, штучний інтелект.

SUMMARY

Khytruk I. - Modeling the digital transformation of the agricultural sector of Ukraine. - Master's Qualification Work.

Master's qualification work for the degree of Master of Science in Economics, within the educational professional program "Economic Cybernetics," at the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ministry of Education and Science of Ukraine, 2023.

The master's qualification work sheds light on the theoretical foundations of the digital transformation of Ukraine's agricultural sector. It explores the key aspects of digital transformation, including the essence of this process and the development of global experience in the field of digital transformation in agriculture. An assessment of the current state of digital transformation in Ukraine's agricultural sector is conducted, encompassing an analysis of the innovation market within the industry and the extent of e-governance implementation in agricultural processes. The impact of digital transformation on labor productivity in agriculture is analyzed, and the statistical significance of this impact is determined. Recommendations are provided for the further development and enhancement of Ukraine's agricultural sector's digital transformation, aiming to increase its efficiency and competitiveness.

Keywords: digital transformation, clustering, regression, e-governance, agricultural sector, agriculture, innovations, IoT technologies, artificial intelligence.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ АГРАРНОГО СЕКТОРУ	5
1.1. Суть цифрової трансформації в аграрному секторі	5
1.2. Розвиток цифрової трансформації аграрного сектору	16
1.3. Світовий досвід цифрової трансформації аграрного сектору	25
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СТАНУ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ АГРАРНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ	34
2.1. Розвиток ринку інновацій в аграрному секторі	34
2.2. Аналіз е-урядування аграрного сектору України.....	45
2.3. Оцінка перспектив цифрової трансформації аграрного сектору України	56
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ АГРАРНОГО СЕКТОРУ	60
3.1. Регресійна модель цифрової трансформації в аграрному секторі України ..	60
3.2. Кластеризація країн за показниками цифрової трансформації	67
ВИСНОВКИ	74
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	76
ДОДАТОК А	83
ДОДАТОК Б	84

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ДАР – державний аграрний реєстр

Е-уряд – електронний уряд

НІГД – Цифрова трансформація геодезії та картографії

НУО – неурядові організації

ШІ – штучний інтелект

ІоТ – інтернет речей

САР – спільна сільськогосподарська політика

СЕР - механізм сполучення Європи

СІВАМ - мережа сільських інноваційних центрів

EGDI – індекс розвитку електронного урядування

G2B – взаємодія між урядом та бізнесом

G2C – взаємодія між урядом та громадянами

G2G – взаємодія між урядовими установами

G2NGO – взаємодія між урядом та неурядовими організаціями

G2NPO – взаємодія між урядом та некомерційними організаціями

ВСТУП

Метою дипломної роботи є дослідження цифрової трансформації аграрного сектору України.

Завдання дипломної роботи:

- провести аналіз стану цифрової трансформації аграрного сектору України,
- провести кластеризацію європейських країн за індексами цифрової трансформації аграрного сектору;
- побудувати регресійну модель.

Об'єкт дослідження: процеси моделювання цифрової трансформації аграрного сектору України.

Предмет дослідження: методи та моделі аналізу цифрової трансформації аграрного сектору України.

Аграрний сектор завжди відігравав ключову роль у економіці України і залишається одним із основних напрямів господарства. У 2022 році близько 53% експорту товарів з України становила продукція агропромислового комплексу, що свідчить про його важливість на міжнародному ринку [29].

Військові події на території України викликали зміни в економіці країни загалом і в аграрному секторі зокрема. Ці виклики вимагають нових підходів, швидкої адаптації до нових умов і фокусування на виживанні. Одночасно вони також відкривають нові можливості, такі як диверсифікація ринків, використання сучасних технологій, розвиток бізнес-моделей, галузеві інновації, зелена енергія та екологічна сталість [16].

Цифрова трансформація сільського господарства стає надзвичайно важливою для забезпечення ефективності і сталості цього сектору. Вона включає в себе впровадження сучасних інформаційних технологій, цифрових інструментів і аналізу даних з метою поліпшення сільськогосподарського виробництва, підвищення якості продукції, зменшення втрат і оптимізації ресурсів. Це також включає в себе електронне управління, системи моніторингу та контролю, аналітику даних, електронний ринок, онлайн навчання та

консультації, використання машинного навчання та штучного інтелекту, а також ефективно управління ресурсами [5].

Ефективність аграрного сектору взаємозв'язана з індексом загальної продуктивності та індексом витрат на сільське господарство. Це свідчить про необхідність постійної оптимізації витрат і підвищення продуктивності для досягнення стійкості та конкурентоспроможності на світовому ринку.

Отже, успішна цифрова трансформація є ключовим чинником розвитку аграрного сектору України. Вона допомагає адаптуватися до нових умов, забезпечує стійкість і робить галузь більш конкурентоспроможною, сприяючи економічному зростанню країни.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ АГРАРНОГО СЕКТОРУ

1.1. Суть цифрової трансформації в аграрному секторі

Із поширенням доступу до Інтернету світ вперше стикнувся з цифровими технологіями у трьох ключових етапах розвитку. Початковий етап був відзначений швидкісним Інтернетом та основними технологіями. Другий етап призвів до інновацій у віртуальній реальності, розумних годинниках, технологіях імплантів та штучному інтелекті. На третьому етапі з'явилися блокчейн, криптовалюти, розподілені обчислення, самокеровані машини та нові технології в енергетиці.

Ці світові технологічні тенденції співвідносяться з цифровою трансформацією сільського господарства, яка включає в себе використання блокчейну для безпечних агропроцесів, IoT-пристроїв для моніторингу ґрунтів та рослин, аналітики великих даних для прогнозування врожайності та впровадження розумних систем управління фермами. Ці нововведення відкривають нові можливості для ефективнішого та стійкого сільськогосподарського виробництва [23].

Пандемія COVID-19 та інші екологічні проблеми змусили агропродовольчу промисловість шукати рішення у цифрових технологіях, включаючи штучний інтелект, великі дані, Інтернет речей, блокчейн, розумні датчики, робототехніку, цифрові близнюки та віртуальну та доповнену реальність. Однак, для повного використання цього потенціалу у сільському господарстві та харчовій промисловості ще потрібно покращити та розширити впровадження цифрових технологій [40].

Цифрова трансформація – це процес удосконалення методів та засобів виробництва за допомогою новітніх технологій. На відміну від цифровізації, що відбувається при переведенні аналогової інформації в цифровий формат,

наприклад електронний документообіг, цифрова трансформація стосується бізнес-моделей, стратегії організації виробництва за рахунок нововведень.

Цифрова трансформація докорінно змінює підхід до формування стратегії підприємства, потребує постійно нових технологій. Сприяє формуванню конкурентного ринку та взаємодії на ньому. Для результативності цифрової трансформації повинні бути враховані певні критерії, такі як: здатність розробити чітку стратегію; наявність власних інженерів та й загалом сильних спеціалістів; операційна модель, що може масштабуватись; розподілена технологія, яка дозволяє командам в компанії незалежно вводити інновації; потужна база даних, з відкритим доступом для співробітників; сильне впровадження та управління змінами [60].

Цифрова трансформація в аграрному секторі ґрунтується на ряді основних принципів та понять, що відіграють ключову роль у впровадженні та розвитку цифрових технологій в сільському господарстві. Ось деякі з них:

- Цифрові технології включають в себе використання різних цифрових інструментів та технологій, таких як сенсори, IoT (Інтернет речей), штучний інтелект (ШІ), блокчейн, хмарні обчислення, машинне навчання, аналітика даних тощо для збору, обробки, аналізу та управління агропроцесами.

- Дані – це збір, обробка, аналіз та інтерпретація даних є важливою частиною цифрової трансформації в аграрному секторі. Вони включають в себе дані про клімат, ґрунти, врожайність, тваринництво, ресурси та багато іншого.

- Автоматизація передбачає використання автоматичних систем та роботів для виконання завдань, таких як посів, полив, збір врожаю, що допомагає зменшити людську працю та збільшує продуктивність.

- Інтернет речей (IoT) – це поєднання фізичних об'єктів (наприклад, тракторів, датчиків, засобів виробництва) з мережею для збору та обміну даними, що дозволяє моніторити та управляти агропроцесами в реальному часі.

- Штучний інтелект (ШІ) - це використання алгоритмів та комп'ютерних систем для вирішення складних завдань, таких як прогнозування врожайності, діагностики захворювань рослин та тварин, оптимізація виробництва.

- Блокчейн - це інноваційна технологія, яка забезпечує надійний і невичерпний збір і збереження даних про аграрні процеси, гарантуючи прозоре відстеження виробництва від самого початку до моменту споживання та запобігаючи можливість фальсифікації інформації.

- Екосистеми і платформи передбачають створення цифрових екосистем та платформ, які об'єднують виробників, дистриб'юторів, науковців та інших учасників агропроцесів для спільної роботи та обміну інформацією.

- Цифрова інтеграція – це поєднання різних цифрових технологій та процесів в єдину систему для підвищення ефективності та спрощення управління агропідприємством.

- Кібербезпека - заходи для захисту цифрових даних та інфраструктури від кіберзагроз та атак, оскільки цифрова трансформація вимагає високого рівня безпеки.

- Участь і навчання співробітників - підготовка персоналу та привчання до використання нових цифрових інструментів та технологій.

Ці принципи та поняття визначають базу для розвитку цифрової трансформації в аграрному секторі та допомагають покращити ефективність, продуктивність та стійкість сільськогосподарських підприємств.

Цифрова трансформація є актуальною темою в сучасному світі. Основними причинами актуальності є:

- Зміна суспільства - з поширенням інтернету, мобільних технологій і цифрових медіа наше суспільство стало дуже залежним від цифрових рішень. Цифрова трансформація відіграє ключову роль у забезпеченні якості життя та доступу до інформації.

- Конкурентоспроможність бізнесу - підприємства, які успішно впроваджують цифрові технології, стають більш конкурентоспроможними. Вони можуть пропонувати нові продукти та послуги, покращити якість обслуговування та знизити витрати завдяки автоматизації.

- Інновації та зміна бізнес-моделей - цифрова трансформація спонукає підприємства до інновацій та зміни підходів до бізнесу. Вона стимулює розвиток нових продуктів і послуг, а також нових бізнес-моделей.

- Збільшення продуктивності - впровадження цифрових технологій допомагає оптимізувати бізнес-процеси та збільшити продуктивність співробітників.

- Зміна споживацьких звичок - клієнти сьогодні очікують доступ до продуктів і послуг через мобільні додатки та інтернет. Цифрова трансформація дозволяє компаніям задовольняти ці очікування.

- Глобальні виклики - цифрова трансформація може сприяти вирішенню глобальних викликів, таких як зміни клімату, охорона здоров'я і освіта, шляхом використання цифрових рішень для вдосконалення процесів і вирішення проблем.

- Реагування на кризи - під час кризових ситуацій, таких як пандемія COVID-19, цифрові технології грають важливу роль у підтримці бізнесу та суспільства.

За даними Національного інституту стратегічних досліджень, внаслідок повномасштабної війни Російської Федерації проти України аграрний сектор зазнав значних збитків. За оцінками Міністерства аграрної політики України та Київської школи економіки, загальні втрати, які спричинила аграрній галузі широкомасштабна російська агресія на 15 вересня 2022 року, становили 6,6 мільярда доларів США. При цьому непрямі збитки у сільському господарстві України, обумовлені зменшенням виробництва, блокадою портів та зростанням виробничих витрат, оцінюються в 34,25 мільярда доларів США. Серед них 11,2 мільярда доларів США втрат у рослинництві через зниження виробництва, 348,7 мільйонів доларів США у тваринництві, 3 мільярда доларів США втрат через скорочення виробництва озимих культур і 322 мільйони доларів США втрати внаслідок порушення логістики, загалом 18,5 мільярда доларів США.

Усього 2653 суб'єкти господарювання агропромислового комплексу постраждали внаслідок збройної агресії Російської Федерації. Площі ріллі

скоротилися на 1,9 мільйона гектарів, а площі багаторічних насаджень - на 9 тисяч гектарів. Крім того, приблизно 1 мільйон гектарів землі потребує обстеження на наявність вибухонебезпечних предметів.

Рослинництво зазнало значних втрат, зокрема втрата обсягів виробництва продукції рослинництва в натуральних величинах 2022 року порівняно з попереднім роком становила 35–40%. Це було обумовлено скороченням площ посівів через тимчасову окупацію територій України і меншою врожайністю культур порівняно з попереднім роком. За даними першого заступника міністра аграрної політики та продовольства України Т. Висоцького, окупанти викрали понад 500 тисяч тонн зерна з тимчасово окупованих територій і незаконно вивезли десятки тисяч тонн соняшnikової олії та сотні кілограмів овочів.

Тваринницька галузь також серйозно постраждала. За даними Міністерства аграрної політики, через військові дії втрати становлять 15-20% поголів'я великої рогатої худоби, свиней і птиці. Найбільше постраждали господарства в ряді областей, де було сконцентровано значну частку господарств і виробництва продукції тваринництва [1].

Сукупні втрати аграрного сектору свідчать про серйозний вплив війни на сільське господарство України і потребують комплексних заходів для відновлення та підтримки галузі.

Станом на 2023 рік однією з найважливіших проблем в сільському господарстві високі витрати, які несуть аграрні підприємства. Це стосується не лише витрат на виробництво, такі як насіння, добрива, паливо та інші матеріали, але й збільшення витрат на логістику через дороговизну транспортування продукції. Велика частина прибутку йде на оплату логістичних послуг, що негативно впливає на фінансове становище аграрних виробників.

Низька ціна на продукцію також є серйозною проблемою. Внутрішній ринок не може поглинути всю вироблену продукцію, що призводить до зниження її вартості. Це змушує аграрні підприємства шукати нові ринки за кордоном, що вимагає великих витрат на логістику та сертифікацію продукції, а також збільшує ризики експортних операцій.

Нестача фінансування є ще однією серйозною трудностю для аграрного сектору. Фінансові установи ставляться до аграрних підприємств обережно, що обмежує їх доступ до кредитних ресурсів. Багато підприємств працюють на зношування та не можуть модернізувати технічну базу через відсутність достатнього фінансування.

Одним з можливих рішень цих проблем є використання державних програм та субсидій для розвитку аграрного сектору. Програми підтримки, такі як "Доступні кредити 5-7-9%", можуть допомогти аграрним підприємствам отримати доступ до необхідних фінансових ресурсів для покращення виробництва та зниження витрат. Використання цих програм може сприяти модернізації технічної бази, підвищенню продуктивності та конкурентоспроможності аграрних підприємств України [2].

Цифрова трансформація сільського господарства відрізняється від традиційних методів управління та виробництва в декількох ключових аспектах. Перш за все, в традиційному підході дані зазвичай збираються та обробляються вручну або з допомогою спрощених методів. Цифрова трансформація передбачає збір даних автоматично завдяки сенсорам та IoT-пристроєм, після чого вони аналізуються за допомогою алгоритмів штучного інтелекту, що дозволяє отримувати точні та актуальні дані для прийняття рішень в реальному часі.

Другий аспект полягає в оптимізації використання ресурсів. Цифрова трансформація дозволяє ефективніше використовувати ресурси, такі як вода, добрива та паливо, і зменшує втрати. Завдяки алгоритмам машинного навчання можна прогнозувати оптимальний час для поливу, оптимальні дози добрив та інші параметри для підвищення врожайності та зниження витрат.

Додатково, цифрова трансформація дозволяє відстежувати кожен етап виробництва, від початкового стадіону на полі до виготовлення продукту для споживача, завдяки застосуванню блокчейн-технології та систем відстеження. Це гарантує прозорість та надійність продукції та запобігає фальсифікації даних.

Крім того, цифрова трансформація дозволяє впроваджувати автоматизовані системи та роботи для виконання рутинних завдань, таких як посів, полив та збір

врожаю, що зменшує залежність від людської робочої сили та збільшує продуктивність.

Нарешті, завдяки алгоритмам аналітики даних та машинного навчання можна проводити більш точні прогнози щодо погоди, врожайності, ринкових умов та інших факторів. Це допомагає планувати виробництво та управління ризиками. Здатність збирати та обмінюватися даними в режимі реального часу з будь-якої точки світу спрощує співпрацю та роботу на міжнародних ринках. Усі ці аспекти роблять цифрову трансформацію більш ефективною, прозорою та конкурентоспроможною порівняно з традиційними методами управління та виробництва в сільському господарстві.

Цифрова трансформація для аграрного сектору України несе в собі величезний потенціал для розвитку та зростання продуктивності в сільському господарстві. Одним із ключових завдань є збільшення ефективності виробництва. Це включає в себе впровадження сучасних технологій та автоматизацію процесів. Наприклад, використання датчиків та IoT-пристроїв для моніторингу ґрунту, вологості, та інших параметрів допомагає сільським господарствам отримувати точні дані про свої поля в реальному часі. Це не лише зменшує витрати, але й дозволяє оптимізувати використання ресурсів та підвищує врожайність.

Додатковою метою цифрової трансформації є поліпшення якості продукції. Впровадження систем відстеження та блокчейн-технології дозволяє стежити за кожним етапом виробництва, забезпечуючи прозорість та надійність продукції. Це дуже важливо для експорту, оскільки міжнародні покупці дедалі більше цінують походження та якість продуктів.

Ще однією ключовою метою є збільшення доступу до ринків. Цифрова трансформація дозволяє сільським господарствам знаходити нові ринки збуту за кордоном, використовуючи електронні платформи та онлайн-маркетплейси. Це не лише збільшує продажі, але і допомагає розширити експортні можливості країни в цілому.

Крім того, цифрова трансформація сприяє покращенню управлінських рішень. Впровадження аналітичних систем та штучного інтелекту допомагає агробізнесу аналізувати великі обсяги даних та робити прогнози, що дозволяє краще планувати виробництво, управляти запасами та пристосовувати стратегії відповідно до ринкових умов.

Важливою метою є забезпечення сталості та екологічної безпеки виробництва. Цифрові технології дозволяють ефективніше використовувати природні ресурси, зменшуючи негативний вплив на навколишнє середовище. Використання точного зрошення, оптимізованого використання добрив та інших ресурсів зменшує забруднення та сприяє сталому розвитку аграрного сектору.

Таким чином, цифрова трансформація для аграрного сектору України визначається не лише покращенням продуктивності та збільшенням прибутковості, але й поліпшенням якості продукції, розширенням ринків збуту, удосконаленням управлінських рішень та забезпеченням сталого розвитку у відповідності до вимог сучасного ринку та екологічних стандартів.

Цифрова трансформація для аграрного сектору України представляє собою важливий етап у розвитку сільського господарства, призначений для досягнення кількох ключових цілей. Перш за все, основною метою є підвищення продуктивності та ефективності виробництва. Це досягається завдяки впровадженню сучасних технологій, які дозволяють автоматизувати та оптимізувати процеси виробництва. Використання датчиків та IoT-пристроїв для моніторингу умов ґрунту та інших факторів навколишнього середовища дозволяє аграрним підприємствам отримувати точні та актуальні дані, що сприяє оптимальному використанню ресурсів та підвищенню врожайності.

Другою важливою метою є поліпшення якості продукції та її безпека для споживачів. Цифрові технології, такі як блокчейн та системи відстеження, надають можливість стежити за кожним етапом виробництва, починаючи від посівів на полі та закінчуючи готовою продукцією на полицях магазинів. Це забезпечує прозорість та надійність продукції, що є ключовим аспектом у вимогливому сучасному ринку.

Однією з основних цілей цифрової трансформації є також збільшення доступу аграрного сектору до ринків збуту. Використання електронних платформ та онлайн-маркетплейсів допомагає аграріям знаходити нові можливості для продажу своєї продукції як на внутрішньому, так і на зовнішніх ринках. Це сприяє розширенню експортних можливостей та підвищенню конкурентоспроможності української сільськогосподарської продукції.

Крім того, цифрова трансформація в сільському господарстві має на меті поліпшення управлінських рішень. Застосування аналітичних систем та штучного інтелекту дозволяє аналізувати великі обсяги даних та робити точні прогнози, що сприяє кращому плануванню виробництва, управлінню запасами та адаптації стратегій до ринкових умов.

Важливою ціллю є забезпечення сталості та екологічної безпеки виробництва. Впровадження цифрових технологій дозволяє більш ефективно використовувати природні ресурси, зменшувати негативний вплив на довкілля та сприяти сталому розвитку сільського господарства.

Зайнятість є актуальною проблемою не лише для України, але і для багатьох країн, у тому числі розвинених. Це основано на стрімкому технологічному розвитку, який вимагає високого рівня кваліфікації та володіння цифровими технологіями серед населення. Перехід до автоматизованих процесів виробництва стає викликом для розвинених країн з високим рівнем інноваційного потенціалу, оскільки не завжди можливо знайти достатньо кваліфікованого персоналу на локальних ринках праці для реалізації цього потенціалу.

Як показує практика, якість освіти та її динаміка не завжди відповідають потребам сучасних виробництв та сервісів. Незважаючи на наявність великої кількості незайнятого населення на ринку праці, підприємства зіткаються з труднощами у відборі кваліфікованого персоналу для розвитку без перешкод. В таких випадках рішення знаходяться завдяки цифровим технологіям та розвитку глобального інформаційного ринку, які дозволяють знаходити необхідний трудовий ресурс у будь-якій частині світу. Таким чином, наявність цифрових

компетенцій стимулює процеси зайнятості, проте основною перешкодою є недостатня ефективність їхнього використання.

У сучасному світі Україна відноситься до країн, які впроваджують засоби автоматизації у виробничі процеси. Тому надзвичайно важливою, а часто навіть ключовою умовою зайнятості в багатьох галузях, є наявність цифрових навичок у претендентів на роботу. За останні десять років навіть торгівля в кіоску вимагає від робітників цифрових компетенцій для роботи з касовим апаратом, оскільки сучасне виробництво без комп'ютеризації та автоматизації втрачає конкурентоспроможність на ринку [57].

Для порівняння рівня володіння цифровими навичками серед зайнятого та незайнятого населення України побудований графік, що зображений на Рис. 1.1.

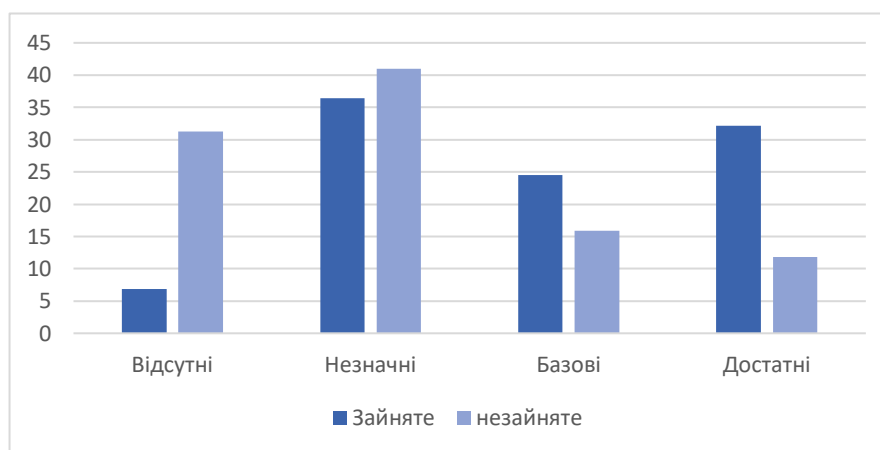


Рис. 1.1. - Порівняння рівня володіння цифровими навичками серед зайнятого та незайнятого населення України

Джерело: [57]

На основі графіку можна зробити декілька важливих висновків щодо порівняння рівня володіння цифровими навичками серед зайнятого та незайнятого населення України:

Значна частина зайнятого населення (36,4%) має незначні цифрові навички, що може вказувати на необхідність підвищення цифрової грамотності серед цієї групи. У незайнятого населення цей показник ще вищий (41%), що

може свідчити про важкість знаходження роботи для осіб із обмеженими цифровими навичками.

Зайняте населення має вищий рівень базових (24,5%) та достатніх (32,2%) цифрових навичок порівняно з незайнятим населенням, де ці показники становлять 15,9% та 11,8% відповідно. Це може вказувати на те, що зайняте населення має більше можливостей для навчання та розвитку цифрових навичок через роботу та доступ до ресурсів.

Водночас велика кількість незайнятого населення (31,3%) володіє відсутніми цифровими навичками, що може ускладнювати їхні можливості знаходження роботи, оскільки сучасний ринок праці вимагає хоча б базових цифрових навичок.

Навчання та розвиток навичок серед фахівців аграрного сектору мають визначальне значення для успішної цифрової трансформації галузі. Це є однією з ключових складових, яка сприяє впровадженню сучасних цифрових технологій і підвищує конкурентоспроможність аграрних підприємств.

Важливість навчання в контексті цифрової трансформації аграрного сектору полягає в тому, що технології постійно змінюються і розвиваються. Сучасні фахівці повинні бути завжди готові до оволодіння новими інструментами та рішеннями. Навчання допомагає їм відстежувати останні тренди і інновації в галузі та вчасно реагувати на зміни.

Однією з основних складових навчання є підвищення рівня комп'ютерної грамотності серед фахівців. Сучасні аграрії повинні бути здатні використовувати цифрові платформи, програми та системи для управління господарством, моніторингу виробництва та аналізу даних. Розуміння роботи сучасних агротехнологій та інтернету речей також стає обов'язковим елементом фахової підготовки.

Навички аналізу даних та використання штучного інтелекту стають все більш важливими для агрономів та фермерів. Вони дозволяють приймати обґрунтовані рішення на основі великої кількості інформації, що збирається в сучасному агропромисловому секторі.

Навчання також допомагає розуміти принципи кібербезпеки, оскільки важливі дані аграрних підприємств повинні бути належним чином захищені від можливих загроз.

Крім того, розвиток навичок комунікації та співпраці стає важливим для фахівців аграрного сектору. Вони повинні бути здатні спілкуватися та співпрацювати з іншими фахівцями, розробниками програмного забезпечення та технічними експертами для успішного втілення цифрових рішень [9].

Цифрова трансформація в аграрному секторі України має різноманітні цілі, включаючи підвищення продуктивності, поліпшення якості продукції, розширення ринків збуту та оптимізацію управління ресурсами. Це сприяє розвитку сільського господарства та підвищенню його конкурентоспроможності як на внутрішніх, так і на міжнародних ринках. Це можливе завдяки навчанню та постійному вдосконаленню навичок фахівців, що є ключовою передумовою для успішної адаптації галузі до викликів цифрової трансформації.

1.2. Розвиток цифрової трансформації аграрного сектору

Глобалізація та її наслідки в аграрному секторі включають в себе загострення проблем з продовольством, посилення нерівностей у виробництві, економічну нестабільність в окремих країнах, загрозу безпеки, існуючі військові конфлікти, деградацію земельних ресурсів та погіршення екологічної ситуації в сільській місцевості. У зв'язку з цим стає настільки важливим посилити інтеграцію технологій Індустрії 4.0 в господарську діяльність сільськогосподарських підприємств [13].

Розвиток цифрових технологій в аграрному секторі є надзвичайно важливим напрямком у сучасному сільському господарстві. За останні кілька років спостерігається стрімкий ріст використання сучасних інформаційних технологій, таких як сенсори, Інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI) та аналітика даних. Ці технології дозволяють аграріям збільшувати врожайність, зменшувати витрати та оптимізувати виробництво.

Однією з основних тенденцій є використання сенсорів і IoT для збору даних про рослини, ґрунт і погодні умови. Ці дані можна аналізувати за допомогою алгоритмів штучного інтелекту, що допомагає аграріям виробляти ефективніше та екологічно чистіше.

Ще однією важливою тенденцією є розвиток роботизованих систем, які можуть виконувати автоматизовані операції у господарстві. Роботи та дрони можуть замінити ручну працю у сільському господарстві, забезпечуючи більшу продуктивність та точність.

Технології блокчейн також стають все більш важливим інструментом у аграрному секторі. Вони дозволяють відстежувати ланцюг постачання продукції, забезпечуючи безпеку та надійність продуктів, які потрапляють на ринок.

Однією з основних перспектив є розвиток цифрових ринків та платформ, які об'єднують виробників і споживачів. Це може полегшити процеси закупівлі та продажу сільськогосподарської продукції, зменшуючи посередників і підвищуючи прибутковість для фермерів.

Іншою важливою тенденцією є розвиток технологій для виробництва сільськогосподарських машин та обладнання. Використання ефективних інноваційних рішень у сільському господарстві може сприяти зменшенню викидів та збільшенню продуктивності.

Розвиток штучного інтелекту у сільському господарстві може вивести аграрний сектор на новий рівень. Алгоритми машинного навчання можуть допомогти в передбаченні погодних умов, оптимізації рослинництва та розпізнаванні хвороб рослин, що може покращити врожайність та зменшити втрати.

Велика увага приділяється також розвитку агротехнологій для вирощування рослин у штучних умовах, включаючи вертикальні ферми та гідропонічні системи. Це може забезпечити стабільне виробництво навіть у зоні обмеженого земельного простору.

Необхідно також враховувати вплив цифрових технологій на зайнятість у сільських районах. З одного боку, автоматизація може призвести до зменшення

потреби у ручній праці, з іншого - нові технології можуть створити нові робочі місця в сфері розробки, обслуговування та інтеграції цифрових систем.

Враховуючи ці тенденції, можна визначити, що майбутнє аграрного сектору буде нерозривно пов'язане з цифровими технологіями. Їх впровадження може сприяти створенню ефективніших, екологічно чистих та стійких сільськогосподарських систем, які відповідають сучасним вимогам ринку та суспільства.

Розвиток цифрової трансформації в аграрному секторі стає надзвичайно важливим в умовах війни. Військові дії на території України створили нові умови для функціонування економіки, включаючи аграрний сектор. Ці виклики вимагають швидкої адаптації до нових умов і переорієнтації на виживання. В цей час аграрному сектору необхідно розвивати і впроваджувати цифрові технології, щоб забезпечити ефективність та конкурентоспроможність.

Однією з основних переваг цифрової трансформації є здатність збирати та аналізувати дані про виробництво, ринки та конкурентоспроможність. В цей спосіб аграрні виробники можуть приймати інформовані рішення щодо вибору культур, методів обробки та ресурсів, що допомагає знизити витрати та збільшити врожайність.

Цифрова трансформація також відкриває нові можливості для аграрного сектору, включаючи виробництво продуктів для Збройних Сил України та адаптацію до змін у структурі споживання під час воєнних конфліктів. Регіональні зміни та проблеми імпорту також створюють нові потреби та можливості для аграрних виробників, які можуть стати імпортозамінниками та постачальниками продуктів в нових регіонах.

У післявоєнний період, аграрний сектор може очікувати період відновлення та зростання. Для досягнення успіху, аграрному сектору необхідно зосередитися на людському капіталі, розвитку освіти та науки, створенні стійких ланцюгів по регіонах та інтеграції на світові ринки. Технологічний розвиток і цифровізація аграрного сектору також відіграють важливу роль у забезпеченні ефективності та стійкості галузі.

Після закінчення війни аграрний сектор матиме можливість використовувати нарощені цифрові ресурси для покращення продуктивності та конкурентоспроможності, що допоможе відновленню економіки та забезпеченню стійкого розвитку галузі [16].

Перспективність впровадження «цифрового» землеробства в аграрному секторі України безсумнівно визнана. Інтеграція «цифрових» та точних технологій разом із працьовитістю українських аграріїв та родючістю ґрунтів може значно підвищити ефективність сільськогосподарського сектору України та забезпечити його конкурентоспроможність на світових ринках. Протягом наступних 50 років розвиток аграрного сектору України і його конкурентоздатність на міжнародній арені будуть залежати від впровадження точних землеробських технологій, які суттєво віддзеркалюються в «цифровому» підході.

Кілька ключових факторів переходу аграрних виробників до «цифрового» землеробства є наступними. По-перше, ресурсні та економічні переваги. Впровадження точного землеробства дозволяє скоротити витрати на добрива та засоби захисту рослин на 30–50%. У сучасних умовах, коли використання агрохімікатів в Україні відстає на десятиліття, впровадження точних землеробських методів стає ключовим кроком у збільшенні продуктивності сільськогосподарського виробництва без додаткових витрат.

По-друге, екологічні переваги важко переоцінити. Зниження рівня хімічних речовин у землеробстві при одночасному збільшенні продуктивності означає більш ефективне використання хімічних ресурсів та обмеження їхнього впливу на навколишнє середовище. Це призведе до зменшення забруднення ґрунтів та водних ресурсів, що позитивно відобразиться на екосистемі взагалі.

По-третє, переваги для здоров'я населення не можна недооцінити. Використання продукції, яка не містить залишків хімічних речовин, сприяє загальному здоров'ю споживачів. Це сприяє виникненню ефекту природного оздоровлення, де їжа служить засобом лікування, а не хімічним засобом «вбивання».

По-четверте, впровадження «цифрових» технологій сприяє підвищенню привабливості аграрної праці та забезпечить перехід агрономів до ролі сучасних менеджерів. Це також сприятиме підвищенню економічної культури та екологічної свідомості в сільських районах [27].

Враховуючи все, точне землеробство – це не лише ресурсозберігаюча, але й інноваційна технологія, яка може змінити структуру та технологічний підґрунтя агросектору України, забезпечуючи йому розвиток та економічне вирішення національних проблем.

Сучасні фермери активно впроваджують системи моніторингу та контролю, які дозволяють стежити за станом ґрунту, вологою, інтенсивністю освітлення та іншими аспектами рослинного вирощування. Використання датчиків та IoT-технологій дає можливість отримувати реальний часовий аналіз даних, що полегшує вибір оптимальних стратегій для сільськогосподарської виробничої діяльності.

У сфері управління господарством, зокрема, веденням обліку, фінансів та ланцюжка постачання, використання цифрових технологій дозволяє автоматизувати багато процесів, зменшуючи трудові витрати та помилки. Інтеграція розумних систем у сільськогосподарські машини і обладнання дозволяє автоматизувати процеси обробітку землі та збирання врожаю.

У сфері маркетингу та збуту, використання цифрових платформ та онлайн-ринків сприяє збільшенню доступу до покупців та зменшенню витрат на посередників. Додатки та онлайн-системи дозволяють фермерам пропонувати свою продукцію безпосередньо споживачам, що сприяє розвитку прямих продажів та формуванню лояльності споживачів.

Цифрова трансформація також знаходить своє застосування в екологічно відповідному виробництві. Використання точних землеробських технологій дозволяє зменшити використання хімічних добрив та засобів захисту рослин, що призводить до зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Загалом, цифрова трансформація аграрного сектору України відбувається за допомогою розширення використання інноваційних рішень, які забезпечують

ефективність та стабільність виробництва, сприяють зростанню конкурентоспроможності та створюють нові можливості для розвитку сільськогосподарського сектору в Україні.

Цифрові технології в аграрній сфері стали фундаментом для створення нових продуктів, цінностей та можливостей, що дозволяють отримувати конкурентні переваги на різних ринках. З цифровою трансформацією малі компанії та стартапи отримали можливість конкурувати з великими корпораціями та швидко виводити свої інноваційні рішення на ринок.

Зараз спостерігається перехід "центрів інновацій" з великих компаній на менші гравці, що сприяє зростанню динамічності в аграрному секторі. Цифрова трансформація призводить до створення нових систем та процесів, надаючи їм новий рівень цінності, як приклад можна навести цифровий банкінг.

Цифрові зміни в промисловості відбуваються в рамках концепції "Індустрія 4.0" та застосування кібервиробництва, кіберсистем та кібермашин. Однак в Україні є певні бар'єри для подальшого розвитку цього тренду, такі як відсутність національних програм та інфраструктури для підтримки цифрового бізнесу, відсутність чіткої стратегії цифровізації, і відсутність системи культивування цифрових та інноваційних навичок у сфері освіти та в суспільстві загалом.

Незважаючи на ці виклики, цифрова трансформація відкриває для України можливості, такі як підвищення конкурентоздатності різних економічних секторів, розвиток цифрової економіки та нових індустрій, і сприяє зростанню інноваційного підприємництва [23].

Однією з систем державного регулювання є національна інфраструктура геопросторових даних (НІГД) - це інтегрована система, яка забезпечує доступність та обмін геопросторовою інформацією на національному рівні. Ця інфраструктура включає в себе геодезичні, картографічні, геоінформаційні дані та інші геопросторові ресурси, а також технічні та організаційні засоби для їх зберігання, обробки та поширення.

Основні характеристики Національної інфраструктури геопросторових даних включають:

- Централізацію та координацію: НІГД розробляється та управляється національним органом, яке координує збір, обробку та розповсюдження геопросторових даних в країні.

- Стандартизацію: НІГД визначає стандарти та правила для зберігання та обміну геопросторовою інформацією, що дозволяє різним організаціям та секторам використовувати її у єдиному форматі.

- Інфраструктуру та технології: НІГД включає в себе сервери для зберігання та обробки геоданих, програмне забезпечення для доступу до них, а також мережі та протоколи для обміну інформацією.

- Доступність та відкритість: Однією з ключових характеристик НІГД є доступність геопросторової інформації для громадськості, дослідників, підприємств та інших користувачів. Відкритий доступ до даних сприяє інноваціям та розвитку різних галузей.

- Забезпечення якості: НІГД забезпечує стандарти якості та надійності геоданих, що важливо для їх використання в різних сферах, включаючи геодезію, картографію, екологію, гірництво, транспорт, розвиток міст та інші.

- Співпрацю: НІГД часто взаємодіє з різними урядовими та приватними організаціями, місцевими урядами, а також міжнародними організаціями для обміну даними та розробки спільних проектів.

Національна інфраструктура геопросторових даних грає важливу роль у розвитку сучасних суспільних та економічних процесів, допомагаючи ефективно використовувати геопросторову інформацію для прийняття рішень та розв'язання різних завдань в галузі географії, науки про землю та інших галузях.

Також в Україні працює електронний сервіс Держгеокадастру. Інтернет-платформа, яка надає можливість громадянам та організаціям звертатися до Держгеокадастру та отримувати різноманітні послуги та інформацію онлайн. Цей сервіс спрощує процедури з обліку нерухомості та земельних ділянок, надає доступ до кадастрових даних та сприяє підвищенню доступності геодезичної та кадастрової інформації.

Електронний сервіс Держгеокадастру зазвичай надає такі можливості та послуги:

- Перегляд кадастрової інформації: Користувачі можуть переглядати дані про земельні ділянки, об'єкти нерухомості, кордони земель, геодезичні межі та іншу важливу інформацію на карті.

- Отримання витягів: Користувачі можуть замовляти та отримувати витяги з Держгеокадастру, які містять інформацію про права власності на нерухомість та земельні ділянки.

- Реєстрація прав на нерухомість: Сервіс дозволяє подавати заяви та документи для реєстрації прав на нерухомість та земельні ділянки.

- Земельні виписки: Користувачі можуть замовляти виписки з земельного кадастру, які містять інформацію про власника, межі та призначення земельної ділянки.

- Реєстрація меж земельних ділянок: Сервіс надає можливість замовляти послуги з реєстрації меж земельних ділянок та оформлення відомостей про них.

- Інші послуги: В електронному сервісі можуть бути доступні інші послуги, пов'язані з геодезією, кадастром та обліком нерухомості.

Електронний сервіс Держгеокадастру сприяє підвищенню доступності геодезичної та кадастрової інформації, спрощує процедури реєстрації прав на нерухомість та земельні ділянки, та полегшує взаємодію громадян та організацій з Держгеокадастром.

Подальший розвиток цифрової трансформації в сільському господарстві обіцяє бути ключовим напрямком економічних змін. Однією з очікуваних тенденцій є зростання використання сучасних технологій, таких як штучний інтелект, аналітика даних та Інтернет речей, для оптимізації виробництва. Завдяки цим інноваціям аграрні підприємства матимуть можливість отримувати точні прогнози врожаю, управляти виробництвом на основі даних та підвищувати продуктивність.

Очікується, що цифрові рішення значно полегшать контроль за виробництвом, дозволяючи аграріям миттєво реагувати на зміни в умовах росту

та вирощування культур. Інтеграція даних з сенсорів та моніторингових систем допоможе забезпечити постійний нагляд за станом посівів, їх здоров'ям та водним режимом. Це дозволить аграріям вчасно вживати заходів для захисту врожаю та оптимізації зрошення, що, в свою чергу, підвищить якість та кількість зібраного урожаю.

Ще однією важливою перспективою є розвиток електронних ринків та платформ для торгівлі аграрною продукцією. Це створить унікальні можливості для аграріїв знаходити нових покупців та розширювати свої ринки збуту, не обмежуючись територіальними межами. Завдяки цифровим ринкам, фермери матимуть можливість швидко реагувати на попит та змінювати асортимент продукції відповідно до вимог споживачів, що сприятиме розвитку сільських господарств та збільшенню їх прибутковості.

Однією з найважливіших перспектив цифрової трансформації є підвищення конкурентоспроможності аграрного сектору на міжнародному ринку. Застосування новітніх технологій у виробництві допоможе українським фермерам вирізнитися якісною продукцією та ефективними методами вирощування. Це може відкрити нові можливості для експорту, забезпечуючи стабільний приріст валютних надходжень у країну та сприяючи її економічному зростанню.

Необхідно також враховувати соціальні аспекти цифрової трансформації. З розвитком цифрових технологій зростатиме потреба в кваліфікованих кадрах, спроможних працювати з новітнім обладнанням та програмним забезпеченням. Тому не менш важливим завданням є підготовка фахівців, які зможуть впроваджувати та підтримувати цифрові рішення у сільському господарстві. Інвестиції в освіту та підготовку спеціалістів стануть запорукою успішної і стійкої цифрової трансформації сільськогосподарського сектору України.

Отже, розвиток цифрової трансформації аграрного сектору є важливим та необхідним кроком для України у сучасному світі. Впровадження цифрових технологій в сільське господарство забезпечує більш ефективне використання

ресурсів, збільшення продуктивності та конкурентоспроможності галузі, а також покращення якості життя сільського населення.

Цифрова трансформація дозволяє сільським господарствам здійснювати моніторинг та управління виробництвом в реальному часі, враховувати кліматичні та екологічні фактори, покращує системи поливу, розподілу добрив і зменшує втрати під час збору врожаю. Крім того, цифрові рішення сприяють удосконаленню логістики, що зменшує витрати на транспортування продукції та забезпечує її швидку доставку на ринки.

Впровадження інформаційних технологій управління сільським господарством також сприяє розвитку ринків та підвищенню доступності сільськогосподарської продукції для споживачів, які можуть отримувати свіжі та якісні продукти з безпекою походження. Крім того, цифрові рішення сприяють розвитку сільського туризму, забезпечуючи туристам можливість пережити аграрний досвід та сільський спосіб життя.

Однак, щоб досягти повноцінної цифрової трансформації аграрного сектору, необхідна докладна підготовка сільських господарств, підтримка від держави у вигляді фінансування та навчання, а також впровадження відповідного законодавства та стандартів безпеки даних. Це сприятиме створенню стійкої та конкурентоспроможної аграрної галузі, яка зможе відповідати викликам сучасності та забезпечувати стабільний розвиток сільських територій та економіки країни в цілому.

1.3. Світовий досвід цифрової трансформації аграрного сектору

Кабінет Міністрів України визначив Офіс сприяння підприємництву та експорту національним контактним пунктом програми Європейського Союзу "Цифрова Європа" (2021-2027). Завданням цього національного контактного пункту є просування цифрової політики ЄС, надання інформаційної та методичної підтримки потенційним учасникам програми Digital Europe на протязі її дії та співпраця з мережею контактних пунктів у країнах ЄС.

Валерія Іонан, заступник Міністра цифрової трансформації з питань євроінтеграції, відзначила, що створення національного контактного пункту є важливим кроком, який допоможе більшій кількості українців отримати допомогу та роз'яснення щодо участі в Digital Europe. Тепер Офіс сприяння підприємництву та експорту надаватиме підтримку тим, хто зацікавився програмою раніше, але не міг самостійно зрозуміти умови. Український ІТ-бізнес, інноваційні простори та навчальні заклади отримають більше можливостей для отримання фінансування на свій розвиток.

Андрій Ремізов, директор Офісу сприяння підприємництву та експорту, додав, що створення національного контактного пункту в Україні дозволить українським потенційним учасникам програми "Цифрова Європа" отримати професійні консультації щодо процесу подачі заявок. Це підвищить їхні шанси на перемогу та долучення до міжнародних проектів у галузі цифрових технологій, штучного інтелекту, суперкомп'ютерів і цифрових навичок.

Програма "Цифрова Європа" (2021-2027) спрямована на розвиток передових цифрових навичок, впровадження цифрових технологій на підприємствах, створення цифрової інфраструктури та підвищення доступності цифрових послуг для громадян і державних установ у Європейському Союзі та асоційованих країнах. Суб'єкти господарювання України можуть брати участь у конкурсах Програми до 2027 року [51].

Цифрова трансформація аграрного сектору в Німеччині визначається високим рівнем інноваційності та технологічного розвитку. Німеччина, як одна з провідних країн у світі з погляду сільського господарства, активно використовує цифрові технології для оптимізації сільськогосподарських процесів та підвищення продуктивності.

Однією з ключових складових цифрової трансформації аграрного сектору в Німеччині є використання сучасних інформаційних технологій, систем збору та аналізу даних. Сільські господарства використовують датчики, супутникові технології та програмне забезпечення для моніторингу ґрунтів, рослин і тварин, а також для прогнозування погодних умов та ринкових цін. Це допомагає

фермерам приймати більш обґрунтовані рішення та зменшує витрати на виробництво.

Додатково, в Німеччині активно розвивається галузь "сільське господарство 4.0" або "цифрове сільське господарство", де використання Інтернету речей (IoT) та машинного навчання дозволяє створювати повністю автоматизовані агропроцеси. Автономні трактори та робочі машини, які керуються штучним інтелектом, забезпечують ефективну обробку полів і збір врожаю.

Німецькі фермери також активно використовують цифрові ринки та платформи для збуту своєї продукції, що сприяє підвищенню їхньої конкурентоспроможності на міжнародному ринку.

Німеччина активно підтримує цифрову трансформацію сільського господарства через низку фінансових інструментів та програм. Важливим фінансовим партнером для підприємств аграрного сектору є банк розвитку бізнесу Rentenbank. Він надає різноманітні програми фінансування, включаючи державні акційні кредити, лізинг та гарантії, спрямовані на підтримку впровадження цифрових технологій в сільському господарстві. Ці фінансові ресурси можуть бути використані для різних цілей, включаючи цифрову трансформацію, в тому числі в галузях штучного інтелекту та енергоефективності.

Поруч з цим, німецьке Федеральне міністерство освіти та досліджень разом з Федеральним міністерством харчування та сільського господарства створили програми досліджень і розробок, спрямовані на просування інновацій в цифровому сільському господарстві та суміжних галузях. Ці програми надають фінансову підтримку та стимулюють дослідження та розвиток в сферах, таких як агротехнології та штучний інтелект.

Фінансування досліджень і розробок також включає допомогу стартапам та молодим інноваційним компаніям, пов'язаним з аграрним сектором. Ці стартапи отримують підтримку через різні програми та акселератори, що сприяють їхньому розвитку та комерціалізації.

Однією з ініціатив є "Агросистеми майбутнього", яка спрямована на розвиток технологічних стартапів у сільському господарстві та харчовому секторі. Ці об'єднання отримують фінансову підтримку для впровадження інноваційних рішень та технологій в ці галузі.

Усі ці ініціативи та програми спрямовані на підтримку цифрової трансформації сільського господарства та сприяння інноваціям у цій галузі [47].

Іспанія активно впроваджує цифрові технології в аграрний сектор для оптимізації виробництва та збільшення продуктивності. Іспанські сільські господарства використовують широкий спектр цифрових рішень для вирішення різних завдань, пов'язаних з виробництвом їжі та управлінням фермерськими господарствами.

Однією з ключових галузей, які виграли від цифрової трансформації, є системи автоматизованого зрошення та контролю якості ґрунту. Системи з використанням сенсорів і зв'язку IoT дозволяють фермерам точно контролювати вологість, температуру і рівень добрив у ґрунті, що допомагає підтримувати оптимальні умови для росту рослин та збільшує врожайність.

Ще однією важливою галуззю є цифрові ринки та платформи, які сприяють зв'язку між фермерами і споживачами. Це дозволяє фермерам знаходити нові ринки збуту та пропонувати свою продукцію безпосередньо споживачам, що сприяє підвищенню прибутковості.

Технології штучного інтелекту та аналізу даних також використовуються для прогнозування погодних умов і розвитку стратегій управління господарством. Автоматизовані системи моніторингу рослин допомагають виявляти захворювання та шкідників на ранніх стадіях, що дозволяє своєчасно реагувати і запобігати втратам врожаю.

Іспанія також вкладає зусилля у розвиток електронних систем управління фермами та моніторингу тварин, що полегшує процес вирощування тварин та забезпечує їхнє здоров'я і благополуччя.

Цифрова трансформація Іспанії в аграрному секторі передбачає важливі зміни в екосистемі та бізнес-процесах, спрямовані на поліпшення якості та

стійкості агропродовольчого сектору. Однією з ключових стратегій цифрової трансформації є стратегія "від ферми до столу", яку започатковано Європейським Союзом. Ця стратегія визначає використання цифрових технологій для поліпшення бізнес-операцій, забезпечення інновацій в бізнес-моделях та створення нових каналів взаємодії в агропродовольчому ланцюзі створення вартості.

Спільно з цими технологічними змінами супроводжується соціальна трансформація. Цифрова трансформація може поліпшити баланс між роботою та особистим життям селян, зменшити психологічний стрес та вплив на навколишнє середовище. Важливою частиною цифрової трансформації є створення нових якісних робочих місць у сільській місцевості та розвиток нових бізнес-моделей, що робить сільську місцевість більш привабливою для життя та роботи.

Цифрові технології також надають можливість для інновацій та стимулюють розвиток нових гравців на агропродовольчому ринку та технологічних стартапів. Вони модифікують структуру ринку та призводять до створення нових бізнес-моделей. Це відкриває нові можливості для залучення фінансування та розвитку нових ідей.

Цифрова трансформація сільського господарства також сприяє досягненню цілей сталого розвитку, включаючи поліпшення моніторингу посівів у режимі реального часу, зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та створення більш стійких та здорових продуктів. Крім того, цифрова трансформація допомагає зменшити соціальні нерівності та забезпечує більший доступ до освіти та ринку праці.

У підсумку, цифрова трансформація аграрного сектору в Іспанії відкриває нові можливості для поліпшення якості життя, інновацій та досягнення цілей сталого розвитку, що стає важливим чинником для розвитку цього галузі в майбутньому [56].

Франція є однією з країн, яка активно займається цифровою трансформацією свого аграрного сектору. Це спрямовано на вдосконалення

ефективності, стійкості та конкурентоспроможності сільськогосподарських підприємств у світовому ринковому середовищі. Низка ініціатив та стратегій була запроваджена для досягнення мети.

Франція активно розвиває мережу сільських інноваційних центрів (CIVAM), які сприяють обміну знаннями та передовими технологіями між фермерами. Ці центри є платформами для впровадження цифрових інновацій у практику сільськогосподарського виробництва.

Французькі фермери використовують сучасні сільськогосподарські системи управління, які збирають та аналізують дані про ґрунт, погоду та врожайність. Ці дані допомагають оптимізувати виробництво та зменшувати споживання ресурсів.

Використання сенсорів та IoT-технологій дозволяє фермерам моніторити стан рослин, тварин та обладнання в реальному часі. Це сприяє вчасному реагуванню на зміни у виробництві та покращує якість продукції.

Фермери можуть виводити свою продукцію безпосередньо на електронні ринки, де вони мають можливість реалізовувати її прямо споживачам. Це призводить до зростання їхнього прибутку та розширення ринкових можливостей.

Французька влада надає фінансову підтримку та навчання фермерам для впровадження цифрових технологій. Це включає в себе навчання з використання сучасних сільськогосподарських програм, роботи з геопросторовими даними та управління виробництвом за допомогою мобільних додатків.

Ця цифрова трансформація аграрного сектору відіграє ключову роль у забезпеченні стійкості та конкурентоспроможності французьких фермерів у глобальному ринковому середовищі. Впровадження цифрових технологій сприяє збільшенню врожайності, зменшенню споживання ресурсів та покращенню якості продукції, що є важливими аспектами для успішного розвитку аграрної галузі у Франції.

Всього в Франції існує практично 250 стартапів, які зосереджені на аграрному секторі, що свідчить про зростаючий інтерес до цифрової

трансформації в цій галузі. Однією з найважливіших ініціатив в аграрному секторі Франції є група InVivo, що об'єднує близько 3000 компаній. Ця група активно розробляє широкий спектр технологічних продуктів і послуг, спрямованих на покращення якості та продуктивності в сільському господарстві.

Наприклад, однією з компаній, пов'язаних з групою InVivo, є Smag, яка надає фермерам доступ до програмного забезпечення, що охоплює понад 10 мільйонів гектарів сільськогосподарської території Франції. Це програмне забезпечення дозволяє фермерам отримувати інформацію з різних джерел, включаючи дані про погоду, оптимальні дати для обприскування, внесення насіння та добрив, а також відповідність нормативним вимогам. Важливим аспектом цього програмного забезпечення є можливість персоналізованого підходу до сільськогосподарських процесів та оптимізації виробництва.

Крім цього, нова хвиля "AgTech" призводить до створення більш конкретних інновацій, зокрема в сфері точного землеробства. Компанія Ve Ari пропонує дуже точне картографування земельних ділянок та аналіз різних показників, таких як родючість ґрунту та вплив на них. Це дозволяє виробникам адаптувати виробництво відповідно до конкретних умов та зменшувати використання пестицидів, що є важливим аспектом сталого сільського господарства.

Крім застосування технологій на рівні виробництва, високі технології також використовуються для контролю інших аспектів аграрного сектору. Контроль над Спільною сільськогосподарською політикою (CAP) завдяки алгоритмам і супутникам стає більш точним та ефективним. Супутники Sentinels 1 і 2 в співпраці з Європейським космічним агентством надають деталізовані зображення сільськогосподарських ділянок, включаючи інформацію про тип культур та розміри земельних ділянок. Ця інформація дозволяє ефективніше розподіляти допомогу фермерам та запобігати можливим шахрайствам. Технологія супутникового моніторингу допомагає країнам, таким як Італія, Іспанія та Бельгія, визначати відповідність критеріям для розподілу коштів у рамках CAP.

Насамкінець, ця цифрова трансформація аграрного сектору відкриває нові можливості для покращення ефективності виробництва та сталого розвитку, зменшення впливу на навколишнє середовище та оптимізації використання ресурсів у сільському господарстві Франції. Технології, які використовуються в цій галузі, роблять аграрний сектор більш сучасним та стійким до викликів сучасності [43].

Загальні висновки по цифровій трансформації аграрного сектору в Німеччині, Франції та Іспанії та їх порівняння з Україною дають можливість зрозуміти, що кожна з цих країн розвиває свій власний шлях до використання цифрових технологій у сільському господарстві, проте всі вони спрямовані на покращення продуктивності, стійкості та конкурентоспроможності сектору.

Ці країни продемонстрували значний прогрес у цифровій трансформації аграрного сектору, забезпечуючи фермерам доступ до високої розробленості технологічних рішень та інновацій. У Німеччині цифрова трансформація відзначається високою якістю продукції та зменшенням негативного впливу на навколишнє середовище завдяки співпраці зі стартапами та спеціалізованими компаніями у сфері точного землеробства. Франція активно розвиває стартапи та використовує програмне забезпечення для ефективного управління сільськогосподарськими процесами, зокрема, завдяки супутниковим технологіям для моніторингу виробництва. Іспанія зосереджується на впровадженні цифрових інновацій для поліпшення умов праці фермерів та зменшення впливу на довкілля, використовуючи високі технології та супутникові дані для надання допомоги відповідно до Спільної сільськогосподарської політики ЄС.

Порівняно з Україною, всі ці країни мають більш розвинену інфраструктуру та доступ до цифрових технологій у сільському господарстві. Україна також рухається в напрямку цифрової трансформації, але має ще багато завдань щодо розвитку інфраструктури, сприяння стартапам та інноваціям. Потенціал для використання цифрових технологій у сільському господарстві в Україні великий, і влада та бізнес активно працюють над цим напрямом.

Україна може вчитися від Німеччини, Франції та Іспанії, як розвивати інфраструктуру та створювати умови для стартапів та інновацій в аграрному секторі. Також важливо вдосконалювати моніторингові та аналітичні системи для підвищення продуктивності та стійкості сільського господарства.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СТАНУ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ АГРАРНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ

2.1. Розвиток ринку інновацій в аграрному секторі

Ринок інновацій розвивається доволі швидкими темпами, постійно з'являються новаторські технології, продукти, послуги та підходи. Це дозволяє покращувати ефективність аграрного сектору, збільшувати доходи, задіюючи менше людського ресурсу, в деяких випадках знижуючи собівартість за рахунок застосування новітніх засобів. Ринок інновацій зазвичай поділяють на 4 підгрупи, що зображено на рис. А1.:

- Інтернет речей (ІоТ);
- Безпілотний транспорт;
- Дистанційне керування;
- Штучний інтелект.

Інтернет речей (ІоТ) – це система автоматизації та аналізу даних, що об'єднує певні фізичні об'єкти та пристрої, за для взаємодії між ними. В основі ідеї ІоТ лежить взаємодія між собою фізичних речей з повсякдення за допомогою інтернету. Для аграрної сфери це є не замінним, так як можна контролювати все віддалено, спостерігати за показниками та в реальному часі корегувати всі процеси.

Рішення Інтернет речей допомагає фермерам усунути дефіцит попиту, забезпечуючи своїми технологіями стабільність системи та зменшення ризику людського фактору. Також це дозволяє вірно розподілити ресурси, не витрачаючи зайвого, за для збільшення рівню врожайності та зниження експлуатаційних витрат, наприклад, при поливі, можна регулювати кількість води, за допомогою датчиків вологості.

ІоТ включає в себе різні типи новаторських технологій, наприклад:

- сільськогосподарські дрони, що можуть стежити за процесами на полі, спостерігати за стадіями росту та відповідати за різноманітні дії;

- відстеження худоби, що дозволяє в будь який момент часу розуміти, де знаходяться тварини, це зручно у випадках, коли це ферма відкритого типу і тварини вільно ходять по території господарства;

- розумні теплиці, можуть самостійно виконувати підживлення, полив та забезпечення потрібного мікроклімату в теплиці;

- прогностична аналітика для розумного землеробства, дає можливість спрогнозувати на наступний період різні фактори, так щоб це принесло як найбільшу врожайність, це зменшить ризики непередбачуваних ситуацій на весь наступний період. Дані збираються з різних датчиків та сенсорів, це можуть бути температурні показники, кількість опадів, кислотність ґрунтів тощо [50].

В Україні IoT почав з'являтися з початку XXI століття. Першими впроваджували Topcon Corporation, Trimble Inc, Raven Industries, Hexagon, Geosys, Ag Leader, Pessl Instruments (рис. А.1.). Вони спеціалізуються на розробці цифрових рішень, систем моніторингу та управління, розробці метеорологічних станцій та рішення для прогнозування врожаю.

Topcon Corporation – японська компанія зі світовим іменем, що займається геопросторовими технологіями, GPS та IoT рішення для аграрного сектору. Основними розробками є:

- супутникова навігація представлені сенсорними консолями та приймачем/контролером;

- розумні знаряддя та врожай включають в себе мобільний додаток для моніторингу, систему моніторингу стану рослин та контроль обприскування;

- управління даними сільського господарства здійснюється за допомогою пристроїв для підключення до хмари та сільськогосподарської платформи Topcon (TAP) [39].

Trimble Inc – американська компанія, яка має доволі широкий перелік рішень для аграрного сектору, займається системами навігації та моніторингу для сільськогосподарської техніки, забезпечує всіма потрібними речами для точного сільського господарства.

Процес коли техніка та програмне забезпечення здатні обмінюватися даними, уже не потрібно проводити нескінченні години за плануванням наступних дій – технології точного сільського господарства виконують усі ці задачі за фермера [7].

Bitrek – українська компанія, що займається розробкою та виробництвом обладнання для GPS-моніторингу та контролю транспорту. За період з початку роботи вже випущено декілька поколінь пристроїв.

Обладнання, в комплексі з різними програмними продуктами, допомагає користувачам знижувати витрати на утримання автопарку, оптимізувати логістику і бізнес-процеси, підвищувати безпеку та конкурентоспроможність перевезень, залучати нових клієнтів за допомогою додаткових сервісів і багато іншого [20].

Irrigator – українська компанія, що орієнтована на крапельне зрошення: підземне та імпульсивне.

Підземне крапельне зрошення є передовим на ринку та має переваги в економії витрат води, зменшення ризику захворювань та шкідників, збільшення врожаю, мінімізація ризиків, що до виникнення ерозії ґрунту, мінімізація витрат на енергію та збереження добрив.

Імпульсне крапельне зрошення забезпечує значну економію води та енергії, підвищує врожайність, поліпшує якість товарної продукції, ефективність застосування добрив та інших хімікатів, знижує небезпеку засолення [12].

Climate Company – американська цифрова сільськогосподарська компанія, що надає послуги з аналізу даних. Пропонує користувачам цифрові карти для того, щоб краще аналізувати ефективність вирощування рослин. Має свою платформу Climate FieldView™, для керування даними зі смартфона. Місією цієї компанії, є посприяти всім аграріям світу стабільно підвищувати їх продуктивність за допомогою цифрових інструментів.

Climate Company має великий перелік партнерів, це спрямовано для того, щоб стати найбільш інтегрованою і зручною платформою у галузі. Переміщення даних між системами більше не є ручним процесом. За допомогою партнерських

відносин з іншими системами з'явилась можливість обмінюватися даними між платформою Climate FieldView™ та сумісними платформами упродовж лічених хвилин [17]. Прикладами таких партнерів є: John Deere, Veris – FieldFusion®, CLAAS, Horsch. І саме ці компанії будуть розглянуті в роботі нижче.

CNH Industrial — це компанія світового класу, яка займається виробництвом обладнання та послуг для сфери сільського господарства. Компанія працює над розвитком IoT технологій для покращення сільськогосподарських операцій та оптимізації виробництва [52]. Основними напрямками роботи є: моніторинг та діагностика сільськогосподарської техніки, підвищення продуктивності, оптимізація поливу, підвищення точності внесення добрив, моніторинг геоданих та аналітика, автоматизація через мобільні застосунки.

John Deere – американська компанія, що спеціалізується на машинобудуванні в сфері аграрного сектору, розробляють прогресивні рішення для підвищення ефективності використання техніки. В переліку їхніх досягнень вже є безпілотні трактори, що не потребують оператора в середині, системи контролю та моніторингу за рослинами, штучний інтелект, який розпізнає бур'ян та платформи, для моніторингу та управління показниками [59].

Arable – американська технічна компанія, допомагає фермерам з аналізом даних, створює спеціальні пристрої для збирання інформації в полях та для її обробки. Основними даними, що збираються є: температура, вологість, фото фіксація, швидкість вітру, дані про ґрунт та про рослини, їх стан і що вони потребують [34].

Agrivi пропонують новий підхід для вирішення старих проблем, такої як продовольча і саме за допомогою цифрової трансформації. Компанія розробник програмного забезпечення для цифровізації процесів сільського господарства, а саме: ефективне планування посівів, статистика поля в реальному часі, легке ведення записів, підвищення рентабельності ферми, повна відстежувальність урожаю та спрощене адміністрування ферми, також пропонується фермеру автоматизувати дані з технікою та підключити метеостанції, датчики ґрунту [33].

Field Bee - датська компанія, яка спеціалізується, як на програмному забезпеченні так і фізичних продуктах для розвитку IoT. Екосистема програмного забезпечення та фізичних пристроїв представлено лінійкою продуктів: система ручного керування PowerGuide, система автоматичного рульового керування PowerSteer, базова станція та приймач для отримання даних з датчиків, доповнюється це додатком FieldBee Tractor GPS Navigation App [54].

Компанія Veris technologies технологічна компанія, що допомагає фермерам з картографуванням та спостереженням за мінливістю ґрунту. Продуктовий ряд представлений: Soil Viewer карти в режимі реального часу в кабіні та Field Fusion об'єднання сенсорів на основі хмари. Також компанія має 4 види датчиків для моніторингу стану ґрунту [53].

FluroSap - стартап, що передбачає віддалене керування та моніторинг посівів. Основними продуктами є:

FluroSense - хмарна платформа для керування врожаєм;

ProductionWise – для платформа для прийняття рішень;
супутникові знімки [45].

Разом ці застосунки формують систему, що за допомогою супутникових знімків програма приймає рішення, які вплинуть на планування і керування врожаєм.

Agrility - цифрова платформа представлена компанією ТОВ «Лімагрейн Україна», поділена на 4 модулі:

- Agrility. DENSITY – призначений для аналізу полів, створює спеціальні карти-завдання для ефективного висіву, карти завантажуються в техніку, які мають GPS, тому висів відбувається чітко за розрахунками та координатами які були задані;

- Agrility. VEGETATION – використовує супутникові знімки для моніторингу стану росту рослин і фермер може цілодобово може спостерігати за станом посівів;

- Agrility. YIELD – модуль, який прогнозує врожайність поля, але поки працює в тестовому режимі;

- Agrility. HARVEST – прогнозує точні дати збору врожаю.

Всі ці модулі працюють лише для посівів кукурудзи та виробництва силосу [31].

Xarvio Digital Farming Solutions – технологічна платформа компанії BASF, яка допомагає оптимально управляти посівами, контролювати ріст і розвиток рослин, що сприяє поліпшенню врожаїв. Основними є два продукти: field manager та healthy fields.

Перший продукт складається з 4 основних компонентів: моніторинг поля, посів, підживлення та захист рослин. Все це може контролюватись з додатку на смартфоні чи комп'ютері.

Другий продукт – це гарантія на послуги, якщо врожайність, чи пошкодженість рослин не входять в певні рамки, то компанія поступово виплачує кошти [48].

Gorod Bot – програмно-апаратний комплекс, що дозволяє моніторити та керувати даними сільського-господарства. Контролювати за всім процесом можна як з телефону так і з комп'ютеру. Також система вміє надсилати сповіщення, при зниженні чи підвищенні показників, які моніторяться. Gorod Bot має датчики: задимлення, освітлення, датчик CO₂, вологості, ірригаційні канали, датчик Ph, веб-камеру, датчик EC, тощо [24].

Carbominer – українська компанія, що займається збиранням CO₂ з навколишнього простору.

Компанія описує процес як: - «Спочатку ми будуємо модульний блок уловлювання CO₂ і встановлюємо його біля теплиці та починаємо вловлювати CO₂ з навколишнього повітря. А потім ми доставляємо вловлений CO₂ до теплиці, таким чином сприяючи росту рослин.» (Carbominer, <https://carbominer.com/carbon-capture-technology/>, 29.10.2023) [60]

FlayAgData – українська компанія, яка збирає дані про сільськогосподарські процеси з техніки і допомагає формувати звіти для прогнозування подальших дій. Одною з цікавих функцій є фіксування технічних характеристик с/г техніки та можливість попередити поломку [6].

Безпілотний транспорт в аграрному секторі зараз має велике значення для України, так як із-за війни велика площа полів замінована і це несе загрозу для людини, яка б мала сидіти в автономних с/г машинах. Наразі вже багато фермерів, особливо на півдні країни, використовують автономні трактори для посівів та догляду за полями, без небезпеки для людини. Також ще одне застосування наразі це транспортні засоби для розмінування полів.

Загалом цей аспект цифрової трансформації є важливим для України, зараз та в майбутньому, це дасть змогу збільшити ефективність та прибутковність галузі. Безпілотний транспорт може використовуватись як:

- доставка та логістика: на території підприємства можна перевозити вантажі за допомогою такого транспорту, це оптимізує роботу та підвищить ефективність;

- моніторинг: застосування дронів, для спостереження за станом рослин чи тварин;

- розпилення добрив та пестицидів: безпілотні апарати дозволяють ефективно розпилювати добрива, без надлишку для кожної рослини окремо;

- автономні трактори: застосовуються для оброблення полів, з автоматичним керуванням, або ручним керуванням за допомогою додатку;

- збирання інформації та аналітика: безпілотники можуть зібрати великі обсяги інформації та автоматично передати їх в хмару для аналізу.

Для Українських реалій, поки що неможливо використовувати безпілотний транспорт на дорогах загального використання, так як не всюди є розмітка і стан доріг не відповідає нормам.

Історія використання безпілотного транспорту розпочинається ще з початку XXI ст., перші компанії, що зайшли на ринок України це: XAG та DJI.

XAG – спеціалізується на виготовленні безпілотників для аграрної сфери. Загалом компанія прагне надати оптимальні рішення від захисту рослин та моніторингу врожаю. Для більш екологічного вирощування рослин було розроблено трьох компонентне рішення для сільського господарства, застосувавши штучний інтелект, ІОТ та інтегровано роботів.

Компанія виробляє агродрони, наземні дрони, автопілоти для с/г техніки, дрони для картування, систему автотестування, розумну систему автогосподарства [18].

DJI – компанія по виробництву дронів, в аграрній сфері з'явилась з 2012 року, а в 2015 році заснована окрема компанія під назвою DJI Agriculture. Загалом продукція представлена лінійкою дронів для захисту рослин. Також була представлена платформа DJI Agriculture Data Management Platform, додаток DJI Smart Farm [41].

SlantRange – компанія, що працює за для підвищення продуктивності галузі сільського господарства. У 2013 році було розроблено систему, що визначає скільки світла поглинає та чи інша рослина. Це полегшить розуміння про хімічний склад та допоможе зі збільшенням врожайності. Загалом SlantRange аналізує дані та прогнозує умови врожаю.

Culver Aerospace – компанія, надає послуги з аерофотозйомки та моніторингу поверхні ґрунту. Основним продуктом є безпілотник Скіф, що може виконувати: аерофотознімання, ортофоплан, топографічне знімання, хмара точок, цифрова модель місцевості, цифрова модель рельєфу [21]. Також компанія виробляє розвідувальні БПЛА Patriot, що надаються для потреб військових.

Dronee – займаються розробкою та продажем дронів та запчастин до них. Розроблено програмне забезпечення для аналізу зібраних даних. Ці дрони створюються для картографування [42]. В лінійці товарів є обладнання автопілота. Це все забезпечить зростання ефективності сільського господарства та зменшення використання людського ресурсу.

Arbis DG – компанія – розробник безпілотних апаратів. Виробляє БПЛА для картографування, моніторингу та інших програм дистанційного зондування. Arbis DG для своїх безпілотників надає такі професійні продукти, як: аерокартографування, сільськогосподарський та лісовий моніторинг, моніторинг природного парку, обстеження об'єктів інфраструктури, моніторинг трубопроводів та ліній передач, аеророзвідка, надзвичайні ситуації та спостереження і безпека [29].

Horsch – високотехнічна компанія, що займається машинобудуванням для сільського господарства. Із розвитком технологій компанія розробляє автономні системи для керування сільськогосподарською технікою. За словами компанії, поки що, вони лише на початку свого шляху в інтелектуальній мережі. Основними продуктами є:

- HorshConnect – працює з додатком, який підключається через Wi-Fi, повністю передає керування технікою людині поза межами транспорту, надає інформацію та про всі дії та навіть про помилки, що виникають;

- термінали для керування технікою;

- технологія Isobus передбачає додаткові функції SectionControl, VariableRate або TaskController [49].

Дистанційне зондування – процес моніторингу за територією за рахунок відбитого та випромінюваного променю на відстані, це виконують за допомогою літаків чи дронів, на яких встановлені спеціальні датчики.

Безпілотні транспортні засоби в поєднанні з дистанційним зондуванням утворюють доволі стійку систему, що надає можливість точніше давати завдання техніці та робити коректні висновки. Ринок цих двох технологій зростає і ринки інших сучасних технологій, що видно на Рис. 2.1.



Рис. 2.1 – Прогноз ринку безпілотних транспортних засобів та дистанційного зондування.

Джерело: [36]

Ця технологія дозволяє зменшити ризиковість проблем, що виникають при сільському господарстві. Основною перевагою є те, що фермерам не потрібно перебувати постійно на полі, що побачити стан рослин, це забезпечить дистанційне зондування. Також за допомогою нього можна також слідкувати за ефективністю підживлення, поливу та хворобами.

Дистанційне зондування поділяється на чотири види:

- просторова роздільна здатність;
- спектральна роздільна здатність;
- радіометрична роздільна здатність;
- часова роздільна здатність.

В залежності від території, де проводяться дослідження, використовуються різні види просторової здатності, їх поєднують для отримання максимально ефективного результату [31].

Sentera – компанія, що надає дані, котрі потрібні фермеру. Користувач отримує дані, без потреби розбиратись, як керувати дронами, це зроблять спеціалісти. Є три основні напрямки продуктів:

- FieldCapture: налічує декілька типів датчиків та сенсорів для фотографування, безпілотники з нерухомим крилом, дрони і звичайно послуги польотів;

- FieldInsights: відповідає за програмне забезпечення для аналізу даних з датчиків;

- FieldAgent - платформа для візуалізації даних, включає в себе: скаутинг, сповіщення, рецепти, дані супутника, ґрунту та погоди, звіти та візуалізація, управління полями та даними [44].

MicaSense – виробник дронів та датчиків, який допомагає своїми застосунками аналізувати дані та приймати обґрунтовані рішення. Компанія пропонує різні види датчиків та камер для збору інформації. Також є вибір дронів, які призначені для перенесення датчиків та камер. Було розроблено додаток Atlas Flight для передачі та аналізу даних [46].

Augmenta – компанія, що виробляє технічне та програмне забезпечення для фермерів, щоб оптимізувати роботу, підвищити продуктивність та прибутковість. Основними продуктами є: аналізатор поля, планшетний додаток в салоні, Augmenta Live VRA - програмне забезпечення для отримання даних з датчиків, web портал, що зберігає в собі всю інформації, візуалізує її та робить певні висновки [55].

Штучний інтелект наразі наростаючими темпами входить в життя аграріїв. З'являються нові методи та прийоми, що застосовуються в сільському господарстві. З такими технологіями, людині все менше потрібно приймати рішень і зростає рівень точності аналізу та прогнозів. Це докорінно змінює спосіб життя фермера.

Загалом штучний інтелект – це поєднання IoT, безпілотного транспорту, дистанційного зондування, але рішення приймає не людина, а нею створена програма. Так працює точне сільське господарство і з'являються нові SmartFarm.

Ринок штучного інтелекту з кожним роком розширюється, що й зображено в прогнозі на Рис. 2.2.

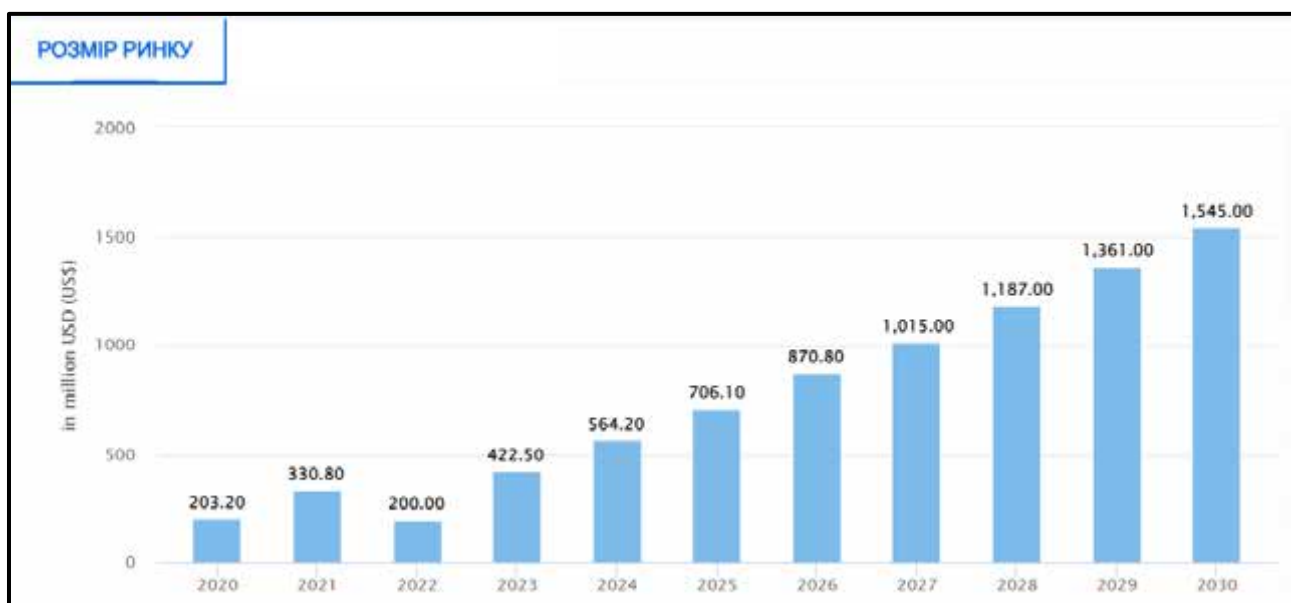


Рис. 2.2. – Прогноз ринку штучного інтелекту.

Джерело: [35]

Станом на зараз поки ще небагато компаній в Україні розробляють продукти зі штучним інтелектом для аграрної сфери.

Gamma – швейцарська компанія, що займається розробкою найпотужнішої в галузі цукрової тростини інтегрованої платформи для агрономічного інтелекту [28]. Для створення цієї системи було поєднано дистанційне зондування та моделювання врожаю за допомогою штучного інтелекту. Саме поєднання великої кількості різноманітних джерел можна якісніше зробити прогноз. Сама компанія розповідає, що вони можуть спрогнозувати на 12 місяців наперед.

Gamma завдяки своїм розробкам вже отримала світове визнання та нагороди від Google, Nvidia та Forbes. Наразі продовжується розробка нових рішень, що забезпечать зростання врожайності та формування звітів про сталий розвиток, що необхідно для точного сільського господарства.

OpenAgrobusiness – це проект компанії Kernel, який орієнтований на підтримку українського аграрного сектору. Шляхом нових технологій OpenAgrobusiness стимулює розвиток сільського господарства та запровадження культури партнерства. Основним застосунком штучного інтелекту є автоматизація польового моніторингу.

ШІ вміє оцінювати за фото різні показники, такі як густина та якість посіву. Середнє значення похибки складає 2%, що набагато краще результату звичайних методик оцінки людиною.

2.2. Аналіз е-урядування аграрного сектору України

Е-урядування аграрного сектору України є важливим етапом в розвитку сільськогосподарської галузі та спрямована на поліпшення управління та надання послуг аграрному сектору за допомогою сучасних інформаційних технологій та електронного урядування. Цей процес включає в себе ряд інноваційних підходів і рішень, які спрямовані на покращення якості та доступності агроспеціфічних послуг, спрощення процедур та зменшення бюрократичних перешкод.

На сьогоднішній день існує багато трактувань поняття "електронний уряд" і цілком зрозуміло, оскільки різні автори дивляться на нього з різних ракурсів.

Одні вчені надають перевагу описовим визначенням, зосереджуючись на трансформації суспільства та його структур в процесі впровадження "електронного урядування". Інші розглядають лише практичний бік "електронного урядування", розглядаючи різні можливості використання його інструментів. Є також формулювання, які акцентують увагу на технологічних рішеннях та намагаються максимізувати ефективність державного управління.

З правової точки зору термін "електронне урядування" інтерпретується вченими різним чином. Деякі визначають його як систему органів і організацій, спрямованих на створення умов, за яких Україну можна розглядати як інформаційне суспільство. Інші вчені спрощено розглядають "електронне урядування" як державне управління з використанням інформаційно-комунікаційних технологій для надання державних послуг, покращення взаємодії з громадянами та організаціями, а також для оптимізації внутрішніх процедур.

Також існують дві школи в тлумаченні "електронного урядування". Одна з них вважає, що воно трансформує внутрішньоорганізаційні відносини та взаємодії між органами державного управління та громадянами. Інша школа більше акцентує на модернізації діяльності державного управління через використання інформаційних технологій, що дозволяє підвищити його ефективність у наданні послуг громадянам. Ці різні підходи відображають різні аспекти "електронного урядування" [4].

Для впровадження цифрових технологій на державному рівні був створений державний аграрний реєстр. ДАР є автоматизованою електронною системою, розробленою Міністерством аграрної політики та продовольства України, з метою забезпечення ефективного та прозорого розподілу різних видів підтримки для українських аграріїв. Ця підтримка включає у себе фінансові кошти з державного бюджету, пільгові кредити, міжнародні гранти та технічну допомогу.

Після завершення процесу реєстрації та надання згоди на обробку персональних даних, кожному агровиробнику створюється персональний електронний кабінет в Державному аграрному реєстрі. Цей кабінет автоматично

отримує дані про господарську діяльність агровиробника з інших державних реєстрів, таких як реєстр юридичних осіб та фізичних осіб-підприємців, Державний земельний кадастр, Державний реєстр речових прав та Єдиний державний реєстр тварин. Інформація з цих реєстрів регулярно оновлюється при вході до кабінету.

Крім того, в електронному кабінеті агровиробника в ДАР міститься актуальна інформація щодо доступних програм підтримки. Аграрії можуть подавати онлайн заявки на участь у цих програмах через свій кабінет. Система також надає аграріям інформацію про нові можливості в режимі реального часу.

Важливо відзначити, що реєстрація та подання заявок на участь у програмах підтримки в ДАР є безкоштовними для агровиробників. Цей реєстр був створений в рамках виконання закону України "Про внесення змін до деяких законів України щодо функціонування Державного аграрного реєстру та удосконалення державної підтримки виробників сільськогосподарської продукції та за підтримки Європейського Союзу та Світового банку.

Цифрові реєстри для підтримки аграріїв є поширеними практиками в Європейському Союзі та інших країнах, і їх впровадження в Україні сприяє підвищенню ефективності та прозорості підтримки аграрного сектору [19].

Розвиток цифрового е-урядування також передбачає впровадження електронних сервісів та платформ для аграрних суб'єктів, що спрощує взаємодію з державними органами та підвищує рівень обслуговування. Наприклад, електронний сервіс Держгеокадастру дозволяє отримувати інформацію про земельні ділянки, подавати заявки на їх реєстрацію та отримувати відомості про права на землю онлайн.

Цифрові рішення також сприяють зменшенню бюрократії та підвищенню ефективності управління аграрним сектором. Вони дозволяють урядовим органам оперативно отримувати та аналізувати дані про стан ринків, обсяги виробництва та інші важливі показники, що сприяє прийняттю більш обґрунтованих рішень.

У майбутньому розвиток цифрового е-урядування в аграрному секторі України може сприяти ще більшому покращенню умов для аграріїв, зростанню ефективності галузі та забезпечити більшу конкурентоспроможність на світовому ринку.

Офіційний веб-сайт Міністерства аграрної політики та продовольства України (<http://www.minagro.gov.ua>) відіграє ключову роль у системі електронного урядування аграрного сектору України. Цей веб-сайт має розділ "Підтримка аграріїв", де аграрії можуть отримати всю необхідну інформацію про державну підтримку. Тут розміщена інформація про програми дотацій та компенсацій, а також форми документів для їх отримання. Сайт також містить інші корисні розділи, наприклад, можливість участі у електронних торгах, знаходження елеваторів за допомогою інтерактивної карти, використання електронних логістичних калькуляторів тощо.

Цей веб-сайт відіграє важливу роль, інформуючи аграріїв про новини та можливості взаємодії з державою. Використовуючи цей ресурс, аграрії можуть легко отримати доступ до реальної допомоги, такої як отримання дотацій і компенсацій. Сайт надає можливість скачувати необхідні форми у зручному форматі, що спрощує процедуру отримання підтримки.

Крім того, важливим аспектом є існування сайтів українських аграрних університетів, де надається інформація про наукові дослідження та консультації. Проте порівняно з іншими країнами, сільськогосподарські підприємства України відстають у використанні інформаційних технологій для створення нових бізнес-моделей. Це відставання у сфері інформаційних технологій призводить до недостатньої конкурентоспроможності та ускладнює процес прийняття раціональних рішень у галузі сільського господарства. Світовий досвід показує, що впровадження систем електронного урядування в основному починається зі створення міжвідомчих мереж електронного документообігу і закінчується переходом до електронного формату для широкого спектру різних сервісів взаємодії держави, бізнесу та громадянського суспільства [10].

Цифровізація урядових служб та регуляторів в сільському господарстві відкриває перед ними низку проблем та викликів. По-перше, однією з ключових проблем є потреба у великих інвестиціях для впровадження та підтримки цифрових систем та технологій. Це може стати бар'єром для більш малих та менш розвинених регіонів та країн, які не мають доступу до достатньої фінансової бази для цифрового перетворення.

По-друге, забезпечення кібербезпеки стає критичною проблемою у контексті цифрової трансформації урядових служб та регуляторів. Сільське господарство зазвичай містить велику кількість конфіденційних та чутливих даних, і їх незаконний доступ може призвести до серйозних наслідків. Отже, забезпечення надійної кібербезпеки є важливим викликом для урядових органів та регуляторів.

Третьою проблемою є впровадження єдиних стандартів та сумісності між різними цифровими системами, які використовуються у сільському господарстві. Без такої єдиної системи може виникнути фрагментація даних та труднощі у взаємодії між різними господарськими суб'єктами.

Однією з ключових викликів є також забезпечення доступності та інклюзивності цифрових рішень для всіх учасників сільського господарства, включаючи малих фермерів та сільські громади. Важливо гарантувати, що всі сільські жителі мають рівний доступ до цифрових інструментів та можуть відчутти користь від цифрової трансформації.

Враховуючи ці проблеми та виклики, урядові служби та регулятори повинні розробити стратегії та політику, які сприяють стійкому та взаємовигідному впровадженню цифрових технологій у сільському господарстві.

Україна приділяє важливу увагу регулюванню електронного урядування в аграрному секторі через низку нормативних актів. Нижче наведені деякі з ключових законодавчих та регуляторних документів, які визначають рамки е-урядування в аграрному секторі України:

- Закон України "Про електронні документи та електронний документообіг": цей закон визначає правову основу для використання

електронних документів та цифрового документообігу в урядових органах та господарській діяльності загалом. Він визначає процедури електронного обміну інформацією та вимоги до підписування електронних документів.

- Закон України "Про доступ до публічної інформації": цей закон встановлює право громадян на доступ до публічної інформації, включаючи інформацію в аграрному секторі. Він визначає процедури надання громадянам доступу до електронних ресурсів та даних.

- Закон України "Про електронну комерцію": цей закон регулює питання електронної комерції, включаючи електронну торгівлю сільськогосподарською продукцією. Він визначає правила електронних торгів та захист прав споживачів в електронному середовищі.

- Закон України "Про засоби інформаційно-телекомунікаційної техніки":

Цей закон регулює питання стандартів та технічних вимог до інформаційно-телекомунікаційної техніки, що використовується в урядових органах та інших організаціях.

- Стратегія розвитку інформаційного суспільства в Україні "Інфоукраїна": Ця стратегія визначає загальну спрямованість розвитку інформаційного суспільства в Україні та включає положення про електронне урядування, включаючи аграрний сектор.

- Постанови та розпорядження Кабінету Міністрів України: Кабінет Міністрів України приймає численні постанови та розпорядження, які стосуються електронного урядування та його впровадження в аграрному секторі.

- Регуляторні акти міністерств та відомств: міністерства та відомства, відповідальні за аграрний сектор, приймають регуляторні акти, які визначають конкретні аспекти електронного урядування та надання послуг через електронні платформи.

Зазначені нормативні акти і документи є важливими для регулювання електронного урядування в аграрному секторі та визначають правила, за якими впроваджуються електронні сервіси та послуги для сільських господарів та інших учасників аграрного ринку в Україні.

Розвиток електронного урядування в Україні з 2000 року пройшов кілька етапів, кожен із яких характеризується специфічними подіями та досягненнями:

На початку 2000-х років в Україні практично відсутня була інфраструктура для електронного урядування. Органи влади та агенції практично не використовували інформаційні технології для надання послуг чи взаємодії з громадянами та бізнесом.

У середині 2000-х років було зроблено перші кроки у напрямку модернізації електронного урядування. Були створені окремі інформаційні системи для обліку різних видів даних. Проте це були великі ізольовані проекти без інтеграції.

На початку 2010-х років розпочалася програма "Електронна Україна," спрямована на розвиток електронного урядування. Було створено кілька ключових інформаційних систем, таких як "Прозора держава" та "Дія." Ці системи дозволили спростити процедури взаємодії з державними органами, зокрема в аграрному секторі.

У середині 2010-х років акцент було зроблено на питаннях кібербезпеки та сумісності систем. З'явилися нормативні акти, спрямовані на забезпечення безпеки електронних даних та інформаційного обміну між системами.

У теперішній час акцент приділяється розвитку електронних сервісів та користувацьких інтерфейсів. З'являються нові онлайн-платформи для сільських господарів та аграрних підприємств, які дозволяють проводити операції, заповнювати документи та здійснювати інші послуги онлайн.

Ці етапи відображають розвиток електронного урядування в Україні та показують поступове впровадження технологій та систем, спрямованих на поліпшення взаємодії між урядом, громадянами та бізнесом у сільському господарстві [8].

Досвід побудови електронного урядування в різних країнах світу можна розділити на три основні моделі: англо-американську, континентально-європейську і азійську. Кожна з цих моделей відображає підходи та принципи, які

використовуються в конкретних країнах для створення та розвитку електронного урядування.

Англо-американська модель орієнтується на створення інформаційних супермагістралей, які надають універсальне обслуговування громадян та забезпечують доступ до інформації щодо питань публічного управління. Основним принципом цієї моделі є перехід від бюрократичних відносин між владою та громадянами до "сервісної влади", де система електронного урядування служить громадянам, надаючи публічні послуги та забезпечуючи їх підзвітність. Незважаючи на тенденцію до відкритості та прозорості, після терористичних подій 11 вересня 2001 року політика відкритості в США зазнала змін.

Континентально-європейська модель характеризується наявністю наднаціональних структур, що регулюють інформаційні відносини в Європейському інформаційному просторі. В цій моделі звертається увага на інтеграцію європейських країн та законодавство, яке регулює інформаційні потреби громадян та підприємств.

Азійська модель враховує особливості управління, корпоративної культури та багаторівневої системи публічного управління, що базується на ієрархії. В цій моделі акцент робиться на впровадженні сучасних інформаційно-комунікаційних технологій в гуманітарну сферу, доступі громадян до інформаційних ресурсів та розвитку електронної демократії.

У різних країнах ці моделі втілюються в практиці з урахуванням особливостей та завдань кожної конкретної держави. Побудова електронного урядування ставить за мету полегшити доступ громадян до публічної інформації, публічних послуг та взаємодії з владними структурами.

На сьогоднішній день існують хороші приклади послуг електронного уряду, спрямованих на сільське господарство, представлені на порталах таких організацій як Міністерство сільського господарства Франції, Департамент сільського господарства, рибальства та лісового господарства Австралії, Міністерство сільського господарства Тайваню та Міністерство сільського

господарства США. Вони надають різноманітні послуги та інформацію, спрямовану на полегшення життя сільських господарств [30].

Розвиток загальної структури, яка б поєднувала основні аспекти створення та впровадження послуг електронного урядування для сільського господарства, може сприяти більш ефективному та результативному переходу до надання державних послуг у онлайн-середовищі.

Електронний уряд – це широкий концепт, який включає в себе використання інформаційно-комунікаційних технологій для поліпшення взаємодії державних органів з громадянами, бізнесом, іншими урядовими установами, неурядовими та некомерційними організаціями. Ця система може бути розділена на п'ять основних типів:

- Від уряду до громадянина (G2C): цей вид взаємодії передбачає доступ до електронних послуг та ресурсів, які уряд надає громадянам через інтернет-платформи. Це може включати різноманітні електронні сервіси та інтерактивні можливості для громадян, які доступні онлайн.

- Уряд-бізнес (G2B): цей тип взаємодії стосується відносин між урядом та підприємствами. Електронні урядові портали можуть надавати підприємствам можливість подавати різноманітні звіти, отримувати ліцензії, сплачувати податки тощо.

- Уряд-уряд (G2G): цей тип взаємодії відбувається між різними урядовими органами. Це може включати обмін даними між міністерствами та агентствами для поліпшення координації та ефективності державних служб.

- Від уряду до неурядових організацій (G2NGO): цей тип взаємодії стосується співпраці урядових органів із неурядовими організаціями (НУО). Уряд може надавати НУО доступ до ресурсів та інформації через онлайн-платформи для спільних проектів і програм.

е) Уряд для некомерційних організацій (G2NPO): цей тип взаємодії означає співпрацю уряду з некомерційними організаціями, такими як благодійні фонди та громадські організації. Це може включати в себе надання грантів, допомогу в організації заходів громадської участі тощо.

Ці різні типи взаємодії в електронному уряді вказують на широкий спектр можливостей, які вони надають для поліпшення співпраці між різними сферами суспільства та покращення надання державних послуг [37].

Для визначення ефективності е-урядування створено спеціальний індекс EGDI - визначається для різних країн і відображає рівень розвитку електронного урядування в кожній з них. Цей індекс враховує доступність електронних послуг для громадян, підприємств і внутрішню ефективність урядових органів. Зазвичай вимірюється від 0 до 1, де 0 вказує на найнижчий рівень розвитку е-урядування, а 1 - на найвищий.

За даними на 2021 рік, Австрія має найвищий показник EGDI - 0,88575, що свідчить про високий рівень розвитку електронного урядування в цій країні рис. 2.3 [38].

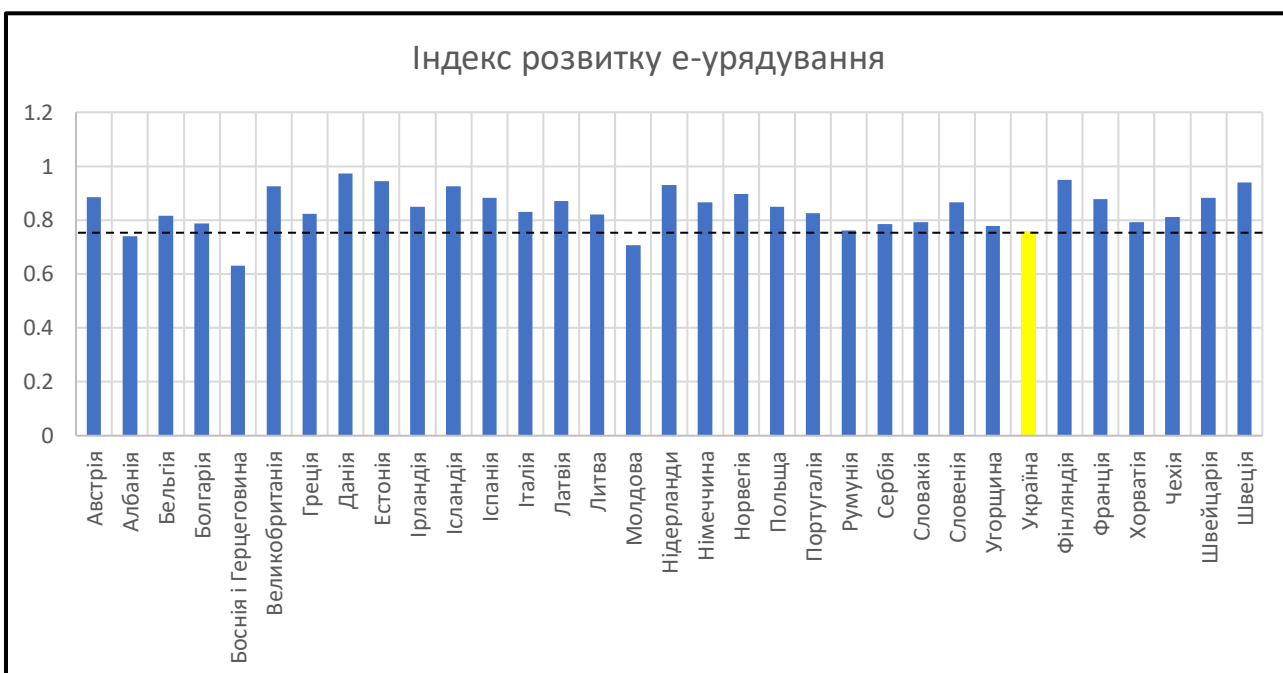


Рис. 2.3. – Індекс розвитку е-урядування в європейських країнах

Джерело: [38]

Загалом по рис. 2.3. можна зробити наступні висновки:

Європейські країни мають доволі високий рівень розвитку електронного урядування. Найкращі показники мають Австрія, Данія, Ісландія, Нідерланди, Норвегія, Фінляндія, Швейцарія і Швеція.

Країни, які розташовані на Східній та Південно-Східній європейській околиці, такі як Україна, Молдова, Албанія, Боснія і Герцеговина, Сербія та Румунія, мають нижчий рівень розвитку електронного урядування, проте вони також виявляють певний прогрес у цій сфері.

Розвинені країни Європи загалом показують доречність у розвитку електронного урядування та забезпеченні доступу громадян до онлайн-послуг та інформації.

Як висновок е-урядування в аграрній сфері є важливим інструментом для покращення ефективності, прозорості та конкурентоздатності сільськогосподарського сектору. Цифрові технології та інноваційні підходи допомагають управляти ресурсами, вдосконалювати виробництво, сприяють впровадженню точного землеробства та стимулюють розвиток аграрного бізнесу.

Завдяки е-урядуванню можливе поліпшення моніторингу та аналізу сільськогосподарських процесів, сприяючи прийняттю кращих управлінських рішень. Доступ до цифрових ресурсів, таких як геопросторові дані, допомагає вдосконалювати землекористування та ефективність використання ресурсів.

Е-урядування також сприяє покращенню взаємодії між різними учасниками сільськогосподарського ланцюга, забезпечуючи ефективну обмін інформацією та спрощуючи процедури, пов'язані з ліцензуванням, реєстрацією та фінансовими операціями.

Однак для успішного впровадження е-урядування в аграрній сфері необхідна національна стратегія, наявність відповідної інфраструктури та підтримки для бізнесу. Важливо також надавати підготовку та підтримку для фахівців у сфері цифрових технологій та надавати доступ до сучасних інструментів для сільськогосподарських виробників.

Загалом, е-урядування в аграрній сфері відкриває багато можливостей для підвищення продуктивності, зменшення втрат та створення більш стійких та конкурентоздатних аграрних підприємств.

2.3. Оцінка перспектив цифрової трансформації аграрного сектору України

Україна за останні роки вже здійснила певний прогрес у використанні цифрових технологій в аграрному секторі, зокрема в галузях систем моніторингу, GPS, автоматизації та інших інструментів. Однак рівень впровадження їх може варіюватися в залежності від регіону та розміру сільськогосподарських підприємств.

Українські фермери використовують системи моніторингу для контролю за ростом рослин, станом ґрунту та іншими агрономічними параметрами. Ці системи дозволяють відстежувати стан посівів та реагувати на можливі проблеми в реальному часі.

GPS використовується для точного позиціонування та навігації на полі. Фермери можуть використовувати GPS для оптимізації маршрутів обробітки полів, розташування зрошувальних систем та внесення добрив.

Деякі великі сільськогосподарські підприємства в Україні вже впроваджують автоматизовані системи для поліпшення ефективності виробництва. Це може включати в себе автоматизовані зрошувальні системи, роботизовані технічні засоби для внесення добрив та обприскувачі.

Фермери використовують електронні системи для моніторингу врожаю та збору даних про врожайність. Це допомагає їм аналізувати результати врожайності та вчасно реагувати на зміни у виробництві.

Існують цифрові платформи та додатки, які дозволяють фермерам обмінюватися інформацією про ціни, ринки, технології та інші аспекти сільськогосподарської діяльності.

Хоча деякі фермери та аграрні підприємства в Україні активно використовують ці цифрові технології, важливо зауважити, що існують інші, особливо на менших господарствах, які можуть потребувати додаткової підтримки та навчання для впровадження цих інновацій. Також існують виклики,

пов'язані з доступністю технологій та їхньою вартістю, які можуть бути перешкодою для багатьох фермерів.

Основний потенціал цифрової трансформації полягає в усуненні цільових конфліктів і в можливості ефективної оптимізації виробничих процесів, організації та управління. Це досягається завдяки інноваційним технологіям, спрямованим на точне і цілеспрямоване використання відповідних ресурсів для підвищення виробництва. Цифрова трансформація також надає можливість досягнення сталого розвитку, підвищуючи продуктивність виробництва та оптимізуючи виробничі процеси.

Стандартизація та створення мережі даних полегшують обмін інформацією та сприяють взаємодії між різними учасниками сільського господарства, ринком та державними установами. Збільшення конкуренції також спонукає учасників сільськогосподарського ринку до використання цифрових технологій для підвищення продуктивності та конкурентоспроможності [3].

Україна здійснює ряд ініціатив та проєктів у сфері розширення фінансування цифрових трансформацій. Ось деякі з них:

- Підтримка громадянського суспільства через фонд "Act to Support": Фонд Східна Європа та ЄС оголосили конкурс проєктів цифрових інструментів civic tech "Act to Support" для організацій громадянського суспільства. Кожна з 10 організацій отримує близько 20 тис. євро для підтримки внутрішньо переміщених осіб та громад.

- Підтримка жінок-підприємниць: За сприянням ініціативи "She's Next Empowered by Visa" проведено фінал для жінок-підприємниць, де шість переможниць отримали 1,3 млн грн для реалізації своїх бізнес-концептів.

- Інтеграція в європейський ринок через програму "Механізм сполучення Європи" (CEF): Україна підписала Угоду про приєднання до програми CEF, що допоможе їй інтегруватися в європейський ринок та отримувати фінансування для проєктів у різних сферах, включаючи цифрову.

- Співпраця з європейськими компаніями для магістрального підключення: Україна співпрацює з європейськими компаніями для забезпечення стійкості магістрального підключення для цифрових глобальних шлюзів.

- Підтримка українських інноваторів: Україна та Великобританія створили простір для співпраці підприємців різних країн, що дозволяє українським інноваторам демонструвати свою стійкість та конкурентоспроможність на глобальному рівні.

- Залучення іноземних підприємців через програму е-резидентства: Уряд започаткував ініціативу залучення підприємців з Індії, Пакистану, Словенії і Таїланду до програми е-резидентства, що може призвести до надходження додаткових коштів до бюджету.

- Поліпшення е-урядування та антикорупційні заходи: Уряд розробляє ряд цифрових інструментів для підтримки антикорупційних заходів та поліпшення ефективності роботи державних органів.

- Цифрова освіта та фінтех-розвиток: Україна співпрацює з компанією "Cisco" для розвитку проєктів з цифрової освіти. Також створено Український каталог фінтех-компаній для просування української фінтех-екосистеми на внутрішньому та міжнародному ринках.

Ці ініціативи спрямовані на підтримку цифрової трансформації в Україні та забезпечення стійкості та конкурентоспроможності країни в глобальному контексті [26].

Цифрова трансформація аграрного сектору в майбутньому України обіцяє бути перспективною і значущою галуззю. Перш за все, впровадження цифрових технологій в сільське господарство може покращити ефективність виробництва та зробити його більш стійким до зовнішніх впливів. Завдяки сучасним агротехнологіям, фермери матимуть доступ до точного земельного обробітку, управління ресурсами, інтегрованих систем моніторингу і прогнозу погоди.

Далі, цифрова трансформація сприятиме покращенню якості і безпеки продукції. Інтеграція сучасних систем управління якістю та трекінгу дозволить

відстежувати походження продуктів та забезпечити їх відповідність стандартам безпеки та якості.

Крім того, впровадження цифрових рішень у сільському господарстві підвищить конкурентоспроможність українських товаровиробників на світовому ринку. Ефективна моніторинг і управління процесами виробництва дозволить зменшити витрати та підвищити якість продукції.

Крім того, цифрова трансформація може сприяти залученню інвестицій у сільське господарство та створити нові можливості для стартапів та інноваційних компаній. Впровадження сучасних рішень в аграрний сектор може стати привабливою інвестиційною платформою.

З іншого боку, виклики цифрової трансформації включають питання кібербезпеки та приватності даних. Зростаюча залежність від цифрових технологій може створювати нові ризики і вимагати вдосконалення заходів з захисту інформації.

Також, потрібно враховувати соціальні аспекти. Цифрова трансформація може призвести до зміни працевлаштування та вимагати підготовки персоналу до використання нових технологій.

Важливо враховувати, що доступ до цифрових рішень повинен бути рівноправним для всіх суб'єктів аграрного сектору, незалежно від їхнього розміру чи ресурсів.

Загалом, цифрова трансформація обіцяє покращити аграрний сектор України за рахунок підвищення продуктивності, конкурентоспроможності та якості продукції. Але для досягнення успіху, необхідно звернути увагу на всі аспекти впровадження цифрових технологій та ефективно вирішувати виникаючі виклики.

РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ АГРАРНОГО СЕКТОРУ

3.1. Регресійна модель цифрової трансформації в аграрному секторі України

Регресійний аналіз - це статистичний метод, що використовується для вивчення залежності між залежною змінною та однією або декількома незалежними змінними (пояснюючими факторами). Його ціль полягає в тому, щоб встановити, як незалежні змінні впливають на залежну змінну та в який спосіб цей вплив виражається.

Регресійний аналіз може бути використаний для розв'язання двох типів завдань. Перший - це прогнозування значень залежної змінної на основі значень незалежних змінних. Наприклад, ви можна використовувати регресійний аналіз для прогнозування врожайності, прибутків та інших факторів.

Другий тип завдань - це вивчення впливу незалежних змінних на залежну змінну, тобто встановлення, які фактори суттєво впливають на результат та як саме вони це роблять. Цей вид регресійного аналізу допомагає зрозуміти зв'язок між змінними та приймати управлінські рішення.

Один з найпоширеніших методів регресійного аналізу - це лінійна регресія, де припускається, що залежна змінна лінійно залежить від незалежних змінних. Важливо визначити коефіцієнти цієї лінійної залежності, які вказують, наскільки змінюється залежна змінна при зміні незалежних змінних.

Регресійний аналіз може бути застосований до багатьох галузей, включаючи економіку, фінанси, аграрну сферу, соціальні науки та інші. Він допомагає вивчати і передбачати важливі зв'язки між змінними та сприяє прийняттю обґрунтованих рішень на основі даних.

Проста лінійна регресія представляє собою статистичну модель, яка дозволяє визначити зв'язок між залежною та незалежною змінними. У цій моделі вираз виглядає наступним чином:

$$Y = b_0 + b_1X \quad (3.1)$$

Де:

Y - це залежна змінна, яку ми намагаємось передбачити чи пояснити.

X - незалежна (пояснювальна) змінна, яка служить для пояснення змін у залежній змінній.

b_0 - це коефіцієнт, який вказує на значення залежної змінної, коли незалежна змінна рівна нулю.

b_1 - коефіцієнт, який представляє собою зміну в залежній змінній, пов'язану з одиничним змінням незалежної змінної.

Ця модель дозволяє аналізувати та передбачати залежну змінну на основі незалежної змінної та параметрів a та b . Вона широко використовується в статистиці та наукових дослідженнях для вивчення зв'язків між змінними та використовується для моделювання різноманітних явищ.

Множинний лінійний регресійний аналіз суть подібний до простої лінійної моделі, за винятком того, що в моделі використовується більше однієї незалежної змінної. Математично це виражається наступним чином:

$$Y = b_0 + b_1 * X_1 + b_2 * X_2 + b_3 * X_3 \quad (3.2)$$

Де:

Y - залежна змінна, яку потрібно пояснити чи передбачити.

X_1, X_2, X_2 - незалежні (пояснювальні) змінні, які використовуються для пояснення змін у залежній змінній.

b_0 - це перехоплення, що вказує на значення залежної змінної, коли всі незалежні змінні рівні нулю.

b_1, b_2, b_3 - це нахили, які відображають зміну залежної змінної, пов'язану з одиничним змінням відповідних незалежних змінних.

Важливою умовою для множинної лінійної регресії є також неколінеарність, тобто незалежні змінні повинні мати мінімальну кореляцію одна

з одною. Це обов'язково, оскільки сильна кореляція між незалежними змінними може ускладнити оцінку впливу кожної змінної на залежну змінну [58].

Для дослідження та побудови регресії використано індекси цифрової трансформації та валову вартість виробництва аграрного сектору наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Дані для регресійної моделі

Рік	Продуктивність праці в сільському господарстві на людину, тис.дол	Рівень рентабельності с/г підприємств, %	Індекс розвитку електронного урядування
2003	1,05	12,60	0,46
2004	1,75	8,10	0,53
2005	2,00	6,80	0,55
2006	2,31	2,80	0,57
2007	2,44	15,60	0,60
2008	3,51	13,40	0,57
2009	3,62	13,80	0,54
2010	10,49	21,10	0,52
2011	13,03	27,00	0,54
2012	12,64	20,50	0,57
2013	16,09	11,20	0,53
2014	17,53	25,80	0,50
2015	17,21	38,71	0,55
2016	21,10	24,07	0,61
2017	20,84	30,20	0,61
2018	23,94	29,40	0,62
2019	25,62	10,50	0,68
2020	28,01	13,60	0,71
2021	30,04	36,40	0,76

Розрахунки були виконані в R Studio за допомогою основних пакетів мови програмування R. Для початку дослідження дані завантажені в R Studio за допомогою функції `read.csv()`, як наведено в лістингу 3.1.

Лістинг 3.1. - Завантаження даних в R Studio

```
data<-read.csv("C:/Users/Ira/Desktop/data_1.csv", sep=";",
dec = ",")
```

Кореляційний аналіз є одним із методів статистичного аналізу, який використовується для вивчення взаємозв'язків між декількома змінними. Основна мета кореляційного аналізу - це оцінка ступеня взаємозв'язку між змінними у генеральній сукупності на основі вибірки, а також визначення приватних і загальних коефіцієнтів кореляції та детермінації на підставі отриманих даних.

Парні та приватні коефіцієнти кореляції вказують на тісноту лінійних зв'язків між двома змінними, якщо врахувати вплив інших факторів на мінімальному рівні. Ці коефіцієнти можуть змінюватися від -1 до +1, де ближчий до 1 коефіцієнт вказує на більш сильний зв'язок між змінними. Якщо коефіцієнт кореляції більший за нуль, то зв'язок позитивний, а в разі менше нуля - негативний.

Множинний коефіцієнт кореляції визначає ступінь лінійної залежності між однією змінною (результативною) та рештою змінних, що включені у модель. Його значення знаходиться в діапазоні від 0 до 1 [15].

Для знаходження коефіцієнта кореляції та побудови кореляційної матриці використано функцію `cor()`, код для виконання цих дій вказаний в лістингу 3.2. Результати побудови зображені на рис. 3.1.

Лістинг 3.2. - Побудова кореляційної матриці

```
cor_matrix <- cor(data[, c("Y", "X1", "X2")])
print(cor_matrix)
```

```
> print(cor_matrix)
      Y      X1      X2
Y  1.0000000 0.5933222 0.7147177
X1 0.5933222 1.0000000 0.2450681
X2 0.7147177 0.2450681 1.0000000
```

Рис. 3.1. – Кореляційна матриця

За результатами аналізу кореляційної матриці коефіцієнт кореляції між різними факторами становить 0,24. Ця цифра свідчить про низький рівень

прямого взаємозв'язку між цими факторами. Цей показник вказує, що мультиколінеарність відсутня.

Мультиколінеарність вказує на те, що декілька незалежних змінних в моделі досить сильно корелюють одна з одною, що може створити труднощі при аналізі індивідуального внеску кожної змінної у пояснення змін у залежній змінній. Це може призвести до менш точних та надійних результатів аналізу та ускладнити інтерпретацію впливу факторів.

Для побудови регресії використано функцію `lm()` та функцію `summary()` для виведення статистики по регресії. Код наведений у лістингу 3.3. та результати по регресії на рис. 3.2.

Лістинг 3.3. – побудова регресійної моделі

```
model <- lm(Y ~ X1 + X2, data = data)
summary(model)
```

```
> summary(model)
Call:
lm(formula = Y ~ X1 + X2, data = data)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-11.0324  -3.3887  -0.4867   3.0100  10.2214

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -42.1380    10.8164  -3.896 0.001285 **
X1           0.4325     0.1380   3.134 0.006413 **
X2          81.4387    19.0894   4.266 0.000591 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 5.788 on 16 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6969,    Adjusted R-squared:  0.659
F-statistic: 18.39 on 2 and 16 DF,  p-value: 7.131e-05
```

Рис. 3.2. – Двофакторна регресійна модель

Отже, після проведення регресійного аналізу можна зробити наступні висновки:

- Обидві незалежні змінні, X_1 і X_2 , мають статистично значущий вплив на залежну змінну Y . Це підтверджується низькими p -значеннями для обох змінних ($\text{Pr}(>|t|) < 0,05$), що свідчить про статистичну значимість їх впливу.

- Коефіцієнт для X_1 дорівнює 0,4325, що означає, що кожне одиниця зміни в X_1 пов'язана зі зменшенням/збільшенням Y на 0,4325 одиниць. Для X_2 коефіцієнт становить 81,4387, що свідчить про більший вплив на Y .

- Коефіцієнт b_0 дорівнює -42,1380. Це означає, що при нульових значеннях X_1 та X_2 , Y в середньому становить -42.1380.

- Модель в цілому пояснює приблизно 69,69% варіації у залежній змінній Y (Multiple R-squared = 0,6969). Це вказує на досить хорошу здатність моделі передбачати Y на основі X_1 і X_2 .

- Стандартна похибка вимірює точність моделі у відношенні до фактичних даних. У цьому випадку вона становить 5,788, що означає, що середній прогноз може відрізнятись від фактичного значення Y на 5,788 одиниць.

- F -статистика вказує на те, що модель являється статистично значущою (F -statistic = 18,39, p -value = 0,00007).

Загалом, ця регресійна модель є статистично значущою та здатною пояснити зміни у продуктивності праці на основі незалежних змінних (рівню рентабельності та індексу розвитку електронного урядування).

Для точного висновку по результату даної регресійної моделі побудовано графік лінійної регресії, код наведений в лістингу 3.4. та графік побудований на рис. 3.3.

Лістинг 3.4. - Створення датафрейму для передачі в ggplot2

```
library(ggplot2)
data_plot <- data.frame(Year = data$Year, Y = data$Y,
Predicted = predict(model))
ggplot(data_plot, aes(x = Year)) +
  geom_point(aes(y = Y), color = "blue", size = 3) +
  geom_line(aes(y = Predicted), color = "black", size = 1) +
```

```
labs(title = "Графік регресії", x = "Рік", y = "Залежна
змінна") +
theme_minimal()
```

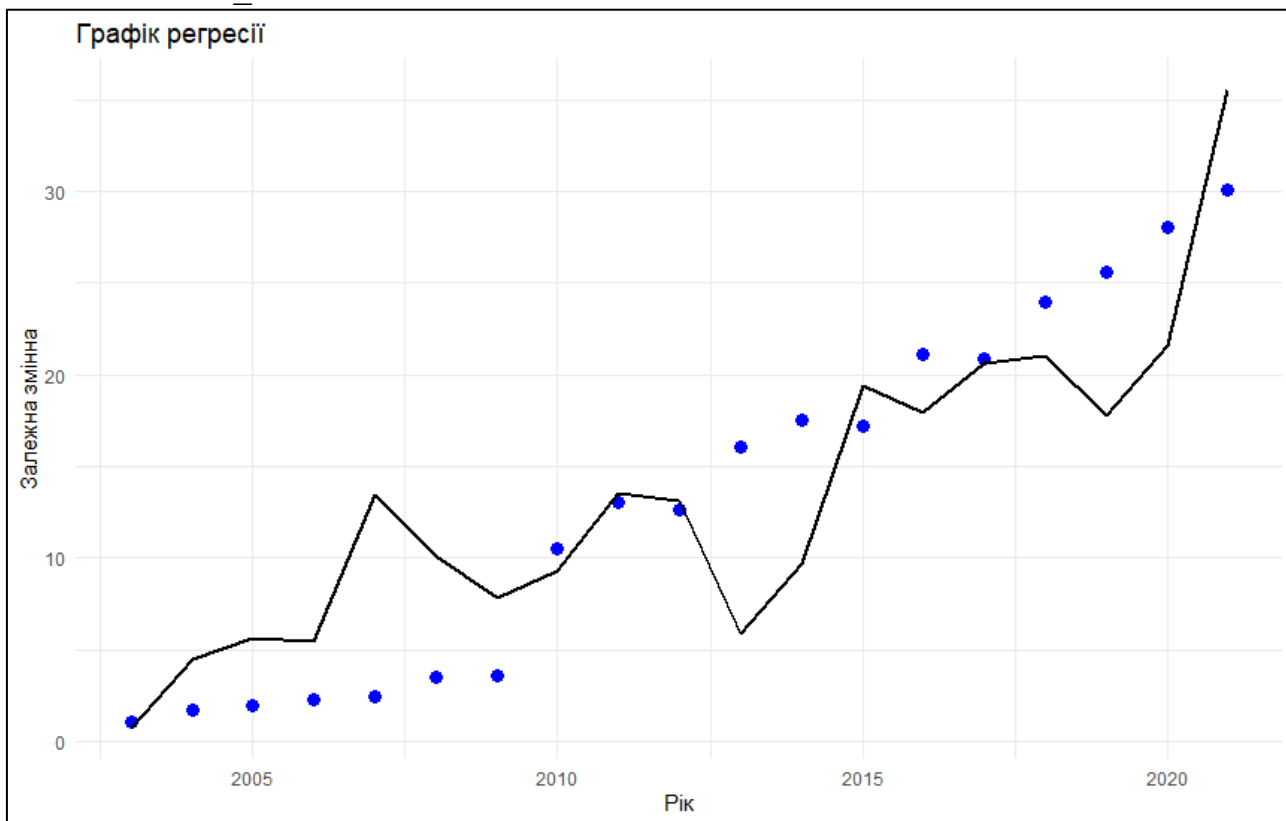


Рис. 3.3. – Графік лінійної багатofакторної регресії

Лінія тренду, що позначена на рис. 3.3. свідчить про те, що існує статистична залежність між двома факторами, яку можна описати лінійною моделлю.

Отже, регресійна модель, побудована на основі даних про рентабельність та індекс розвитку електронного урядування, надає можливість передбачити рівень продуктивності праці в аграрному секторі в залежності від змін у цих двох факторах. Це може бути корисним для прогнозування та планування діяльності сільськогосподарських підприємств та органів управління в сільському господарстві.

Обмеження регресійної моделі: Важливо враховувати, що регресійна модель має свої обмеження. Вона базується на припущенні про лінійну залежність між незалежними та залежною змінною, а також ігнорує інші можливі фактори, що впливають на продуктивність праці.

Узагальнюючи, результати цього аналізу свідчать про важливість рентабельності та інформаційних технологій (індекс розвитку електронного урядування) для підвищення продуктивності праці в аграрному секторі.

3.2. Кластеризація країн за показниками цифрової трансформації

Кластерний аналіз - це завдання, яке полягає у групуванні набору об'єктів або ситуацій у підмножини, які називаються кластерами, таким чином, щоб об'єкти всередині кожного кластера були схожими між собою, а об'єкти, які належать до різних кластерів, суттєво відрізнялися один від одного. Задача кластеризації відноситься до областей статистичної обробки даних і машинного навчання та включає в себе виявлення структури в наборах даних без вчителя, тобто без передбачення або міток [14].

Мета кластерного аналізу:

- Групування схожих об'єктів разом для виявлення структури в наборі даних.
- Визначення подібностей та відмінностей між групами об'єктів.
- Виявлення прихованих залежностей або закономірностей у даних.
- Відокремлення суттєвих груп об'єктів для подальшого аналізу або прийняття рішень.

Методи кластерного аналізу включають:

- Групування за відстанню: де кластери формуються на основі відстаней між об'єктами.
- Методи розділення і об'єднання: вони починають з одного великого кластера, який розбивається на менші кластери або навпаки.
- Методи спільного аналізу: вони використовують статистичні моделі для одночасного моделювання об'єктів і кластерів.
- Методи ієрархічного кластерування: де об'єкти поступово групуються в кластери за ієрархічною структурою.

- Методи спектрального аналізу: вони використовують властивості спектрів матриць подібності для кластеризації.

- Методи кластеризації на основі штучних нейронних мереж і багатьох інших.

Кластерний аналіз широко використовується в різних галузях, включаючи науку про дані, машинне навчання, маркетинг, біологію, соціологію та багато інших областей для аналізу та виявлення структури в наборах даних.

Для кластеризації обрано країни Європи за 2021 рік, по 10 показникам, що наведені в таблиці Б1. Розрахунки були проведені в R Studio. Для визначення кількості кластерів було використано «метод каменя», або інакше «метод ліктя».

Ідея методу ліктя полягає в наступному: при збільшенні кількості кластерів k , розподіл об'єктів у вибірці стає точнішим, і ступінь об'єднання кожного кластера поступово зростає. Як наслідок, сума квадратів помилок зменшується поступово. Особливо важливою є ситуація, коли значення k менше кількості справжніх кластерів у даних. В цьому випадку збільшення k призводить до значного збільшення ступеня об'єднання кластерів, і тому SSE значно зменшується.

Коли значення k підходить до кількості справжніх кластерів, зменшення SSE спочатку росте дуже швидко, але потім поступово згладжується, оскільки значення k продовжує зростати. Це означає, що відношення між SSE і k має форму "коліна", і оптимальне значення k відповідає кількості справжніх кластерів у даних. Таким чином, метод отримав назву "метод ліктя", оскільки графік може нагадувати коліно [11]. Код для виконання цього методу описаний в лістингу 3.5., отриманий результат складає 10 кластерів, наведений на рис. 3.4.

Лістинг 3.5. - Визначення кількості кластерів «методом ліктя»

```
set.seed(123)
result <- fviz_nbclust(data[, -1], kmeans, method = "wss")
print(result) + ggtitle("Оптимальна кількість кластерів") +
  xlab("Кількість кластерів k") +
```

```
ylab("Загальна сума квадратів")
```

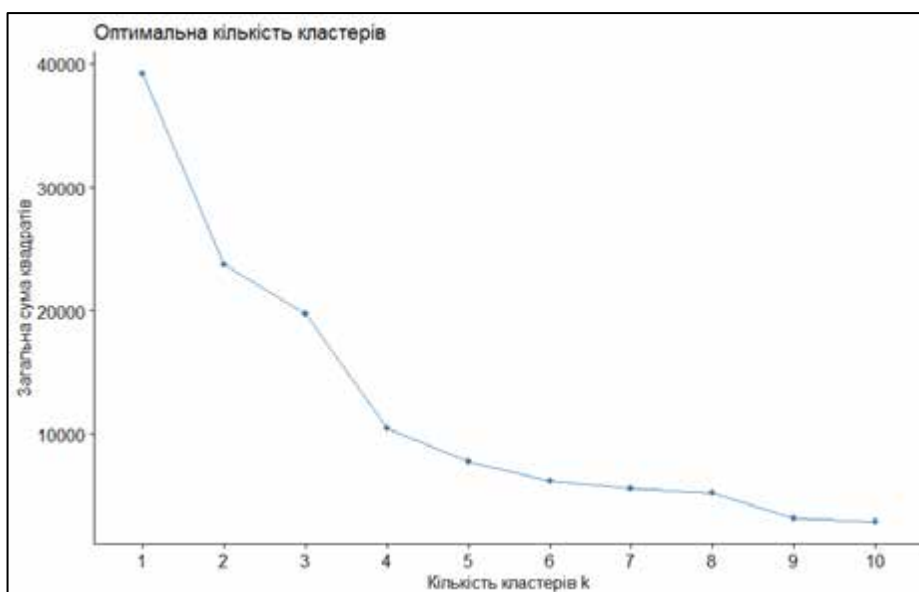


Рис. 3.4 – Оптимальна кількість кластерів визначена «методом ліктя»

Метод К-середніх є найбільш відомим алгоритмом кластеризації, який спрямований на розділення набору даних на задану кількість кластерів так, щоб вони розташовувалися на максимальній відстані один від одного. Процес роботи алгоритму включає наступні етапи:

- Спочатку випадковим чином вибирається К центральних точок для кластерів. Визначення оптимального значення К може бути викликано шляхом аналізу даних і спроби визначити кількість потрібних груп.

- Для кожної точки в наборі даних обчислюється відстань між цією точкою і кожним з К центрів, і точка призначається кластеру з найближчим центром.

- На основі класифікованих точок перераховуються центри кластерів, знаходячи середнє значення всіх векторів в кожному кластері.

- Кроки 2-3 повторюються задану кількість разів або до тих пір, поки зміна центрів кластерів на кроці 3 не стає менше заданого значення.

Метод К-середніх має перевагу в швидкості виконання, оскільки він має лінійну складність $O(n)$. Проте він також має свої недоліки. По-перше, потрібно передбачити кількість кластерів перед виконанням алгоритму, що не завжди є очевидним. По-друге, результати алгоритму залежать від початкового

розташування центрів кластерів, і тому кілька повторних запусків може призвести до різних результатів кластеризації. Інші методи кластеризації можуть бути більш однозначними і менше схильними до варіацій [25]. Методом k-середніх виконано розподіл по 10 кластерах, де k – це кількість кластерів. Код вказаний в лістингу 3.6., розподіл зображений на рис. 3.5.

Лістинг 3.6. – Розподіл країн на 10 кластерів

```
K=10
```

```
kmeans_result <- kmeans(data[, -1], centers = K)
```

```
print(kmeans_result)
```



Рис. 3.5. – Результат кластеризації

У проведеному дослідженні магістерської роботи виявлено цікавий та значущий факт: країни Німеччина, Франція, Іспанія і Україна були об'єднані в один кластер. Це вказує на те, що ці країни поділяють спільні риси та характеристики у сфері цифрової трансформації аграрного сектору. Цей факт свідчить про можливість обміну досвідом та взаємодії у цій галузі між Україною та визначеними європейськими країнами. Така спільність у цифровій

трансформації створює потужний фундамент для подальшого розвитку та співпраці між країнами, сприяючи взаємному збагаченню та інноваціям у сфері аграрної індустрії.

Для аналізу кожного кластеру розподілено кластери для кожного спостереження. Код вказаний в лістингу 3.7., результат з R Studio наведений на рис. 3.6.

Лістинг 3.7. - Визначення кластеру для кожного спостереження

```
cluster_assignments <- kmeans_result$cluster
data$Cluster <- cluster_assignments
```

```
K-means clustering with 10 clusters of sizes 2, 3, 7, 2, 2, 2, 3, 2, 1, 4
Cluster means:
  x1      x2      x3      x4      x5      x6      x7      x8      x9      x10 cluster
1 11.21000 13.880000 102.76000 99.36000 0.9500000 81.65000 2.680000 4.945000 57.95000 0.9450000 5.000000
2 10.98667 10.710000 117.01333 84.90667 0.7933333 58.44667 1.063333 3.860000 38.26667 0.8300000 1.333333
3 4.99000 4.455714 95.10143 102.50714 0.8085714 60.45286 1.202857 3.928571 39.82857 0.8557143 9.000000
4 5.21500 4.265000 99.50500 95.70000 0.9100000 80.88500 1.995000 5.135000 64.30000 0.9550000 5.000000
5 0.75500 0.980000 100.72500 91.41500 0.9050000 69.46000 2.080000 4.230000 47.00000 0.9050000 8.000000
6 5.81500 5.865000 105.34000 96.48500 0.8500000 71.24000 2.625000 4.535000 49.95000 0.9050000 8.000000
7 20.85667 33.440000 98.70000 101.48667 0.8666667 62.09333 1.393333 4.503333 48.46667 0.9033333 5.333333
8 4.04500 8.925000 110.23000 105.28500 0.8750000 75.37500 1.830000 4.775000 50.55000 0.9550000 8.000000
9 0.26000 0.410000 206.74000 97.20000 0.9300000 67.69000 2.710000 4.460000 51.80000 0.9600000 4.000000
10 57.05500 53.357500 117.00750 91.49500 0.8450000 70.14000 1.827500 4.467500 48.32500 0.8800000 6.750000

Clustering vector:
 [1] 6 3 3 6 1 5 10 10 3 3 9 8 7 3 3 1 8 7 2 2 2 3 5 10 4 4 10 7

within cluster sum of squares by cluster:
 [1] 53.03850 1010.31973 704.65951 28.10015 72.24485 35.41370 546.95460 34.44915 0.00000 2496.37190
 (between_ss / total_ss = 87.3 %)

Available components:
 [1] "cluster" "centers" "totss" "withinss" "tot.withinss" "betweenss" "size"
 [8] "iter" "ifault"
```

Рис. 3.6. – Результат визначення кластеру для кожного спостереження

Загалом, дані поділились на 10 основних кластерів, кожен з яких характеризується відмінними характеристиками валової вартості виробництва сільського господарства, виробленої продукції, індексу загальної продуктивності факторів сільського господарства (TFP), індексу витрат на сільське господарство, індексу розвитку електронного урядування, індексу мережевої готовності, витрат на дослідження та розробки як частка валового внутрішнього продукту (ВВП), індексу готовності до передових технологій, глобального індексу інновацій та індексу людського розвитку.

- Кластер 1: Цей кластер вирізняється високими значеннями валової вартості виробництва сільського господарства, виробленої продукції та індексу розвитку електронного урядування.

- Кластер 2: Кластер має найвищі значення індексу загальної продуктивності факторів сільського господарства та найнижчі витрати на сільське господарство.

- Кластер 3: Цей кластер характеризується високими показниками індексу мережевої готовності та середніми витратами на дослідження та розробки як частка ВВП.

- Кластер 4: Кластер відзначається низькими витратами на дослідження та розробки як частка ВВП та найнижчим значенням глобального індексу інновацій.

- Кластер 5: Цей кластер характеризується найвищими значеннями індексу розвитку електронного урядування та індексу мережевої готовності.

- Кластер 6: Кластер має найвищі показники валової вартості виробництва сільського господарства та найнижчі витрати на сільське господарство.

- Кластер 7: Цей кластер характеризується високими значеннями глобального індексу інновацій та найвищими витратами на дослідження та розробки як частка ВВП.

- Кластер 8: Кластер має високі значення валової вартості виробництва сільського господарства, індексу готовності до передових технологій та глобального індексу інновацій.

- Кластер 9: Цей кластер характеризується найвищими показниками індексу людського розвитку та виробленої продукції сільського господарства.

- Кластер 10: Кластер відзначається високими значеннями індексу загальної продуктивності факторів сільського господарства та індексу витрат на сільське господарство.

Ця загальна характеристика дає загальний уявлення про основні відмінності між кластерами та їхніми основними характеристиками, додатково представлено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2.

Загальний аналіз показників у кластерах

Кластер	Валова вартість виробництва С/Г	Вироблена продукція С/Г	Індекс загальної продуктивності факторів сільського господарства	Індекс витрат на сільське господарство	Індекс розвитку електронного урядування	Індекс мережевої готовності	Витрати на дослідження та розробля як частка ВВП	Індекс готовності до передових технологій	Глобальний індекс інновацій	Індекс людського розвитку
1	Великий	Великий	Середній	Середній	Великий	Великий	Середній	Великий	Середній	Середній
2	Великий	Великий	Великий	Низький	Середній	Низький	Низький	Середній	Низький	Низький
3	Великий	Великий	Великий	Великий	Середній	Середній	Низький	Великий	Середній	Середній
4	Великий	Великий	Великий	Великий	Низький	Низький	Низький	Низький	Низький	Низький
5	Середній	Середній	Середній	Низький	Низький	Низький	Низький	Середній	Низький	Великий
6	Низький	Низький	Великий	Середній	Середній	Великий	Середній	Великий	Середній	Великий
7	Великий	Великий	Середній	Великий	Великий	Низький	Низький	Великий	Великий	Великий
8	Середній	Низький	Великий	Середній	Великий	Великий	Середній	Великий	Середній	Великий
9	Низький	Низький	Великий	Великий	Середній	Великий	Середній	Великий	Середній	Низький
10	Великий	Великий	Великий	Низький	Великий	Середній	Середній	Великий	Низький	Середній

ВИСНОВКИ

У сучасному світі, цифрова трансформація стає невід'ємною та надзвичайно актуальною частиною розвитку аграрного сектору. Існуючі технології та інноваційні підходи дозволяють підвищити продуктивність та конкурентоспроможність сільського господарства, а також забезпечують стійкість галузі до зовнішніх викликів і коливань на світовому ринку.

Однією з ключових характеристик цифрової трансформації аграрного сектору є впровадження сучасних цифрових технологій та інновацій. Це включає в себе застосування різноманітних інформаційних систем, IoT-рішень, аналіз даних, штучний інтелект, та багато інших інструментів. Ці технології допомагають вдосконалити всі аспекти сільського господарства, від посіву та збору врожаю до управління ланками постачання та реалізацією продукції.

Під час розвитку цифрової трансформації важливо враховувати світовий досвід та успішні практики інших країн. Існують численні приклади успішних цифрових ініціатив в аграрному секторі, які можуть бути використані як зразки для подальшого розвитку. Зокрема, це стосується реалізації "сільського господарства 4.0", де технології, дані та автоматизації інтегруються для оптимізації виробництва та управління.

Ринок інновацій в аграрному секторі стає все більш важливим для залучення нових технологій та ресурсів. Розвиток цифрового урядування в аграрному секторі України відкриває можливості для покращення взаємодії між державними органами та аграрними підприємствами, що сприяє ефективному вирішенню питань та підтримці розвитку галузі.

Оцінка перспектив цифрової трансформації аграрного сектору України свідчить про можливість досягнення позитивних результатів завдяки впровадженню інновацій та цифрових рішень. Регресійна модель допомагає прогнозувати вплив цифрових технологій на розвиток сільського господарства, і це є ключовим аспектом для обґрунтованих стратегій розвитку.

Кластеризація країн за показниками цифрової трансформації в аграрному секторі надає можливість виділити групи країн з подібними рівнями розвитку та розробити індивідуальні стратегії для подальшого розвитку цієї галузі.

Загальний висновок полягає в тому, що цифрова трансформація є невід'ємною частиною розвитку аграрного сектору, яка має великий потенціал для покращення якості та продуктивності сільського господарства в Україні. Для досягнення успіху у цій галузі необхідно продовжувати впроваджувати інноваційні рішення, спираючись на світовий досвід та розвивати співпрацю між урядовими органами та сільськогосподарськими підприємствами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аграрний сектор економіки: підсумки 2022 та прогноз на 2023 рік. Національний інститут стратегічних досліджень. URL: <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/ahraryu-sektor-ekonomiky-pidsumky-2022-ta-prohnoz-na-2023-rik> (дата звернення: 03.11.2023).
2. Агроновини. Криза в аграрній галузі: як вижити на тлі високих витрат та низьких цін на продукцію? – AgroPortal.ua. URL: <https://agroportal.ua/blogs/kriza-v-agrarniy-galuzi-yak-vizhiti-na-tli-visokih-vitrat-ta-nizkikh-cin-na-produkciyu> (дата звернення: 03.11.2023).
3. Барсуковський О. Використання цифрових технологій у сфері сільського господарства. Соціальна і цифрова трансформація: теоретичні та практичні проблеми правового регулювання : Всеукр. міжнар. науково-практ. конф. Київ, 2021. С. 78–81. URL: https://ippi.org.ua/sites/default/files/socialna_i_cifrova_transformaciya_2021.pdf.
4. Бойко Я. Впровадження електронного урядування в Україні : Магістерська робота. Дніпро, 2021. 84 с. URL: <https://cutt.ly/hwRIUeEc> (дата звернення: 03.11.2023).
5. Герасименко І. Цифровізація як один зі шляхів підвищення продуктивності праці аграрного сектору України. Платформа «соціоекономічний вектор відбудови України». 2022. С. 41–42.
6. Головна - Flyagdata. Flyagdata. URL: <https://www.flyagdata.io/uk/> (дата звернення: 02.11.2023).
7. Головна - Trimble Agriculture. Trimble Agriculture. URL: <https://zemlerobstvo.trimble.com/> (дата звернення: 02.11.2023).
8. Електронне урядування та електронна демократія. Київ : EGAP, 2017. 68 с. URL: <https://cutt.ly/nwRIZWB2>
9. Застрожнікова І. Вплив digital-технології на формування кадрового потенціалу аграрного сектору. Ефективна економіка. 2021. № 2. URL: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2021.2.100> (дата звернення: 03.11.2023).

10. Застрожнікова І. ЕЛЕКТРОННЕ УРЯДУВАННЯ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ. Факультет економіки та бізнесу. 2018. № 3 (38). С. 18–22. URL: <https://doi.org/10.31388/2519-884X-2018-38-18-22> (дата звернення: 03.11.2023).
11. Зінченко Г. Дослідження методів кластеризації часових рядів за значеннями параметрів : Пояснювальна записка. Харків, 2021. 56 с. URL: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/33b7c227-1782-4fdf-ac6c-d258d1f4294b/content>.
12. Імпульсне крапельне зрошення. Irrigator. URL: <https://irrigator.ua/impulsnoe-kaпельnoe-oroshenie/> (дата звернення: 02.11.2023).
13. Карп'як О. Забезпечення міжнародної конкурентоспроможності сільського господарства України в умовах Індустрії 4.0 : Бакалаврська робота. Київ, 2023. 99 с. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/58495/1/Karpiak_bakalavr.pdf (дата звернення: 03.11.2023).
14. Кластерний аналіз – Wiki ТНТУ. Wiki ТНТУ. URL: https://wiki.tntu.edu.ua/Кластерний_аналіз (дата звернення: 04.11.2023).
15. Назаров М. Курс соціально-економічної статистики. Финстатинформ, ЮНИТИ-Д., 2000. 771 с. URL: <http://ebib.pp.ua/kurs-sotsialno-ekonomicheskoy-statistiki.html> (дата звернення: 04.11.2023).
16. Негрей, М. В., & Трофімцева, О. В. (2022). Аналіз функціонування аграрного сектору України в умовах війни. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Економічна», (102), 49-56. <https://doi.org/10.26565/2311-2379-2022-102-06>.
17. Партнери. Climate FieldView. URL: <https://www.climatefieldview.com.ua/partners/> (дата звернення: 02.11.2023).
18. Про ХАГ | ХАГ Ukraine. ХАГ Ukraine. URL: <https://www.xagukraine.com/about-xag> (дата звернення: 02.11.2023).
19. Про Державний аграрний реєстр. Державний аграрний реєстр. URL: <https://www.dar.gov.ua/about-dar> (дата звернення: 03.11.2023).

20. Про компанію - Bitrek.ua. BITREK | Обладнання для GPS моніторингу - Bitrek.ua. URL: <https://bitrek.ua/about-company> (дата звернення: 02.11.2023).

21. Продуктові рішення компанії Culver Aerospace на основі даних, зібраних з поверхні землі за допомогою БПЛА. Сервіси відео- та фотомоніторингу земної поверхні – Culver Aerospace. URL: <https://culver.aero/uk/products> (дата звернення: 02.11.2023).

22. Статистична інформація. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 04.11.2023).

23. Україна 2030e – країна з розвинутою цифровою економікою. Український інститут майбутнього. URL: <https://strategy.uifuture.org/kraina-z-rozvinutoyu-cifrovoyu-ekonomikoju.html> (дата звернення: 03.11.2023).

24. Умная система для управления фермами и теплицами. GorodBot. URL: <https://gorodbot.com/> (дата звернення: 02.11.2023).

25. Факультет комп'ютерних наук та кібернетики. URL: https://csc.knu.ua/media/study/asp/mod_probl_inf_tech_sys_analysis_ivohin/lecture/1ес2.pdf (дата звернення: 04.11.2023).

26. Цифрова трансформація економіки України в умовах війни (червень 2023). Національний інститут стратегічних досліджень. URL: <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/tsyfrova-transformatsiya-ekonomiky-ukrayiny-v-umovakh-viyny-cherven-2023> (дата звернення: 03.11.2023).

27. Шабатура Т. Перспективи розвитку аграрного сектору економіки України в контексті цифрових технологій. Приазовський економічний вісник. 2019. № 3 (14). С. 126–127. URL: http://rev.kpu.zp.ua/journals/2019/3_14_uk/23.pdf (дата звернення: 03.11.2023).

28. About Us - Gamaya. Gamaya. URL: https://gamaya.com/en_us/about-us/ (date of access: 03.11.2023).

29. Abris Design Group | Abris Design Group. Abris DG. URL: <https://abris.aero/> (date of access: 02.11.2023).

30. Agricultural e-government services: An implementation framework and case study / M. Ntaliani et al. Computers and Electronics in Agriculture. 2010. Vol. 70, no. 2. P. 337–347. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2009.09.008> (date of access: 03.11.2023).

31. Agricultural Remote Sensing Basics – Publications. North Dakota State University. URL: <https://www.ag.ndsu.edu/publications/crops/agricultural-remote-sensing-basics> (date of access: 03.11.2023).

32. Agrility – найзручніший цифровий інструмент аграрія. Aggeek. URL: <https://aggeek.net/ru-blog/agrility--najzruchnishij-tsifrovij-instrument-agrariya> (дата звернення: 02.11.2023).

33. Agrivi 360 farm enterprise. Agrivi. URL: <https://www.agrivi.com/products/360-farm-enterprise/> (date of access: 02.11.2023).

34. Arable Mark 3 and Arable Vision - Arable. Arable. URL: <https://www.arable.com/mark3/> (date of access: 02.11.2023).

35. Artificial Intelligence - Ukraine | Market Forecast. Statista. URL: <https://www.statista.com/outlook/tmo/artificial-intelligence/ukraine#market-size> (date of access: 03.11.2023).

36. Autonomous & Sensor Technology - Ukraine | Market Forecast. Statista. URL: <https://www.statista.com/outlook/tmo/artificial-intelligence/autonomous-sensor-technology/ukraine#market-size> (date of access: 03.11.2023).

37. Chatzinikolaou P., Bournaris T. Classification and Ranking of Greek agricultural and environmental e-governement services. International Conference on Information and Communication Technologies for Sustainable Agri-production and Environment (HAICTA 2011) : International Conference, Skiathos, 8 September 2011. P. 52–53. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-1152/paper5.pdf> (date of access: 03.11.2023).

38. Data Center. UN E-Goverment Knowledgebase. URL: <https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/data-center> (date of access: 03.11.2023).

39. Digital Farm Management. Topcon Positioning Systems, Inc. URL: <https://www.topconpositioning.com/crop-production/digital-farm-management> (date of access: 02.11.2023).
40. Digital transformation in the agri-food industry: recent applications and the role of the COVID-19 pandemic / A. Hassoun et al. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2023. Vol. 7. URL: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1217813> (date of access: 03.11.2023).
41. DJI Agriculture - Better Growth, Better Life. DJI. URL: <https://ag.dji.com/?site=brandsite&from=nav> (date of access: 02.11.2023).
42. Dronee - drones for surveying, agriculture, 3d mapping. Dronee. URL: <https://dronee.aero/> (date of access: 02.11.2023).
43. Eck D. 'Agri-tech' spreading like wildfire across French farms. www.euractiv.com. URL: <https://www.euractiv.com/section/agriculture-food/news/agri-tech-spreading-like-wildfire-across-french-farms/> (date of access: 03.11.2023).
44. FieldAgent. Sentera. URL: <https://sentera.com/products/fieldagent/> (date of access: 02.11.2023).
45. Flurosat. Latifundist.com. URL: <https://latifundist.com/kompanii/1840-flurosat> (date of access: 02.11.2023).
46. Getting Started with MicaSense. MicaSense. URL: <https://cutt.ly/8wRRkaLP> (date of access: 02.11.2023).
47. GTAI. Digital Farming in Germany. GTAI. URL: <https://www.gtai.de/en/invest/service/publications/digital-farming-in-germany-992502> (date of access: 03.11.2023).
48. HEALTHY FIELDS. xarvio Digital Farming Solutions. URL: <https://www.xarvio.com/ua/uk/products/healthy-fields.html> (date of access: 04.11.2023).
49. HORSCH Maschinen GmbH. Home | HORSCH. URL: <https://www.horsch.com/ua/produkti/intelektualni-sistemi> (date of access: 02.11.2023).

50. IoT transforming the future of agriculture | IoT Solutions World Congress | may 21 – 23 Barcelona. IOT Solutions World Congress | MAY 21 – 23 Barcelona. URL: <https://www.iotsworldcongress.com/iot-transforming-the-future-of-agriculture/> (date of access: 02.11.2023).

51. National Contact Point for the EU's Digital Europe Program designated in Ukraine. Government Portal. URL: <https://www.kmu.gov.ua/en/news/v-ukraini-vyznachyly-natsionalnyi-kontaktnyi-punkt-prohramy-ies-tsyfrova-ievropa> (date of access: 03.11.2023).

52. Our Brands | CNH Industrial. CNH Industrial. URL: <https://www.cnhindustrial.com/en-US/Our-Company/Our-Brands> (date of access: 02.11.2023).

53. Platform Software. Veris Technologies. URL: <https://www.veristech.com/software> (date of access: 02.11.2023).

54. Precision agriculture products. FieldBee. URL: <https://www.fieldbee.com/products> (date of access: 02.11.2023).

55. Product Augmenta. Augmenta. URL: <https://www.augmenta.ag/product> (date of access: 02.11.2023).

56. Sadjadi E. N., Fernández R. Challenges and Opportunities of Agriculture Digitalization in Spain. *Agronomy*. 2023. Vol. 13, no. 1. P. 259. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy13010259> (date of access: 03.11.2023).

57. Skrypnyk S., Obikhod S., Verbivska L. EMPLOYMENT IN A DIGITAL ECONOMY. *Ekonomika ta derzhava*. 2021. No. 12. P. 6–7. URL: 39 (date of access: 03.11.2023).

58. Taylor S. Regression Analysis. Corporate Finance Institute. URL: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/data-science/regression-analysis/> (date of access: 04.11.2023).

59. Technology & Innovation. John Deere. URL: <https://about.deere.com/en-us/our-company-and-purpose/technology-and-innovation> (date of access: 02.11.2023).

60. Technology|Carbominer. Carbominer. URL: <https://carbominer.com/carbon-capture-technology> (дата звернення: 02.11.2023).

61. Ukrinform. Частка продукції АПК українського експорту становила торік 53% - експерт. Укрінформ - актуальні новини України та світу. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3662836-castka-produkcii-apk-ukrainskogo-eksportu-stanovila-torik-53-ekspert.html> (дата звернення: 24.10.2023).

62. What is digital transformation?. McKinsey & Company. URL: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-digital-transformation> (date of access: 03.11.2023).

Додаток А




























ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ (IoT)	БЕЗПЛОТНИЙ ТРАНСПОРТ	ДИСТАНЦІЙНЕ КЕРУВАННЯ	ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ	
				2000
				2005
				2010
				
				2013
				2014
				2015
				2016
				2017
				2018
				2019
				2020
				2021
				2022

Рис. А1. - Ринок інновацій в Україні

Додаток Б

Країна	Валова вартість виробництва СТ (млрд \$ США)	Вироблена продукція СТ, млрд \$	Індекс загальної продуктивності факторів сільського господарства (TFP)	Індекс витрат на сільське господарство	Індекс розвитку електронного урдування	Індекс мережевої готовності	Витрати на дослідження та розробки як частка ВВП	Індекс готовності до передових технологій	Глобальний індекс інновацій	Індекс людського розвитку
Австрія	7,02	6,35	107,35	95,57	0,89	74,37	3,22	4,83	50,9	0,92
Болгарія	4,81	5,66	96,01	115,92	0,79	56,17	0,85	3,79	42,4	0,8
Великобританія	18,26	30,16	94,16	104,31	0,92	55,7	1,12	4,88	59,8	0,93
Греція	15,46	7,33	95,47	98,66	0,82	56,64	1,64	3,84	36,3	0,89
Данія	9,39	9,72	104,18	97,57	0,97	81,24	2,97	4,87	57,3	0,95
Естонія	0,89	1,01	95,97	92,04	0,94	71,62	1,92	4,23	49,9	0,89
Ірландія	4,38	8,82	112,46	103,87	0,85	72,26	1,27	4,71	50,7	0,95
Ісландія	0,26	0,41	206,74	97,2	0,93	67,69	2,71	4,46	51,8	0,96
Іспанія	54,93	54,67	105,7	110,68	0,88	69,94	1,49	4,7	45,4	0,91
Італія	23,81	37,78	93,27	104,17	0,83	66,25	1,58	4,38	45,7	0,9
Латвія	1,68	1,7	91,21	103,76	0,82	62,16	0,71	3,97	40	0,88
Литва	2,68	2,91	94,14	96,45	0,87	65,32	1,26	3,91	39,9	0,88
Нідерланди	13,03	18,04	101,34	101,15	0,93	82,06	2,39	5,02	58,6	0,94
Німеччина	51,99	48,54	110,1	86,34	0,86	78,95	3,11	4,93	57,3	0,94
Норвегія	3,71	9,23	108	106,7	0,9	78,49	2,39	4,84	50,4	0,96
Польща	20,5	32,38	108,67	95,98	0,85	64,33	1,48	4,25	39,9	0,88
Португалія	7,83	6,93	119,79	63,79	0,83	65,2	1,75	4,23	44,2	0,87
Румунія	19,87	17,79	116,87	94,38	0,76	56,54	0,45	3,71	35,6	0,82
Сербія	5,26	7,41	114,38	96,55	0,79	53,6	0,99	3,64	35	0,8
Словаччина	1,81	2,28	104,21	104,17	0,79	62,45	0,93	4,06	40,2	0,85
Словенія	0,02	0,95	105,48	90,79	0,87	67,3	2,24	4,23	44,1	0,92
Угорщина	6,72	9,32	94,88	101,6	0,78	62,14	1,64	4,08	42,7	0,85
Україна	45,89	52,03	142,47	82,53	0,76	56,88	0,29	3,4	35,6	0,77
Франція	75,41	58,19	109,76	86,43	0,88	74,79	2,42	4,84	55	0,9
Хорватія	1,79	1,99	89,79	96,99	0,79	58,29	1,39	3,85	37,3	0,86
Чехія	4,61	5,38	103,33	97,4	0,81	68,11	2,03	4,24	49	0,89
Швейцарія	6,89	3,79	101,69	94,34	0,88	80,2	0,42	5,07	65,5	0,96
Швеція	3,54	4,74	97,32	97,06	0,94	81,57	3,57	5,2	63,1	0,95

Таблиця. Б1. - Дані для кластеризації