

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра економічної кібернетики**

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
економічної кібернетики

_____ Іванченко Н.О.

«___» _____ 2020 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

(Пояснювальна записка)

здобувача освітнього ступеня «Магістр»

Тема: Прикладні аспекти застосування Інтернету Речей на підприємствах
агрокомплексу

Виконав: Берідзе-Стаховський Анатолій Кирилович

Керівник: к.е.н., Квашук Д.М.

Консультанти з розділів:

Розділ 1: к.е.н., доцент Квашук Д.М.

Розділ 2: к.е.н., доцент Квашук Д.М.

Розділ 3: к.е.н., доцент Квашук Д.М.

Нормоконтролер із ЄСКД (ЄСПД):

к.е.н. доцент Густера О.М.

Національний авіаційний університет
Факультет економіки та бізнес-адміністрування
Кафедра економічної кібернетики
Освітній ступінь «Магістр»
Освітньо-професійна програма «Цифрова економіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
економічної кібернетики
_____ Іванченко Н.О.
« ____ » _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Студента: Берідзе-Стаховського Анатолія Кириловича

Тема роботи: Прикладні аспекти застосування Інтернету Речей на підприємствах агрокомплексу

затверджена наказом ректора № ____ від ____ ____ 2020 р.

1. Термін здачі студентом закінченої роботи на кафедрі:
2. Вихідні дані для роботи: наукові в розрізі застосування технологій Інтернету Речей зарубіжних та вітчизняних практик
3. Зміст дослідження:
 - аналіз наукової, спеціальної літератури та мережових джерел з метою вивчення світового досвіду впровадження IoT в аграрному секторі;
 - дослідження можливостей та перспектив використання Інтернету Речей в світовому агропромисловому секторі та АПК України;
 - вдосконалення інноваційно-цифрових технологій Інтернету Речей на прикладі агрохолдингу ALFA Smart Agro;
 - надання рекомендації щодо впровадження технологій IoT в аграрному секторі України.
4. Перелік обов'язкових демонстраційних матеріалів: ____ слайдів.

Календарний план

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1.	Отримання завдання на дипломну роботу	01.10.2020	
2.	Огляд літератури за темою	02.10.2020 – 09.10.2020	
3.	Дослідження теоретичних основ та завдань технологій Інтернету Речей	10.10.2020 – 22.10.2020	
4.	Дослідження нормативно-правових актів стосовно Інтернету Речей в агросекторі	23.10.2020 – 25.10.2020	
5.	Дослідження економічної ефективності технологій Інтернету Речей в агропромисловому секторі	26.10.2020 – 05.11.2020	
6.	Порівняльний аналіз за економічними показниками стану агросектору України та Європи у розрізі впровадження Інтернету Речей	06.11.2020 – 12.11.2020	
7.	Дослідження перешкод впровадження Інтернету Речей в агросекторі України та шляхів їх подолання	13.11.2020 – 17.11.2020	
8.	Аналітичний огляд діяльності ТОВ «Alfa Smart Agro» в концепції Інтернету Речей та розробка проекту агро-моніторингу даних на великій відстані з використанням технології LoRa	18.11.2020 – 29.11.2020	
9.	Аналіз отриманих результатів	30.11.2020	
10.	Розробка слайдів та написання доповіді	01.12.2020 – 05.12.2020	
11.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	14.12.2020	
12.	Корегування роботи за результатами попереднього захисту	14.12.2020 – 16.12.2020	
13.	Остаточне оформлення кваліфікаційної роботи та слайдів	16.12.2020 – 17.12.2020	
14.	Підписання відгуку та рецензії	17.12.2020	
15.	Захист кваліфікаційної роботи у ДЕК	21.12.2020	

5. Дата видачі завдання:

Керівник:

к.е.н., доцент

_____ Квашук Д.М.

Завдання прийняв до виконання:

_____ Берідзе-Стаховський А.К

РЕФЕРАТ

Берідзе-Стаховський Анатолій Кирилович. Прикладні аспекти застосування Інтернету Речей на підприємствах агрокомплексу. – Кваліфікаційна робота магістра зі спеціальності 051 «Економіка», ОПІ «Цифрова економіка».

Національний авіаційний університет, Міністерство освіти і науки України, Київ, 2020.

Кваліфікаційна робота містить 104 сторінки 12 таблиць, 43 рисунки, список використаних джерел з 64 найменувань.

Об'єктом дослідження є виробничі процеси господарської діяльності у світовому агросекторі та агросекторі України з впровадженням технології Інтернету Речей на прикладі ТОВ «Alfa AmartAgro»

Предметом дослідження є теоретичні, методологічні та прикладні аспекти Інтернету Речей при аналізі впровадження його технологій в світовому агросекторі та агросекторі України.

Мета дослідження - демонстрація можливостей використання Інтернету Речей як основи для перетворення агросектору України на високотехнологічну та високопродуктивну галузь економіки.

Наукова новизна полягає в удосконаленні теоретико-методичного підходу до ведення господарської діяльності в аграрному секторі, що базується на використанні прикладних аспектів Інтернету Речей в технологічній та управлінській діяльності, що дозволяє, на відміну від нинішнього підходу до ведення бізнесу в аграрному секторі, підвищити продуктивність та ефективність виробництва.

При написанні роботи використовувалися методи теоретичного дослідження, аналізу даних та моделювання.

Ключові слова: *Інтернет Речей, IoT, економічний аналіз, економічна ефективність, Промисловий Інтернет Речей, агрокомплекси, точкове землеробство, продуктивність виробництва, агросектор, Alfa Smart Agro.*

ABSTRACT

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ В АРГОСЕКТОРІ.....	9
1.1. Сутність та поняття технологій Інтернету речей	9
1.2. Технології та нормативно-правові акти Інтернету Речей в агросекторі. 16	16
1.3. Завдання Інтернету речей в агросекторі, екосистема IoT	24
Висновки до розділу 1	34
РОЗДІЛ 2. ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ»: МОЖЛИВІСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ СЕКТОРІ.....	35
2.1. Світові тренди застосування Інтернету Речей в новітніх технологіях агросектору	35
2.2. Порівняльний аналіз стану агросектору України та Європи у розрізі впровадження IoT.....	51
2.3. Бар'єри впровадження Інтернету Речей в агросекторі України та шляхи їх подолання.....	68
Висновки до розділу 2	75
РОЗДІЛ 3. ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ІННОВАЦІЙНО-ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ НА ПРИКЛАДІ АГРОХОЛДІНУ «ALFA SMART AGRO».....	77
3.1. Аналітичний огляд діяльності ТОВ «ALFA Smart Agro» в концепції Інтернету речей	77
3.2. Дослідження та аналіз «мікрокліматичних» умов в лабораторіях ТОВ «ALFA Smart Agro»	86
3.3. Проект агро-моніторингу даних на великій відстані з використанням технології LoRa	89
Висновки до розділу 3	109
ВИСНОВКИ.....	111
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	114
ДОДАТКИ.....	122
ДОДАТОК А. Прикладне застосування Інтернету Речей в технологіях світового агрогосподарства.....	122
ДОДАТОК Б. Вітчизняні наукові розробки та стартапи	135
ДОДАТОК В. Програмні коди LoRa-передавача та LoRa-приймача.....	139

ВСТУП

Людства перейшло у нову епоху – епоху стрімкого розвитку та прогресу цифрових інтернет технологій. Ці технології пронизують собою усі сфери економіки та суспільного життя. Сектор агробізнесу також змінюється під впливом новітніх технологій, хоча раніше він вважався найбільш сталим та невідчужливим змінам. Найбільш цінними ресурсами в аграрному виробництві традиційно вважалися земля, трудові ресурси і капітал в основних засобах, будівлях та спорудах, а також інтелектуальна власність на сорти рослин та породи сільськогосподарських тварин. Ці ресурси, як і раніше, залишаються вагомими для агросектору, але зі стрімким розвитком і поширенням цифрових технологій значно зросла економічна цінність інформації – як важливого ресурсу, що на сьогодні являється одним із ключових факторів конкурентоспроможного агровиробництва, та, при розумному використанні, може приносити неабиякий дохід.

«Розумна агрономія», «розумне фермерство» - ці поняття технологій «інтернету речей» стають звичними, та надають впевненості у сучасному підході до вирішення основної задачі агросектору – продовольчої. Передові агротехнології, що в них використовуються надають можливість збільшення кількості та якості кінцевої продукції зменшуючи при цьому витрати та людські ресурси: технології точкового землеробства надають можливість при значно менших витратах на добрива та засоби захисту рослин забезпечити зростання врожайності.

З кожним роком роль «інтернету речей» буде підвищуватися, а особливого значення ці технології матимуть при зростанні населення планети, що автоматичне тягне за собою збільшення попиту на продукти харчування, а отже і на продукцію аграрного виробництва. Тож на часі впровадження новітніх технологій що надають можливості збільшення виробництва продуктів харчування.

Україна має одні з найбільш сприятливих природно-кліматичних умов, як у Європі так і у світі, для розвитку аграрного сектору і, при розумному підході використання технологій «інтернету речей» може стати одним з основних гравців на ринку постачальників сільськогосподарської продукції. В цьому полягає актуальність вибраної теми.

Водночас розробка нових технологій потребує значних інвестицій, тому найкращі шанси на впровадження новітніх технологій «інтернету речей» мають великі агрохолдінги. По суті вони є основними замовниками інноваційних продуктів, та усвідомлюючи перевагу їх застосування являються основними інвесторами. Одним з таких агрохолдінгів є «SmartAgro», на базі якого проводилися дослідження по вивчення технологій IoT .

Метою цих досліджень є демонстрація можливостей використання «інтернету речей» як основи для перетворення України на одного з найбільших світових виробників продовольства у світі.

Ціль проведення досліджень - показати перспективність розвитку агросектору, що при використанні найсучасніших технологій «інтернету речей» має шанс перетворитися на високотехнологічну та високопродуктивну галузь економіки.

Методи дослідження. В ході роботи були використані: методи теоретичного дослідження, аналізу даних та моделювання.

Практичне значення отриманих результатів. Використання запропонованого аналізу дозволяє обрати найкращий варіант протоколу організації посівної компанії.

Ключові слова: *Інтернет Речей, IoT, економічний аналіз, наскрізні моделі, економічна ефективність, Промисловий Інтернет Речей, агрокомплекси, точкове землеробство, продуктивність виробництва, агросектор, Alfa Smart Agro.*

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ В АРГОСЕКТОРІ

1.1. Сутність та поняття технологій Інтернету речей

Термін «Інтернет речей» (англ. “Internet of Things”, IoT) був вперше застосований Кевіном Ештоном у 1999 році при ілюстрації можливості радіочастотної ідентифікації (RFID), яка використовується в корпоративних системах поставок, щоб порахувати та відстежити товари не потребуючи людського втручання [1]. Технологія надавала можливість кріпити на предмети маленькі мітки, що містять важливу інформацію. Ця інформація зчитувалася на відстані. Сьогодні RFID-мітки використовують для позначення товарів на складах або у магазинах. За своїм виглядом це невеличка наліпка або ж мітка, як правило, у пластиковому корпусі, та незалежно від форми, ця мітка дозволяє, для прикладу, запобігти крадіжкам: тому що коли товар з активною міткою наближається до виходу на якому встановлено сенсор, то звучить сигнал тривоги. [2].

Яким чином означити поняття «Інтернету речей»? Найбільш простим та доступним визначенням може бути таке: «Інтернет речей» (англ. Internet of Things, IoT) це об'єднання будь-яких речей (об'єктів) в мережу для покращення їхньої функціональності.

Технології інтернету речей застосовуються в усіх сферах економіки та життєдіяльності людського суспільства (рис. 1.1)

В агросекторі прикладом технології «інтернету речей» є технології , що використовується при оснащенні теплиць, стаєнь, птахоферм, ферм великої рогатої худоби тощо, подібні до технологій «розумного будинку» . Ці системи здатні самостійно підтримувати потрібну температуру, вологість та інші характеристики середовища. Спеціальні датчики дозволяють виміряти поточні показники, а далі система сама вмикає прилади (кондиціонер, термостат, зволожувач повітря та інші) з потрібними налаштуваннями. Це налає

можливість значно заощадити витрати на їх утримання, опалення, освітлення і забезпечення водою. [4]

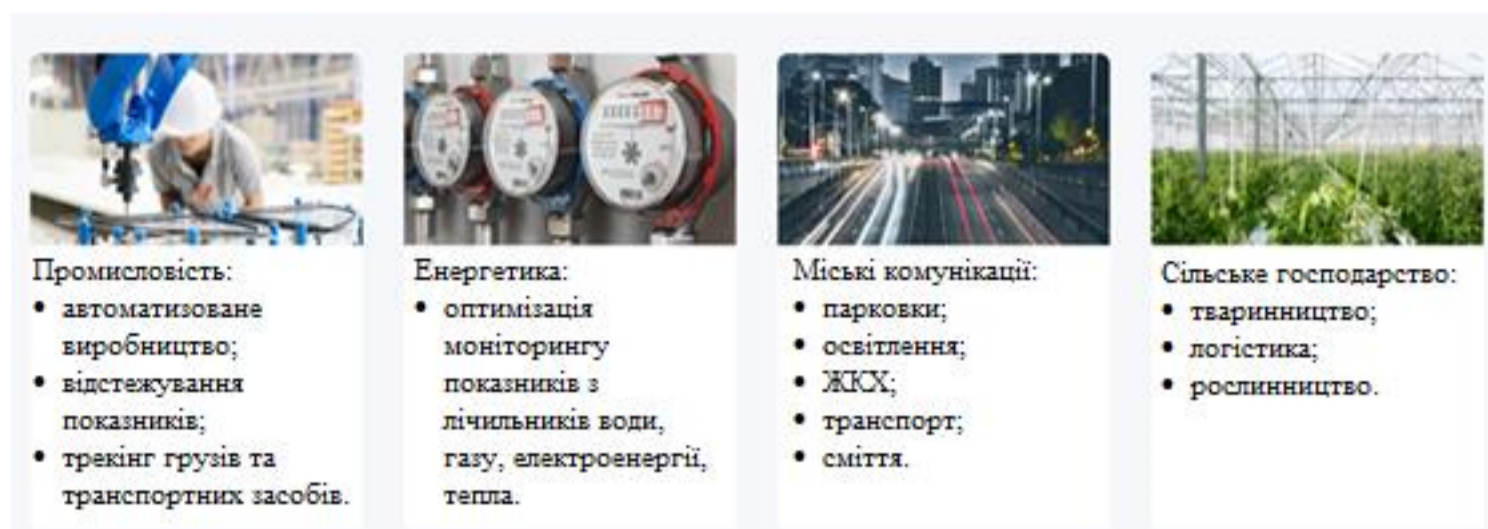


Рис. 1.1. Сфери застосування технологій IoT [25]

Сьогодні сфера IoT – один із головних світових трендів - рушійна сила програми «Індустрія 4». Коротко, сутність IoT полягає у створення мережі пристроїв, взаємодіючих через інтернет.

Метою IoT є забезпечення процесів у різних сферах без втручання людини. Навіть існуючі, старі функціонуючі пристрої можуть ставати частиною Інтернет-мережі і виконувати нові функції. У 2008-2009 роках кількість пристроїв підключених до інтернету перевищила кількість інтернет-користувачів - це стало точкою переходу від Інтернету людей до Інтернету речей.

Прилади, котрі можна віднести до інтернету речей, зазвичай мають чотири характерні технології: ідентифікатор, датчики, інструменти для зв'язку з іншими приладами та вбудований комп'ютер. В якості ідентифікатора використовуються RFID-мітки, QR-коди (чорно-білі квадратики, що їх може зчитувати майже кожен сучасний телефон) або інші технології. Мітка дозволяє приладу мати своє «ім'я». Датчики і сенсори потрібні, щоб отримувати інформацію з середовища. Для прикладу, датчик-аналізатор зчитує інформацію про температуру, пушність та вологість ґрунту. Також прилади можуть отримувати інформацію від інших приладів та з мережі — за допомогою Bluetooth або WiFi. І, нарешті, для обробки всіх отриманих даних і виконання програм використовується вбудований комп'ютер. Він може бути доволі

складним — як той, що керує системою мікроклімату — або ж зовсім простим і примітивним. [2]

Інтернет речей об'єднує фізичний та віртуальний світи, його сучасна концепція передбачає комунікацію об'єктів, які використовують певні технології для взаємодії між собою та з навколишнім середовищем і ця концепція надає можливість пристроям виконувати певні дії без втручання людини. Розглянемо для наочності застосування методів дистанційного зондування землі за допомогою дронів, керування якими ведеться з землі за допомогою штучного інтелекту. Ця технологія дозволяє швидко та ефективно обстежувати великі площі полів сільськогосподарських угідь. [4]

Тобто пристрої IoT (наприклад, такі як дрони) повинні у режимі реального часу забезпечити прийняття та виконання рішень на основі збору, обміну та обробки великої кількості даних, по ідентифікації усіх об'єктів та суб'єктів, що беруть участь у процесах, стосовно яких приймається рішення [4]. Зауважимо, що для обробки великих масивів інформації, яка при цьому може динамічно змінюватися, використовуються математичні алгоритми, і у першу чергу - це алгоритми штучного інтелекту.

За допомогою пристроїв генеруються великі обсяги даних, наприклад, у лабораторіях. Ці дані представляють собою масиви інформації про температуру повітря, тиск або вологість атмосфери, це може бути значення, що зчитується з інтелектуального лічильника. Усі ці дані надаються до інтернету речей і вони повинні бути зібрані, збережені та проаналізовані. Одним із способів використання компаніями цих даних є їх подача в системи штучного інтелекту (AI), де на основі зібраних інтернетом речей даних буде проведено аналіз та надано відповідне прогнозування. Для прикладу, в Google є штучний інтелект центру обробки даних в системі охолодження. Алгоритмами штучного інтелекту дані отримані з тисяч датчиків інтернету речей в глибокі нейронні мережі, що, в свою чергу, враховують передбачення, які тенденції мають вплив на майбутнє енергоспоживання. Використовуючи машинне навчання і

штучний інтелект, Google зміг зробити свої центри обробки даних більш ефективними.

Величезна кількість даних, які генеруються програмами Інтернету речей, змушують багато компаній приймати рішення про обробку даних у хмарі, а не займатися будівництвом власних сховищ для зберігання величезних обсягів інформації. Гіганти з хмарних обчислень вже співпрацюють з такими компаніями, як Microsoft, Amazon та Google. [24]

Можна вважати, що «Інтернет речей» є кроком в майбутнє в області цифровізації економіки та усіх сфер суспільного життя, де люди та предмети пов'язані один з одним через комунікаційні мережі і з'являється можливість повідомляти про їх стан та стан навколишнього середовища.

Розробники таких програм намагаються якомога більше удосконалити свої роботи, тож «Інтернет речей» надає нові можливості для бізнесу та забезпечує конкурентні переваги як на поточних, так і на нових ринках, по суті змінюючи способи розвитку промислового та споживчого ринку.

Найбільшим недоліком інтернету речей вважають низький рівень безпеки. Дуже часто такі прилади не мають жодних антивірусів чи навіть перевірки користувача. Під'єднання до інтернету — великий ризик. Хакери можуть отримати доступ до такого пристрою та вкрати особисту інформацію.[2]

Останнім часом експерти навіть говорять про «ботнети речей» (Botnets of Things). Оригінальне значення терміну «ботнет» — це мережа комп'ютерів, заражених вірусом. Вірус відстежує і передає хакерам всі введені паролі, фінансові та інші секретні дані. Комп'ютер в ботнеті інколи порівнюють з зомбі: після зараження він починає «кусати» і заражати інших. Відповідно, термін «ботнет речей» означає мережу приладів, заражених певним вірусом. Журнал MIT Technology Review включив це явище до 10 найбільш важливих, проривних технологій 2017 року. [2]

Складовою частиною Інтернету Речей і головною його ланкою на даному етапі розвитку є Промисловий (або Індустріальний) Інтернет Речей (Industrial Internet of Things, IIoT).

Промисловий Інтернет Речей представляє собою систему об'єднаних комп'ютерних мереж і підключених до них промислових або інших виробничих об'єктів із вбудованими датчиками та програмним забезпеченням для збору та обміну даними, з можливістю віддаленого контролю і управління в автоматизованому режимі, без участі людини. [3]

У IIoT відбуваються зовсім інші операції, ніж в IoT. Зазначені терміни співзвучні, але мають суттєві відмінності. IIoT - це рішення і додатки, які використовуються тільки на промислових підприємствах, які раніше були широко відомі під терміном M2M (machine-to-machine, міжмашинної взаємодії).

Такі системи фактично служать для підвищення ефективності операційних технологій (OT) або диспетчерського контролю та збору (системи SCADA). Концепція IIoT дозволяє розширити процеси SCADA за допомогою більш чутливих пристроїв (інтелектуальних датчиків) і розгорнути високоефективні і складні процеси контролю і управління. [22]

Налаштування IIoT проходить наступним чином: на першому етапі впровадження IIoT на промислове обладнання встановлюють датчики, виконавчі механізми, контролери та людино-машинні інтерфейси. Це дає можливість збору інформації, яка дозволяє отримувати об'єктивні і точні дані про стан виробництва або середовища. Оброблені дані надаються всім відповідальним підрозділам. Це допомагає налагодити взаємодію між співробітниками різних підрозділів і приймати обґрунтовані рішення, дозволяє запобігати будь-яким збоям у виробничій ланці та сприяє підвищенню ефективності управління та функціонування виробництва.

Обробка великих масивів неструктурованих даних, що надходять з датчиків, їх фільтрація потребує адекватної інтерпретації - тобто представлення даних у вигляді зрозумілому користувачеві. Для цього використовуються

передові аналітичні платформи, призначені для збору, зберігання і аналізу даних про технологічні процеси та події, що відбуваються в реальному масштабі часу.[3]

Промисловий Інтернет Речей дозволяє створювати виробництва, які виявляються більш ощадливими, гнучкими і ефективними, ніж існуючі. Але знову постає питання безпеки: Під час підключення промислових машин до мережі Інтернету речей збільшується потенційний ризик можливості виявлення та атаки цих пристроїв хакерами. Це є промислове шпигунство або, інакше, руйнівний напад на інфраструктуру і це приводитиме до потенційних ризиків. Тож, перш ніж підключатися до мереж інтернету підприємствам потрібно мати упевненість що ці мережі є захищеними та ізольованими в достатній мірі за допомогою шифрування даних. Також існує необхідність захисту сенсорів, шлюзів та інших компонентів. На сьогодні стан технології Інтернету Речей ускладнює безпеку, через відсутність послідовного планування безпеки Інтернету Речей в усіх організаціях. [24]

В агросекторі промисловий інтернет речей застосовується на виробництві агрогосподарської техніки при оснащенні її відповідними приладами, з вбудованим програмним забезпеченням, здатними взаємодіяти із базами даних, що зберігаються у хмарі, сюди ж можна віднести оснащення різних інфраструктурних будівель промисловим додатком - системою зберігання, яка за умови отримання за допомогою ІТ-технологій базових норм продуктивності із хмарного сховища, сама вираховує умови оповіщення і тривоги, пов'язані з температурою, вібрацією, вологістю та іншими параметрами.

Бездротові пристрої з підтримкою протоколу IoT, включаючи смартфони, планшети і датчики давно і активно використовуються в діяльності агрогосподарств. Тож на часі зміни для наявних дротових мереж датчики яких в найближчі роки будуть розширені і доповнені бездротовими мережами. Це надасть можливість суттєво розширити зони застосування систем моніторингу та управління агрогосподарств. Поступова оптимізація виробничих процесів

буде характеризуватися все більш щільною конвергенцією кращих інформаційних і операційних технологій. [3]

По мірі становлення цифрових екосистем виробничі підприємства з ізольованих систем, які самостійно виконують всі необхідні для виробництва продукції виробничі та бізнес-процеси, будуть перетворюватися у відкриті системи, що поєднують різних учасників ринку; управляти засобами виробництва в цих системах буде не персонал, а хмарні сервіси. [3]

Концепція M2M (передача даних machine-to-machine) - це тільки частина Інтернету Речей, пов'язана зі зв'язком та передачею даних. Повноцінний IoT передбачає більш глибоку автоматизацію та аналітику. Big Data - це гарна підмога у розвитку інтернету речей, адже даних для проведення глибоких прогнозів буде багато [25]. Якщо зробити все таким чином, щоб усі зібрані дані поступали до одного місця обробки та аналізу, то стане можливим прогнозування, наприклад, в системі «розумне місто», комунальники зможуть будувати прогнози споживання на рік та закуповувати потрібний обсяг послуг у постачальників, уникаючи недоборів,

чи навпаки, завеликого обсягу. Якщо в цій схемі враховувати ще більше факторів - прогноз погоди, наявність великих заходів у місті або футбольних чемпіонатів по телевізору, або, скажімо, масштабні епідемії, прогноз може бути ще більш точним. Для постачальника сервісів - це потенційне скорочення витрат та інвестиції. Для користувачів - можливо, нижчі тарифи.

Те ж саме можна реалізувати і в агросфері, коли датчики передають інформацію щодо стану рослин, і вони точково отримують ті речовини, які їм потрібні. Вода - якщо давно немає дощів, добрива тощо. Аналіз різних факторів дозволить точніше прогнозувати потреби в ресурсах. [25]

За розрахунками компанії Cisco зв'язки між машинами та машинами, які підтримують програми Інтернету Речей, становитимуть більше половини з 27,1 мільярда пристроїв і з'єднань, що займе п'ять відсотків глобального IP-трафіку до 2021 року. [24]

На сьогоднішній день глобальні обсяги ринку становлять 109 млрд. дол., до 2025 року цифра має подвоїтися. Зараз основним драйвером розвитку Інтернету Речей є пристрої, але вже у найближчі роки ними стануть сервіси. IoT вже застосовується в 34% світових компаній, і для трьох чвертей з них він став критично важливою частиною (рис. 1.2). [25]

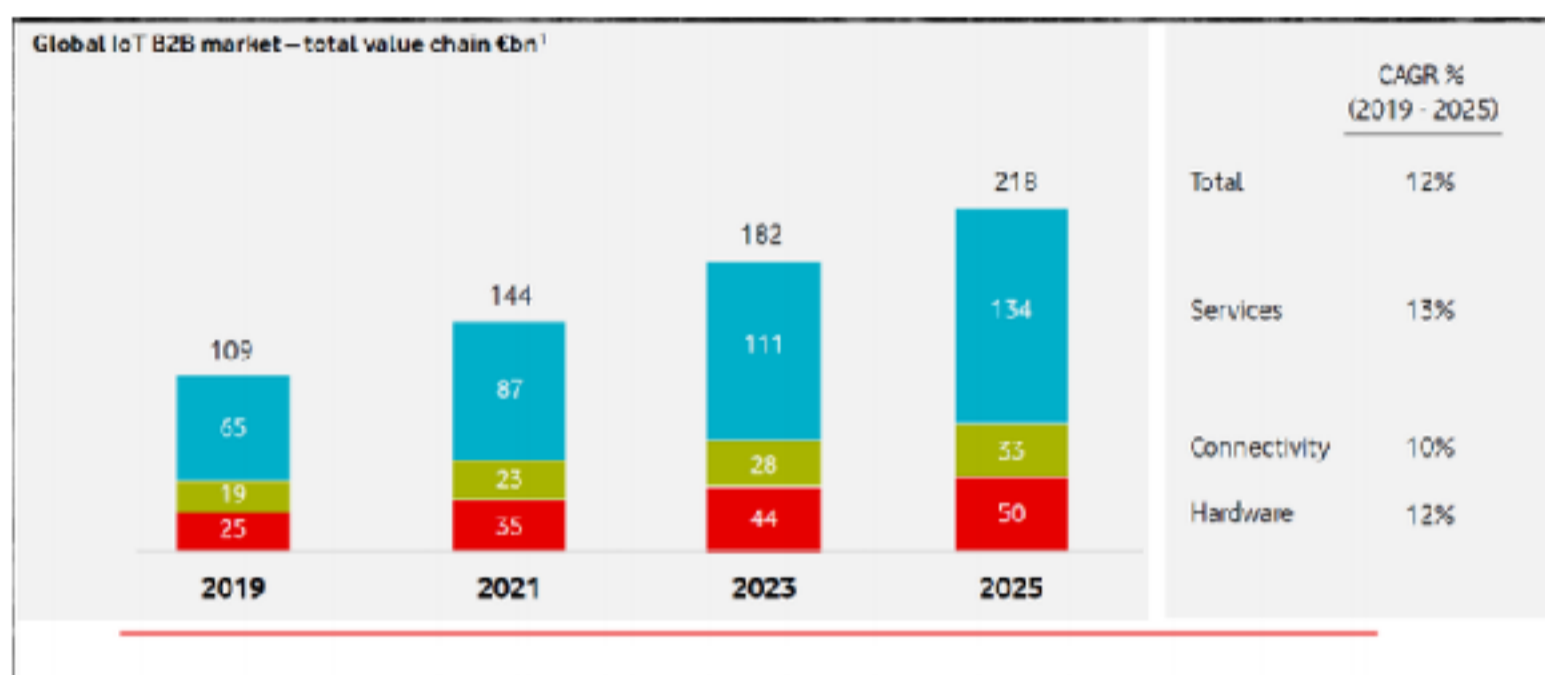


Рис. 1.2. Аналіз та прогнозування ринку IoT [25]

У підсумку можна привести більш виважене визначення Інтернету речей: це сукупність взаємодіючих технічних систем, що складаються з мікропроцесорів, сенсорів, виконавчих пристроїв, програмних засобів, зокрема, програм штучного інтелекту, підключених до мережі Інтернет та призначених для реалізації виробничих або суспільних відносин, в тому числі, пов'язаних із наданням послуг та проведенням робіт в інтересах фізичних або юридичних осіб при їх безпосередній участі або без участі. [3]

1.2. Технології та нормативно-правові акти Інтернету Речей в агросекторі

Області застосування інтелектуального сільського господарства за технологіями IoT включають відстеження сільськогосподарських машин, моніторинг худоби, велике і дрібне польове сільське господарство і моніторинг зберігання.

Призначення технологій IoT в аграрному секторі рослинництва - допомога аграріям контролювати життєво важливу інформацію про стан поля та рослин за допомогою дистанційних датчиків, а саме вологість, температура повітря, якість ґрунту, та інші, не менш важливі функції - підвищення врожайності, планування більш ефективної іригації, складання прогнозів врожаю. Інтернет речей допомагає біологам вивчати вплив геномів і мікроклімату на врожайність, щоб оптимізувати як врожайність так і якість отриманої продукції (рис. 1.3). [5]

Реалізація інтелектуальних проектів IoT дозволяє фермерам використовувати величезну кількість даних, що генеруються на їх фермах. Великий розмір багатьох ферм робить ручні обстеження неефективними і важкими, що змушує фермерів звертатися до рішень IoT.



Рис. 1.3. IoT в агрогосподарстві

Використання супутникових знімків та інших технологій отримання інформації для моніторингу сільськогосподарських операцій на всьому шляху від збору врожаю до доставки є одним із способів максимізації продуктивності і забезпечення якості продуктів харчування в ланцюжку поставок (рис. 1.4). [5]

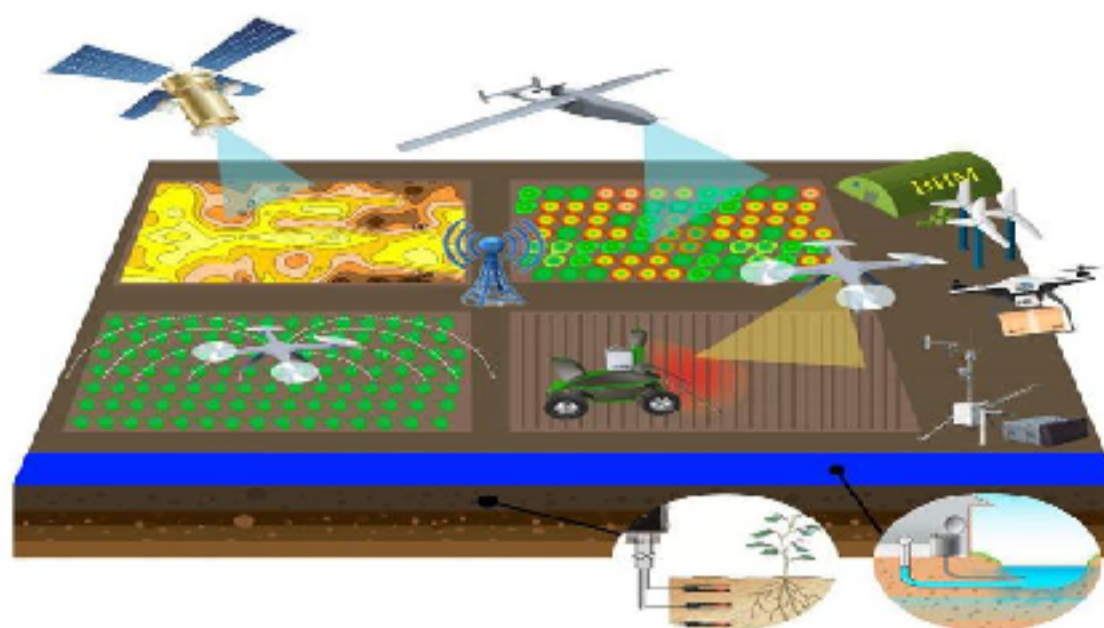


Рис. 1.4. Розумне сільське господарство з IoT

Зупинимося на основних технологіях IoT для агрогосподарства.

Точкове землеробство. Для точкового землеробства, дані, що отримується в режимі реального часу: про ґрунти, погоду, якість повітря та рівень зволоження можуть суттєво допомогти фермерам приймати більш обґрунтовані рішення щодо посадки і збору врожаю. Якість продукції, більш висока врожайність, збереження ресурсів та контроль витрат – це лише деякі із методів закладених в IoT для перетворення аграрної галузі на високоефективну.

Розумні системи зрошення. IoT в сільському господарстві, інтегрований зі службою веб-карт (WMS) і службою датчиків (SOS), забезпечує рішення для управління потребами у воді або подачею води для зрошення сільськогосподарських культур. Він також розумно аналізує потреби води в культурах і використовує ресурси водопостачання доступні для скорочення відходів (рис. 1.5). [5]

У посушливих районах функція управління водою має велике значення, оскільки при розумному управлінні обмеженим водопостачанням розраховується час спрацювання клапана та досягається оптимальна стратегія зрошення, що призводить до кращих методів збереження водних ресурсів.

IoT точкового землеробства, забезпечує прогнозування погоди та інші динамічні дані, облік яких може в значній мірі вплинути на врожайність. Чим вище рівень точності, тим нижча ймовірність пошкодження врожаю. Таким

чином, більш точні прогнози погоди можуть призвести до підвищення рівня прибутковості і продуктивності.

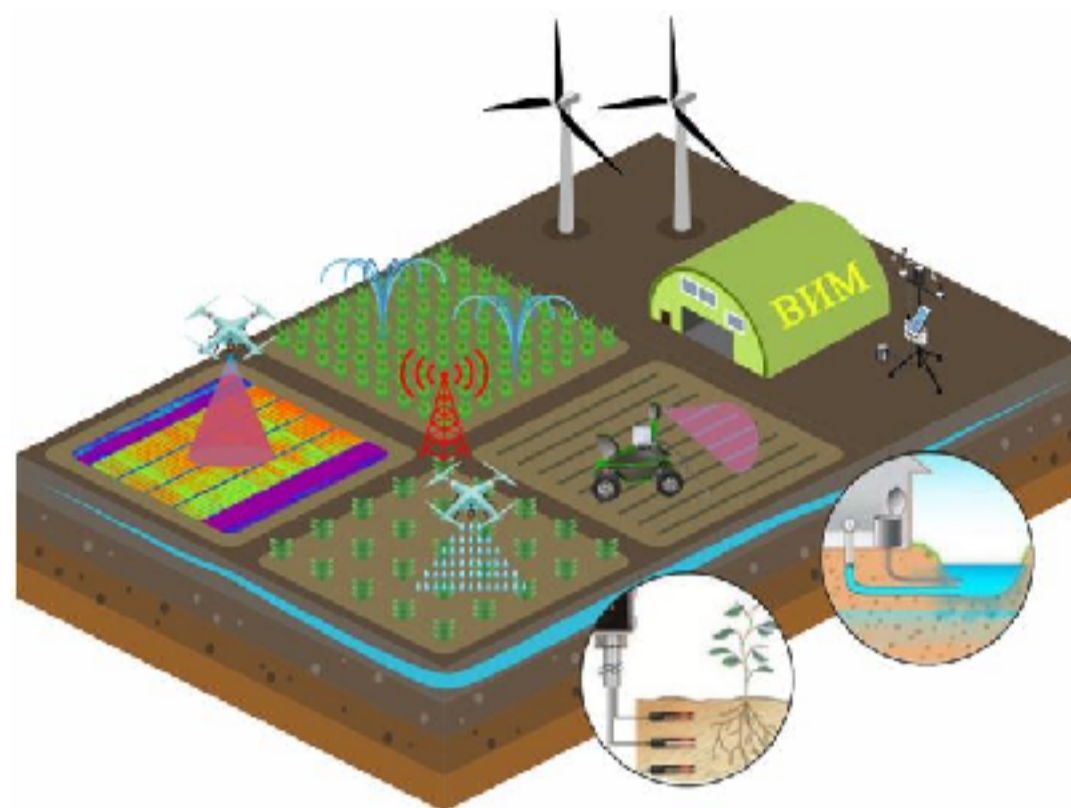


Рис. 1.5. Розумне фермерство з IoT

Метою IoT точкового землеробства є не просто збір даних за допомогою датчиків, а просування на крок далі - аналіз даних для оцінки необхідних втручань або змін.

IoT забезпечує точну й ефективну передачу фермерам даних в реальному часі, пов'язаних з динамічними сільськогосподарськими процесами, такими як прогнози погоди, посадка, збір врожаю, якістю ґрунту, а також доступністю і вартістю робочої сили надає можливість аграріям, на основі отриманої важливої інформації в режимі реального часу, краще спланувати свою діяльність заздалегідь і вчасно прийняти коригуючі або попереджувальні заходи на майбутнє.

Робота аграріїв може бути зведена нанівець шкідниками, що призводить до значних фінансових втрат. Щоб запобігти таким ситуаціям, сільськогосподарський Інтернет речей передбачає систему для моніторингу та сканування параметрів навколишнього середовища і зростання рослин за допомогою датчиків та дронів. Це надає можливість вчасно розраховувати необхідність внесення добрив. Також використовуються дані від датчиків

контролю наявності шкідливих організмів, які здатні прогнозувати їх поведінку. Ця інформація може бути використана фермерами для зменшення шкоди, що завдається шкідниками в великих масштабах. Боротьба зі шкідниками заснована на наступних фундаментальних принципах: спостереження, перевірка, ідентифікація, відстеження записів.

Рішення для тваринництва. «Розумні корови»: IoT корисний в управлінні тваринництвом, підтримуючи здоров'я худоби за допомогою інструментів моніторингу, таких як вушні бирки (чіпи) для великої рогатої худоби, здатних виявляти респіраторні захворювання. Якщо захворювання виявлено, чіп посилає попередження про те, що тварина має бути відокремлене від стада, тим самим запобігаючи поширенню хвороби (рис. 1.6). [5]

Технологія IoT «Розумна ферма» в тваринництві реалізована за концепцією «Розумного будинку» і здатна самостійно підтримувати комфортну температуру, вологість, відвід шкідливих газів та інші характеристики середовища для тваринницької ферми. Спеціальні датчики дозволяють виміряти поточні показники, а далі система вмикає кондиціонер, термостат, систему очищення повітря або інші прилади — з потрібними налаштуваннями.

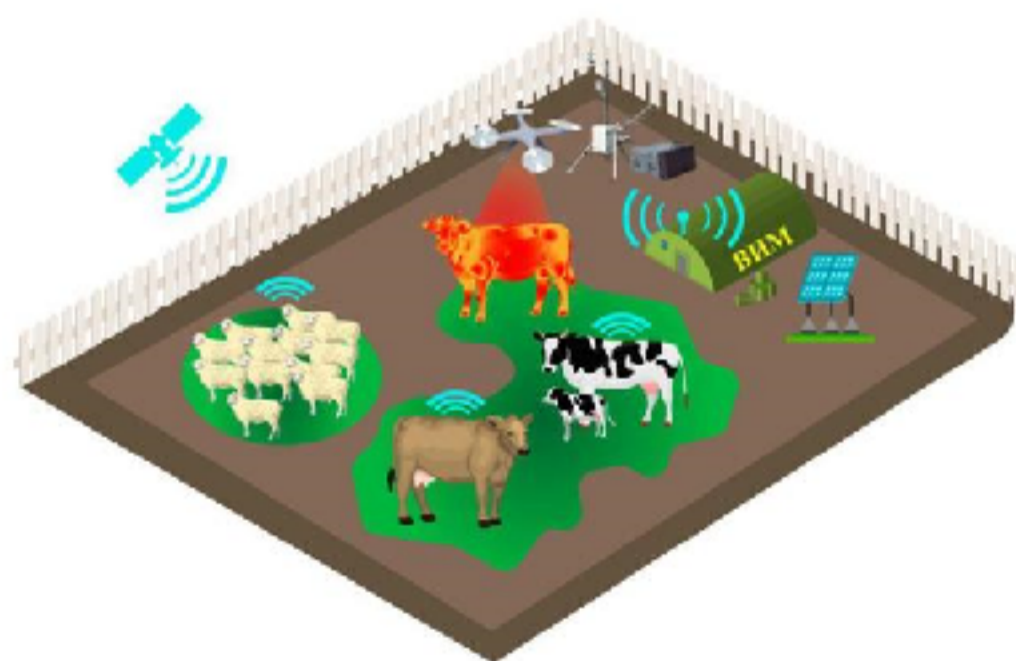


Рис. 1.6. Розумне тваринництво з IoT

Безпілотники На деяких фермах вже застосовуються трактори-безпілотники - вони самостійно об'їжджають території, розпізнають бур'яни і обприскують їх.

Безпілотні літальні апарати - дрони - теж використовуються в аграрній сфері. За їх допомогою можна віддалено спостерігати за рослинами, розприскувати добрива і відлякувати шкідників.

Застосування методів дистанційного зондування землі за допомогою дронів, які з землі керуються штучним інтелектом, дозволяє досліджувати великі площі сільськогосподарських земель швидко та ефективно.

Сьогодні фермери стикаються з низкою складних проблем - зростаючий попит на продукти харчування у всьому світі, зміна клімату і обмежені запаси води, викопного палива і орних земель. Для подолати цих перешкод, в аграрному господарстві застосовується цілий ряд цифрових технологій, в тому числі: робототехніка, технологія GPS, комп'ютерна візуалізація. Датчики, що є основою IoT, повідомляють про погодні умови, відстежують вологість і кислотність ґрунту. Аграрії, що займаються тваринництвом за допомогою вбудованих пристроїв (датчиків) відстежують переміщення і поведінку худоби дистанційно.

Поряд з досягненням оптимального якісного виробництва продуктів харчування, сільськогосподарський IoT спрямований на забезпечення безпеки харчових продуктів на різних рівнях, таких як зберігання і транспортування. Для цього у нього є система моніторингу відповідно до різних факторів, таким як час доставки, температура зберігання і хмарний облік.

Промислові додатки IoT. Ці додатки дуже корисні при проведенні моніторингу внутрішніх тваринницьких комплексів, таких як силоси, молокозаводи і стайні. Для прикладу, система сільськогосподарського зберігання при самостійно встановлених базових нормах продуктивності, при порушенні температурних умов, вологості, вібрації та інших параметрів, видає оповіщення і сигнали тривоги

При визначенні оптимального часу для посадки, обприскування добривами, збирання врожаю або виконання інших дій, які впливають на результати врожаю, в якості основного варіанту використання IoT в сільському господарстві було визначено сприйняття ґрунту - NB-IoT (Narrow Band Internet

of Things) - стандарт стільникового зв'язку для пристроїв телеметрії з низькими обсягами обміну даними, що добре підходить для датчиків ґрунту, так як модулі недорогі і на основі режиму енергозбереження можуть працювати в польових умовах до десяти років, використовуючи тільки одну батарейку. NB-IoT є гарним доповненням точного землеробства.

Тож за допомогою Інтернету речей, фермер знає, коли необхідно вносити добрива та хімічні засоби захисту рослин (ХЗЗР) і де саме. IoT позитивно впливає на агровиробництво та є причиною створення ефективного циклу, що приводить до більшої доступності продуктів харчування для споживачів, економить час і гроші фермерів та зменшує вплив сільського господарства на навколишнє середовище.

Питання правового регулювання інтернету речей в Україні мають такі самі характерні тенденції, як і для переважної більшості інших країн світу.

До основних нормативно-правових актів, що сьогодні регулюють розробку та використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій можна віднести:

- Стратегію розвитку інформаційного суспільства в Україні; [7]
- Стратегію сталого розвитку «Україна –2020»; [8]
- Концепцію розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки; [9]
- Закон «Про Національну програму інформатизації»; [10]
- Закон «Про Основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки»; [11]
- Закон «Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах»; [12]
- Закон «Про державну підтримку розвитку програмної продукції». [13]

Зупинимося детальніше на Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки [9], основною метою якої є реалізація ініціатив «Цифрового порядку денного України 2020» (цифрова стратегія) для

усунення бар'єрів на шляху цифрової трансформації України у найбільш перспективних сферах. Для досягнення цієї мети планується стимулювання економіки та залучення інвестицій, подолання цифрової нерівності, поглиблення співпраці з ЄС у цифровій сфері та розбудови інноваційної інфраструктури країни та цифрових перетворень.

Передбачається, що реалізація Концепції сприятиме стимулюванню економіки та залучення інвестицій; створить основу для трансформації вітчизняних індустрій в конкурентоспроможні та ефективні за рахунок їх «цифровізації»; допоможе вирішити проблему «цифрового розриву», наблизити «цифрові» технології до громадян, у тому числі, шляхом забезпечення доступу громадян до широкопasmового Інтернет, особливо у селищах та невеликих містах; сприятиме розвитку експорту «цифрової» продукції та послуг (ІТ-аутсорсинг) тощо.

Окремим пунктом стратегії виокремлено важливість впровадження технологій Інтернету речей, зважаючи на позитивні моменти впровадження інтернету речей як в державних установах, так і у бізнесі. [9];

На сьогодні питання цифровізації економіки в Україні особливо актуальне з огляду на подальшу імплементацію угоди про асоціацію із ЄС.

Для щорічного нарощування обсягів експорту ІТ-послуг необхідно сформувати власну цифрову економіку, і при цьому збільшувати надходження податків у бюджет, важливо бачити стратегічну візію усіх процесів на рівні держави, в контексті цього варто відзначити необхідність реалізації "Цифрової агенди — 2020". Сьогодні важливо використати значний потенціал ІТ- сфери України для захоплення нових ринків, зважаючи на неминучість світової кризи, зумовленої пандемією COVID-19. Водночас тимчасову втрату надходжень бюджетів можна компенсувати збільшенням експорту ІТ-послуг, оскільки ця сфера не залежить від багатьох чинників та дає змогу працювати дистанційно. Тож у нових глобальних реаліях важливим є стимулювання розвитку саме цієї галузі, щоб розвинути внутрішній ринок та збільшити частку на зовнішньому ринку ІТ-послуг, створивши робочі місця. Зазначені й інші заходи цифровізації

національної економіки, що повинні сприяти взаємовигідній участі України у єдиному європейському цифровому просторі.[15,16,17].

Важливим є питання захисту даних в полі інтернету речей.

В ЄС закон про кібербезпеку набрав чинності 27.06.2019 р. Його положення закріплюють індивідуальні схеми сертифікації для певних категорій продуктів, процесів та послуг з IP-сфери. У сертифікатах має позначатися рівень гарантії безпеки та довіри до продукту, процесу чи послуги. Передбачається три рівні довіри. Найвищий відзначає успішне проходження всіх тестувань щодо кібербезпеки та повну гарантію для користувачів від виробника.

В Україні діє закон «Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах» [12], яким передбачається захист персональних даних користувачів. Тож створення надійних механізмів правового регулювання у сфері інтернету речей ще попереду. Ймовірно, це мають бути національні нормативно-правові акти, на основі вироблених світових міжнародних правил забезпечення кібербезпеки IP. До світових пропозицій для вирішення питання кібербезпеки відносяться, наприклад, введення обов'язкової сертифікації для пристроїв інтернету речей та установка на них спеціальних уніфікованих чипів. [27,28].

1.3. Завдання Інтернету речей в агросекторі, екосистема IoT

Цифровізація і автоматизація максимальної кількості сільськогосподарських процесів - це усвідомлена необхідність, яка закладена у стратегії розвитку найбільших агропромислових компаній та компаній, що займаються випуском агротехніки, тому можна стверджувати, що агрогосподарства - це ідеальний об'єкт для впровадження технологій IoT.

Розвиток агротехнологій значно пришвидшується та у ньому все більше, при ухваленні рішень, використовуються алгоритми штучного інтелекту. Причина цьому - зростання кількості інформаційних джерел та отриманих

даних, що надходять від різноманітних датчиків, погодніх станцій, дронів, супутникових знімків, також даних стосовно хімічного аналізу ґрунтів, щодо вмісту вологи в зерні та ваги кожної партії. Крім цього, для будь-якого господарства потрібна ще й бухгалтерська звітність, знання світових цін на різні культури, розрахунки по графікам подачі вагонів-зерновозів на залізниці та багато інших різноманітних даних, які потребують оброблення відповідним програмним забезпеченням для формування зрозумілих для аграрія звітів. Кінцева мета цього складного аналітичного процесу – отримати максимальний прибуток на гектар. [6]

Розглянемо складові елементи IoT-платформи:

- електронні мапи полів;
- датчики на техніці: GPS-трекери, лічильники насіння і добрив, датчики заповнення бункера комбайна;
- датчики рівня пального та проточні витратоміри;
- ультразвукові сканери (глибина оранки поля, наповнення кузова зерновоза, аналіз мікроелементів у ґрунті, ін.);
- електронні вагові контролери на елеваторі, вологоміри на елеваторі;
- електронні АЗС;
- RFID картки та зчитувачі: автоматична ідентифікація водія і МС;
- BLE-мітки причіпного обладнання;
- система «свій-чужий» для комбайна та зерновоза;
- погодні станції;
- дрони, супутники.

Питання полягає у тому, яким чином все це об'єднується в єдину схему, що працює. Датчики та контролери, які встановлюються на агротехніку (лічильники насіння, контролери на обприскувачах, витратоміри та датчики рівня пального, датчики наповнення бункера комбайна, сканер наповнення зерновоза, сканер глибини оранки) та датчики на вагових і елеваторах

(вологоміри, сканери якості зерна та контролери ваги) обмінюються даними та візуалізують інформацію на екрані комп'ютера у вигляді зрозумілих звітів.

Збір усіх даних відбувається без втручання людини -це мінімізує можливості нецільового використання товарно-матеріальних цінностей та розкрадань на агропідприємстві.

Дані від IoT-платформи легко інтегруються з системами програмних комплексів таких як 1С, ERP, CRM (із Microsoft Power BI), тож менеджмент і власник бачать повну та чітко визначену картину діяльності агропідприємства: від списання технічних та матеріальних цінностей (ТМЦ) і розрахунків собівартості сушіння зерна на елеваторі, виходячи з фактичної вологості, зафіксованої датчиком, до нарахування заробітної платні за фактично оброблені гектари.

Завдяки програмному забезпеченню та алгоритмам штучного інтелекту, що використовуються в ньому відбувається збір інформації: зображення та дані полів зі супутників, літаків, дронів, потім інформація аналізується та обробляється. В кінці візуалізована інформація про стан полів і культур надається агрономам і фермерам.

Розглянемо питання контролю IoT збору урожаю.

Це питання є дуже важливим, особливо у випадку коли аграрій звертається за послугами винайму комбайнів, зерновозів та послугами сторонніх елеваторів:

1. перш за все на кожен бункер комбайна потрібно встановити порогові датчики наповнення бункера комбайна, як правило їх кількість становить від 4 до 10 одиниць. Є обов'язковим встановлення «нульового» датчику на підлогу, щоб мати можливість контролю висипів збіжжя;
2. потрібне чітке розуміння - зі «свого» комбайна збіжжя не має бути відвантажено в «чужий» зерновоз. Стосовно питання контролю, необхідно встановлювати систему «свій-чужий» у вигляді електронних міток на комбайни та зерновози. Як тільки програмне забезпечення побачить «свого», тоді, а не раніше, почнеться відвантаження з комбайна

- в «свій» зерновоз. Крім цього функціонал програмного забезпечення відслідковує, щоб збігалися gps-координати комбайна та зерновоза. Це є слушно для того, щоб «своя» електронна мітка не спрацювала, якщо хтось приховано привезе з собою мітку та за її допомогою матиме бажання відкрити «чужий» зерновоз;
3. аграрій має контролювати маршрут зерновоза від поля до вагової або елеватора. Це також виконується функціоналом програмного забезпечення, яке в разі порушень автоматично інформує власника врожаю про підозрілі ситуації: відхилення від маршруту, незрозумілі зупинки тощо;
 4. найбільш важливим є питання зважування врожаю та контроль за вологістю зерна. Шляхом для вирішення цього питання є встановлення на елеваторах і вагових, чиї послуги використовує агропідприємство, незалежного вагового контролера на комп'ютер ваговика, ще потрібне встановлення власного вологоміра, що має бути приєднаним до програмного забезпечення.

Такий варіант рішення надає можливість аграрію контролювати збір і зважування власного врожаю та відстежувати в режимі онлайн: поле, найменування культури, дату, час, які гектари є зібраними та яким комбайном, обсяг збіжжя, що було вивантажене із бункера комбайна в певний зерновоз, маршрут зерновоза до вагової, процедуру зважування та відбору проби на вологість і при цьому пул даних передається для аналізу до програмного забезпечення.

До основних завдань, що вирішуються за допомогою використання Інтернету речей в агробізнесі відносяться:

- автоматизація розрахунку оброблюваної площі поля у розрізі технологічних операцій та для розрахунку зарплати;
- автоматизація ідентифікації водія;

- автоматизація контролю видачі пального по ідентифікації водія і транспортного засобу, автоматизація розрахунку зливів паливно-мастильних матеріалів (ПММ);
- вивірення маршрутів з автоматичними повідомленнями про порушення з можливістю фото- та відеофіксації;
- облік ТМЦ: насіння, добрив і засобів захисту рослин (ЗЗР). Облік загальних витрат агропідприємства на полі з урахуванням витрат на гектар;
- обсяги витрат пального на агрогосподарстві в розрізі різних типів польових робіт;
- здійснення контролю та обліку видачі пального з автоматизованої заправної станції(АЗС), та контролю наявності МС під час заправки;
- здійснення контролю по заправкам/зливам пального, по витратам пального на 1 гектар площі, що підлягає обробці, а також здійснення контролю рівня пального у баці;
- проведення ідентифікація технічного засобу під час вивантаження з комбайна (BLE і RFID-мітки), здійснення контролю наявності технічного засобу під час вивантаження, здійснення контролю роботи шнека та намолоту у розрізі використовуваних комбайнів;
- проведення підрахунків по врожайності, валовому зборі, складання карти врожайності полів;
- взаємодія з супутниками для отримання та аналізу знімків полів, здійснення розрахунків по прогнозуванню врожайності, здійснення моніторингу полів за допомогою дронів;
- проведення аналітики розвитку культур за індексами стану рослин: EVI2, GRVI, VARI, NDVI, NDRE, ENDVI;
- відслідковування даних від локальної метеостанції, температура та вологість ґрунту, кількість опадів за означений період час, проведення контролю погодних умов під час роботи обприскувачів;

- проведення незалежного обліку ваги зерна на елеваторі з ідентифікацією технічного засобу на ваговій та вимірюванням вологості і ваги зерна, що було перевезено з поля, здійснення автоматичного визначення поля і культури.

Згідно цим завданням масиви даних формуються на IoT-платформі, і надалі обробляються за допомогою програмного забезпечення по заданим алгоритмам. В кінці цього процесу формуються різноманітні звіти, що можуть бути виведені на монітор комп'ютера. При необхідності можлива інтеграція даних з системами обліку такими як SAP, ERP, VarsMillenium Microsoft Power BI та ін. Ці сучасні інструменти ведення операційної діяльності значно підвищують ефективність робочих процесів, завдяки синхронізації і надають можливість бачення динаміки витрат агропідприємства та собівартості кожного гектара. [6]

Найбільш сучасним трендом інтернету речей є екосистема IoT.

Екосистема IoT представляє собою систему в якій «клієнт» ініціює запит на обслуговування або отримання інформації. Необхідною умовою є наявність «сервера» або декілька «серверів», що мають забезпечувати відповідь на запити клієнта. Клієнтом може бути комп'ютер, планшет, мобільний телефон і будь-яке інше пристрій, з якого відправлено запит на отримання певних послуг.

Слід пам'ятати, що необхідною умовою віднесення екосистеми до IoT, є наявність хмарної служби де ініціюються відповіді на запити при повністю автоматизованому обслуговуванні таких запитів.

Щоб кваліфікувати обслуговування запитів як істинний IoT, необхідно звернутися до найбільш типових ознак:

1. В екосистемі IoT створений підвищений комфорт для користувача.
2. Екосистема IoT забезпечує підвищення продуктивності та прибутковості виробництва.
3. Екосистема IoT знижує експлуатаційні витрати і / або вартість технічного обслуговування.

Тільки при наявності трьох цих критеріїв можна стверджувати, що на виробництві задіяна саме екосистема IoT. [22]

При реалізації проектів інтернету речей формується екосистема партнерів - така система взаємодії між учасниками, в якій користі (вигод) від співпраці більше, ніж конкуренції один з одним. Використовуючи загальну інфраструктуру і інтерфейс платформи, учасники створюють нові продукти і впроваджують інновації, які вони ніколи не змогли б створити кожен окремо, і які завдяки їх співпраці стають доступнішими. Крім того, в рамках такої взаємодії кожен з учасників просуває спільне рішення. При цьому результат досягається для всіх учасників ланцюжка створення доданої вартості.

Обов'язковими учасниками проектів IoT є:

- Постачальники пристроїв.
- Оператори зв'язку.
- IoT-платформи.
- Системні інтегратори.
- Розробники додатків.
- Замовники.

IoT-платформа - центральний елемент екосистеми IoT і комплексних інтегрованих IoT-проектів з високим ступенем автоматизації, великою кількістю учасників і з'єднаних пристроїв. IoT-платформа грає роль посередника: пристрої і компоненти рішення можуть передавати дані в широкому діапазоні форматів, використовуючи різні протоколи зв'язку. Платформа забезпечує спільну роботу всіх пристроїв і елементів системи, робить можливим розвиток призначених для користувача додатків і сервісів. Як правило, розробники підтримують максимально повний список встановлених датчиків і пристроїв, стандартів, протоколів, аналітичних інструментів для забезпечення якнайшвидшої інтеграції рішень.

Платформи бувають різних рівнів (управління комунікаціями, управління пристроями, керування мережами, платформи для роботи і розробки додатків).

Найскладніші надають можливості стороннім розробникам по бізнес-аналітиці з вбудованим машинним навчанням і штучним інтелектом, візуалізації результатів, доповненої реальності (коли можна поєднувати об'єкт з віртуальною інструкцією по обслуговуванню та ремонту). [20, 22]

Smart farming - це концепція ведення фермерського господарства із застосуванням новітніх інформаційних і комунікаційних технологій (рис. 1.7).

До Smart farming відносяться:[23]

- використання дронів для доставки добрив, пожежогасіння або моніторингу стану полів;
- програмні комплекси для управління агропідприємствами, які здатні обробляти і аналізувати інформацію з супутників, метеостанцій або спеціальних локальних датчиків;
- точне землеробство, в якому комп'ютерні системи аналізують стан ґрунту, щоб домогтися максимальної врожайності з кожної конкретної ділянки;
- теплиці з досвітки і вбудованими системами управління мікрокліматом;
- перехід підприємств на частково або повністю автоматизований робочий цикл, що має на увазі передачу контролю за процесами «на відкуп» сучасним системам;
- маркетплейси для фермерів, за допомогою яких виробники можуть реалізовувати свою продукцію через інтернет і доставляти їх кінцевому споживачеві, минаючи посередника у вигляді звичайних продовольчих ринків і торгових мереж, швидко домовлятися про перевезення своєї продукції і доставці добрив, укладати контракти з ресторанами і купувати або продавати техніку.

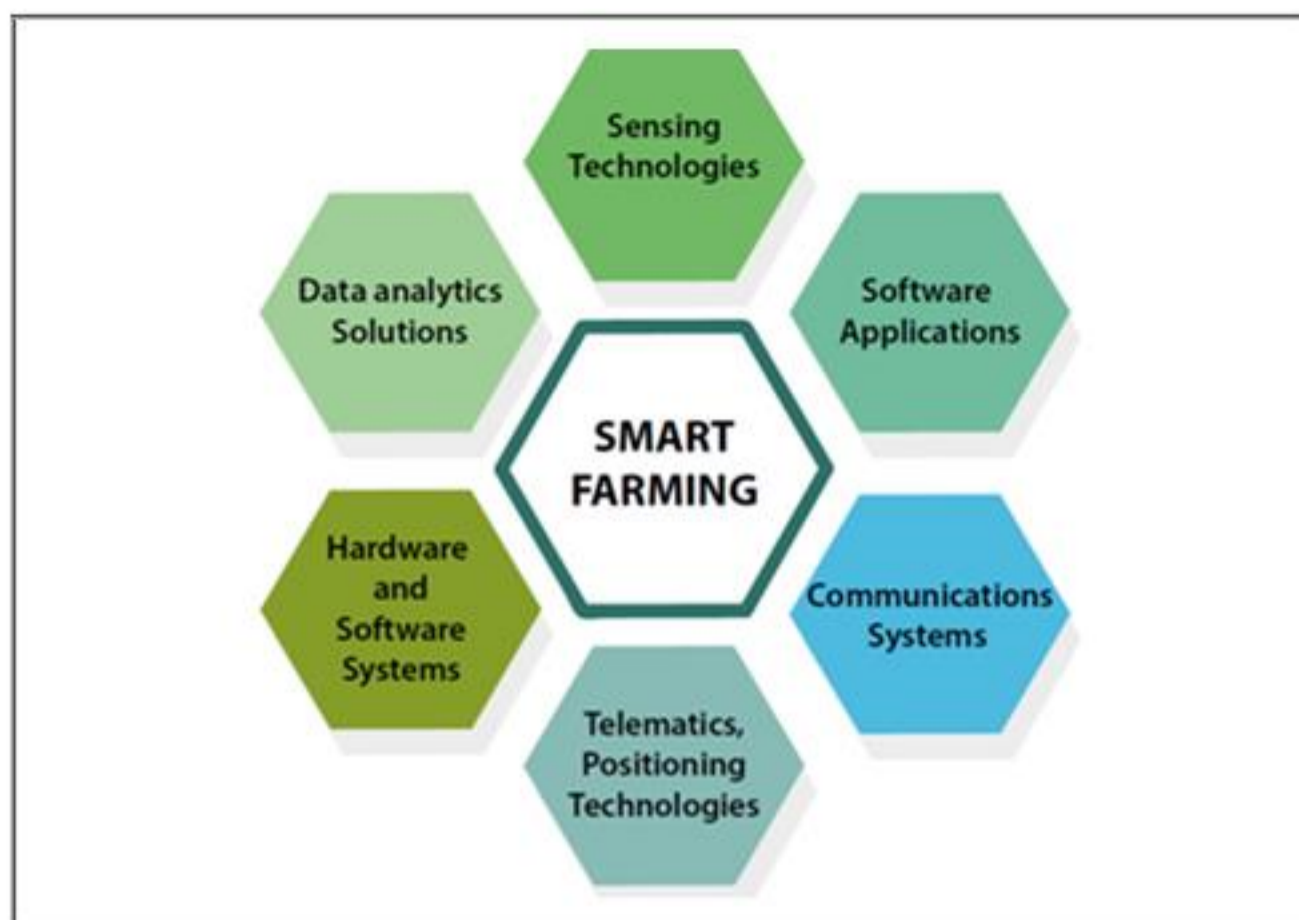


Рис. 1.7. Технології, що використовуються в «розумному» сільському господарстві

За наданою моделлю IoT-платформи для аграрного бізнесу можуть бути хмарними, публічними або гібридними, тому терміни «IoT-платформа» та «хмарний сервіс» вважається синонімами. Відповідно до класифікації Berg Insight і First Analysis, більшу частину IoT-платформ можна віднести до однієї або відразу декількох категоріях:

1. платформи з управління комунікаціями (Connectivity Management Platforms, CMP);
2. платформи з управління мережами / даними (абонентами) - Network / Data (Subscriber) Management (NM);
3. платформи з управління пристроями (Device Management Platforms, DMP);
4. платформи для забезпечення роботи додатків (Application Enablement Platforms, AEP);
5. платформи для розробки додатків (Application Development Platform, ADP).

Зупинимося на дослідженні платформи AEP - платформи для забезпечення роботи додатків, оскільки тільки вони є галузево-специфічними.

Спеціалізовані АЕР-платформи для сільського господарства мають два різновиди: платформи-агрегатори сільськогосподарських даних, які можна називати базовими, і прикладні платформи з спеціалізованими сільськогосподарськими сервісами. Між цими двома видами платформ реалізований інтенсивний двосторонній обмін даними. Аналіз даних ведеться в платформах обох видів, а функції автоматизації виробничих і бізнес-процесів сільгоспідприємств з використанням цих даних реалізується тільки в прикладних платформах і сервісах.

Поряд з додатками, що були розроблені як хмарні IoT-платформи, існують мігруючі в хмарні платформи галузеві додатки класу Farm Management System (FMS). Така міграція має місце за рахунок переходу розробників FMS з моделі розгортання on-premise на модель SaaS, що надає можливість провайдеру накопичувати велику кількість даних від компаній-користувачів програми. Хмарні FMS можна розглядати як галузеві IoT-платформи через використання більшістю прямого автоматичного введення даних із них від сенсорів і виконавчих пристроїв і їх інтеграції з великою кількістю зовнішніх систем і сервісів, таких як метеосервіси, геоінформаційні системи, сервіси наскрізної простежуваності і т.п. Таким чином, серед прикладних хмарних сервісів для сільського господарства представлені не тільки IoT-платформи, але й надаються за моделлю SaaS транзакційні додатки, тому відсутня чітка межа між «платформами» і «сервісами», але за дослідженням представлені і ті, і інші.

В розглянуті хмарні додатки (прикладні сервіси) не включені крос-індустріальні додатки, які використовуються не тільки в сільському господарстві, а й в інших галузях, наприклад додатки для управління ланцюгами постачання й збутом, якщо вони не є частиною галузевих програм (сервісів).

Найбільш рідкісними є платформи / додатки, які мають не тільки функцію інформаційної підтримки прийняття рішень і контролю їх виконання, а й власне виконання, тобто є керуючими системами.

Розглянуті IoT-платформи та сервіси є технологічною основою цифрового сільського господарства, яке визначається американською асоціацією AgGateway як виробництво сільгосппродукції з використанням все більш автономних адаптивних (підвладних самооптимізації) виробничих і бізнес-процесів без безпосередньої участі людини. Властивість адаптивності заснована на використанні математичних моделей, що описують взаємозв'язок метрик процесів, з переважно прямим отриманням первинних даних безпосередньо в місцях їх виникнення від пристроїв і датчиків IoT, що дозволяє досягти високої якості даних: актуальності, релевантності, точності і повноти. [19]

Висновки до розділу 1

У першому розділі роботи надано визначення інтернету речей та промислового інтернету речей, як його найбільш важливого підрозділу. Дано поняття сутності технологій інтернету речей та окреслено області застосування технологій інтернету речей, визначено що інтернет речей є рушійною силою програми «Індустрія 4». Приведено опис найважливіших технологій інтернету речей в агросекторі, визначені основні завдання технологій інтернету речей для цього сектору. Надано ознаки визначення екосистеми інтернету речей та опис хмарної платформи АЕР для використання інтернету речей в агросекторі. Також приділено увагу нормативно-правовому регулюванню інтернету речей в Україні з наголошенням на необхідність вирішення проблемного питання необхідності захисту даних при застосуванні інтернету речей згідно європейських положень.

РОЗДІЛ 2. ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ»: МОЖЛИВІСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ СЕКТОРІ

2.1. Світові тренди застосування Інтернету Речей в новітніх технологіях агросектору

У 2050 році загальна чисельність населення Землі прогнозовано має досягти 9,6 млрд. Значення IoT, до цього часу, має досягти критичного рівня - технологія надасть можливість знизити витрати, принесе економію часу і дозволить прогодувати таку величезну кількість людей. За дослідженнями компанії Business Insider Intelligence, до кінця 2020 року кількість впроваджених в сільськогосподарській галузі IoT-пристроїв досягне 75 млн. [30, с.162]

Світове аналітичне агентство Gartner, приводить наступні дані: в 2017 році було використано пристроїв IoT на суму близько 8,4 млрд. дол., - це на 31% більше в порівнянні з 2016-м, а вже в 2020 році кількість використаних IoT пристроїв зросте до імовірної суми 20,4 млрд. дол.

Загальні витрати на кінцеві точки та послуги IoT за даними 2017 року досягли майже 2 трлн. дол., Маємо відмітити, що дві третини з цих пристроїв знаходяться в Китаї, Північній Америці та Західній Європі. Більше 8 млрд. з усіх цих пристроїв – це споживчі товари, такі як смарт-телевізори, смарт-динаміки та інше. [21]

За статистичними даними, найбільш часто використовуваними пристроями IoT для підприємств є інтелектуальні електричні лічильники і комерційні камери відеоспостереження. [21]

Дані аналітичної компанії IDC засвідчують, що в 2018 році світові витрати на IoT складають близько 772,5 млрд. дол. Прогноз на 2020 рік загальних витрат IoT становить 1 трлн. дол., а на 2021 році 1.1 трлн. дол. [21]

Підрахунки консалтингової агенції McKinsey говорять про те, що до 2025 року обсяг IoT-ринку складе 6,2 трлн. дол. Більшість експертів при цьому

приходять до думки, що в кінцевому підсумку IoT повністю змінить існуючий IT-ландшафт. [31]

Консультанти IDC надають припущення, що апаратне забезпечення може стати найбільшою технологічною категорією, тому що вже за статистикою 2018 року основні витрати IoT займали модулі і датчики – це більше 200 млрд. дол. Частина цих грошей пішла на інфраструктуру і безпеку, тож можна говорити про те, що послуги IoT є другою за величиною технологічною категорією. За цим йдуть витрати на програмне забезпечення та можливості підключення IoT. [21]

Що стосується галузі агробізнесу. Агенція Gartner прогнозує загальний економічний ефект від впровадження інтернету речей у всіх галузях економіки в глобальному масштабі за станом на 2020 рік до 1,9 трлн. дол., при цьому частка сільського господарства складе 4%, тобто приблизно 76 млрд дол. (рис. 2.1). [20]

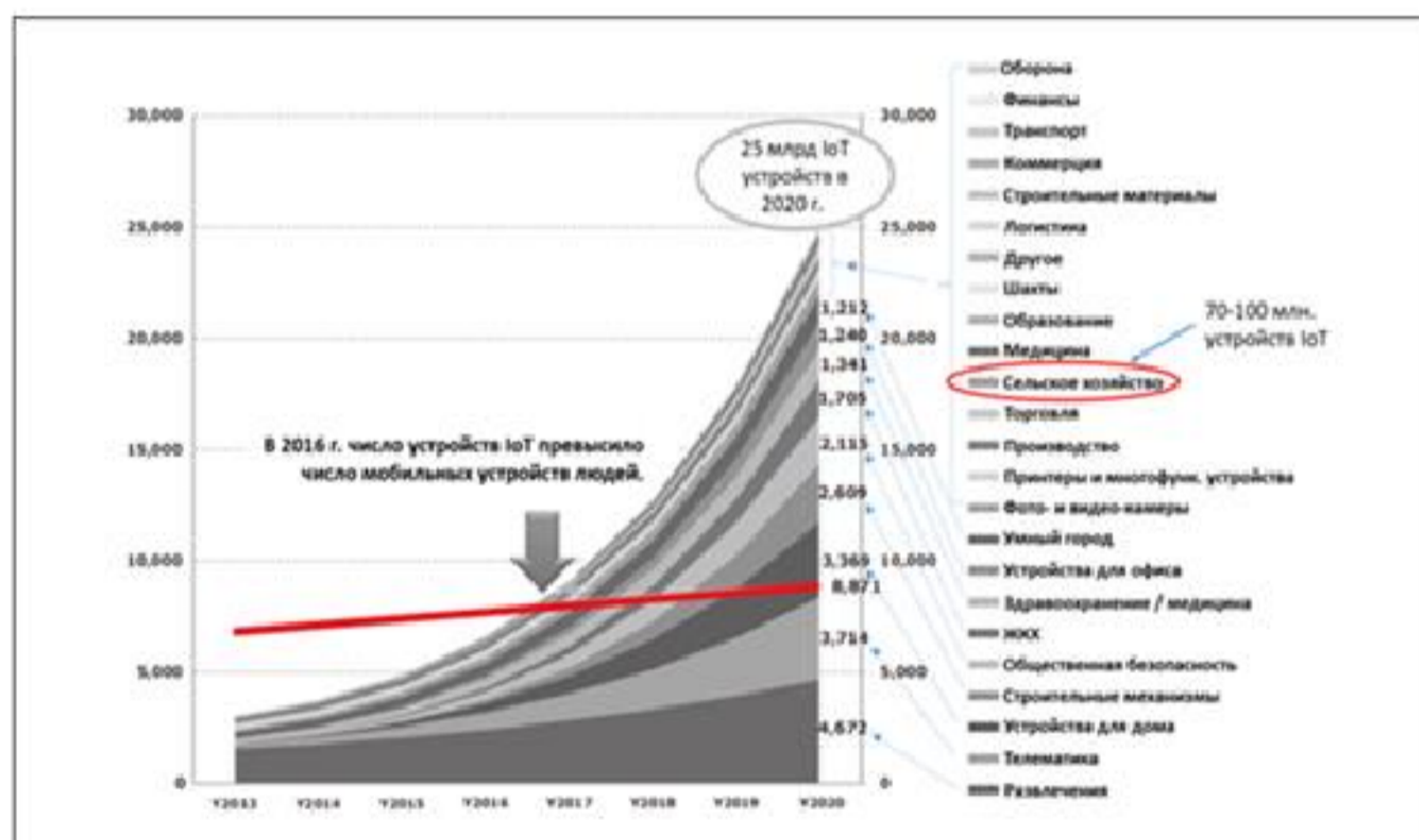


Рис. 2.1. Кількість пристроїв IoT у світі, у розбивці по галузях, млрд, 2013-2020pp

В агрокомплексі на передову виходять IoT-пристрої, що включають робототехніку, безпілотні транспортні засоби, автоматизоване обладнання,

засоби дозованого розпилення. Ці пристрої IoT є основою новітніх технологій ведення сільського господарства:

1. «Точкове» фермерське господарство. Пристрої IoT за допомогою впровадження більш точних методик роблять ведення сільського господарства більш контрольованим та більш точним. Це має особливе значення як для тваринництва так і для рослинництва.
2. Моніторинг поголів'я домашньої худоби. Власники ферм користуються сенсорними додатками IoT для збору даних про місцезнаходження, безпеку та стан здоров'я домашньої худоби;
3. «Розумні» теплиці. В цих технологіях методом віддаленого моніторингу здійснюється контроль за екстремальними коливаннями температури для захисту цінних рослин.

За даними компанії Roland Berger ринок розумного фермерського господарства виріс до 4,5 млрд євро в 2020 році, порівняно з 3 млрд євро 2016 року, при цьому частка США складає в ньому більше 40% .

Business Insider Intelligence прогнозує, що вже у 2020 році кількість використовуваних в сільському господарстві IoT-пристроїв досягне 75 млн. в порівнянні з 30 млн. в 2015-му, кількість сенсорних датчиків на фермах до 2023 року складе 12 млн., а обсяг ринку точного землеробства до 2050 року зросте до 240 млрд. дол. за прогнозом Goldman Sachs. [36]

Маємо відмітити, що у цілому, Європа на даний час відстає від США за рівнем використання «розумних» пристроїв в агропромисловому комплексі. Тож хоча в країнах ЄС приблизно 80% агротехніки продається вже з навігаційними системами, але фактично до мережі підключено не більше 30% технічних пристроїв. Причина цього явища полягає у тому, що в ЄС частка великих фермерських господарств набагато менша, ніж у США. У Європі історично переважають дрібні сімейні ферми, які вже мають достатню кількість техніки і не мають бажання міняти її на «розумну», оскільки вона має досить високу ціну.

Досить нещодавно у дослідженні щодо розвитку інноваційних систем у сільському господарстві у світі, опублікованому IDTechEx було висказано припущення, що до 2030 року ринок роботів і безпілотних літальних апаратів зросте до 10 млрд. дол.. Об'єм світових продажів та поставок приведено на рис. 2.2.

Дослідники впевнені, що роботизовані технологічні розробки, що відкривають шляхи впровадження точкового землеробства і вирішення ключових глобальних проблем досконально змінять агробізнес. Розглянемо, як саме відбувався ріст агротехнічних пристроїв IoT.

Автономні трактори. У 2016 році буде продано понад 300 тис. тракторів з автоматичною системою управління - до 2026 року прогнозовано зріст їх кількості до 660 тис. одиниць на рік. Але маємо зауважити, що великомасштабний вихід на ринок безпілотних автономних тракторів відкладається через питання, пов'язані з регулюванням, собівартістю і недостатньою довірою фермерів. [29]

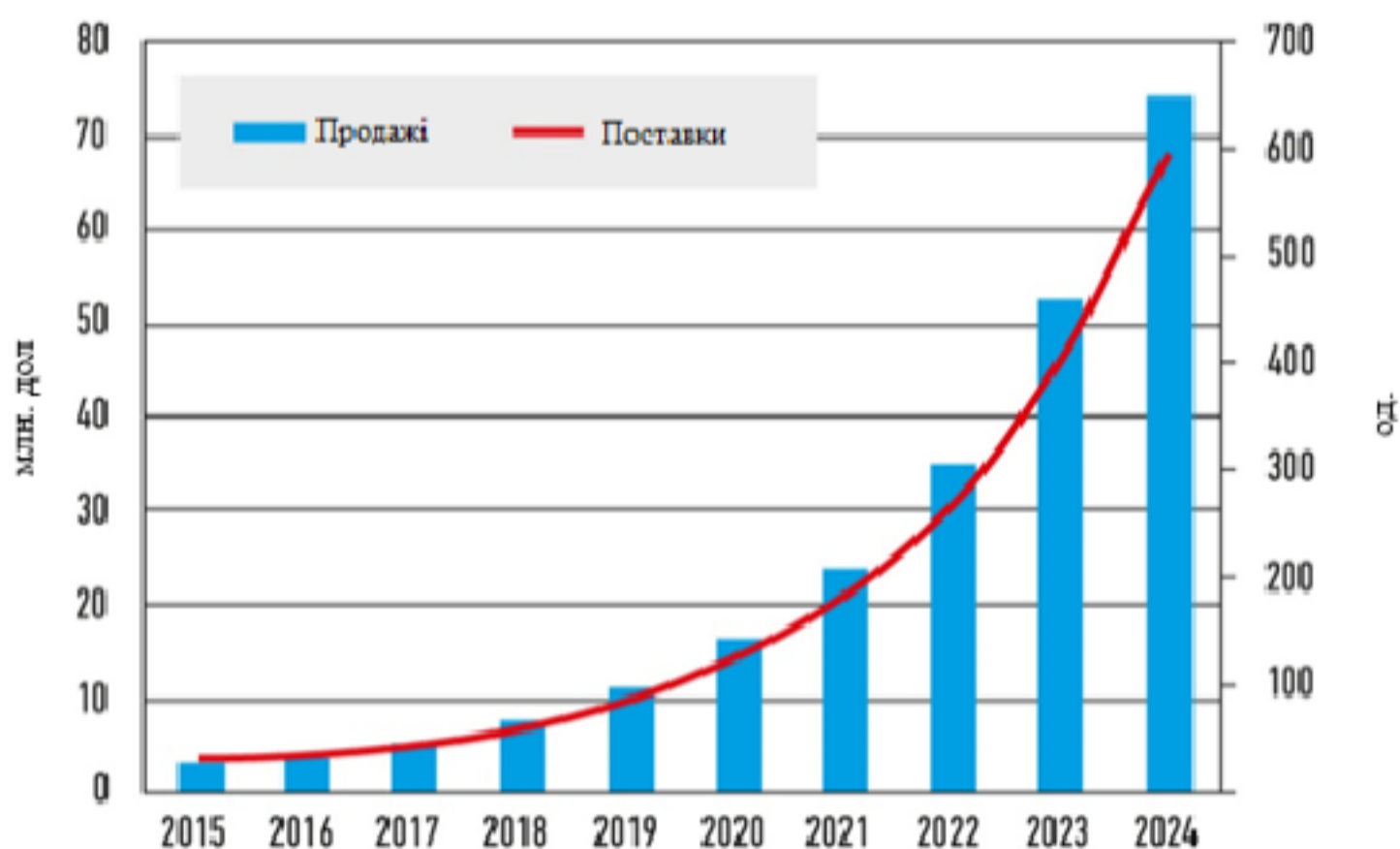


Рис. 2.2. Об'єм світових продажів та поставок сільськогосподарських роботів [31]

Дрони. Цей вид техніки почав використовуватися на початку 1990-х років у Японії на рисових полях. Сьогоднішній розвиток дронів як технічних засобів

робить їх доступними та незамінними при зборі інформації та її аналізуванні. Агрогосподарства можуть стати найбільшими замовниками дронів, тож прогнозований ринок може досягти 485 млн. дол. у 2026 році. Цей прогноз здійснюється міжнародною громадською організацією Association for Unmanned Vehicle Systems International. Дані Baker Tilly Ukraine засвідчують даний прогноз і вказують, принаймі, на три головні причини його здійснення. [29]

По-перше, дрони спрощують процес моніторингу стану посівів.

По-друге, вони мають інноваційне оснащення інфрачервоними камерами, сенсорами зростання, системами розпилення, внесення добрив, надають можливість суттєвої економії для проведення додаткової діагностики.

По-третє, дрони надають можливість оптимізації агровиробництва, так як мають в арсеналі можливостей збір та обробку великої кількості інформації за досить короткий проміжок часу.

Роботи для прополювання. Ці помічники вже працюють в органічному фермерському господарстві декілька років, виконуючи обробку культури, ідентифікуючи і видаляючи бур'яни. Покоління більш досконалих роботів поки що на стадії розробки, але згідно прогнозу ринок роботів для прополювання зросте до 380 млн. дол. у 2026 році. [29]

Безпілотні автономні роботизовані культиватори і розвідники даних. Ці роботи мають більшу навігаційну автономію. Маленькі за розмірами, легкі та досить повільні, вони автономно пересуваються полем, аналізуючи рослини та у разі необхідності здійснюють певні дії, наприклад, прополювання. Досить велика кількість компаній займається розробкою різноманітних моделей роботів-культиваторів, їх удосконаленням та впровадженням, але на даний час немає прототипу даного типу робота для великих комерційних продажів. Та все ж за прогнозами очікується зростання ринку безпілотних роботизованих культиваторів і розвідників до 300 млн. дол. в 2026 році. [29]

Машини для збору фруктів. Пора збору свіжих фруктів є ручною роботою і перебуває поза межами використання машин або роботів, так як існують певні

і досить жорсткі технічні вимоги до якості зібраного урожаю. Тож інвестиційний ринок створення моделей машин для збору фруктів досить невеликий та фрагментований. Ця ситуація змінюється дуже повільно, комбайни для збирання ягід і фруктів почнуть освоювання ринку лише у 2021 року, а за прогнозним значенням у 2026 році вкладення в цей ринок досягне 230 млн. дол. [29]

ЮТ викликає великий інтерес у постачальників сільськогосподарської техніки, зокрема John Deere, а також агропродовольчих гігантів типу Monsanto.

Крім необхідності скорочення операційних витрат і підвищення прибутковості бізнесу, світове агрогосподарство знаходиться під тиском необхідності зростання продуктивності. В умовах жорсткої конкуренції, розвиток проектів, заснованих на технологіях Інтернету Речей є економічно обґрунтованим.

За оцінкою GoldmanSachs, сукупне зростання продуктивності рослинництва за рахунок впровадження рішень точкового землеробства може вирости на 70% і принести додаткової продукції на 800 млрд. дол. до 2050 року. Ринок рішень точкового землеробства виробникам і розробникам має принести 240 млрд дол. у 2050 році. Це буде сукупним результатом рішення точкової посадки, точкової іригації, точкового внесення добрив, обприскування, моніторингу поля, аналізу даних, використання малої агротехніки, включаючи автономну.

Основу цифрового агрогосподарства складають математичні моделі наскрізних процесів виробництва та збуту сільгосппродукції – звідси назва – цифрове агрогосподарство. Математичні моделі наскрізних процесів дозволяють в близькому до автоматичного режиму оптимізувати виробництво і збут продукції за параметрами прибутковості, стійкості бізнесу та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище.

Реалізація наскрізної цифровізації всього процесу створення доданої вартості продукції агрогосподарства «від поля до виделки» може привести до кратного зниження питомої собівартості виробництва і збуту сільгосппродукції,

кардинально трансформувати вигляд як сільськогосподарської, так і суміжних із нею галузей, а з появою принципово нових бізнес-моделей, таких як хмарна модель – трансформація торкнеться не тільки засобів автоматизації, а й засобів механізації, стає можливим виробництво продуктів харчування під вимоги конкретного кінцевого споживача, нові підходи до селекції насіння і так далі. [21]

Світові тренди розвитку платформних рішень і сервісів по застосуванню інтернету речей в АПК формуються на підставі запитів ринку. В цілому, інноваційні рішення потрібні для оптимізації поливу і внесення засобів захисту рослин, добрив, оптимізації використання робочої сили, простеження ланцюжків поставок, а також для підвищення ефективності і рентабельності фермерських господарств. Фермерам, агрономам, консультантам стають доступні мобільні або онлайн-додатки, які при завантаженні даних про поле (координати, площа, тип культур, минула врожайність) і попереднього встановлення датчиків контролю з бездротовим обміном даних (WiFi, LoRa, 3G | 4G | 5G і ін.) здатні надавати точні рекомендації та рекомендувати послідовність дій з урахуванням аналізу багатьох минулих і поточних факторів, як на своїй ділянці, так і в зовнішньому оточенні, комбінуючи дані з техніки, датчиків, дронів, супутників, інших зовнішніх додатків. Таким чином виробники отримують оперативну інформацію про стан їх полів, садів, ферм, теплиць і можливість перетворити їх в «розумні» об'єкти АПК (рис. 2.3). [30]

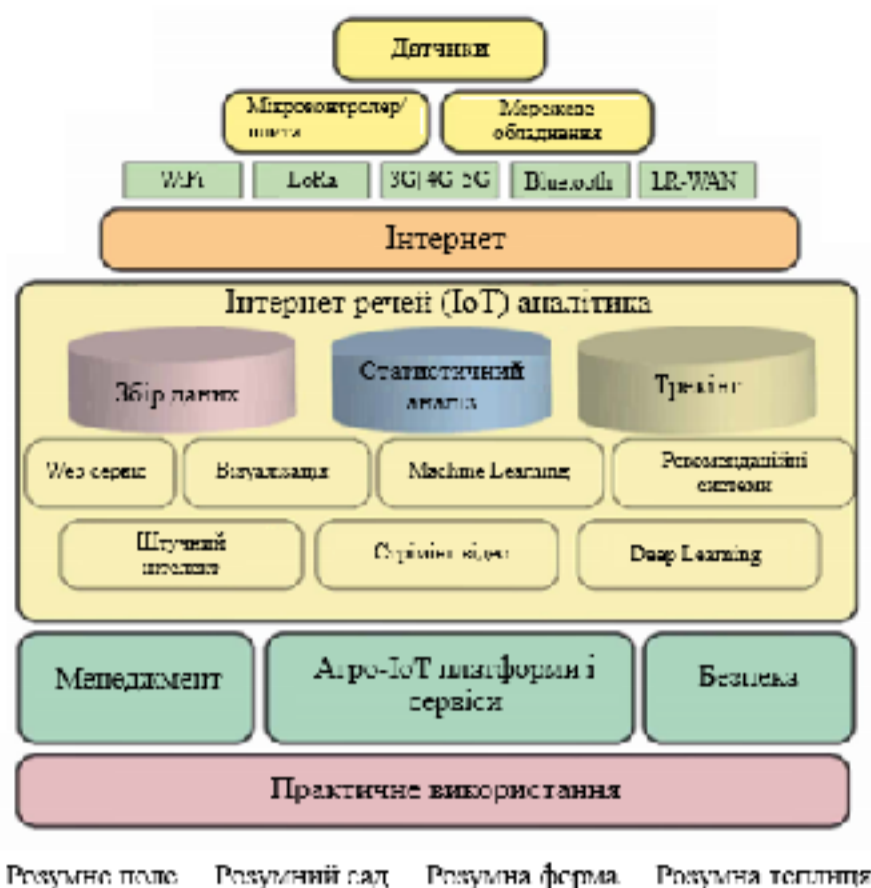


Рис 2.3. Концепція технологічної архітектури Інтернету Речей для вирішення проблем в сільському господарстві [30]

Масове використання такого підходу в с/г бізнесі вже почалося. Але маємо зазначити, що навіть у США, найбільш просунутому регіональному ринку, хмарні платформи і сервіси стали широко застосовуватися лише останні три чотири роки, тому поки складно оцінити економічний ефект від цифрової трансформації сільського господарства в наведеному вище його розумінні.

На даний час с/г бізнес знаходиться на початковому етапі переходу до цифрового сільського господарства, що характеризується поки лише більш розвиненою і деталізованою, ніж раніше, інформаційною підтримкою прийняття рішень. Проте доведений на практиці економічний ефект становить десятки відсотків підвищення врожайності, зниження втрат і питомих витрат на виробництво одиниці продукції.

У поєднанні з прийнятною для більшості фермерських господарств вартістю використання таких сервісів навіть для малих господарств - одиниці дол. на рік за акр (при наявності безкоштовних підписок), очевидна економічна вигода навіть від початкового рівня цифровізації, що в свою чергу означає, що рівень проникнення хмарних платформ і сервісів буде швидко рости і вже в

найближчі роки стане обов'язковим елементом будь-якого успішного с/г бізнесу.

Компанією J'son & Partners Consulting проведено дослідження, згідно якого, в грошовому вираженні глобальний ринок хмарних платформ і сервісів для цифрового сільського господарства склав в 2017 році 815 млн. дол., з перспективою більш ніж дворазового зростання до 1,9 млрд. дол. у 2022 році. До зазначеного обсягу ринку входять тільки платежі за використання хмарних платформ і сервісів цифрового агрогосподарства, сюди не включені витрати агрогосподарств на супутні послуги та обладнання. Основний сегмент даного ринку - хмарні транзакційно-аналітичні платформи і додатки для рослинництва й універсальні платформи та додатки, що формують 86% загального обсягу споживання (рис. 2.4). [33]

Найбільший регіональний ринок – це Північна Америка (США, Канада).

Ще у 2017 році тут сформовано майже 40% кінцевого споживання. Найбільший потенціал для зростання належить Південно-Східній Азії і Океанії (Китай, Індія, Австралія, Нова Зеландія): частка використання хмарних платформ і сервісів в цьому регіоні може вирости з 22% у 2017 році до 30% в 2022 році від загальносвітового ринку використання хмарних платформ. [20]

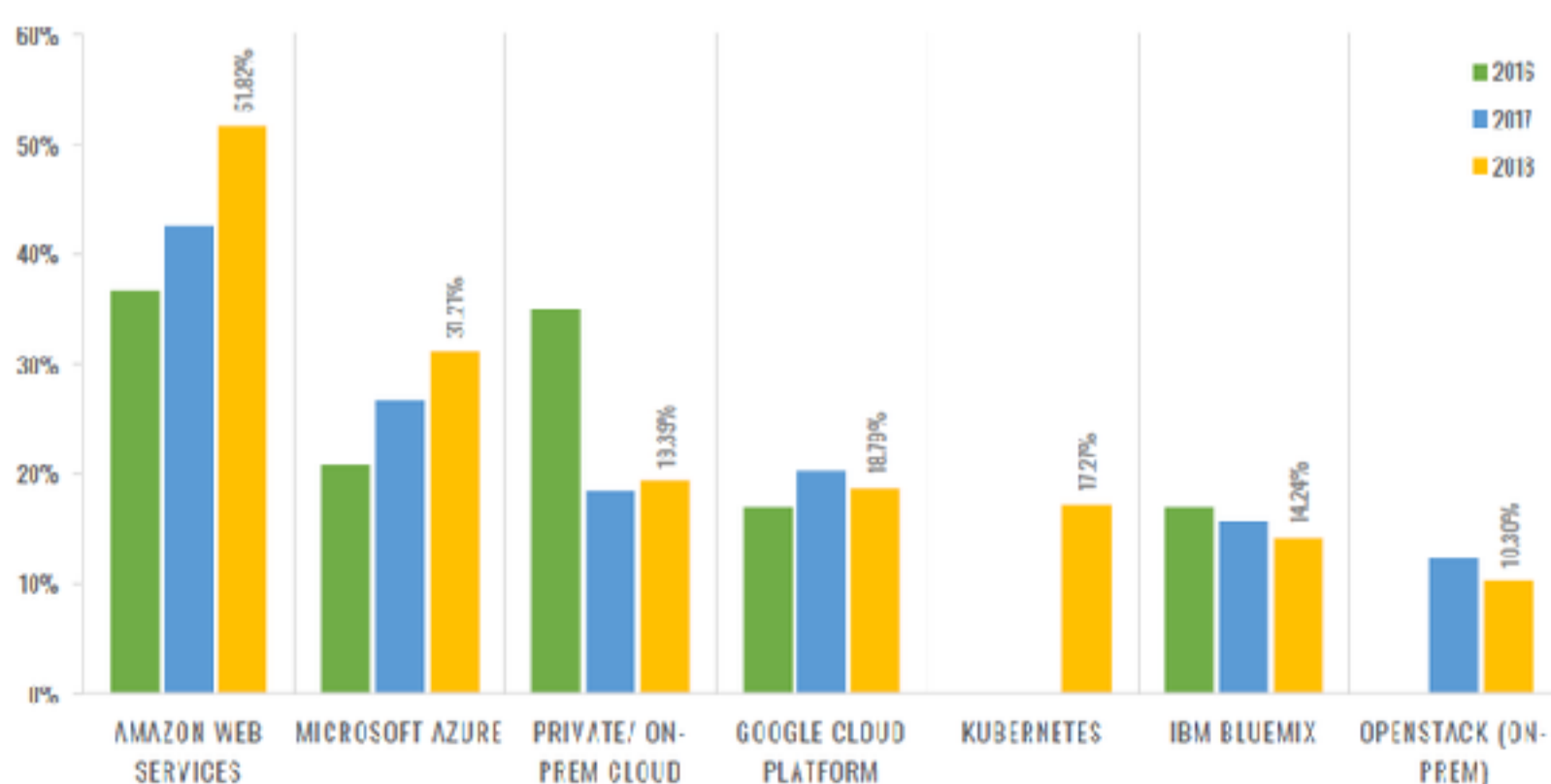


Рис. 2.4. Аналіз трендів хмарних сервісів для IoT [33]

Оскільки вплив вплив точкового землеробства тільки зростає, дослідницька фірма Markets and Markets прогнозує ріст витрат на супутні рішення на 13,47% від сукупного річного темпу зростання. В еквіваленті до річної ринкової можливості це зростання за прогнозами становитиме 7,87 млрд. дол. США у 2022 році. Саме в 2022 році дослідники очікують значний ріст ефективності і продуктивності від впровадження технологій точкового землеробства, що значно розширить цей ринок. Використовуючи додатки IoT споживачі не думають про можливість підключення худоби або поля до цифрового моніторингу, але саме це і є основою для цифровізації агрогосподарства, і саме це сприяє поширенню IoT в сільському господарстві. [20]

За звітом фірми Machina Research, очікується, що число підключених агропристроїв виросте з 13 млн. кінця 2014 року до 225 млн. у 2024 року. Дані від Statista говорять про те, що число малопотужних широкосмугових з'єднань (LPWA), використовуваних в агрогосподарствах зростає до 117 мільйонів у 2024 році в усьому світі, в порівнянні зі 160 000 підключень у 2015 році. Це експоненціальне зростання частково збігається з різким зниженням вартості окремих датчиків і експлуатаційних витрат мережі. Оскільки вони не залежать від сторонніх мереж Wi-Fi або стільникового зв'язку, такі опції LPWA, як Symphony Link, забезпечують більшу надійність і масштабованість мережі навіть для масштабного агропідприємства. [20]

Ланцюжок доданої вартості. Ланцюжок доданої вартості в сільському господарстві характеризується складною структурою учасників і має скоріше горизонтальну структуру, аніж вертикальну (рис. 2.5). [20]

Крім того, різні види культур і продуктів формують свій, відмінний, і часто фрагментований ланцюжок поставок.

Стандартний розклад обробки (суцільний полив, добриво, хімізація) не враховують локальних особливостей і природної мінливості, і призводять до неефективного результату - перевитрати ресурсів або наявності невиявлених проблем. Засуха або надлишок вологи, недолік або перевищення норми добрив, бур'яни та комахи вимагають негайного втручання. Спалах хвороби може

з'явитися несподівано і не завжди легко визначити її причину; при пізньому виявленні та неправильному поводженні хвороба здатна знищити частину врожаю. [20]

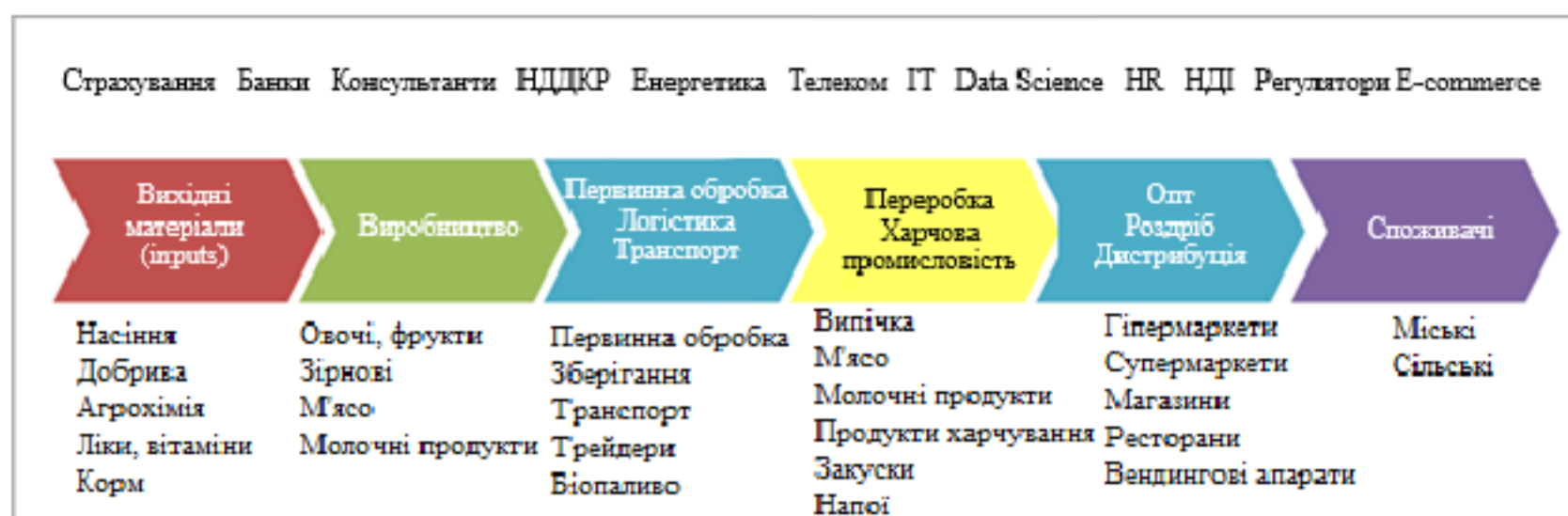


Рис. 2.5. Ланцюжок доданої вартості в сільському господарстві [20]

За оцінкою експертів, фермеру в сезон доводиться приймати більш як 40 різних рішень: яке насіння садити, коли садити, як його обробляти, чим лікувати захворілі рослини, як справлятися з загрозами благополуччю поля ситуаціями тощо. [20]

Системи автоматизованого управління агрогосподарства дозволяють контролювати 2/3 чинників втрат врожаю. Недолік інформації для прийняття рішень призводить до того, що в процесі посадки, вирощування, догляду за культурами може бути втрачено до 40% врожаю. Під час збору врожаю, зберігання та транспортування може бути втрачено ще 40%. Але, як виявлено вченими, крім погоди, 2/3 чинників втрат сьогодні можна контролювати за допомогою автоматизованих систем управління (Hi-Tech Management). [20]

Тож аграрію для повторення успіху вчених у досягнення врожайності необхідно: [20]

- організувати збір докладних даних за минулі періоди врожайності, погоду, ефект від кожного застосованого хімікату/добрива;
- організувати безперервний доступ до інформації про погоду, температуру і зміст речовин у ґрунті через систему польових або вбудованих в

агротехніку датчиків та через телекомунікаційні мережі, інтегрувати всю інформацію в систему управління даними;

- впровадити систему бізнес-аналітики для обробки цих даних і розробки алгоритмів для підготовки інструкції, або, в ідеальному виконанні, запрограмувати автоматичний режим керування в разі надходження команди на периферійні компоненти системи, такі як: датчики поливу, радіокеровані трактори, БПЛА, які розпилюють хімікати або проводять аерофотозйомку для оцінки рівня вегетації, регулятори температури і вологості в теплицях тощо.

Саме такий комплекс рішень являє собою AgroIoT-проект, який дозволяє автоматизувати весь цикл сільськогосподарських операцій по вирощуванню рослин або тварин.

Завданням інформаційних технологій стає максимальна автоматизація всіх етапів виробничого циклу для скорочення втрат, підвищення продуктивності бізнесу, оптимального управління ресурсами.

Подальша автоматизація представляє більш високий рівень цифрової інтеграції, який зачіпає складні організаційні зміни в бізнесі, проте їх реалізація здатна кардинально вплинути на прибуток і конкурентоспроможність продукції і компанії в цілому.

Інтеграція одержуваних даних з різними інтелектуальними ІТ-додатками, що обробляються в режимі реального часу, здійснює революційні зрушення в прийнятті рішень для фермера, надаючи результати аналізу множинних факторів і їх обґрунтування для подальших дій. При цьому, чим більше партнерів підключені в єдину мережу і обмінюються даними через хмару, тим більш «розумною» стає інформаційна система і тим більше корисної інформації для користувача вона здатна надати.

Під час реалізації IoT-рішень, в силу взаємодії учасників IoT-системи між собою, завжди формується певна екосистема партнерів (рис. 2.6). IoT-платформа виступає в якості посередника, за допомогою якого пристрої і

компоненти системи можуть обмінюватися даними. Платформа надає можливість для розвитку додатків і сервісів користувачів, що досить позитивно впливатиме на використання можливостей IoT безпосередньо користувачами - фермерами або персоналом агропідприємств. Використовуючи інтерфейс IoT-платформи і загальну інфраструктуру, за допомогою спеціальних конструкторів користувачі системи отримують можливість створювати свій продукт і впроваджувати власні інновації.

Для, прикладу, будь-який фермер зможе самостійно замінити «ручний» процес аналізу якості ґрунтів, води, погодних умов на конкретній ділянці його угідь системою моніторингу за допомогою формування завдання через конструктор додатків. Тобто, шляхом додавання відповідного модуля конструюється практично будь-який набір потрібних конкретному фермеру рішень і цими рішеннями можна поділитися на платній або безкоштовній основі з іншими. Наявність спільної платформи як би «соціалізує» створені користувачами рішення, роблячи їх доступним іншим споживачам. Це відповідає плавному переходу до глобальних багатокористувацьких платформ, основою яких є гармонійна синергія трьох компонентів: соціального, контентного і апаратного, який отримав назву соціальна IoT-платформа (SIoT).

Чимало експертів вважають, що майбутнє «розумного» агрогосподарства саме в таких платформах, при цьому одним з вирішальних чинників популяризації Інтернету речей, в тому числі і для аграрної галузі - соціальна складова. [22]

У будь-якому випадку, світовий тренд, що спрямований на підвищення кількості продовольства дає аграрній галузі великий шанс за короткий час перетворитися з традиційно консервативної в високотехнологічну, здатну увібрати в себе ті інноваційні рішення та розробки, які пропонує сьогодні концепція Інтернету Речей. [32]

На основі наукових розрахунків система AIoT здатна створювати рекомендації по обробці та догляду за рослинами, або інструкції для автоматичного виконання роботизованою технікою. [20]

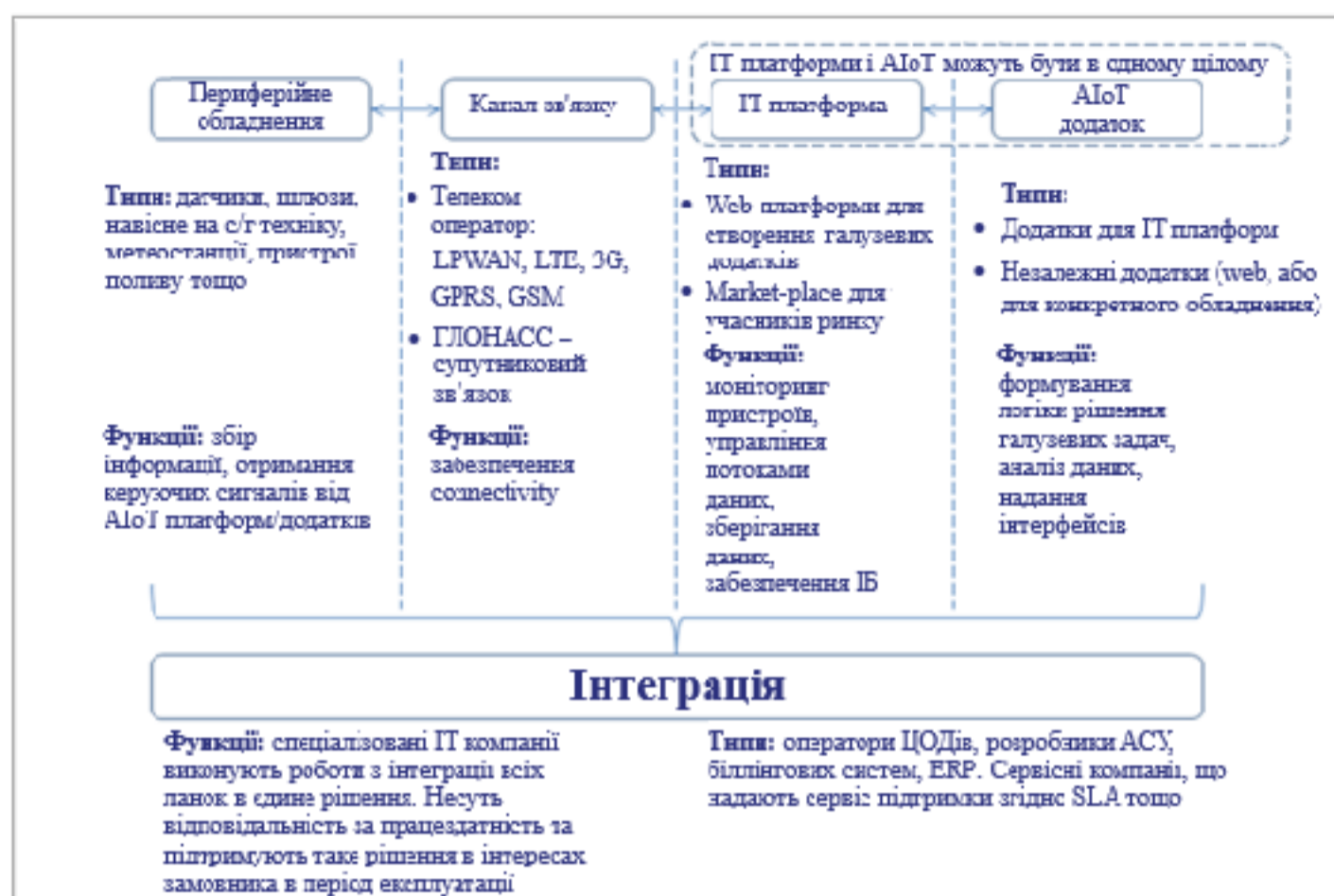


Рис. 2.6. Зони відповідальності «гравців» в екосистемі AIoT

Наприклад, AIoT - предиктивна аналітична модель, допомагає визначити, що підвищення температури на 2 градуси сприяє вилупленню комах, або збільшення вологості вище оптимальної межі може призвести до спалаху хвороби. Управління цими факторами створює реальну цінність моделювання мікрокліматичних умов: якщо це теплиця, то можна не допускати підвищення температури, а якщо поле - то завбачливо спостерігати за ділянкою і впливати хімікатом при появі паразитів. [20]

Модель AIoT надає можливість контролювати природні фактори, проектувати точні бізнес-процеси, і, крім того, прогнозувати результат з математичною точністю. Розглянемо роботу алгоритмів цієї моделі, наприклад, при оцінці загальної врожайності після розвантаження першого перевізника врожаю з поля на вагову. Система агро-аналітики, оминаючи сторонні дії системи моніторингу виконує такі завдання:

- Реєструє надходження готової продукції на ваговій.
- Відслідковує маршрут та зупинки в дорозі перевізника.
- Фіксує вивантаження врожаю в свій / чужий транспорт.
- Ідентифікує водіїв та їх внесок в загальну справу.

- Розраховує відрядну оплату праці з урахуванням відпрацювання в тонах і гектарах.
- Підтримує високу дисципліну персоналу.
- Враховує вивантаження з декількох одиниць техніки.
- Допомагає приймати оперативні рішення по ходу робіт.
- Автоматично звіряє розраховану врожайність і фактичну.
- Допомагає оцінити врожайність конкретного поля і ефективність сезонних робіт.
- Підтримує ручне внесення даних.
- Позбавляє від паперової талонної системи.

Система АІоТ працює навіть без установки додаткового обладнання.

За допомогою вбудованої функції А-Check - автоматизація перевірок здійснюється автоматичний контроль стандартів агровиробництва, тож використання застарілих способів перевірок за допомогою електронних таблиць і паперових чек-листів стає непотрібним.

Система АІоТ включає геоінформаційні технології та мобільний додаток для збору даних, тому:

- Всі об'єкти перевірки в системі мають гео-прив'язку та означені кордонами.
- Планування перевірок проводиться системою для призначених співробітників із чітким зазначенням дати перевірки.
- Система включає мобільний додаток, що дозволяє ініціювати перевірки без наявності зв'язку, з фото, відео фіксацією порушень, прив'язкою до координат проведення перевірки.
- Система включає набір звітності, допомагає оцінити ефективність перевірок і статус усунення зауважень.
- Система має можливість інтеграції з HR, ERP системами.

Одним з найважливіших факторів, що впливає на розвиток ІоТ є корпоративні інвестиції (рис. 2.7). Інтенсивний розвиток стартапів, швидко

захоплюючих ринок, спонукає великих традиційних гравців шукати способи залишатися конкурентоспроможними в порівнянні з молодими технологічними компаніями. Безперервний пошук інновацій як всередині, так і за межами свого бізнесу, фінансування або покупка стартапів, створення корпоративних венчурних фондів, партнерські схеми - обов'язкова частина інвестиційної стратегії великих корпорацій.

Згідно опитування VCG, пріоритетом номер один для 3/4 опитаних керівників міжнародних агрохолдінгів є - «технології сільського господарств з підтримкою даних» (рис. 2.8). У зв'язку з тим, що доступ до раніше недоступних даних і отримання корисної для прийняття рішення інформації дозволяє агробізнесу оптимізувати ресурси і знижувати собівартість.



Рис. 2.7. Інвестиції в AgTech у світі

Технології сільського господарства з підтримкою даних включають в себе: сенсори, комунікації та зв'язок, зберігання даних і агрегацію, оптимізаційне обладнання, великі дані і аналітику, IT та мобільні платформи.

46% всіх опитаних керівників назвали своїм пріоритетом аналітичні та великі дані. На другому місці по популярності продуктова безпека і відстеження продукції (29%), а також біологічна наука (29%). [20]

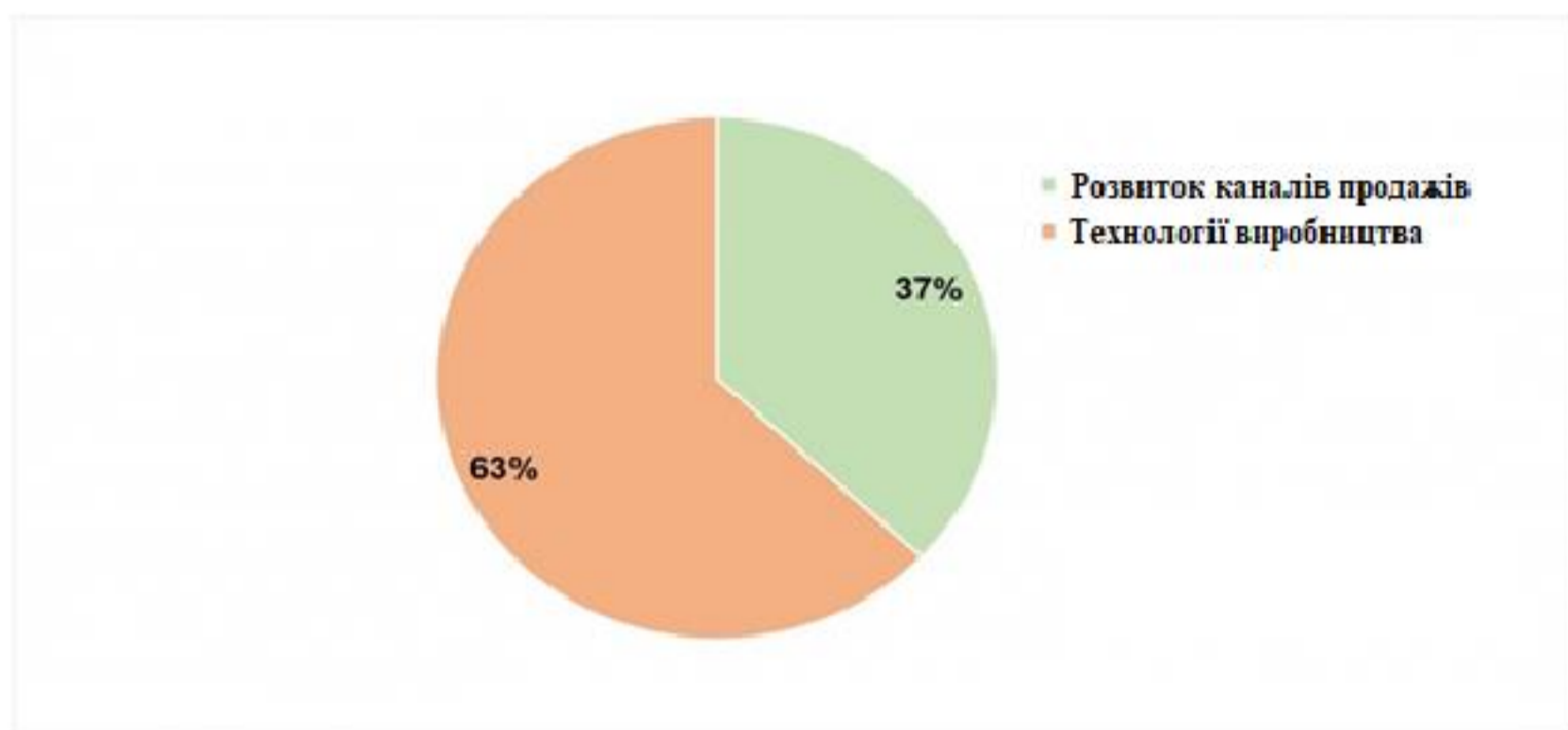


Рис. 2.8. Структура інвестицій в AgTech у світі [36]

В додатку А наведено опис прикладного застосування Інтернету Речей в агротехнологіях світового агрогосподарства

2.2. Порівняльний аналіз стану агросектору України та Європи у розрізі впровадження IoT

Ключове завдання, яке стоїть перед українським агросектором - підвищення продуктивності. Продуктивність праці (обсяг виробленої продукції в одиницю часу або на одного працівника, ПП) основний показник ефективності праці і джерело збільшення виробництва валової продукції в країні. На рис 2.9 наведена схема показників системи продуктивності праці в с/г.

Слід зазначити, що на сьогодні при здійсненні моніторингу динаміки продуктивності праці враховуються зміни методології, оскільки валова додана вартість обраховується у постійних цінах 2010 р. (порівняно з 2007 р. у попередній період часу). Відповідно, більш статистично обґрунтоване зростання продуктивності праці розраховувати через відношення ВДВ (у постійних цінах 2010 р.) до кількості зайнятого населення, яке визначається за результатами обстеження Держкомстату України на постійній основі та ґрунтується на міжнародних стандартах. [42]



Рис. 2.9. Система показників продуктивності праці

Відповідно до Наказу Міністерства економіки України „Про затвердження Тимчасових методичних рекомендацій розрахунку продуктивності праці в цілому в економіці та за видами економічної діяльності” від № 916 від 26.12.2008р. , для міжнародних порівнянь продуктивність праці визначають як відношення ВВП за ПКС (паритет купівельної спроможності) до кількості зайнятих в економіці [42]

Зростання продуктивності праці визначає додаткову кількість виробленої продукції при одночасній економії витрат на виробництво одиниці продукції.

Методика визначення продуктивності праці у сільському господарстві інша, ніж при загальноприйнятих методах її розрахунку в індустріальному секторі та сфері послуг. Це обумовлено повторністю використання кінцевих результатів праці у наступному циклі виробництва. Зокрема, зерно, що вироблено на підприємстві не може бути повністю реалізоване, оскільки його частина використовується на насіння, корми, промислову переробку. Тобто весь створений продукт, що є результатом праці не може бути повністю реалізований.

На рис. 2.10. відображено методи вимірювання показників продуктивності праці.

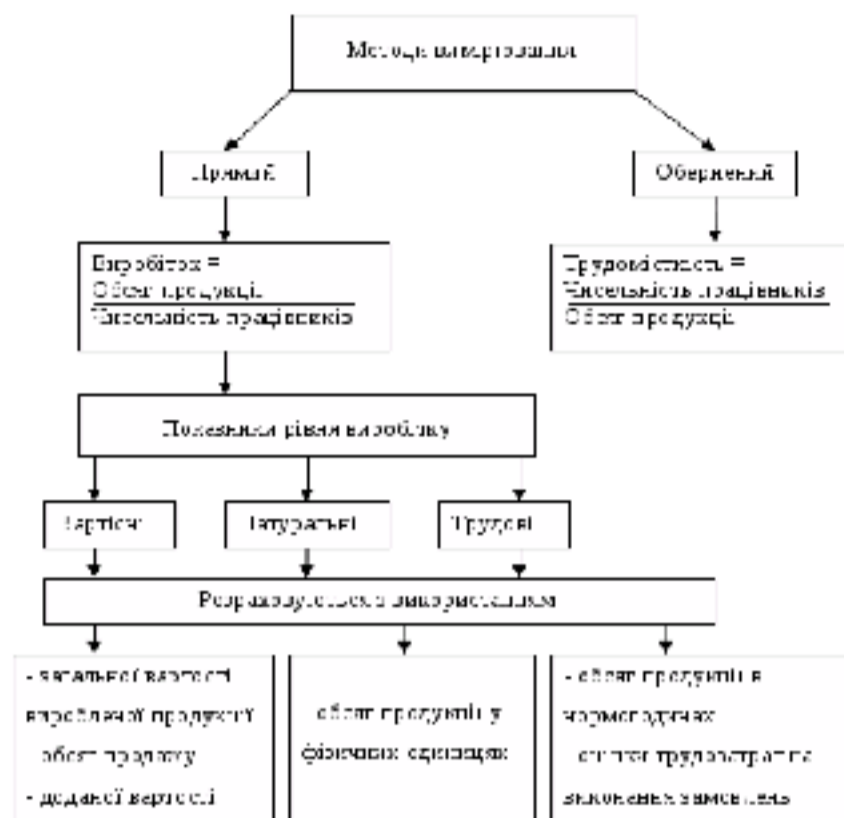


Рис. 2.10. Методи вимірювання продуктивності праці

Продуктивність та оплата праці – це взаємозв’язані категорії, оптимальне співвідношення яких дає змогу успішно здійснювати розширену господарську діяльність, виробляти заплановану кількість продукції з найменшими затратами праці, енергетичних ресурсів та засобів праці і одночасно підвищувати матеріальне стимулювання персоналу. Підвищення продуктивності праці створює умови для розширення фонду її оплати, а більш висока оплата стимулює підвищення продуктивності праці.

За аналізом даних Державної служби статистики України виявлено, що протягом 7 останніх господарських років вироблена продукція в сільському, лісовому та рибному господарствах України (у фактичних цінах реалізації) зросла в 3,2 рази (318,7 %) і у 2018 р. склала 360,8 млрд. грн. (табл. 2.1).

Табл. 2.1

Динаміка ПП у сільському господарстві України [37]

Показник	2012р	2013р	2014р	2015р	2016р	2017р	2018р	2018р до 2012р, %
Валова додана вартість (ВДВ) у сільському, лісовому та рибному госп.	113,2	132,4	161,2	239,8	279,7	303,9	360,8	318,7

(у факт. цінах), млрд. грн.								
Частка ВДВ сільського, лісового та рибного госп. в до загального підсумку, %	9,0	9,9	11,7	14,2	13,8	12,1	11,9	> 2,9 відн. пункт ів
Усього зайнято у сільському, лісовому та рибному госп., тис. осіб	3496,0	3577,5	3091,4	2870,6	2866,5	2860,7	2937,6	84,0
Відношення ВДВ до зайнятих у сільському, лісовому та рибному госп., тис. грн./прац.	32,4	37,0	52,1	83,5	97,6	106,2	122,8	357,0

Примітка: за 2014-2018 рр. дані наведено без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим, м. Севастополя та частини тимчасово окупованих територій у Донецькій та Луганській областях.

Зазначимо, що водночас чисельність зайнятих в цьому секторі економіки навпаки зменшилась з 3,5 млн осіб у 2012 р. до 2,9 млн осіб у 2018 році. В результаті продуктивність праці у сільському господарстві України зросла у 3,6 рази як за рахунок зростання продукції, так і зменшення працівників у цій галузі.

Для усунення негативного впливу інфляційних процесів на рівень продуктивності праці доцільно використовувати не фактичні ціни реалізації, а співставні (порівняні) ціни. Тож ще раз наголосимо, що нині в Україні для оцінки сільськогосподарської продукції застосовують постійні ціни 2010 року. Наразі використання умовно-вартісного методу оцінки продуктивності праці свідчить, що протягом 2012-2018 років продуктивність праці у сільському господарстві України (у постійних цінах 2010 року) збільшилась майже в 2 рази, в тому числі у тваринництві трохи більшими темпами, ніж у рослинництві (табл. 2.2).

Таблиця 2.2.

Динаміка ПП в сільськогосподарських підприємствах України (на 1 зайнятого, у постійних цінах 2010 р.), тис. грн. [37]

Галузь	2012р	2013р	2014р	2015р	2016р	2017р	2018р	2018р до 2012р, %
С/г виробництво, всього	159,7	201,2	227,8	223,3	275,3	271,4	313,6	196,4
у тому числі: – рослинництво	155,5	202,2	228,9	218,9	270,8	260,7	305,3	196,3
– тваринництво	171,8	198,2	224,1	238,0	292,5	315,5	348,9	203,0

Примітка: за 2014-2018 рр. дані наведено без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим, м. Севастополя та частини тимчасово окупованих територій у Донецькій та Луганській областях.

В табл. 2.3 відображено співвідношення між темпами росту рівня продуктивності праці і її оплати в сільськогосподарських підприємствах України. [40]

Існуюча методика підтримання оптимального співвідношення між рівнем продуктивності і оплати праці на підприємстві передбачає випередження темпів росту продуктивності праці відносно її оплати. Аналіз доводить, що в сільськогосподарських підприємствах України протягом 2012–2018 років були досягнуті оптимальні пропорції між фондами нагромадження і споживання на підприємстві (табл. 2.3). В цей період здійснюється звільнення персоналу сільськогосподарських підприємств, насамперед неконкурентоздатних, малокваліфікованих, низькооплачуваних працівників, тому можна припустити, що разом із зменшенням персоналу сільськогосподарських підприємств і збільшенням ПП, зростають показники енерго- та фондоозброєності. [40]

Таблиця 2.3

Співвідношення між темпами росту (падіння) рівня ПП і її оплати в сільськогосподарських підприємствах України [37]

Показник	2012р	2013р	2014р	2015р	2016р	2017р	2018р	2018р до 2012р, %
Вироблено ВП (в постійних цінах 2010 р.) на 1 середньорічного працівника, тис. грн.	4897	5559	5847	5589	5967	5865	6374	130,2
Середньорічний темп росту ПП, %	95,8	113,5	105,2	95,6	106,8	98,3	108,7	> на 12,9 відносних

								пунктів
Оплата праці 1 середньорічного працюючого, тис. грн.	25,0	28,1	30,7	39,7	50,3	72,7	90,7	363,0
Середньорічний темп росту оплати праці, %	112,6	112,4	109,2	129,3	126,7	144,5	124,5	> на 12,1 відносних пунктів
Співвідношення темпів росту ПП до її оплати	0,8	1,0	1,3	1,0	0,8	0,7	0,9	> на 0,1 порядків. пунктів

Примітка: за 2014-2018 рр. дані наведено без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим, м. Севастополя та частини тимчасово окупованих територій у Донецькій та Луганській областях.

Сучасні умови господарювання дозволили економістам виходити не з відсоткових відношень продуктивності та оплати праці на підприємстві, а визначити яка частина за новоствореної вартості повинна йти на оплату праці, а отже на фонд споживання, а яка на розширене відтворення з позицій самофінансування. Для цього важливо проаналізувати доходи та рентабельність господарської діяльності агропідприємств. На фоні зменшення персоналу у сільськогосподарських підприємствах України на 22,5 %, продуктивність праці збільшилась на 30,2% (табл. 2.4). [40]

Табл. 2.4.

Динаміка чисельності персоналу, ПП та кінцевих економічних результатів діяльності сільськогосподарських підприємств України [37]

Показник	2012р	2013р	2014р	2015р	2016р	2017р	2018р	2018р до 2012р, %
Середньорічна чисельність працівників у с.-г. підприємствах, тис. осіб	697,8	652,1	596,0	569,4	583,4	558,1	540,5	77,5
Вироблено ВП (в постійних цінах 2010р.) на 1 працівника, тис. грн.	4897	5559	5847	5589	5967	5865	6374	130,2

Середньорічний темп росту продуктивності праці, %	95,8	113,5	105,2	95,6	106,8	98,3	108,7	>на 12,9 відн. пункти
Фінансові результати до оподаткування, млрд. грн.	101,9	29,3	21,5	101,9	90,1	68,6	67,2	65,9
Чистий прибуток, млрд. грн	26,7	14,9	21,4	101,9	89,8	68,3	66,9	250,2
Рівень рентабельності всієї діяльності, %	16,3	8,3	9,3	30,4	25,6	16,5	13,5	<на -2,8

Примітка: за 2014-2018 рр. дані наведено без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим, м. Севастополя та частини тимчасово окупованих територій у Донецькій та Луганській областях.

Рівень продуктивності праці в сільському господарстві визначає: стан сільськогосподарської науки, впровадження наукових розробок, впровадження інновацій, передача передового досвіду у способах обробки, захисту і вирощування рослин, меліоративні досягнення; а також стан суміжних підтримуючих галузей - промисловості, біохімії (нові матеріали, добавки, добрива, хімічні засоби захисту), біотехнології (нові високоврожайні сорти, стійкі до стресових факторів), соціально-економічні фактори (рівень освіти, технічна кваліфікація, мотивація, дисципліна, побутові умови життя і діяльності, поширення кращих досягнень) та ін.

Найважливіший показник ефективності в агрогосподарстві - обсяг виробленої продукції (валова вартість с/г продукції) в розрахунку на одного працівника. Цей показник при зіставленні з іншими країнами, характеризує рівень витрат живої праці у виробництві, трудомісткість продукції і, в кінцевому рахунку, її конкурентоспроможність.

Зростання продуктивності праці виражається в зменшенні витрат живої праці, вивільнення людського фактору з виробничих процесів та заміні роботи працівника автоматизованими системами, у тому числі і системами, що використовують технології ІоТ. При цьому, високопродуктивною є та

діяльність, де виграний від зниження трудомісткості час використовується для створення додаткової кількості продукції (тобто, зменшення трудомісткості, одиниці роботи на обробку 1 га, має супроводжуватися загальним підвищенням виробництва продукції в одиницю часу). Таким чином досягається скорочення трудомісткості, яке визначається як витрачений працівниками час на обсяг виробленої продукції. Зниження трудомісткості забезпечує загальне скорочення витрат, що є однією з умов підвищення конкурентоспроможності. Конкурентоспроможність продукції являє собою сукупність споживчих, вартісних і трудових характеристик, які визначають її успіх на ринку в порівнянні з аналогічним продуктом інших виробників. Рис 2.12. відображає динаміку структури витрат на продукції с/г.

Треба мати на увазі, що навіть при дотриманні випереджаючих темпів підвищення продуктивності праці відносно її оплати, прибуток, а отже і фонд нагромадження можуть зменшуватись за рахунок збільшення матеріальних витрат на виробництво. Останні займають пріоритетну позицію у складі собівартості продукції. За аналізом сучасної структури витрат на виробництво продукції в сільськогосподарських підприємствах України, можна стверджувати про кризу організації оплати праці їх персоналу та формування низької мотивації до продуктивної праці.

Протягом останніх 7 років частка оплати праці разом з відрахуваннями на соціальні витрати у структурі собівартості продукції займала менше 13 %. Крім того вона набула постійної тенденції до зменшення з 12,6 % у 2012 р. до 6,9 % у 2018 р. (рис. 2.11). Для порівняння в структурі витрат собівартості промислової продукції України вона займає 20-25 %, в сфері послуг 25-30 %, водночас в країнах з розвинутою ринковою економікою частка заробітної плати становить 35-45%. [40]

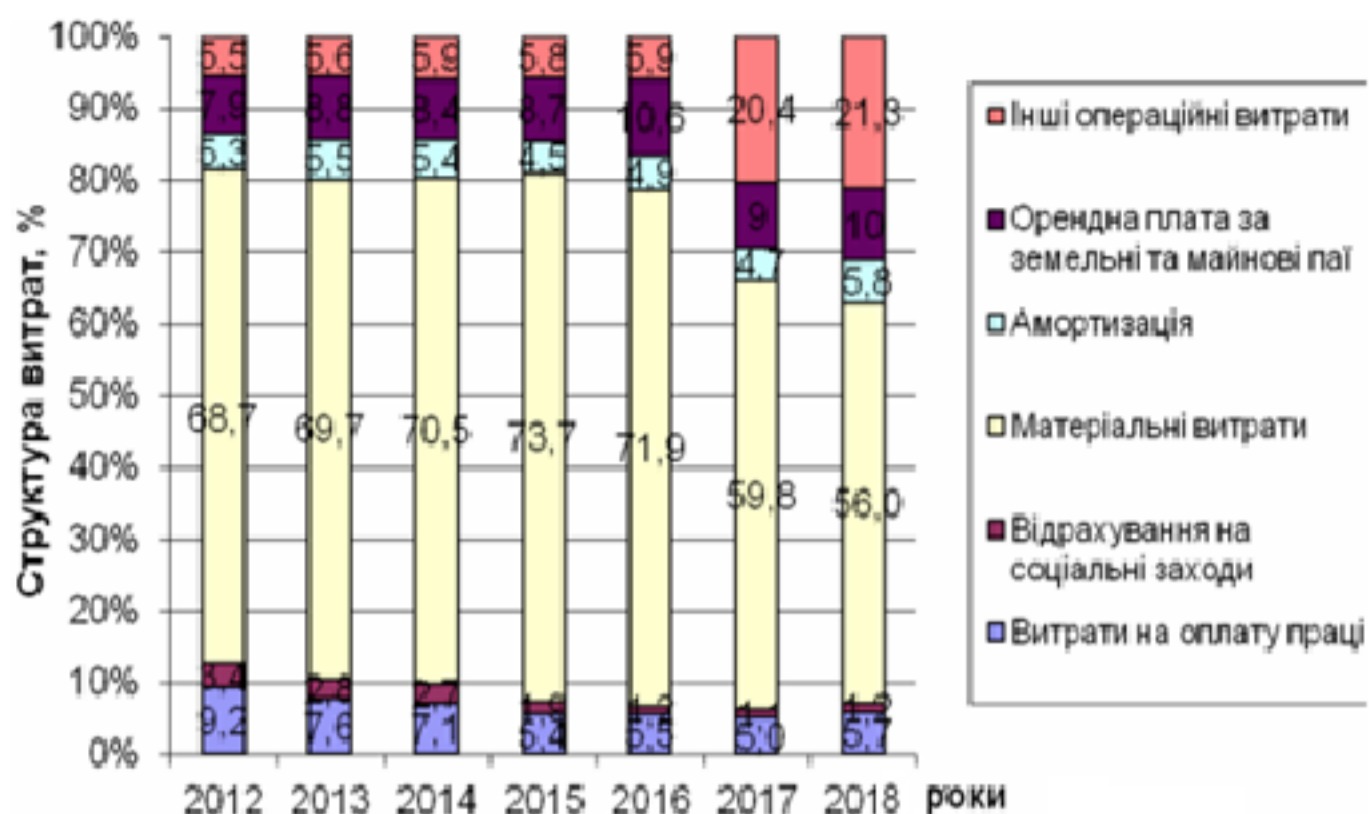


Рис. 2.11. Динаміка структури витрат на продукцію сільськогосподарських підприємств України у 2012-2018 рр.

Результуючим показником продуктивності є врожайність вирощування культур (або продуктивність тваринництва), а також максимальна утилізація ресурсів (кожного га площі, кожної одиниці техніки, кг добрив, агрохімії, вкладеної гривні т.д.) (рис 2.12).

Україна має у своєму розпорядженні 30% світового чорнозему, але показник продуктивності праці в Україні в рази нижче не тільки, ніж аналогічний показник в країнах розвинуеного Заходу, США та Канади, але й значно відстає від продуктивності, наприклад, Польщі. У порівнянні з цією країною, в Україні продуктивність праці на одного працюючого в сільському господарстві нижче більш ніж в три рази. [38]

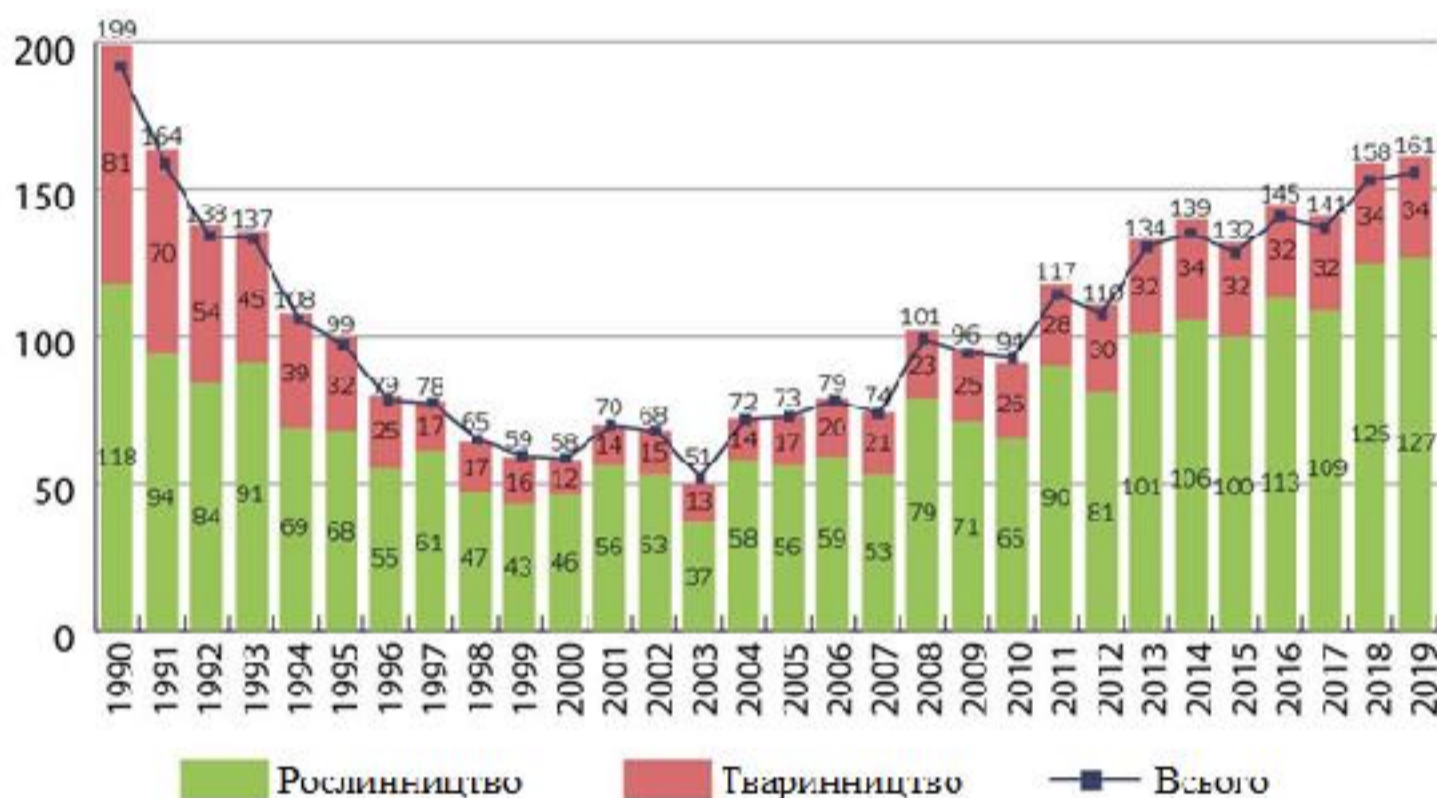


Рис. 2.12. Валова продукція с/г на агровиробництвах України, млрд.грн (в постійних цінах 2010р.) [39]

Згідно останніх даних Держстату можна стверджувати, що в цілому за останні шість років, до кінця II кварталу 2019 року, додана вартість в агросекторі виросла всього на 0,9%. Тож зростання продуктивності в галузі на 14% пояснюється завдяки зменшенню числа зайнятості в с/г, і це, як вже було акцентовано, пов'язано з переходом деякої кількості агропідприємств на новітні технології виробництва з мінімумом обслуговуючого персоналу.

Ще один фактор - зростання зарплат в агросекторі практично повністю «з'їв» приріст продуктивності праці, що означає, що сільське господарство в числі перших кандидатів на виникнення проблем в разі негативного розвитку подій (подальшого зміцнення гривні, зниження світових цін на агропродукцію, неврожаю, стрімкого зростання зарплат і т.д.).

Приріст доданої вартості в II кварталі 2019 року, з коментарів самих аграріїв, обумовлено в основному початком жнив на два тижні раніше, а вже в III кварталі аграрії не відчували себе впевнено. Дешевий долар привів до недобору виручки, особливо серед малих і середніх сільгоспвиробників.

Деякі підприємства первинної переробки агропродукції, що працюють на експорт, взагалі були змушені зупинитися, тому що при існуючому валютному курсі вивозити продукцію стало не вигідно. [41]

Причинами низької продуктивності та ефективності сільського господарства в Україні є вкрай низький рівень механізації та впровадженням інноваційних технологій, а також велика частка селянсько-фермерських та малих фермерських господарств, які не володіють фінансовими можливостями для закупівлі нової техніки та впровадженням агроінновацій.

Розглянемо яким чином регулюються питання агрогосподарювання в країнах Європи.

Розмір для фермерського господарства в Німеччині 34 га. Техніка, що задіяна на його обробку має підтвердження, що її використання не шкодить довкіллю (за цим слідкують екологи). У Польщі максимально можна акумулювати 18 га, у Франції 76 га. [43]

Згідно даних, наведених у табл. 2.5, в Європейських країнах спостерігається домінування сімейних ферм, на яких працюють 2-3 людини і тільки 16% всієї роботи виконуються найманими працівниками. Але ділянки, що обробляються фермерами мають площу в 20-30, а то і 50 гектарів.

Таблиця 2.5

Дані про сільське господарства в ЄС (за середніми величинами)

Країна	Середня площа с/г виробництва, га	Середня кількість працівників	
		Всього зайнятих	В перерахунку на повний робочий день
Нідерланди	23,9–27,4	2,86	2,27
Німеччина	43,7–58,6	2,48	1,83
Польща	6–10,1	2,49	1,34
Італія	7,4–12,0	2,12	0,81
Велика Британія	55,6–94,7	2,35	1,5
Франція	48,6–58,7	1,92	1,53
Іспанія	23–24,1	1,85	0,84
Литва	11,0–16,7	1,73	0,83

Як показує порівняння за ряд років, середні ділянки мають тенденцію до зростання, але все одно обробляються тією ж кількістю фермерів. Це пояснюється тим, що підвищується продуктивність праці за рахунок розвитку техніки і технологій, але тенденції до збільшення числа працівників на одному підприємстві відсутні. Показово, що в країнах, які увійшли в ЄС нещодавно (наприклад, Польща і Литва), ділянки найменші. Це пояснюється тим, що ці

країни по техніці і технологіям відстають, і продуктивність праці тут нижче. Але саме в цих країнах рівень зростання фермерських ділянок найшвидший, тобто купується нова техніка, добрива, хімічні засоби, тому продуктивність праці швидко підвищується і фермери докуповують землю. [44]

Отже, 97% всіх агропідприємств в Європі - це сімейні ферми, і тільки 2,4% - це юридичні особи, ще 0,6% - це ферми, що належать кільком фіз. особам. Зазначимо, що близько 70% всіх ферм мають не більше 5 га, і їм всім разом належить тільки 7% сільгоспземель..

Аграрних підприємств, які мають більше 100 га, всього 3%, але їм належить 50% всіх сільгоспземель. Однак висновок про засилля в європейському сільському господарстві великих корпорацій не є правильним, оскільки площі земель в господарстві самі по собі ще ні про що не говорять. Важливим є те, наскільки інтенсивно цю землю використовують, тобто скільки в один гектар вкладають праці і грошей і скільки потім з одного гектара отримують прибутку.

Мінімальні витрати на гектар в господарствах, зайнятих випасом худоби на природних пасовищах. Зазвичай це землі непридатні для землеробства, перезволожені або, навпаки, занадто посушливі. Саме такі землі використовуються для випасу худоби і таких земель в Європі чимало, 34% всіх угідь. Хоча в деяких країнах ця частка ще вище. Наприклад, у Великій Британії 62% всіх сільгоспземель - пасовища, а в Ірландії цей показник досягає 80%. Саме на цих землях розташовані найбільші європейські господарства, зайняті переважно вівчарством. Так, в Англії в середньому велике господарство має 300 га, але є й господарства, де кількість земель значно більша. Не потрібно багато людей, щоб пасти на величезних площах отари овець. Правда, і прибуток з гектара в цьому випадку мінімальний. В середньому в Європі майже половина всіх земель, що належать великим господарствам - це пасовища. [44]

Ще одна галузь сільського господарства, яка не потребує значних витрат на одиницю площі - це виробництво зернових культур. Тому ті господарства, які вирощують зернові культури, також мають значні площі землі, хоча і менше

тих, які займаються пасовищем скотарства. Компанії, що вирощують зернові, мають великі земельні площі, на найбільших з яких працюють тисячі людей. Це абсолютно особливий тип агропідприємства, що мають високий рівень наукоємності. Великі агрофірми збереглися також в колишніх країнах соцтабору, особливо в Східній Німеччині, колишній НДР і Чехії. У Східній Німеччині зберіглося близько 3 тисяч сільгоспкооперативів, аналогів радянських колгоспів, із середніми площами близько 4 тисяч гектарів.

Більш інтенсивним є м'ясо-молочне виробництво. Хоча в цих господарствах є значні площі пасовищ, але їх у багато разів менше, ніж у вівчарстві. Ці землі зовсім інші за якістю і використовуються набагато інтенсивніше.

Значно менші за площею господарства, які спеціалізуються на виробництві овочів і фруктів. В середньому вони мають в 10-15 разів менше землі, ніж зернові. А господарства, зайняті вирощуванням свиней і курей, своєї землі, як правило, взагалі не мають і закупають готові корми.

Отже, великі агрогосподарства в Європі є переважно в пасовищному скотарстві, виробництві зернових і м'ясо-молочному скотарстві. Наскільки вони сильні в економічному сенсі наведено в таблиці 2.6.

Виходить, що найбільші по земельній площі господарства, які спеціалізуються на виробництві польових культур, виробництві молока і м'яса (яловичини), в економічному сенсі найслабші. Це видно з того, що середній обсяг виробництва на одну ферму в них менше, ніж в господарствах, зайнятих інтенсивним землеробством, тобто овочівництвом, виноробством і садівництвом. Ще більш чітко це видно по середнім розмірам чистого прибутку. Він більше в овочівництві, ніж у виробництві польових культур, у всіх наведених прикладах. Причому істотно більше: в Нідерландах - в 3,7 рази, Польщі - в 2,6 рази, Німеччини - майже в 2 рази, Франції - в 1,8 рази, Англії - в 1,3 рази.

Тобто фермер, якщо він займеться овочами, буде отримувати прибутки в 2-3 рази більше, ніж якби вирощував пшеницю або рапс, а землі йому при

цьому потрібно буде в 10-15 разів менше. У Нідерландах один гектар землі під овочі приносить прибутку в 34 рази більше, ніж якби його засіяли пшеницею або бобовими.

Таблиця 2.6

Дані по країнам в середньому на одне господарство з різних видів спеціалізації ферм, євро

Показники	Виробництво польових культур	Овочівництво, в т.ч. тепличне	Виноробство	Садівництво	Молочне виробництво	Виробництво м'яса, яловичина
Нідерланди						
Об'єм виробництва	322167	1085884	-	345032	309098	169640
Чистий прибуток	50422	185020	-	50795	26730	30958
Субсидії	26937	2916		6548	22864	28219
Німеччина						
Об'єм виробництва	216960	455168	151283	168315	217601	109018
Чистий прибуток	34309	66554	52931	36745	40640	17669
Субсидії	2950	4358	6481	9616	32347	32029
Франція						
Об'єм виробництва	178123	284373	247843	225678	196190	108698
Чистий прибуток	27277	48742	70934	47215	31532	26586
Субсидії	33122	6822	4386	24039	32930	41898
Велика Британія						
Об'єм виробництва	278923	722043	-	495691	390151	112500
Чистий прибуток	39812	51177	-	37766	44252	24269
Субсидії	49197	3091	-	14491	30693	39565
Польща						
Об'єм виробництва	20216	62771	-	23684	31527	12274
Чистий прибуток	6665	17076	-	6351	12896	4928
Субсидії	6162	1485	-	2881	7465	6811

Більш того, як видно з таблиці 2.6, в таких країнах, як Німеччина, Франція і Англія, виробництво польових культур взагалі збиткове, а в Польщі

воно на межі рентабельності. Дійсно, в Німеччині, Франції та Англії субсидії на виробництво цих культур перевищують чистий прибуток.

Іншими словами, якби не було субсидій, виробництво цих культур було б збитковим. Крім того, в Німеччині і Франції так само збитковим є виробництво молока і яловичини, а в Нідерландах виробництво цих продуктів на межі рентабельності. Однак, найбільш збитковим є виробництво зернових. Але ніде, ні в одній країні Європи, інтенсивне виробництво, тобто овочівництво, виноробство і садівництво не є збитковим, а навіть навпаки – це дуже прибутковий бізнес. У Нідерландах фермер, зайнятий у цій галузі, отримує в рік в середньому 185 тисяч євро чистого прибутку.

Цей факт доводить те, що субсидії виплачують не дрібним фермерам, щоб врятувати їх від розорення і поглинання великими агрофірмами. Все якраз навпаки - в Євросоюзі субсидії виплачують на 1 гектар оброблюваної землі, але вищесказане доводить, що саме в збиткових галузях найбільші земельні площі.

Отже, саме великі господарства - головні одержувачі дотацій. Для інтенсивного землеробства з невеликими ділянками дотації взагалі несуттєві, що добре видно з таблиці 2.6.

Це характерно не тільки для Європи, але і для всього світу. У США, де принцип нарахування субсидій інший, на виробництво фруктів і овочів субсидії взагалі не виділяють, а йдуть вони головним чином на виробництво зернових культур і бавовни і в меншій мірі - молока та цукру. Це робиться для того, щоб утримати ціни на основні продукти харчування на нинішньому рівні. Очевидно, що якщо припинити виплату субсидій, ціни на зернові, молоко і м'ясо підуть вгору і / або ж відбудеться витіснення цього виробництва за рахунок імпорту зерна і м'яса з менш розвинених країн.

Таким чином, світові тенденції розвитку агросектору свідчать, що найсильніші і життєздатні в економічному плані агропідприємства - це сімейні ферми, зайняті інтенсивним землеробством.

В Україні ситуація інша. Існує прошарок дуже великих латифундистських компаній, які орендують десятки та сотні тисяч гектарів землі та мають лобістів

у законодавчих органах. Як правило, договори оренди землі у пайщиків проводяться за сприянням місцевої адміністрації, при цьому можливе використання корупційних схем, адже згідно діючого законодавства достатнім є підписання договорів з 75-ю % власників паїв, інших можна ігнорувати. З цього можна зробити висновок, що за можливості надання пайщикам альтернативного каналу – наданні в оренду або й продажу землі - ціна на оренду може різко зрости. Розглянемо в порівнянні структурне агровиробництво України та Європи (табл. 2.7)

Як видно з таблиці 2.7, в порівнянні з європейськими країнами в Україні абсолютно переважає виробництво польових культур. Зернові і технічні культури (а це головним чином соняшник і рапс) в сумі складають більше 52% від усього виробництва. Цього немає у жодній країні Європи, і це є погано, тому що це іде в збиток виробництву інтенсивного господарства: м'яса, молока, овочів, фруктів. За всіма цими галузями в Україні найнижчі показники.

Навіть в Нідерландах і Англії фруктів виробляють більше, ніж в Україні. Але ж як ми бачили, ці галузі дають найбільший дохід з гектара. Природні умови України є такими, що саме тут можна вирощувати самі високоякісні овочі, фрукти і виноград.

Таблиця 2.7

Структура виробництва сільського господарства України в порівнянні з країнами Європи (в %. Сума менше 100%, оскільки не всі категорії показані)

Країна	Зернові культури	Технічні культури	Овочі	Фрукти	Картопля	М'ясо	Молоко	Доля с/г продукції експорту
Нідерланди	1,1	1	37,8	3,1	5,7	19,3	22,3	15,8
Велика Британія	13,2	5	11,6	3,1	3,4	38,4	17,4	9,5
Франція	15,1	6,3	9	4,7	2,8	22,4	14,3	13,1
Німеччина	11,9	8,8	8,9	1,4	3,8	25,8	21,4	5,9
Італія	7,5	1,8	20,1	10,3	1,5	20,1	10,9	9,2
Польща	16,9	6,9	9,8	4,8	4	30	17,4	8,6

Україна	34	18,2	5,6	2,6	10,7	15,2	10,9	39,8
---------	----	------	-----	-----	------	------	------	------

Усі країни Європи мають в експорті значну частку сільгосппродукції. Навіть в Німеччині з її високими технологіями і третім місцем у світі за експортом, майже 6% експорту припадає на сільгосппродукцію. В Україні ж цей показник досяг майже 40%. Але європейці експортують головним чином сільгосппродукцію з високим ступенем переробки: сири, вина, соки, м'ясні продукти, а в Україні 42% всього агроекспорту – зернові.

Більше половини експорту всієї сільгосппродукції складають польові культури з низькою інтенсивністю використання землі, а значить, і з низькою віддачею з гектара. Все інтенсивне агровиробництво України - це результат праці на малих ділянках, майже без механізації. Звідси низька продуктивність праці і висока собівартість.

Тому для розвитку нашої економіки життєво важливим є надати можливість розвиватися саме високоінтенсивним галузям сільського господарства при можливості використання новітніх технологій, таких як технології IoT

Підвищення рівня механізації, автоматизації, меліорації, методів культивації земель, сільськогосподарської науки, впровадження агроінновацій в галузі здатне підвищити продуктивність праці, збільшити ККД використовуваної площі сільськогосподарських земель і скоротити відставання в продуктивності від рівня розвинених країн.

В Україні щоб досягти сьогодні високого рівня рентабельності і продуктивності, потрібно мати тисячу, півтори тисячі гектарів землі, максимум три. (Зауважимо, що Єврокомісія господарства, що мають менше 5 гектарів, взагалі не враховує. [43])

А збільшити їх можна, тільки розширивши площі земель, що реально лише у випадку, якщо майбутні фермери зможуть прикупити для початку кілька гектарів. Для створення даної можливості потрібно на законодавчому і, особливо, виконавчому рівні надати необхідні для цього умови.

З огляду на те, що розвинені країни зараз ставлять собі за мету максимально збільшити продуктивність сільського господарства і віддачу на одиницю площі за рахунок застосування технологій точного землеробства, інструментів збору і аналізу даних та засобів автоматизації сільськогосподарських процесів, для України актуальним є завдання прискореного скорочення технологічного відставання, тож закони та державні програми мають цьому сприяти.[44]

Регулювання цього питання відноситься до прерогативи Верховної Ради та уряду. Закон про Ринок Землі «Обіг землі сільськогосподарського призначення», підписаний президентом та схвалений Верховною Радою 31.03.2020р, згідно якому ринок землі, для фізичних осіб, має бути відкритий 1.07.2021року [46], має стати основою в питанні земельного врегулювання. Згідно Закону фізичні особи зможуть набувати право власності на землі сільськогосподарського призначення, площа яких не перевищує сумарно 10 000 гектарів, згідно реєстру земель сільськогосподарського призначення.

Ще одне важливе питання, яке на даний час має бути врегульоване – це питання доступних кредитів для агровиробників. У Франції фермер має змогу взяти кредит під 4,2%, при цьому держава компенсує йому 2%, у нас, донедавна, банківський процент становив від 20 % до 24 %. На сьогодні в Україні починає діяти державна програма «Доступні кредити» - 5 % або 9 %, [47] для підтримки малого та середнього бізнесу, що була презентована на початку лютого цього року.

2.3. Бар'єри впровадження Інтернету Речей в агросекторі України та шляхи їх подолання

Бар'єром для розвитку AgTech в Україні є не тільки недосконалість законодавчої бази та застаріла база кредитних програм, що є першопричиною неможливості оновлення застарілого обладнання, але й відсутність стабільного

інтернет-покриття, нестача власних і висока вартість іноземних цифрових рішень, низький рівень інвестицій.

Питання інтернет-покриття наразі вирішується провідними компаніями мобільних операторів України з глобальними цифровими платформами на зразок Київстар, Vodafone Україна, Life. Мобільні оператори почали запускати IoT ще з початку «нульових». Для комфортнішої і економнішої роботи розумних датчиків гравці по всьому світу почали створювати спеціальні мережі.

Найбільшим попитом зараз користуються технології NB-IoT і LoRaWAN. За оцінками компанії Vodafone в глобальному ринковому ландшафті ринок IoT є одним з найбільш динамічних у світі. Його обсяг зросте зі 109 млрд євро у 2019 році до 218 млрд євро у 2025 році. До того ж в основному зростання відбудеться за рахунок сервісів Інтернету Речей, в той час як ринок обладнання та зв'язку для IoT виросте лише у 2 рази.

Однією з основних перешкод на шляху цифровізації є нестача кваліфікованих фахівців. Так, наприклад, за даними Міністерства сільського господарства, в українському АПК зайнято значно менше IT-фахівців, ніж в США, Німеччині та Великобританії (частка до 1,5% проти 4,3%, 4,5% і 4,1% відповідно).

«Діджитал» технології відкривають більше можливостей для розвитку аграрної сфери. Відсоток їх залучення до агросектору в Україні залишається досить низьким — близько 10-12% у порівнянні зі світовими лідерами.

Але завжди може мати місце певна похибка: недосконалість обладнання, обмеженість каналів передачі інформації та інші причини можуть істотно обмежувати впровадження Інтернету Речей в АПК. Деякі з цих причин представлені в табл. 2.8 на прикладі популярних світових продуктів.

У зв'язку з трансформуючим (disruptive) характером технологій Інтернету Речей, на думку консультантів J'son & Partners Consulting, найбільший ефект від впровадження IoT в сільському господарстві (IoTAg) здатний надати тоді, коли «пов'язаними» виявляються не тільки процеси всередині

сільськогосподарського виробничого циклу, але й охоплюються якомога більше ланок ланцюжка доданої вартості, а в ряді випадків виключають раніше існуючі зв'язки, замінюючи їх автоматизованими рішеннями, перетворюючи сільське господарство в «цифрову» галузь.

Табл. 2.8

Причини обмеження впровадження IoT в АПК

Проблема, що потребує вирішення	Технологія IoT, що пов'язана з вирішенням цієї проблеми	Приклад доступного обладнання	Технологічні бар'єри по впровадженню
Контроль вологості ґрунту в теплицях і на полях, автоматичні зрошувальні системи	Встановлення програмованих датчиків поливу і їх синхронізація з мікроконтролерами і сервісами прогнозу погоди в мережі Інтернет в режимі реального часу	RainMachine Mini8® від Amazon, датчики вологості ґрунтів від CropX, система контролю вологості ґрунтів з базовою радіостанцією LPWAN «Вавіот»	Недосконалість прогнозів погоди. Прогнози складаються на підставі даних з метеостанцій і екстраполюються на досить велику територію. фактично система розумного поливу може включитися під час опадів. дефіцит кваліфікованих кадрів. менш 10% користувачів, які придбали обладнання для іригації, продовжують його довгострокову експлуатацію. У багатьох не вистачає досвіду для самостійного впровадження.
Селективне внесення добрив	Датчики контролю показників ґрунтів, інтегровані за допомогою бездротової технології з хмарними сервісами інтернету речей здатні в режимі реального часу передавати	Зонди Teralytic, включають в себе датчики на 26 показників ґрунтів, виробляють знімки ґрунтових умов, і передають інформацію	Головним недоліком є точковий характер одержуваних показників, щоб дати правильну оцінку стану ґрунту буде недостатньо одного датчика. Чим більше точок вимірювання, тим

	інформацію фермеру про рекомендовані дози внесення і ефективності дії добрива.	на хмарний сервер за допомогою бездротової технології LoRa	достовірніше буде інформація про зміст і ефективність дії добрив на обраній ділянці. Акумуляторні батареї бездротових датчиків не пристосовані до умов зими і різких перепадів температур в осінньо-весняний період
--	--	--	---

Продовження таблиці 2.8

Облік і збільшення поголів'я тварин, контроль пасовищ і полів, розширення площ випасу без збільшення витрат на персонал	Дистанційне відстеження кількості, переміщень тварин і їх здоров'я	Pet®, KingNeed 3G Cow Collar Solar® бездротові датчики місця розташування (GPS), руху (Акселерометр) і температури, а також платформні продукти (Наприклад, SAP Cloud Platform) для віддаленого контролю за поголів'ям худоби	Більшість датчиків місця розташування тварин засновано на технології GPS, що дає додаткову перевагу у вигляді автономності. Однак, є проблема великого енергоспоживання на рухомому об'єкті. Крім того, великим недоліком є обмежений радіус дії такої системи, як правило, не перевищує 15-20 км.
Дозоване застосування пестицидів і інсектицидів на полях і в теплицях	Системи контролю кількості шкідників, засновані на відео-фіксації і розпізнаванні кількості шкідників певних видів в спеціальних пастках, екстраполяції отриманих даних; онлайн рекомендації для фермерів по дозам обробки	Semios пастки комах, камери і алгоритми розпізнавання видів, віддалена рекомендаційна система [3.7]	Можливості розпізнавання комах обмежені і лімітовані встановленим розробником дата-сета («Популярними» шкідниками комахами для країни в якій розробляли ПЗ
Віддалений моніторинг об'єктів АПК	Системи контролю, Моніторингу і оперативного управління, організовані в формі веб-додатків, сервера	OpIRIS [3.8], Plantik [3.9], GetSenso [3.10], Monnit [3.11], Sensaphone [3.12]	Ефективність систем істотно залежить від швидкості «відгуку» каналів передачі даних, що використовуються. Питання кваліфікації

	збору даних і аналітики, спілкуються з віддаленими сенсорами / датчиками		виконавців по встановленню і підтримці даних систем виходить на перший план
--	--	--	---

Процеси цифровізації сільського господарства і економіки України в цілому мають залучати у розвиток спільних IoT рішень всіх гравців в ланцюжку створення вартості агросектора в тій чи іншій комбінації у взаємодії один з одним. Універсальним правилом в технологіях Інтернету Речей і супутніх процесів агрегації великих даних є те, що чим більше даних збирається в одному місці, тим «розумнішою» стає система і тим цінніше інформація може бути отримана для споживачів. За умови, що застосовуються найсучасніші моделі їх обробки.

IoT і цифровізація (автоматизація) в сільському господарстві - це також можливість створювати складні високоавтоматизовані виробничо-логістичні ланцюжки, що охоплюють оптово-роздрібні торговельні компанії, логістику, сільгоспвиробників і їх постачальників у єдиний процес з адаптивним керуванням. Такі ланцюжки дозволяють значно знизити собівартість і роздрібні ціни на продукти харчування, збільшивши, таким чином, їх доступність для споживачів і, як наслідок, обсяги виробництва і продажів, адже сусідні з виробництвом сегменти забирають на себе до 75% прибутку, а за даними ЄС, маржинальність фермерського бізнесу становила в 2011 році не більше 21%, з тенденцією до зниження.

У взаємовідносинах між сільгоспвиробниками і учасниками збутового ланцюжка (оптові компанії, логістика, роздрібні мережі) перспективним є перехід на модель прямих продажів, при якій виробник «бачить» кінцевого споживача, його обсяг і структуру попиту, і за рахунок використання моделей предиктивної аналітики виробляє рівно стільки, скільки і коли потрібно споживачеві, а управління поставками продукції здійснюється на принципах автоматичного обміну інформацією між учасниками ланцюжка поставок з

мінімальним використанням складської і логістичної інфраструктури посередників оптової ланки.

За оцінками J'son & Partners Consulting, реалізація такої моделі взаємовідносин в ланцюжку створення доданої вартості сільгосппродукції, що базується на технологіях Інтернету Речей і наскрізній автоматизації виробничих і бізнес-процесів, дозволить: [18]

1. Знизити рівень цін на основні продукти харчування в Україні приблизно в два рази при одночасному поліпшенні їх якості за рахунок реалізації моделі dropshipping і, як наслідок, зниження націнки в оптово-роздрібній ланці, а також за рахунок 3-5 кратного зростання продуктивності праці в сільському господарстві, що дозволить збільшити обсяг споживання в грошовому вираженні не менше ніж в три рази; таким чином, обсяг ринку продуктів харчування і сільськогосподарської продукції може вирости в 1,5 рази.
2. Кардинально підвищити рівень автоматизації основних виробничих і бізнес-процесів сільських господарств, включаючи малі, що дасть приріст споживання інформаційних технологій сільгосппідприємствами.

Перехід на наскрізні високо автоматизовані ланцюжки виробництва і поставок сільгосппродукції зробить цей процес прозорим для банків, і дозволить їм мінімізувати ризики кредитування сільгоспвиробників. Це створить передумови для збільшення обсягів кредитування сільгоспвиробників.

Для прикладу, реалізацію наскрізної моделі можна простежити на товарах власної марки виробництва в супермаркетах України, таких як Ашан, АТБ, Білла та інші, де товари власної марки виробництва дешевші за аналогічні інших брендів від 10 до 40%.

Рішення завдання підвищення продуктивності праці в сільському господарстві в 3-5 разів не має вирішення в рамках традиційних моделей взаємовідносин постачальника засобів механізації та автоматизації, але може бути вирішене в рамках моделей, що базуються на ІоТ. Для цього необхідно:

1. Створити в сільській місцевості кваліфіковані робочі місця з високим рівнем оплати та високим мультиплікатором (одне висококваліфіковане робоче місце створює ще 10-15 нових робочих місць).
2. У декілька разів збільшити обсяг споживання мінеральних добрив.
3. Різко підвищити рівень механізації основних операцій в сільському господарстві, що сформує ринок «цифровий оренди» засобів механізації (тракторів, комбайнів) і створить додатковий попит на техніку сільгосппризначення в Україні

Результуючим показником стане збільшення сумарного економічного ефекту від переходу сільських господарств на бізнес-моделі, що базуються на IoT і цифровізації, що надасть значний прибуток у галузі, яка є провідною в економіці України.

Є ще два аспекти, що мають бути враховані для впровадження IoT технологій, а саме те, що локомотивами ринку IoT в агросекторі є великі АПК (агрохолдинги) та передові середні фермерські господарства і рівень інноваційних рішень (стартапи) в Україні. У 2018 рік кількість агрохолдингів скоротилося до 85 (з 93 компаній в 2017 році) та скоротився також земельний банк 15 найбільших компаній - з 3,3 млн га у 2017 році до 3,2 млн га в 2018 році. Сумарний земельний банк всі агрохолдинів становив на 2018 рік 5,62 млн га), 2)

Великі вертикально інтегровані агрохолдинги створюють максимальну додану вартість і є головним «індустріальним середовищем» для впровадження IoT інновацій в агрогосподарстві. Вже зараз вони та передові середні фермерські господарства стають основним споживачем технологій АІoT в Україні в зв'язку з можливістю залучати інвестиції і готовністю до технологічних новацій.

Це «піонери» у впровадженні автоматизованих систем управління фермою на базі IoT (птахофабрика агрохолдингу «Миронівській хлібопродукт» [51, 52], що відноситься до групи МХП), автономних агроботів, освоєнні методів інноваційної математики, необхідних для обробки великих

сільськогосподарських даних. Вони займають активну позицію в організації навчання, підвищення кваліфікації співробітників, проведення тренінгів та запровадження системи наставництва, організації бізнес-відряджень для знайомства з передовими зарубіжними компаніями і їхніми здобутками та щоденними практиками. [45]

Одним перспективним сегментом по застосуванню AIoT-рішень, а можливо і лідером за ефектом від їх впровадження у вітчизняному агросекторі можуть виступати середні приватні сільськогосподарські підприємства (на 2018 рік їх кількість в Україні становила 2000 і ще 67 дрібних з 1-2га землі [45]).

Вони володіють достатньою гнучкістю в питанні вибору, апробації та активного використання нових технологій у виробничому процесі, мотивовані на результат і мають достатні фінансові ресурси для вкладення в IT інфраструктуру – наприклад рішення ТОВ «Кусто-Агро» про створення на Житомирщині тваринницького комплексу на 1,2 голів дійного стада [49]

Одним з шляхів впровадження IoT є розвиток вітчизняних наукових розробок, IT технологій та стартапів. Приклади приведено у додатку Б.

Висновки до розділу 2

Другий розділ присвячено докладному розгляду змін в основних галузях агровиробництва – землеробстві, рослинництві та тваринництві при впровадження технологій інтернету речей. Надано визначення основних новітніх технологій пов'язаних з IoT таких як точкове землеробство, розумне тваринництво, розумні системи поливу та приведені приклади технологічних рішень для цих систем з застосуванням IoT таких як роботизовані технологічні розробки(автономні трактори, дрони, роботи для прополювання, машини для збирання фруктів і т.д.)

Наведено дані прогнозу основних світових консалтінгових компаній щодо росту впровадження Інтернету Речей і змін під їх впливом світового

аграрного сектору. Розглянуто питання щодо платформних хмарних рішень і сервісів по застосуванню IoT в АПК при інтеграції з інтелектуальними IT-додатками при формуванні партнерської екосистеми. Розглянуто також питання формування ланцюжка доданої вартості в системі сільського господарства. Розглянуто питання наскрізного моделювання системи AgroIoT, її функції та зони відповідальності.

Виконано аналіз основних економічних категорій (продуктивності, трудомісткості та ефективності) агросектору України та надано порівняльний аналіз розвитку агросектору України та країн Європи, а також проведено дослідження впровадження IoT в агросектор України, а саме стан, вплив та першочергова необхідність впровадження IoT сутність якої в неможливості кратного підвищення продуктивності агросектору без новітніх технологій побудованих на IoT на хмарних платформах та впровадженні наскрізних моделей основу яких складають алгоритми штучного інтелекту.

Проведено аналіз перешкод впровадження IoT як в технічному плану так і інших причин, в тому числі, і в недостатній роботі законодавчих та виконавчих органів, особливо в питаннях посилення інвестицій в IoT та допомоги малому та середньому бізнесу в агровиробництві.

РОЗДІЛ 3. ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ІННОВАЦІЙНО-ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ НА ПРИКЛАДІ АГРОХОЛДІНУ «ALFA SMART AGRO»

3.1. Аналітичний огляд діяльності ТОВ «ALFA Smart Agro» в концепції Інтернету речей

Рослинництво – провідна галузь сільського господарства. Для застосування в галузі рослинництва новітніх технологій точкового землеробства, розумного поливу та ін. необхідний певний ступінь розвитку ІоТ, що передбачає розвиток суміжних галузей. Однією з таких - є галузь виробництва засобів захисту рослин (ЗЗР).

На ринку України перебуває досить велика кількість фірм, що займаються наданням послуг ЗЗР агрогосподарствам, причому більшість із них – зарубіжні транснаціональні корпорації, серед яких лідирують Bayer, BASF, ADAMA та Corteva. Позиції цих світових гігантів дуже сильні: вони займають біля 50% ринку ЗЗР у натуральному вираженні і понад 70% в грошовому А от українські імпортери і виробники займають лише до 25-28%. Тож на ринку ЗЗР досить висока конкуренція.

Підрахунки агенції ECOSAP показують ріст ринку споживачів ЗЗР України. У 2018 рік до нього долучилася одна тисяча покупців і на ринку їх стало 13 тис. Вони придбали 1631 препарат, що також більше ніж у 2017 році, де кількість придбаних препаратів становила 1523. За даними цієї ж консалтингової агенції ринок ЗЗР України сягнув відмітки у \$1,18 млрд у 2018 році за показником реалізації продукції, що також значно вище аналогічного показника 2017 року, де його значення становило \$1,03 млрд.

Тобто прослідковується стійка тенденція до зростання ринку ЗЗР, і, звичайно, ця ніша не може пустувати – її намагаються зайняти українські агрохолдинги, де продукція відповідної якості коштує набагато дешевше ніж імпортна.

Однією з найбільш старих компаній виробників ЗЗР та мікродобрив в Україні можна назвати компанію УКРАВІТ - на ринку вже 18 років і є лідером виробництва українських ЗЗР за європейськими стандартами. Компанія має відповідний сертифікат і вже експортує свою продукцію до інших країн. [53]

Що стосується компанії «ALFA Smart Agro», то вона була створена більш ніж 15 років тому як дочірнє підприємством «Альфа Хімгруп». Фірма почала свій шлях від невеликої дистриб'юторської компанії до однієї з найбільш сучасних компаній по виробництву засобів захисту рослин та мікродобрив в Україні.[61]

Розглянемо структуру даної компанії. Засновники компанії: Тодоров Борис Петрович, розмір частки - 88000,00 грн. та публічне акціонерне товариство "Закритий недиверсифікований венчурний корпоративний інвестиційний фонд "професійний інвестор", розмір частки - 12000,00 грн. [60]

В табл. 3.1. надано організаційно-правові характеристики ТОВ «АЛЬФА СМАРТ АГРО» за станом на 2020 рік.

Основна галузь функціонування компанії – хімічна промисловість, де основною категорією є продаж хімічних засобів ЗЗР. Кількість співробітників компанії на 2020 рік становила до 500 осіб.

У своїй роботі компанія ALFA Smart Agro надає великої уваги розвитку фінансових інструментів взаємодії з виробниками аграрної продукції. Тож ще на початку 2018 року ALFA Smart Agro налагодила роботу у напрямку зустрічних поставок сутність якої полягає в закупці продукції сільгоспвиробництва в рахунок постачання ЗЗР та мікродобрив. Ця програма передбачає як дочасне закриття існуючих заборгованостей за поставлені ЗЗР та мікродобрива, так і оплату майбутніх поставок ЗЗР/мікродобрив ALFA Smart Agro за рахунок продукції боржників. Кожен такий договір ретельно розглядається і виконується за умовами індивідуального розрахунку цін на сільгосппродукцію і якщо має місце ситуація, що боржник бажає продати додаткову кількість продукції, фірма також готова її закуповувати на всіх зазначених базисних умовах індивідуальної угоди.

Табл. 3.1

Організаційно-правові характеристики станом на 03.10.2020 [60]

Найменування	Значення
Повне найменування юридичної особи станом на 3.10.2020р.	ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ АЛЬФА СМАРТ АГРО
Скорочена назва	ТОВ "АЛЬФА СМАРТ АГРО"
Назва англійською	LIMITED LIABILITY COMPANY ALFA SMART AGRO (LLC ALFA SMART AGRO)
Статус станом на 03.10.2020	Статус юридичної особи
Код ЄДРПОУ	37250244
дата реєстрації	21.09.2010
Уповноважені особи	Бугаєнко ОЛЬГА МИКОЛАЇВНА 16.01.2012 - керівник Хомук СЕРГІЙ МИКОЛАЙОВИЧ – представник (Повноваження: вчинятися дії від імені юридичної особи, у тому числі підписувати договори тощо (відповідні до статуту))
Форма власності	Приватна власність
Розмір статутного капіталу	100 000,00 грн.
Види діяльності:	
- основний	46.75 Оптова торгівля хімічною продукцією
- інші	20.20 Виробництво пестицидів та іншої агрохімічної продукції 46.21 Оптова торгівля зерном, необробленим тютюном, насінням та кормами для тварин 46.33 Оптова торгівля молочними продуктами, яйцями та харчовими оліями та жирами 46.33 Оптова торгівля молочними продуктами, яйцями та харчовими оліями та жирами 46.33 Оптова торгівля молочними продуктами, яйцями та харчовими оліями та жирами 46.36 Оптова торгівля цукром, шоколадом і цукристими кондитерськими виробами 46.90 Неспеціалізована оптова торгівля 52.10 Складування і зберігання 68.20 Оренда і управління власною або орендованою нерухомістю 70.22 Консультування з питань комерційної діяльності та управління 74.90 Інша професійна, наукова та технічна діяльність, яка не включена в інші категорії
Місцезнаходження	Україна, 03150, місто Київ, ВУЛИЦЯ АНТОНОВИЧА, будинок 172А

У 2019 році компанія ALFA Smart Agro отримала сертифікат на відповідність вимогам ISCC. Сертифікат надав компанії конкурентні переваги на Європейському ринку, а також можливість запропонувати кращу ціну українським виробникам кукурудзи та ріпаку.

Відкриття власного виробництва відкрило перед компанією нові перспективи та горизонти. Це надало компанії можливість виходу на новий рівень розвитку, власне з нього і починається самостійне плавання компанії «ALFA Smart Agro», яка починає працювати в принципово новому форматі за технологіями IoT, а саме «Smart Agro - розумна агрономія». [54]

Головними принципами «розумної агрономії» є: [55]

- Науковий підхід. За власними науковими розробками створюються препарати, які не мають світових аналогів і являються більш ефективними і вигідними у застосуванні.
- Точність. За чіткою регламентацією виробничих процесів стоїть гарантована висока якість продукції. Клієнтам надаються детальні рекомендації щодо застосування продукції і це забезпечує максимальну ефективність та результативність.
- Раціональність. Компанія надає якісні та ефективні препарати за прийнятною ціною, що гарантовано робить бізнес клієнтів рентабельним.

Компанія «ALFA Smart Agro» являється учасником ряду інноваційних проектів з впровадженням передових технологій IoT в агробізнесі. Найбільш цікавим проектом є проект Smart Field. В рамках цього проекту використовується новітня розробка – метеостанція iMetos IMT300, що може надавати локальний прогноз погоди на 14 днів. Точність прогнозу залежить наскільки близько потрібна дата: чим вона ближча тим точніший прогноз. Для агронів найбільш цікавим представляється період прогнозування на три дні вперед

«ALFA Smart Agro» має 60 гектарів землі у Київській області де в природних умовах проводиться вирощування культур, що потім поповнюють

насінних фонд компанії. Більшість насінного фонду становить насіння соняшника та кукурудзи.

При проведенні посівної компанії і подальшому супроводженню аналізів посівів використовуються технології IoT: система супутникового моніторингу рослин за допомогою дронів (доступ надається компанією Klever Systems). Ця система повністю відповідає умовам точкового землеробства, вона надає можливість контролю «вікон» для внесення добрив та засобів захисту рослин (при ураженні рослини шкідниками міняється фон виділення хлорофілу) за параметрами: зіставлення швидкості вітру, температури повітря і ймовірності опадів. Всі дані зібрані дронами з датчиків, що встановлені на полі, автоматично акумулюються на платформі FieldClimate. Дані аналізуються та за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення виводяться на смартфон, тож їх можна передивлятися будучи тут же на полі.

Однією з найбільш важливих можливостей «розумного» метеомоніторинга –являється можливість попередження про небезпеку захворювань. Згідно пакету, що був обраним для проекту Smart Field, моделюється передбачення ймовірності захворювання для п'яти основних культур - кукурудзи, ріпаку, цукрових буряків, соняшнику та пшениці.[59]

Розглянемо основні стратегічні напрями «ALFA Smart Agro». Їх три:

«ALFA Science» [55]. Цей напрямок полягає у створенні інтелектуального осередку, де за консолідації світового та власного наукового досвіду, в найбільш сучасно обладнаних лабораторіях, створюються нові та вдосконалюються вже створені засоби захисту рослин з багатоступеневою перевіркою ефективності продукції.

2019 року компанія «ALFA Smart Agro» стала фіналістом міжнародної премії «Crop Science Awards 2019 (Agrow Awards)», яку проводить міжнародна агенція «Agrow», підрозділ світового лідера з аналітики «Informa».

Нагорода була заснована «Agrow Awards» у 2007 році і за міжнародними реляціями вважається найпрестижнішою відзнакою у сфері захисту рослин. Компанія «ALFA Smart Agro» стала фіналістом одразу у двох номінаціях:

«Найкраща інновація в формуляції (Best Formulation Innovation)» та «Найкраща компанія з регіону, що розвивається (Best Company from an Emerging Region)». [57]

Номінація «Найкраща інновація в формуляції», якої удостоєно компанію, надається як відзнака найбільш значних досягнень інноваційності у формуляціях агрохімічних та біологічних препаратів, революційних рішень у пошуку нових формуляцій і сполук, що призводять до підвищення ефективності продукту, покращення безпеки користувачів та особливо - зменшення негативного впливу на довкілля. [57]

Отримання цієї номінації компанією «ALFA Smart Agro» забезпечила технологія розроблена науковцями компанії, що отримала назву «Smart CompleX». Ця технологія повністю змінює підхід до виробництва формуляцій з використанням прохлоразу. Вона дозволяє підвищити розчинність прохлоразу приблизно в 140-150 разів, що значно посилює ефективність препарату проти таких захворювань як коренева гниль та снігова пліснява.[55]

Технологія надає можливість ефективного виробництва препаратів у формі концентратів суспензії і забезпечує стабільну та ефективну дію прохлоразу. І головне те, що крім технологічних переваг у виробництві, технологія «Smart CompleX» дає змогу зменшити пестицидне навантаження на ґрунт, що сприяє збереженню довкілля. [57]

Сьогодні технологія «Smart CompleX» використовується при виробництві двох інноваційних препаратів «ALFA Smart Agro» для обробки насіння – «Кантаріс» і «Авіценна», що вийшли на ринок 2019 року.

«Авіценна» — це трикомпонентний протруйник для зернових культур (пшениці, ячменю, вівса, кукурудзи). Відповідно його складовим кількістю прохлоразу в Авіценні - 250 г/л, і це у чотири рази вище, ніж у інших продуктах, що виготовляються на його основі – це і є причиною зменшення пестицидного навантаження на ґрунт та, відповідно, збереженню довкілля. Авіценна надає захист насінню, проросткам та сходам від ґрунтових і аерогенних інфекцій. Важливою перевагою використання цього продукту є

яскраво виражений фізіологічний ефект на початкових стадіях розвитку культури. [58]

«Кантаріс» — інсекто-фунгіцидний протруйник для комплексного захисту зернових культур. Цей препарат надає тривалий захист кореневої системи і сходів від широкого спектру шкідників і хвороб, та також сприяє інтенсивному росту і розвитку рослин. [58]

Технологія «Smart CompleX» не має аналогів у світі, тож компанія запатентувала дану технологію за міжнародною процедурою.

«ALFA Production». Цей напрям пов'язаний з виробництвом якісної продукції з використанням «розумних виробничих технологій». Платформа «ALFA Production» – є потужною сучасною технологічною платформою на якій проходить виготовлення ефективних препаратів агрохімії світового рівня. Кожен етап виробництва супроводжується системою мультиконтролю, тобто на кожному етапі відбувається перевірка усіх показників, що мають вплив на якість продукції. [55]

Тож можна констатувати, що основою стратегії розвитку «ALFA Smart Agro» є - розробка нової продукції у сфері ЗЗР, впровадження інноваційних технологій та поглиблення партнерських зв'язків з агровиробниками .

Чотири останні роки були дуже продуктивними для «ALFA Smart Agro». Оновлення портфелю продукції відбулося на 50%, на ринок вийшло 25 нових інноваційних препаратів, 9 із них з'явилися у 2018 році. Індивідуальний підхід до кожного клієнта надав компанії можливість завоювати довіру аграріїв України, що в свою чергу допомогло компанії збільшити свою присутність на ринку. [55]

Статистика 2019 року підтверджує, що кожне третє аграрне господарство України використовує продукцію компанії ALFA Smart Agro. Препарати компанії захищають 10,8 млн га посівів – а це кожен третій гектар українських полів. Згідно аналізу ринку, площі, оброблені препаратами ALFA Smart Agro за період жовтень 2018 - червень 2019 роки., зросли більш ніж на 20%.

На протязі п'яти років (2014-2019рр.) науковцями компанії було створено 36 унікальних формуляцій, 24 із них запатентовано. [52]

На 2020 рік компанія має понад сімдесят зареєстрованих препаратів із лінійки засобів захисту рослин (серед них - 33 гербіциду, 10 фунгіцидів, 10 інсектицидів, 5 протруйників для обробки насіння) і при цьому більше двадцяти із них є власними розробками вчених-фахівців компанії. [55]

У 2021 році компанія ALFA Smart Agro розширює портфель продуктів – на ринок виходять сім нових розробок компанії. Каталог ALFA Smart Agro на 2021 рік вже доступний для перегляду

Зауважимо, що до видів продукції «ALFA Smart Agro» відносяться також мікродобрива ТМ «Найс» - їх дев'ять різновидів для різних сільськогосподарських культур.

Компанії належить невеликий насінний фонд, що складається з насіння гібридів кукурудзи та соняшнику

Для забезпечення високої якості власної продукції та контролю на всіх ланок виробництва у 2016 році компанія «ALFA Smart Agro» відкрила власний завод в Україні з виробництва мікродобрив і засобів захисту рослин, Це Білоцерківський завод препаративних форм. Виробничі потужності заводу сьогодні становлять близько 12 тисяч тон продукції протягом року складаються з:

- 1) цеху водних розчинів (виробництво гербіцидів, десикантів та мікродобрив);
- 2) цеху ЗЗР у формі концентратів суспензій (4 виробничі лінії, які призначені для окремого виробництва 4 типів продуктів - фунгіцидів, інсектицидів, гербіцидів та протруйників). [56]

На заводі створено міні-лінію, технології якої повністю дублюють увесь виробничий процес. Ця лінія є випробувальним полігоном для продуктів ЗЗР до того як вони потрапляють у серійне виробництво. Тут виконується тестування та налагодження усіх технологічних процесів. На лінії проходять контроль препарати: при виникненні проблеми на будь-якій стадії міні-лінію можна

зупинити та вносити корективи. Міні-лінія працює за розробленою та впровадженою методикою «MultiControl», у якій включено сім етапів лабораторних перевірок протягом виробничого процесу кожного виду продукції. Таким чином, в серійному виробництві, вдається економити ресурси (сировину, воду, електрику) та уникати можливих проблем під час випуску великих партій продукції. [56]

Білоцерківський завод препаративних форм пройшов сертифікацію згідно трьох стандартів. Компанія «Bureau Veritas», що є світовим лідером надання послуг із сертифікації та аудиту надала підприємству високу оцінку відповідності системи менеджменту БЗПФ міжнародним стандартам галузі. [55] Ці стандарти (ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001) підтверджують високу якість управлінських процесів

«ALFA Partnership». [55] Партнерська програма «ALFA Smart Agro» полягає у розумній взаємодії компанії з її клієнтами. Ця взаємодія підкріплена науковими досягненнями, розробками компанії в області ЗЗР, глибоким знанням потреб клієнтів та індивідуальному підході до кожного клієнта. Такий підхід гарантує найбільш ефективний результат – вже зараз препаратами компанії користуються кожне третє господарство України, рівень скарг на якість продуктів складає менше 0,5% проданого товару. Варто ще раз згадати про партнерські програми «ALFA Smart Agro» та провідних банків України: партнерська програма з Raiffeisen Bank Aval почала діяти у 2020 році, особливість її у фінансуванні за спеціальними відсотковими ставками (0,01% річних на перші 5 місяців і 11,5% річних на наступні 6-12-й місяці) та відсутність банківської комісії; партнерська програма з ОТП Банком впроваджується за підтримки IFC (International Financial Corporation) в рамках проєкту “Агро Фабрика”. Особливість програми полягає у швидкому отриманні фінансування – на дев’ятий день після подання заявки та надає клієнтам «ALFA Smart Agro» два варіанти партнерських умов. Згідно першому варіанту – клієнт отримує знижену ставку на весь кредитний період: 7-9% річних на термін кредитування 1-9 місяців; за другим варіантом – клієнту надається 0,01%

річних на перші 5 місяців кредиту та надалі 13%-15% річних (в залежності від наданого забезпечення). Кредитний період становить до 12 місяців.

Особливості партнерської програми ПроКредит Банку для покупців продукції ALFA Smart Agro полягає у можливості відстрочки першої виплати до 11 місяців. Відсотки становлять : 0,01% річних на перші шість місяців, 3% річних на період від шостого до дев'ятого місяця та 5% річних на період від десятого до дванадцятого місяця.

3.2. Дослідження та аналіз «мікрокліматичних» умов в лабораторіях ТОВ «ALFA Smart Agro»

Компанія ALFA Smart Agro є активним користувачем інтернету речей. Це є вищезгаданий проект Smart Field особливий використанням таких компонент інтернету речей як платформа FieldClimate де акумулюються та оброблюються дані зібрані дронами від датчиків встановлених на полі.

Розглянемо датчик як – один з важливих компонентів інтернету речей, т.я. за їх допомогою акумулюються дані про стан ґрунту, повітря, рослин тощо. Датчики фіксують потрібну інформацію та за взаємодією з дронами передають її для аналізу у хмарну платформу для накопичення аналізу та оброблення відповідними програмними алгоритмами, у тому числі і штучного інтелекту, для виконання певних задач, наприклад, прогнозування погоди або врожаю.

Датчики є складовою частиною формування як мікрокліматичних лабораторних умов так і слугують для фіксації кліматичних умов на полі.

Визначимо мікроклімат як сукупність параметрів повітря - температури, вологості, швидкості переміщення, газового складу, все, що включає характеристики його стану у приміщенні (рис. 3.1).

Рівень зволоження та регуляція температури повітря лабораторних приміщень регулюється зволожувачами, які знаходяться у складі вентиляційного обладнання або в окремому обладнанні для зволоження (рис 3.2).

Мікроклімат - представляє сукупність умов що є важливим фактором для проростання, нормального розвитку та продуктивності рослин, а також, у даному випадку, підтримка мікроклімату є дуже важливою складовою і для лабораторій по виробництву та вдосконаленню засобів захисту рослин. Мікроклімат може впливати як на стан самої споруди так і на технологічне обладнання.

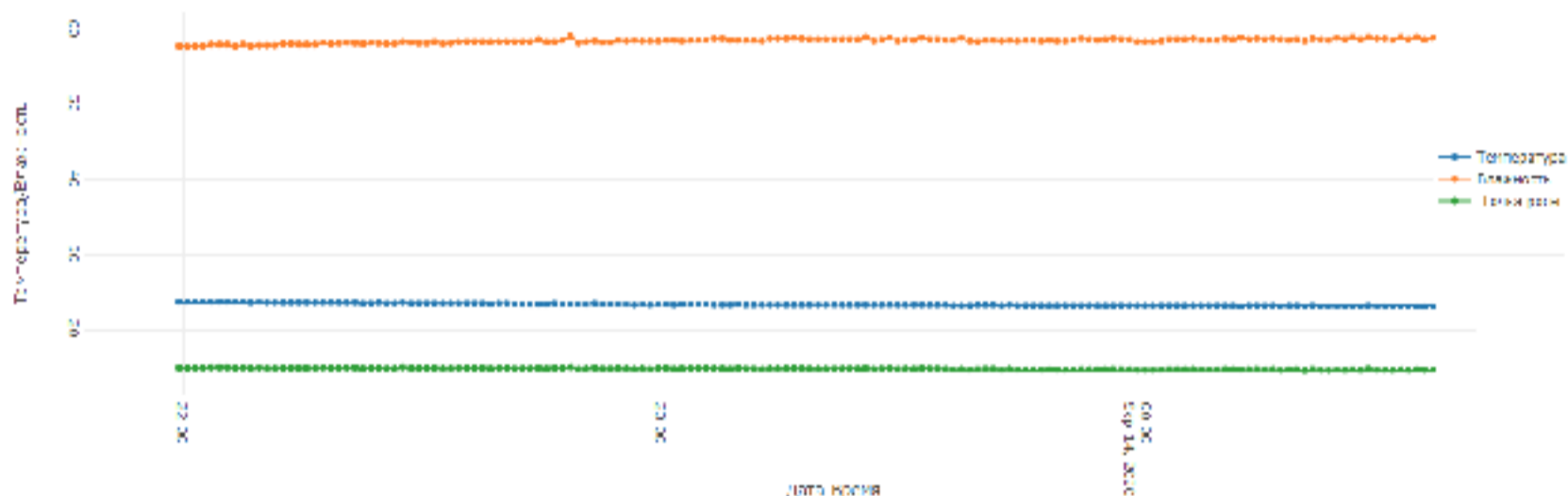


Рис. 3.1. Показники датчиків температури та вологості

Мікроклімат в лабораторних приміщеннях залежить від багатьох умов - зонального клімату даної місцевості, теплозахисних властивостей конструкцій будівлі, рівня повітрообміну, ефективності вентиляції, обігріву, стану каналізації, способів збирання і видалення відходів (у даному випадку утилізація відходів відбувається за схемою: відходи зливаються у бачки які забирає спеціалізована фірма – утилізатор [52]), освітлення та т. п.

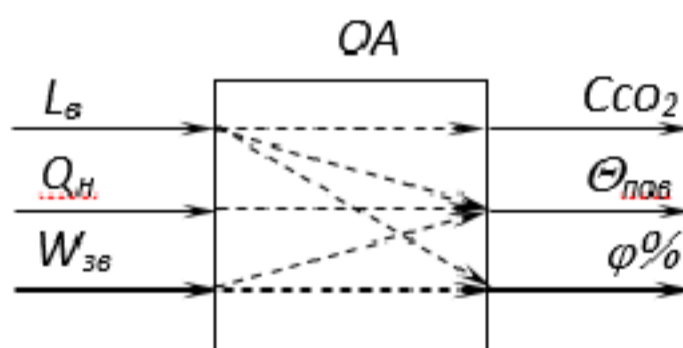


Рис. 3.2. Структурна схема об'єкта регулювання мікроклімату: вхідні дії - L_v – вентиляція; Q_n – обігрів; $W_{зв}$ – зволоження; вихідні дії - C_{CO_2} – концентрація CO_2 ; $\Theta_{пов}$ – температура повітря в приміщенні; $\varphi\%$ – вологість повітря в приміщенні.

Автоматизація систем мікроклімату, в основі якої присутня наявність технологій IoT, надає можливість підтримувати оптимальні умови повітряного

середовища у науково-дослідницьких лабораторіях. В результаті застосування автоматизації мікроклімату в лабораторіях ALFA Smart Agro створюються умови для проведення науково-дослідної роботи по вдосконаленню посівного зернового фонду: лабораторні випробування створених гібридів насіння порівнюються з результатами в польових умовах (поле площею понад 60 га - головна локація проекту екосистеми інтернету речей Smart Field де агрономи компанії ALFA Smart Agro вирощують дослідні зразки, проводять випробування нових препаратів та розробляють рекомендації щодо захисту рослин). Протягом тривання проекту агрономи ALFA Smart Agro використовують ряд «розумних» технологій та надають висновки досліджень. [59]

Також мікроклімат є чи не найважливішою складовою для хімічних лабораторій компанії, оскільки проведення робіт по винайденню нових засобів захисту рослин потребує певної організації щоб не зашкодити довкіллю.

Зауважимо, що при підтримці мікроклімату скорочуються витрати ручної праці і зменшується витрата електричної й теплової енергій (за розрахунками навіть при використанні найпростіших пристроїв підтримки температурних режимів дозволяє заощаджувати до 30% електроенергії) і головне, що проведення дослідницьких робіт не має негативних наслідків для довкілля.

Визначальними параметрами, що характеризують стан внутрішнього повітряного середовища у лабораторних приміщеннях і піддаються безпосередньому регулюванню, варто вважати: температуру (підтримка теплового режиму), освітлення, швидкість руху повітря його відносну вологість, і газовий склад, тож розробка автоматичних систем мікроклімату не є простою, бо потрібно враховувати багато особливостей наступні особливості: Це, по-перше, залежність регульованих параметрів приміщення (температури, вологості та ін.) від можливих впливів зовнішніх та внутрішніх факторів (температури зовнішнього середовища, вологості приміщення, пори року та ін.); по-друге, широкі межі встановлених контрольованих точок по параметру приміщення; по-третє-необхідний постійний технологічний зв'язок системи

мікроклімату та біологічних організмів для спостереження біологічних процесів їх життєдіяльності.

Тож системи мікроклімату повинні мати мінімальну інерційність для забезпечення правильної послідовності роботи усіх своїх компонентів, бути надійними та стійкими у роботі і мати захист проти аварійних ситуацій, і при цьому вони повинні бути досить простими у використанні та вигідними з точки зору економії.

3.3. Проект агро-моніторингу даних на великій відстані з використанням технології LoRa

В рамках регуляції системи мікрокліматичного контролю розглянемо проект для практичного застосування у сфері прийняття та виводу даних по температурі та вологості на смартфон з використанням WEB-дизайну.

Проект складається з LoRa-передавача і LoRa-приймача. LoRa-передавач, що знаходиться зовні, буде відправляти до LoRa-приймача, що знаходиться всередині, дані про вологість ґрунту і температури. Перевага технології LoRa в тому, що з її допомогою можна легко встановити бездротове з'єднання між двома платами ESP32, що знаходяться на відстані більше 100 метрів один від одного, тоді як WiFi і Bluetooth підтримують передачу даних тільки на коротких дистанціях.

Крім того, приймач буде записувати отримані дані на карту MicroSD, а також передавати найостанніші дані на веб-сервер. Схему роботи наведено на рис. 3.3.

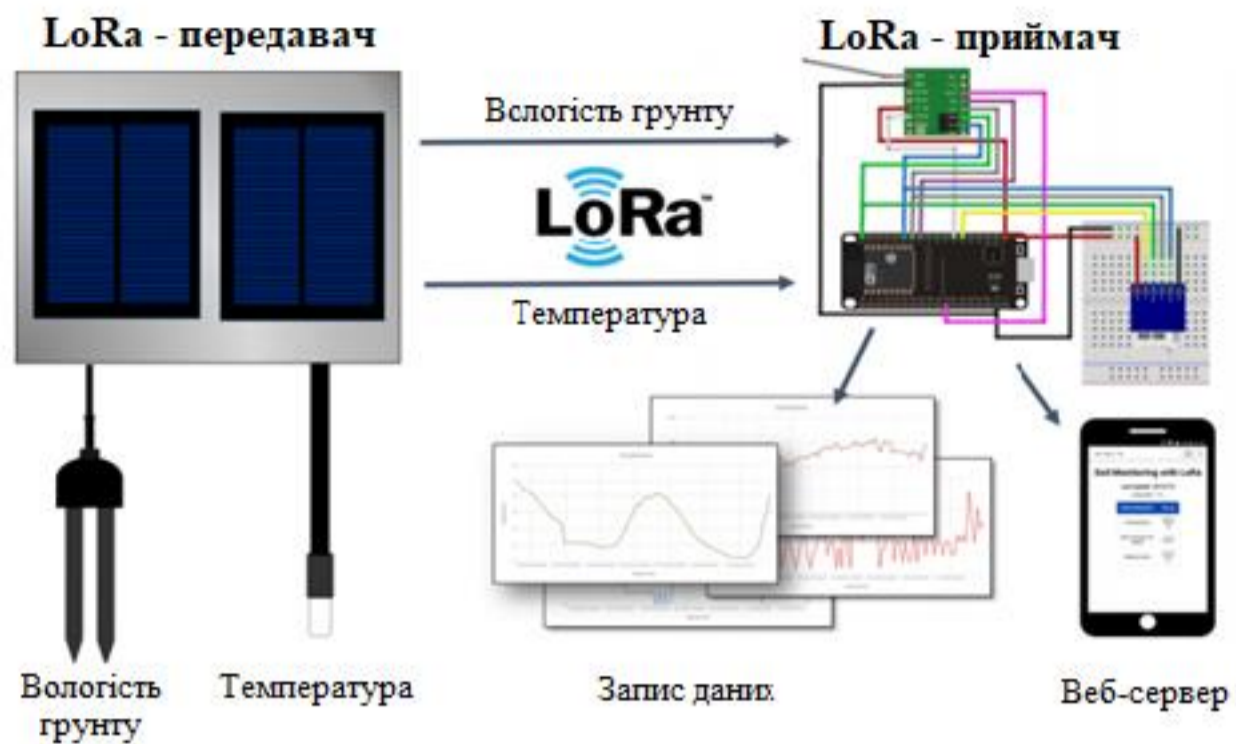


Рис. 3.3. Схема роботи проекту

Для визначення вологості ґрунту ми скористаємося резистивним датчиком вологості ґрунту. Для визначення температури ми скористаємося водонепроникною версією температурного датчика DS18B20.

На рис. 3.4 наведено зовнішній вигляд LoRa-передавача, температурного датчика DS18B20 та датчика вологості ґрунту.



Рис. 3.4. LoRa передавач, датчик температури та датчик вологості ґрунту (зліва направо, відповідно)

Живлення. Для живлення ланцюга ми скористаємося перезаряджуваною літійовою батареєю, ємністю 3800 маґ.

Ця батарея буде заряджатися за допомогою двох сонячних міні-панелей (5 вольт, 1.2 ват) і модуля для зарядки літєвих батарей TP4056 (рис. 3.5).

Дані пристрої дозволять нам зробити автономну систему для відправки LoRa-даних. Крім того, разом з кожною порцією даних про вологість ґрунту і температури ми будемо відправляти і інформацію про рівень заряду батареї.

З метою економії електроенергії ESP32 буде знаходитися в режимі глибокого сну. Але кожні 30 хвилин він буде «прокидатися», зчитувати потрібні дані і відправляти їх по LoRa, після чого знову буде занурюватися в режим глибокого сну.

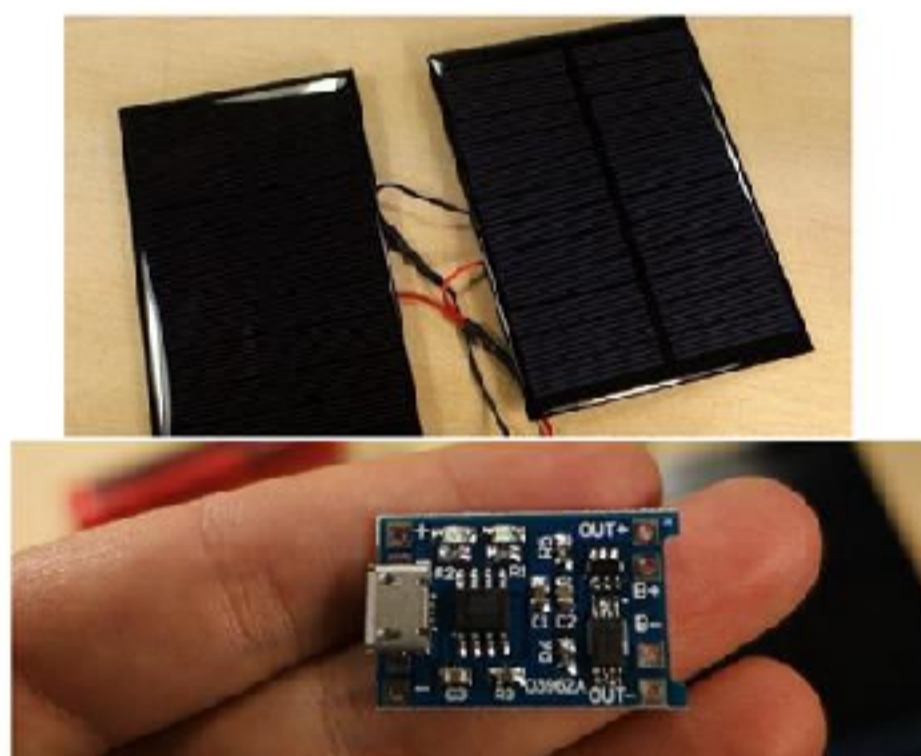


Рис. 3.5. Сонячні міні-панелі та модуль для зарядки літєвих батарей TP4056, відповідно

Почнемо створення LoRa-передавача на базі ESP32. Він буде зчитувати з датчиків дані про вологість ґрунту і температури, а потім передавати їх по бездротовому зв'язку LoRa-приймача.

Список компонентів, необхідних для цього проекту:

1. Плата ESP32 - 1 шт.
2. Трансівер-модуль RFM95 (LoRa) - 1 шт.
3. Плата-перехідник для RFM95 (опціонально) - 1 шт.
4. Датчик температури:

5. Температурний датчик DS18B20 (водонепроникна версія) - 1 шт.
6. Резистор на 10 кОм - 1 шт.
7. Резистивний датчик вологості ґрунту - 1 шт.
8. Контактна макетна плата - 2 шт.
9. Провід-перемички

Порядок виконання:

- 1) Готуємо температурний датчик. Для зчитування температури ми будемо використовувати водонепроникну версію температурного датчика DS18B20. (див. рис. 3.4). DS18B20 - це цифровий температурний датчик, що підключається через шину 1-Wire. Це означає, що для його підключення знадобиться дуже простий ланцюг.
- 2) Підключаємо температурний датчик DS18B20. Температурний датчик DS18B20 підключається дуже просто (див. рис. 3.6). На цій схемі зображена 36-контактна версія плати ESP32 DEVKIT DOIT V1.

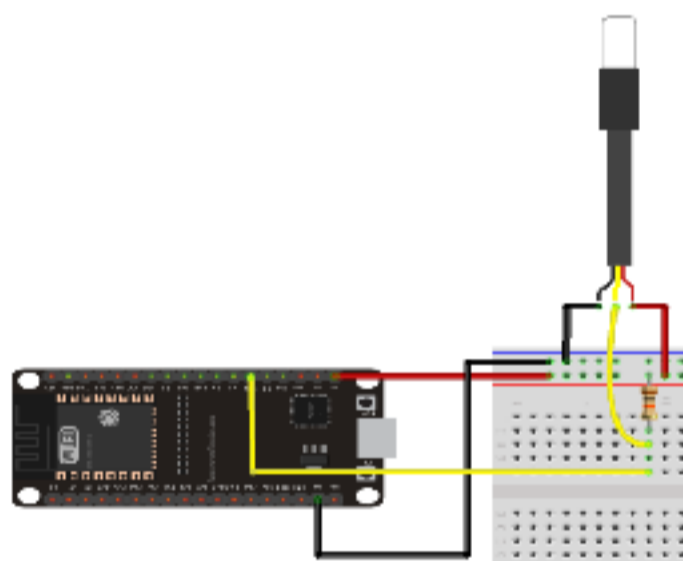


Рис. 3.6. Підключення до плати ESP32 DEVKIT DOIT V1 температурного датчика DS18B20

Також в якості підказки можна використовувати табл. 3.2.

Табл. 3.2

Варіанти підключення

DS18B20	ESP32
VCC (червоний дріт)	3.3V
Передача даних (жовтий дріт)	GPIO15 (через резистор на 10 кОм)
GND (чорний дріт)	GND

3) Встановлюємо бібліотеки. Перед завантаженням коду нам потрібно встановити в IDE Arduino дві бібліотеки - «OneWire» від Пола Стоффрегена і «Arduino Temperature Control» - необхідні для використання DS18B20.

4) Готуємо датчик вологості ґрунту. Для визначення вологості ґрунту ми скористаємося резистивним датчиком вологості ґрунту (див. рис. 3.4).

Вихідна напруга цього датчика буде змінюватися в залежності від вологості ґрунту. Тобто, якщо ґрунт:

- вологий, то вихідна напруга буде прагнути до мінімального значення «0» (що означає, що вологість ґрунту становить 100%);
- сухий, то вихідна напруга буде прагнути до максимального значення «4095» (що означає, що вологість ґрунту становить 0%).

За замовчуванням дозвіл аналогових контактів ESP32 становить 12 біт. Це означає, що отримувані значення будуть в діапазоні між «0» (100% вологості) і «4095» (0% вологості). Слід відзначити, що дешеві датчики вологості ґрунту дуже швидко окислюються і в підсумку стають непридатними (рис. 3.7).

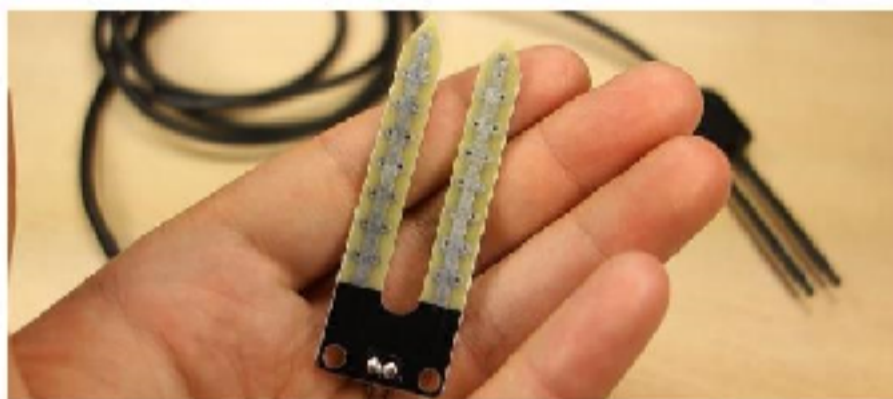


Рис. 3.7. Фото окисленого датчика

Щоб збільшити тривалість використання датчика вологості ґрунту, підключати живлення до нього потрібно тільки в момент зчитування даних. Тобто замість підключення контакту живлення датчика до 3.3V заживлюємо його від GPIO-контакту. Таким чином, коли потрібно буде прочитати дані з датчика, його живлення буде отримано від подання на GPIO-контакт значення «HIGH». Прочитавши дані - подамо на цей GPIO-контакт значення «LOW».

5) Підключаємо датчик вологості ґрунту до ESP32 згідно з рис. 3.8.

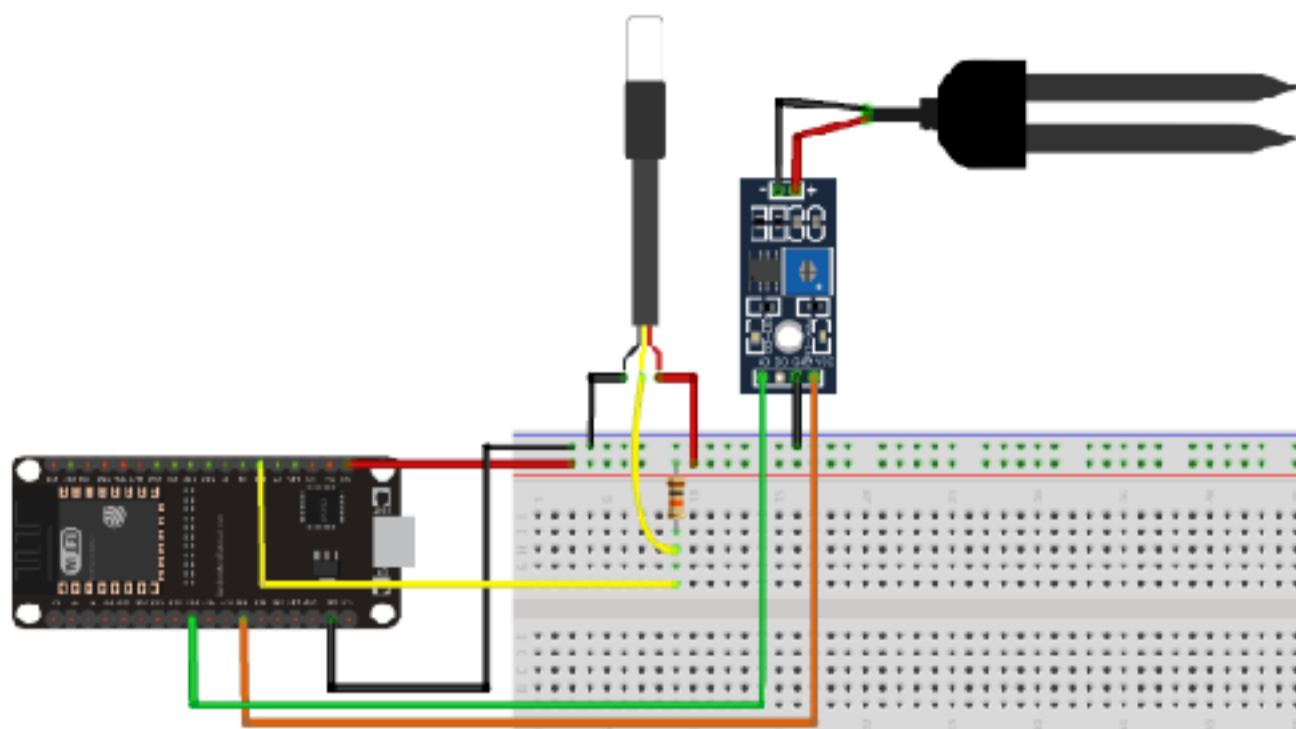


Рис. 3.8. Підключення до плати ESP32 DEVKIT DOIT V1 датчика вологості ґрунту

Також можна використовувати в якості підказки табл. 3.3.

Табл. 3.3

Варіанти підключення

Датчик вологості ґрунту	ESP32
VCC	GPIO12
GND	GND
A0	GPIO26

6) Готуємо трансивер-модуль RFM95. Дані, зчитані з датчиків, будуть відправлятися до приймача, що знаходиться всередині, за допомогою технології LoRa (рис. 3.9).

7) Підключаємо трансивер-модуль LoRa (RFM95). Підготувавши трансивер-модуль RFM95, підключаємо його до ланцюга. Цей модуль використовує протокол SPI, тому потрібно підключити його до контактів ESP32, які за замовчуванням задані як SPI-контакти (рис. 3.9)

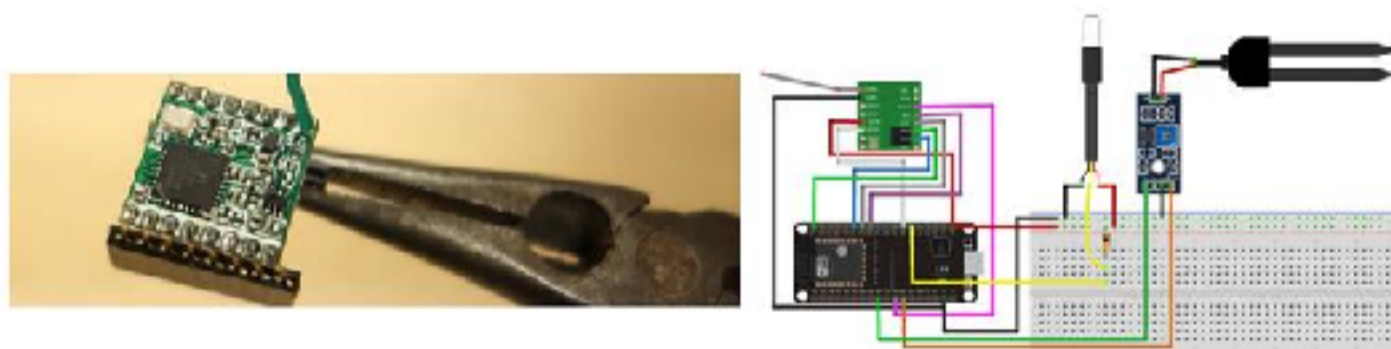


Рис. 3.9. Трансивер-модуль RFM95 та його підключення до плати ESP32

- 8) Встановлюємо бібліотеку LoRa. Для відправки та отримання LoRa-пакетів ми будемо використовувати бібліотеку «arduino-LoRa», розроблену GitHub-користувачем «sandeepmistry».
- 9) Імпортуємо бібліотеки. По-перше, підключаємо бібліотеки, необхідні для роботи LoRa-модуля. По-друге, підключаємо бібліотеки для зчитування даних з температурного датчика DS18B20.
- 10) Задаємо контакти для трансивер-модуля RFM95, які використовуються трансивер-модулем RFM95. Якщо використовується ESP32 оснащена вбудованим LoRa-модулем, то про контакти, які він використовує, можна дізнатися в документації або за допомогою написів на платі. Після цього задаємо строкову змінну «message», в яку будемо зберігати LoRa-повідомлення, що відправляються до приймача.
- 11) Зберігаємо дані у змінну «readingID» в RTC-пам'ять. Щоб зберегти дані у змінній «readingID» в RTC-пам'яті, перед її оголошенням потрібно написати «RTC_DATA_ATTR». Зберігаючи змінну в RTC-пам'яті, ми забезпечуємо збереження цих даних, навіть якщо ESP32 переключиться в режим глибокого сну. За допомогою цієї змінної ми будемо відстежувати скільки разів були зчитані дані. Завдяки цьому можна легко помітити, що з передавача не вдасться відправити нові дані, або якщо приймачу не вдасться їх отримати.
- 12) Задаємо час глибокого сну. У проекті ESP32 буде прокидатися кожні 30 хвилин, що відповідає 1800 секундам.
- 13) Задаємо контакти, об'єкти і змінні для датчиків. Далі створюємо кілька об'єктів, необхідних для температурного датчика. Він підключений до контакту GPIO15.
- 14) Створюємо змінні для контакту даних (GPIO26) і контакту живлення (GPIO12) датчика вологості ґрунту. Створюємо змінну «soilMoisture», де будуть зберігатися самі дані про вологість ґрунту. Змінні типу «float» (тобто в них будуть зберігатися значення з плаваючою точкою) нижче

будуть використовуватися для зберігання температурних даних в градусах Цельсія і Фаренгейта.

- 15) Створюємо змінну типу «float», де буде зберігатися рівень заряду батареї, і задаємо контакт, з якого буде зчитуватися ця інформація. У нашому випадку це GPIO27.

Оскільки в цьому скетчі програмується перемикання ESP32 в режим глибокого сну, весь код повинен знаходитися в блоці `setup ()`, тому що до блоку `loop ()` справа так і не дійде.

- 16) Перемикаємо контакт «moisturePowerPin» в режим «OUTPUT».

- 17) Активуємо пробудження ESP32 за таймером (кожні 30 хвилин).

- 18) Запускаємо температурний датчик DS18B20.

- 19) Задаємо контакти для трансивер-модуля LoRa.

- 20) Форматуємо LoRa-модуль. Можливо, що потрібно буде поміняти в методі `LoRa.begin ()` частоту LoRa-модуля, щоб вона відповідала заданому регіону.

- 21) Змінна «counter» потрібна для того, щоб код не застряг в нескінченному циклі спроб підключитися до LoRa-модуля: обмежимо кількість цих спроб десятьма. Якщо LoRa-модуль не вдасться ініціювати з 10 спроб, ми збільшуємо на «1» значення в змінній «readingID» і повертаємося в режим сну.

Це дозволить не витратити даремно заряд батареї в безуспішних спробах форматувати LoRa-модуль. Крім того, збільшуємо значення в змінній «readingID», що дозволить нам зауважити, якщо LoRa-приймач не отримає цей ID.

- 22) Задаємо синхрослово. Трансивер-модулі LoRa прослуховують всі пакети, що відправляються в їх діапазоні, і їм не важливо, звідки приходять ці пакети. Для того, щоб приймач отримував пакети тільки від свого передавача, нам необхідно задати синхрослово (варіюється в діапазоні від «0-0xFF»).

І приймач, і передавач повинні використовувати одне і те саме синхрослово. Завдяки цьому приймач буде ігнорувати всі LoRa-пакети, які не містять цього синхрослова.

23) Ініціалізуємо LoRa-модуль, зчитуємо дані від датчика.

24) Відправляємо їх до LoRa.

25) Збільшуємо на «1» значення в змінній «readingID».

26) Перемикаємо ESP32 в режим глибокого сну. Функції `getReadings ()` і `sendReadings ()` були створені для того, щоб спростити код.

27) Встановлюємо функцію `getReadings ()`. Ця функція починається з підключення живлення до датчика вологості ґрунту шляхом перемикання контакту «`moisturePowerPin`» в стан «HIGH».

28) Запитуємо температуру в градусах Цельсія і Фаренгейта.

29) Зчитуємо дані з датчика вологості ґрунту за допомогою функції `analogRead()`. Після цього відключаємо живлення від датчика, перемикаючи контакт «`moisturePowerPin`» в стан «LOW».

30) Нарешті, зчитуємо рівень заряду батареї з контакту «`batteryPin`». Ця частина проекту запрацює пізніше, коли підключимо до нього ланцюг для моніторингу рівня заряду батареї. Зараз же можна просто підключити цей контакт (GPIO27) до GND (і тоді завжди буде 0%).

Функція `sendReadings ()`. Ця функція об'єднує і записує все считані дані в одну змінну «`message`».

Потрібно звернути увагу, що є розподіл різних видів зчитаних даних за допомогою спеціальних символів, щоб приймач зміг відокремити їх один від одного.

За замовчуванням температура буде відправлятися в градусах Цельсія, але якщо потрібні градуси Фаренгейта, можна «закоментувати» наступні два рядки:

```
1 message = String(readingID) + "/" + String(tempC) + "&" +
2           String(soilMoisture) + "#" + String(batteryLevel);
```


- виконання ролі веб-сервера, що показує в браузері найостанніші дані, отримані від датчиків (приймач повинен бути підключений до інтернету).

Список необхідних компонентів для проекту:

1. Плата ESP32 - 1 шт.
2. Трансївер-модуль RFM95 (LoRa) - 1 шт.
3. Плата-перехїдник для трансївер-модуля RFM95 (опціонально) - 1 шт.
4. Модуль для карти MicroSD - 1 шт.
5. Карта MicroSD - 1 шт.
6. Контактна макетна плата - 2 шт.
7. Провїд-перемички

Спершу підключаємо трансївер-модуль до ESP32 (як і у випадку з передавачем) згїдно зі схемою, наведеною на рис. 3.11.

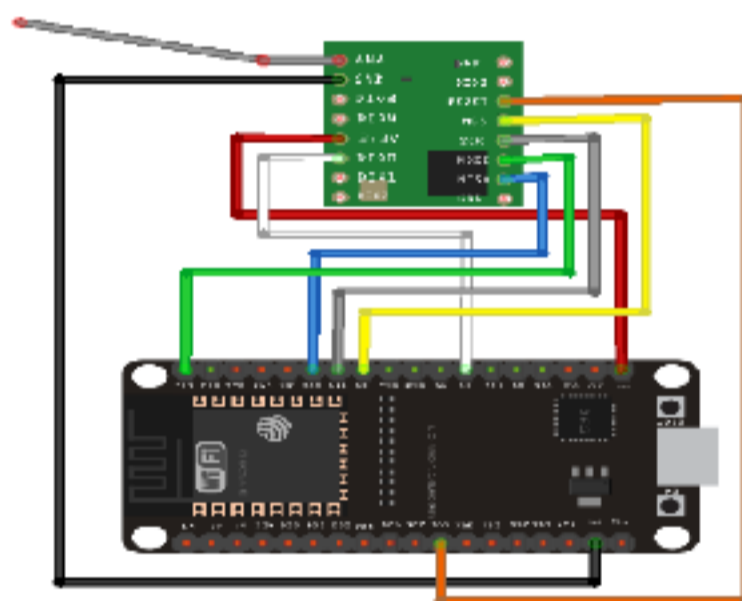


Рис. 3.11. Схема підключення трансївер-модуля до ESP32 DEVKIT DOIT V1

Щоб зберїгати данї на карту MicroSD, нам потрібен модуль, який показаний на рис. 3.12.

Є рїзні моделї даного модуля вїд рїзних виробникїв, але всї вони працюють приблизно однаково. Вони комунїкують через протокол SPI. Для комунїкацїї з картою MicroSD ми скористаємося бїбліотекою «SD», встановленої в IDE Arduino за замовчуванням.

Перед використанням карти MicroSD з ESP32 її треба вїдформувати у форматї FAT32. Вїдформатувавши карту MicroSD, вставляємо її в модуль та підключаємо модуль до ESP32 згїдно зі схемою, наведеною на рис. 3.12.

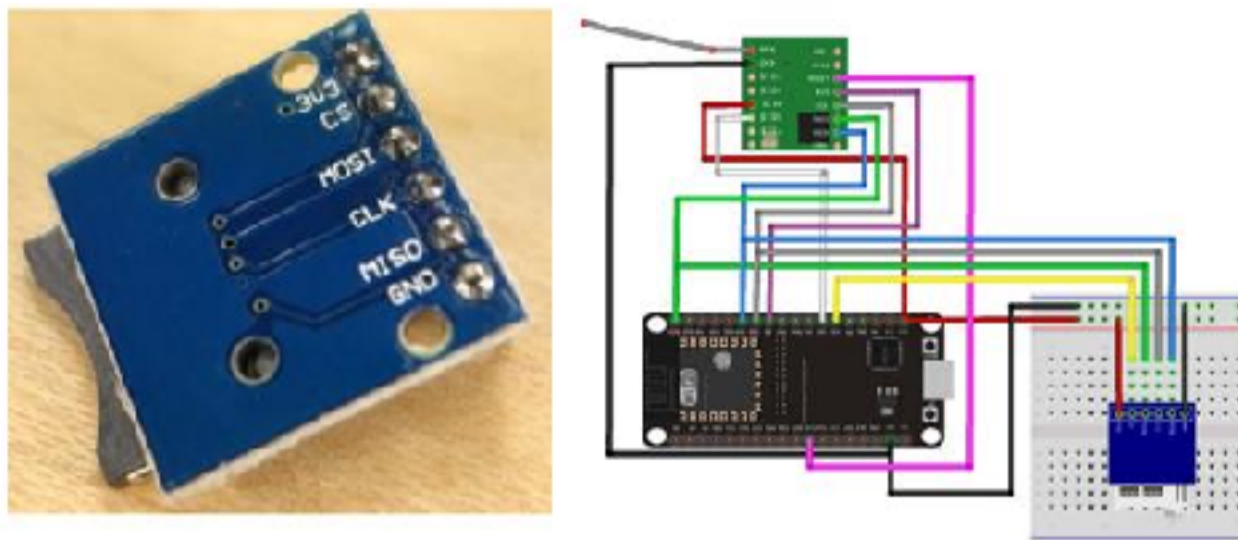


Рис. 3.12. Модуль для MicroSD карти та підключення модуля карти MicroSD до ESP32

Також можна використовувати табл. 3.4 в якості підказки.

Табл. 3.4

Варіанти підключення

Модуль для карти MicroSD	ESP32
3V3	3V3
CS	GPIO15
MOSI	GPIO23
CLK	GPIO18
MISO	GPIO19
GND	GND

Вигляд ланцюга для LoRa-приймача приведено на рис. 3.13

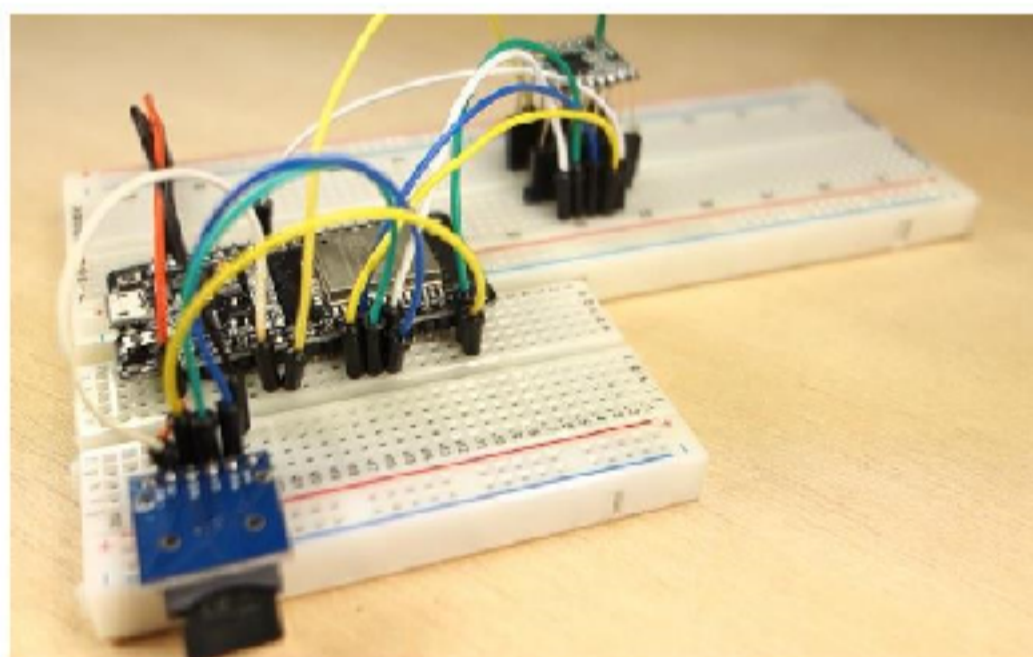


Рис. 3.13. Ланцюг LoRa-приймача

Кожен раз, отримуючи нове повідомлення, LoRa-приймач буде запитувати у NTP-сервера дату і час, а потім додавати цю інформацію в логи до

даних, зчитаних з датчиків. Для цього нам знадобиться форк бібліотеки «NTPClient», розроблений користувачем «taranaïs».

Порядок виконання:

- 1) Імпортуємо бібліотеки, необхідні для WiFi і LoRa-модуля:
- 2) Імпортуємо бібліотеки, що дозволяють запитувати дату і час у NTP-сервера: NTPClient та WiFiUdp
- 3) Імпортуємо бібліотеки, що потрібні для роботи з модулем для карти MicroSD: FS, SD
- 4) Задаємо SSID і пароль для WiFi-мережі. У наступних двох змінних потрібно вписати SSID і пароль для своєї локальної WiFi-мережі, щоб ESP32 мала змогу до неї підключитися.
- 5) У двох рядках нижче створюємо NTP-клієнта, за допомогою якого будемо запитувати дату і час у NTP-сервера.
- 6) Створюємо рядкові змінні, де будемо зберігати дату і час.
- 7) Задаємо контакти, які використовуються трансивер-модулем LoRa.
- 8) Ініціалізуємо змінні для RSSI і розшифровки даних з LoRa-повідомлення.
- 9) Робимо CS-контактом карти MicroSD контакт GPIO15.
- 10) Ініціалізуємо трансивер-модуль LoRa
- 11) У блоці setup () ініціалізуємо трансивер-модуль LoRa. Синхрослово має бути таким же, як і у LoRa-передавача, інакше приймач просто не зможе отримати відправлені повідомлення
- 12) Підключаємося до WiFi
- 13) Ініціалізуємо NTP-клієнта, щоб дізнатися у NTP-сервера дату і час.
- 14) За допомогою методу setTimeOffset () налаштуємо часовий пояс (формат GMT +2 = 7200 – Київський час).
- 15) Ініціалізуємо модуль для карти MicroSD. Оператор if () перевіряє, чи правильно підключена SD-карта.
- 16) Створюємо файл data.txt на карті MicroSD, записуємо в ньому заголовки для майбутніх даних та відкриваємо його для перевірки.
- 17) Закриваємо файл.

- 18) У блоці `loop ()` перевіряємо, чи прийшов LoRa-пакет. Якщо прийшов, зчитуємо дані з нього, запитуємо поточні дату і час (щоб створити позначку часу) і записуємо логи на карту MicroSD. У блоці `loop ()` також створюємо веб-сервер, який показує таблицю з найостаннішими даними від датчиків і рівень заряду батареї.
- 19) Використовуємо функцію `getLoRaData ()`. Ця функція зчитує LoRa-пакет і зберігає повідомлення в змінну «`LoRaData`». Отримуємо розділену інформацію у змінній «`LoRaData`» на різні види даних - ID пакета, температуру, вологість ґрунту і рівень заряду батареї.
- 20) Також зчитуємо RSSI, що буде давати нам приблизне розуміння рівня LoRa-сигналу.
- 21) Використовуємо функцію `getTimeStamp ()`. Ця функція зчитує дату і час. Іноді NTP-клієнт повертає 1970 роки. Щоб цього не сталося, робимо примусове оновлення.
- 22) Перетворюємо дату і час в читаний формат за допомогою функції `getFormattedDate ()`. Дата і час повертаються ось в такому форматі:

```
2020-09-30T16:00:13Z
```

Отже, нам потрібно розділити цей рядок, щоб отримати окремо дату і окремо час. Тому робимо наступне: дату зберігаємо в змінну «`dayStamp`», а час - в змінну «`timeStamp`».

- 23) Використовуємо функцію `logSDCard ()`. Функція `logSDCard ()` об'єднує всю отриману інформацію в строкову змінну «`loRaMessage`». Різні види даних відокремлені один від одного комами.
- 24) Потім за допомогою рядка нижче записуємо всю інформацію в файл «`data.txt`» на карті MicroSD.

```
appendFile(SD, "/data.txt", loRaMessage.c_str());
```

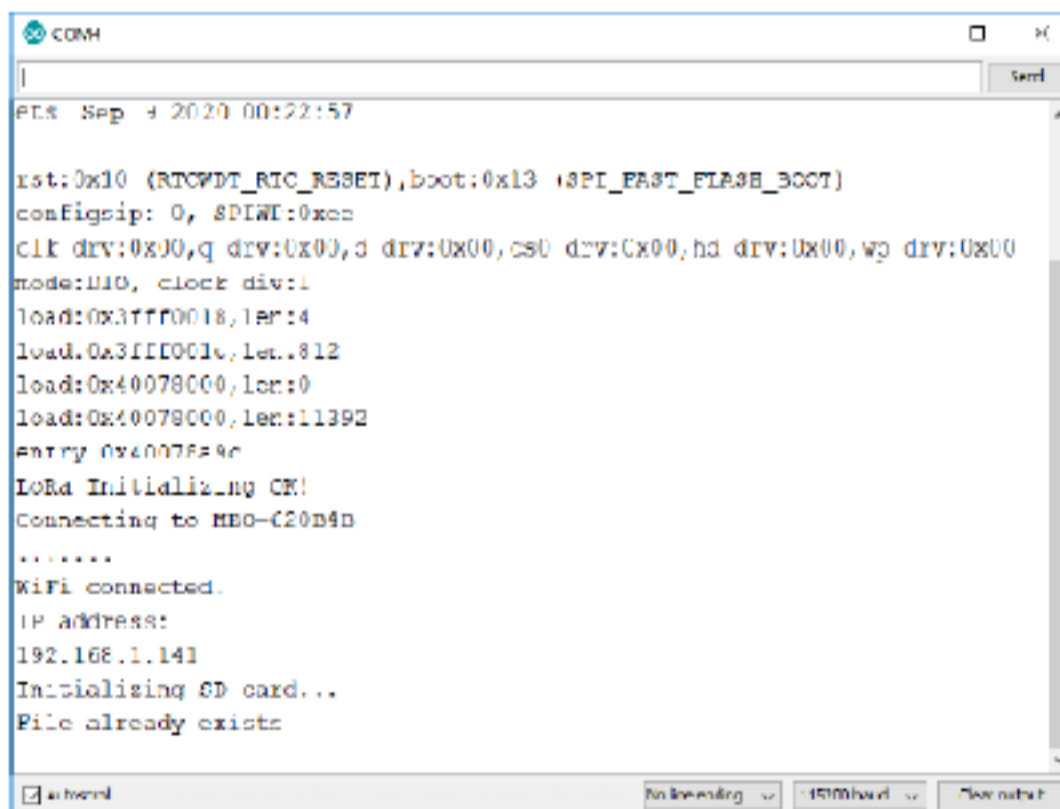
Примітка: Функція `appendFile ()` приймає в третьому параметрі (для сполучення) тільки змінну з типом даних «`const char`». Тому ми використовуємо

тут метод `c_str()`, щоб перетворити значення змінних «`loRaMessage`» в цей тип даних.

25) Завантажуємо код на ESP32 (але перед цим потрібно переконатися, що в IDE Arduino виставлені правильні плата і COM-порт).

26) Тестуємо LoRa-приймач, відкриваємо монітор порту на швидкості 115200 бод. Потім натискаємо на ESP32 кнопку EN і копіюємо з монітора порту її IP-адреса (рис. 3.14).

27) Також перевіряємо, чи успішно ініціалізований LoRa-трансивер і модуль для карти MicroSD. Якщо все працює як треба, перевіряємо, чи отримує приймач повідомлення від передавача (рис. 3.14).



```

COM
| send
PLS Sep 3 2020 00:22:57
rst:0x10 (RTCWDT_RTC_RESET),boot:0x13 (SPI_FAST_FLASH_BOOT)
configsip: 0, SPIWP:0xee
clk_drv:0x00,q_drv:0x00,d_drv:0x00,cs0_drv:0x00,hd_drv:0x00,wp_drv:0x00
mode:DIO, clock div:1
load:0x3fff0018,len:4
load:0x3fff001c,len:812
load:0x40078000,len:0
load:0x40078000,len:11392
entry 0x40078000
LoRa Initializing CM!
Connecting to NBN-C20B4D
*****
WiFi connected.
IP address:
192.168.1.141
Initialising SD card...
File already exists

```

Рис. 3.14. Монітор порту

28) Після цього в моніторі порту LoRa-приймача з'являться нові дані. Щоб отримати кілька нових повідомлень, кілька разів натискаємо на кнопку EN на ESP32-передавачі (рис. 3.15).

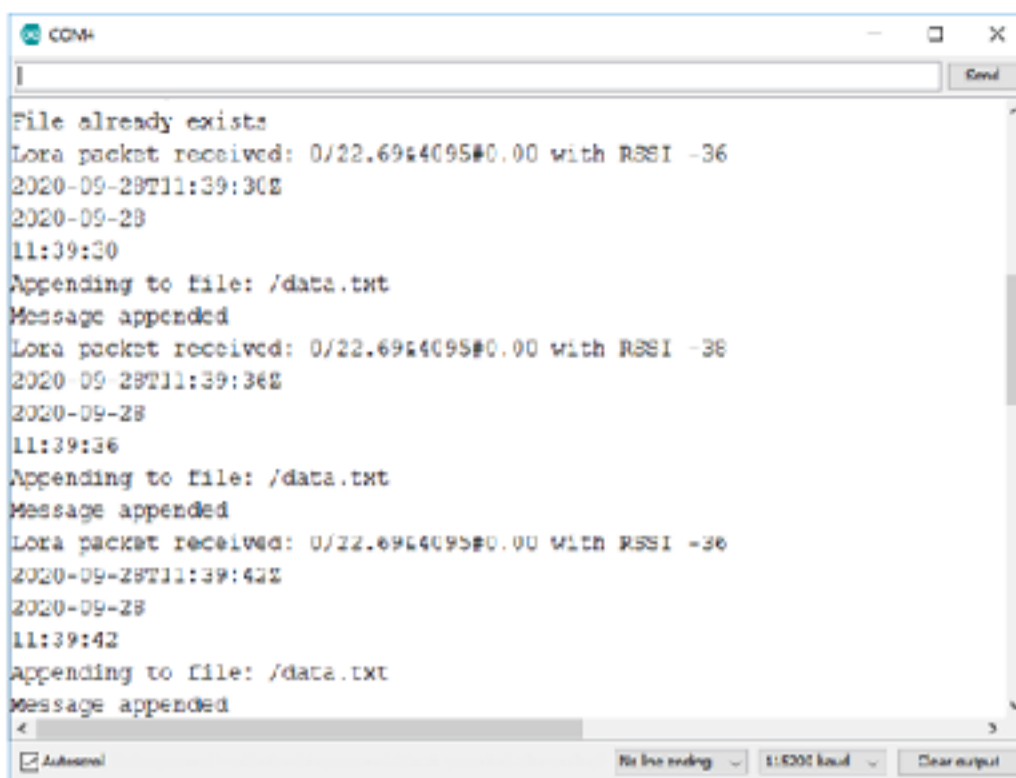


Рис. 3.15. Нові повідомлення у моніторі порту

29) Найостанніші дані можна дізнатися, отримавши доступ до веб-сервера. Вписуємо в адресний рядок браузера IP-адресу ESP32 (який раніше скопіювали з монітора порту) і натискаємо на **Enter**. У браузері з'явиться нова сторінка, на якій будуть останні дані про температуру, вологість ґрунту, рівень заряду батареї, потужності сигналу і часу, коли вони були прочитані (рис. 3.16).

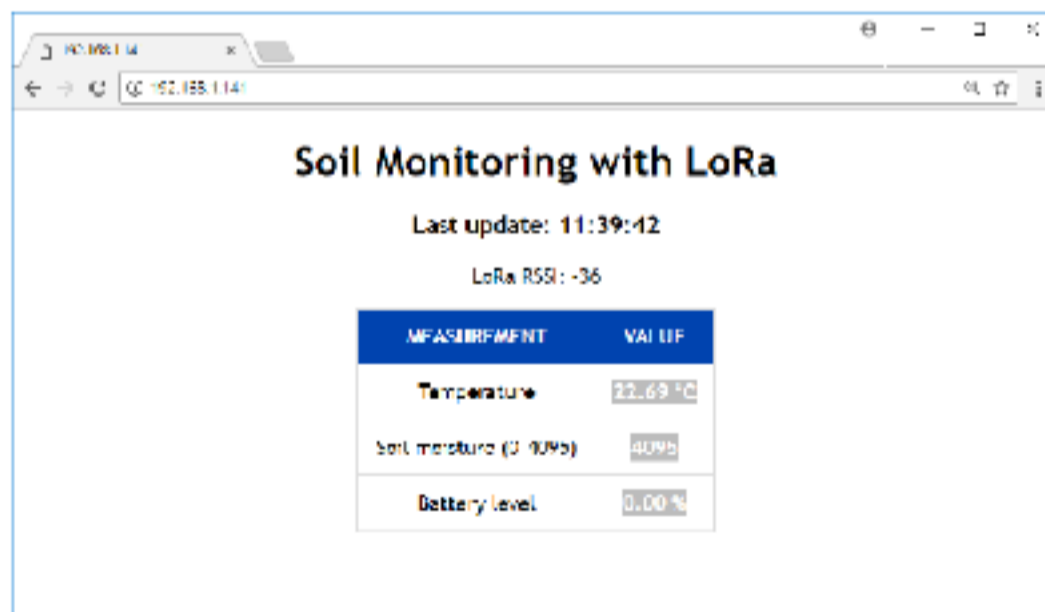


Рис. 3.16. Сторінка веб-сервера з даними

Як виглядає ланцюг LoRa-передавача всередині корпусу наведено на рис. 3.16.

Для закріплення контактної макетної плати на дні корпусу можна скористатися термоклеєм. Сонячні панелі кріпляться зовні на верхній частині корпусу.

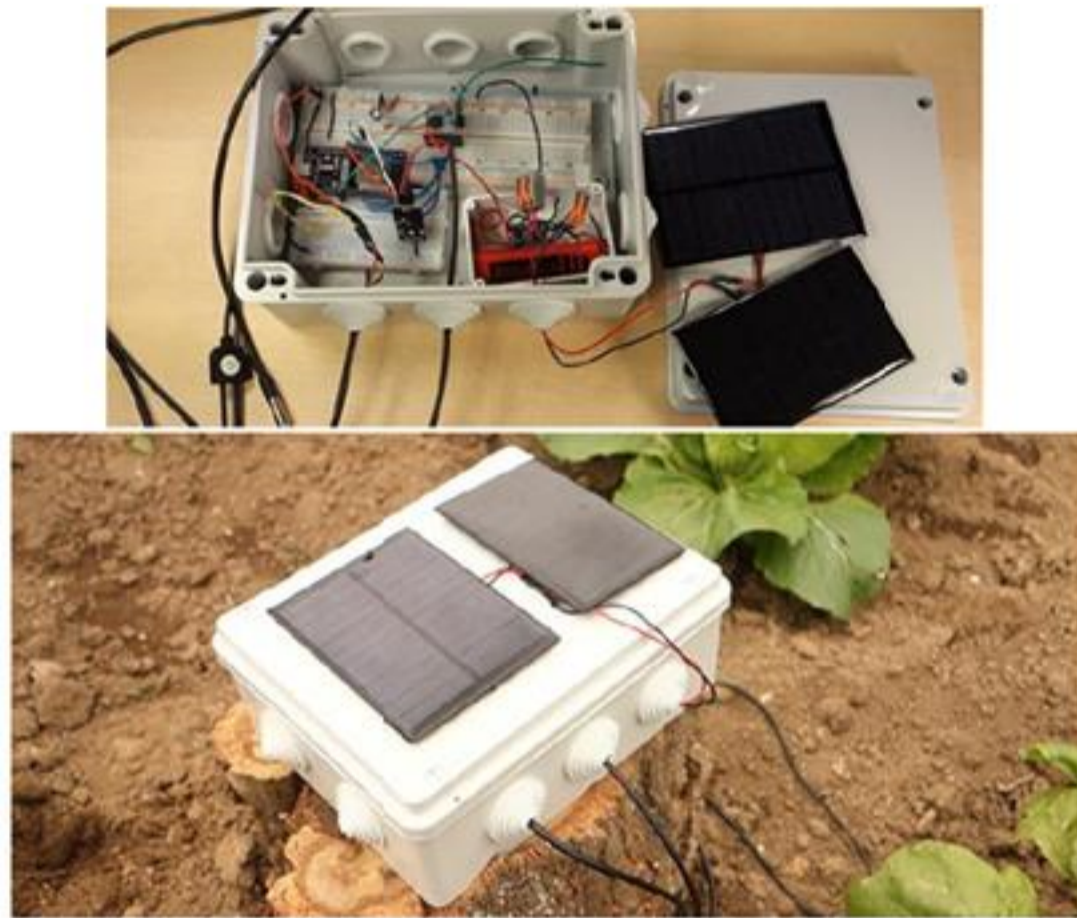


Рис. 3.17. LoRa-передавач всередині корпусу та на місці розташування

Оскільки LoRa-приймач буде знаходитися всередині, тому йому корпус не потрібен (рис. 3.18).

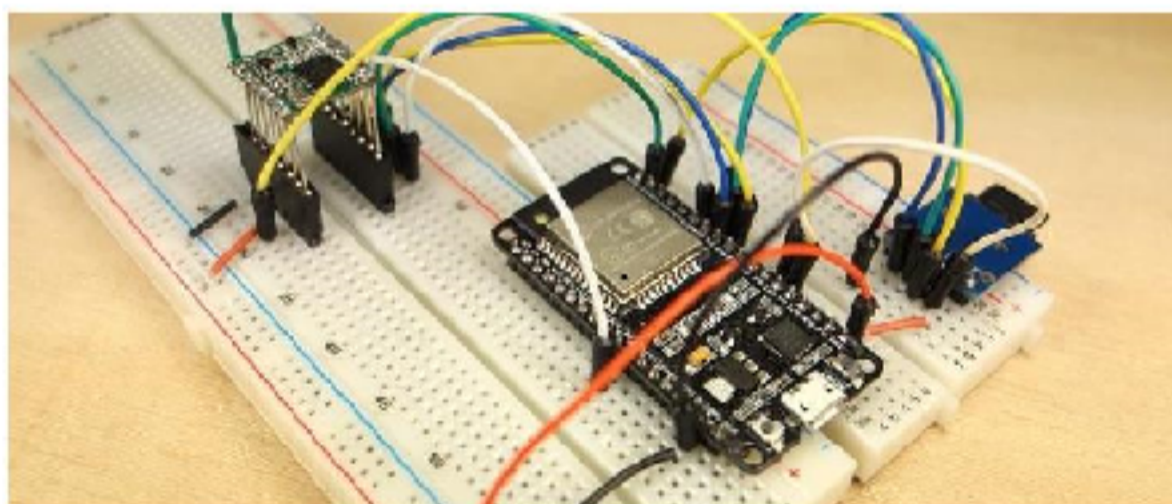


Рис. 3.18. LoRa-приймач

В нашому випадку LoRa-передавач розміщений на полі, приблизно в 130 метрах від LoRa-приймача, і після його включення ми почали стабільно отримувати від нього повідомлення.

На цій відстані ми отримували повідомлення з RSSI приблизно -110 (див. рис. 3.19).



Рис. 3.19. Індикатор потужності RSSI

Під час тестів на цій відстані приймач отримав всі відправлені йому LoRa-повідомлення.

Щодо енергоспоживання, система споживання енергії з сонячних панелей і літєвих батарей здатна жити електроенергією ланцюг LoRa-передавача навіть в хмарні і дощові дні.

Було проведено кілька тестів і виявлено, що LoRa-передавач може працювати без світла навіть більше 48 годин. В результаті літєва батарея майже розрядилася, але для того, щоб зарядити її до максимуму, знадобилося всього близько 2 годин на яскравому сонці.

За необхідності є можливість паралельно підключити до проекту ще більше сонячних панелей, в результаті чого швидкість зарядки літєвої батареї ще більше прискориться, або можна встановити літєву батарею більш високої ємності

Оскільки наш проект дозволяє зчитувати дані про заряді батареї, ми можемо спостерігати за тим, як цей показник змінюється протягом дня (рис. 3.20).



Рис. 3.20. Графік зміни заряду батареї

Вночі батарея розряджається приблизно до 92%. О сьомій ранку, під час сходу, батарея починає заряджатися. До 13 годин вона заряджається належним чином і так тримається аж до 19:00. Після цього знову починається розрядка. Під час тестових днів рівень заряду батареї ніколи не опускався нижче 92%. У ті дні була хмарна погода зі слабкими зливами.

Тестуємо веб-сервер. Отже, коли нам потрібно буде подивитися останні дані від датчиків, відкриваємо веб-браузер і вводимо в ньому IP-адресу ESP32. В результаті повинен відкритися веб-сервер на базі ESP32.

Як видно з рис. 3.21, LoRa-передавач успішно прочитав всі дані - вологість ґрунту, температуру і заряд батареї - і передав їх LoRa-приймачу, який до того ж прочитав потужність сигналу і показав всі ці дані на веб-сторінці.

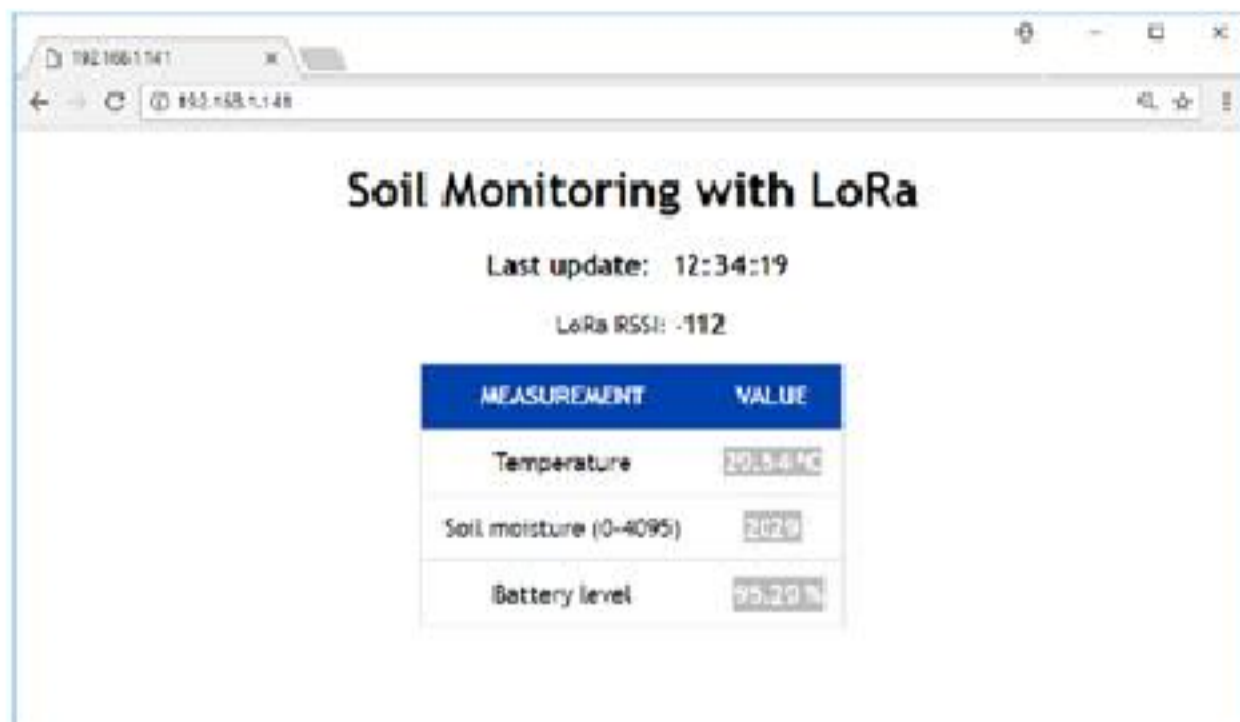


Рис. 3.21. Веб-сервер

Заряд батареї. До ланцюга LoRa-передавача також підключено ланцюг для стеження за напругою батареї. Але дані на аналогових контактах ESP32 поведуться нелінійно (рис. 3.22).

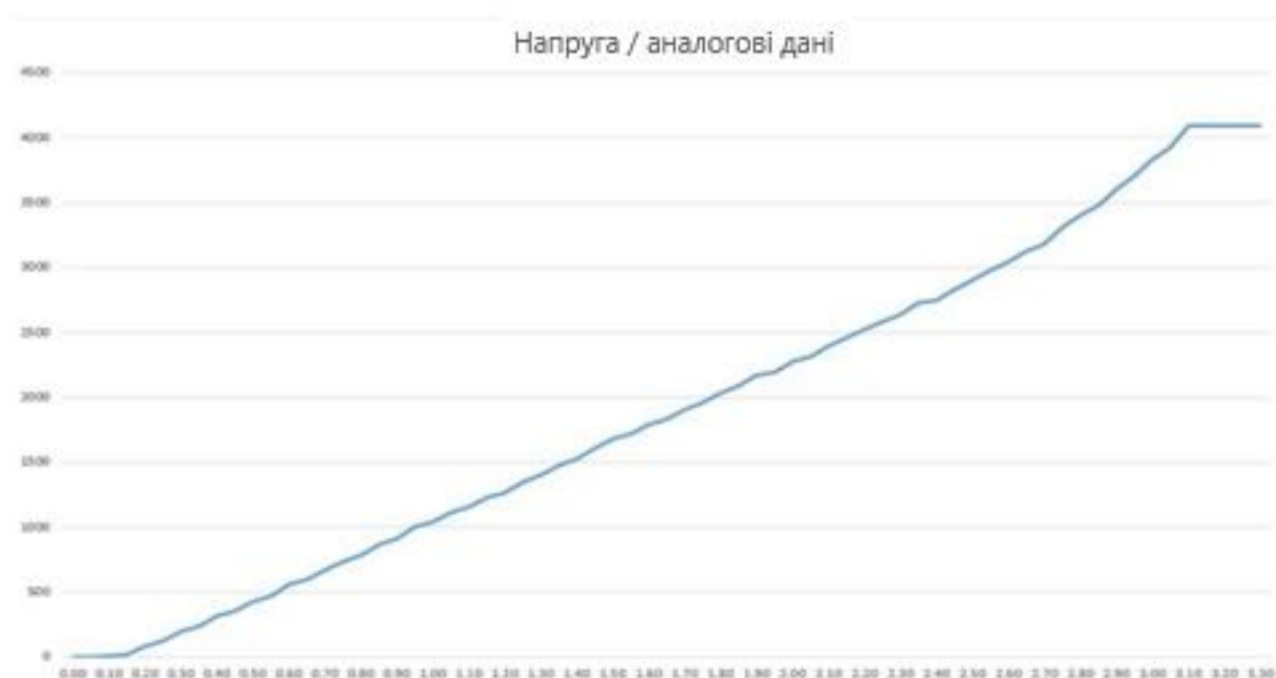


Рис. 3.22. Графік стеження за напругою батареї

Це означає, що ESP32 не розумітиме різницю між 3.2 і 3.3 вольтами. Якщо заряд батареї впаде нижче 75%, ESP32 перестане працювати.

Вологість ґрунту. Значення вологості ґрунту будуть варіюватися між «0» і «4095», де «0» - це максимальна вологість, а «4095» - це максимальна сухість. Щоб цей показник було простіше сприймати, вихідні значення можна перетворити в відсотки.

Доступ до даних на карті MicroSD. Після того, як система пропрацює кілька днів, можна зібрати дані, накопичені на карті MicroSD. Вставляємо її в

комп'ютер - на ній повинен бути файл «data.txt». Вміст цього файлу можна скопіювати, наприклад, в Google Таблиці, а потім відокремити ці дані один від одного за допомогою ком.

Всі ці дані можна використовувати для створення графіків. Нижче - дані про температуру за експериментальний період (рис. 3.23).

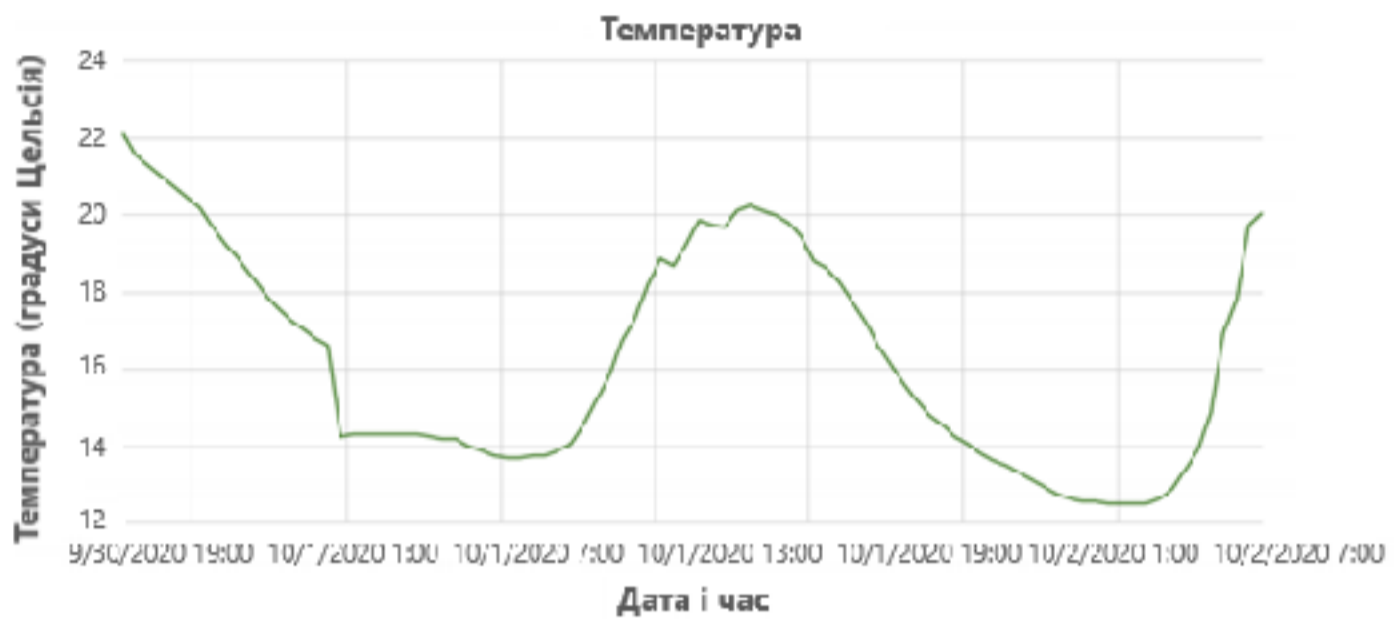


Рис. 3.23. Графік температури

Результати вологості ґрунту наведено на рис. 3.24.



Рис. 3.24. Графік вологості ґрунту

Висновки до розділу 3

У третьому розділі надається докладний аналіз виробничо-економічної діяльності ТОВ «Alfa SMART Agro» в розрізі застосування передових технологій Інтернету Речей при розробці засобів захисту рослин.

Вказано, що підприємство приймає участь у проектах із залученням технологій Інтернету Речей, таких як SmartField та використовує існуючі платформні рішення IoT (FieldClimate). За технологіями Інтернету Речей працює міні-лінія контролю виробництва Білоцерківського заводу “Alfa SMART Agro” - MultiControl». Завдяки використанню інтернету речей розроблено новітню технологію «Smart CompleX», що не має світових аналогів.

Особливу увагу приділено системам мікроклімату науково-виробничих лабораторій підприємства. В практичній частині реалізовано проект моніторингу датчика вимірювання і контролю температури та вологості ґрунту за допомогою LoRa-передавача та LoRa-приймача на основі IDE Arduino.

ВИСНОВКИ

Робота присвячена актуальному питанню вивчення аналізу та обґрунтуванню прикладного впровадження Інтернету Речей в світовому агросекторі з виробленням практичних рекомендацій для уряду та представників аграрного бізнесу України, спираючись на досвід передових країн, таких як США, Канада, країни Європи, а також Китаю, де впроваджені технології за участю Інтернету Речей стали незамінною основою агровиробництва.

Результати, що надані у процесі проведення дослідження підтверджують досягнення поставленої мети та цілі – можливості перетворення агросектору України в один з найперспективніших у світовому масштабі .

Це дає можливість сформулювати наступні висновки та рекомендації:

Аналіз теоретичних та правових основ дає чітке визначення Інтернету Речей як концепції комунікації об'єктів («речей»), що взаємодіють між собою та навколишнім середовищем за допомогою певних технологій, де передбачається виконання дій пристроями з мінімальним впливом, а то і взагалі без втручання людини. Надано аналіз категорії Промислового Інтернету Речей як одного з основних напрямків IoT.

Зазначено, що поряд з перевагами використання Інтернету Речей в агросекторі можуть виникати проблеми, пов'язані з кібератаками, викраденням або неправомірною підміною інформації, що загрожує кінцевій достовірності результатів врожайності, а це пряме втручання в розрахунок прибутку виробництва, його ефективності та рентабельності. Тож необхідно, одночасно з впровадження Інтернету Речей враховувати необхідність застосування заходів безпеки. Це питання має бути вирішено на світовому рівні, світові та європейські напрацювання підводять до єдиної думки - необхідність напрацювання певних правил світового співтовариства для інформаційного захисту при впровадженні технологій IoT в усіх сферах, в тому числі і в аграрній.

Надано особливості розвитку впровадження Інтернету Речей від цифровізації та автоматизації простих сільськогосподарських процесів до складних платформних рішень із застосуванням великих масивів даних (BigData) та їх обробки за допомогою алгоритмів штучного інтелекту для можливості прогнозування результатів агровиробництва. Створення екосистем, пов'язаних IoT, що базуються на впровадженні математичних розробках наскрізних моделей, надають упевненості у виконанні світовим агросектором основної стратегічної задачі – підвищення продуктивності виробництва, та за прогнозами ведучих консалтингових агенств - вирішенням продовольчої кризи.

Наведено кращі зарубіжні практики використання в агрогосподарствах IoT в основних новітніх технологіях: «точковому землеробстві», штучному поливі, моніторингу поголів'я в тваринницьких комплексах (або птахофермах). На світових практиках розкрито питання щодо подальшого розвитку технологій IoT в питанні вирішення проблем аграрного сектору (систем агромоніторингу, виробництві розумної агротехніки).

При дослідженні рівня впровадження IoT в Україні виконано аналіз стану агросектору України в основних економічних категоріях та порівняльний аналіз розвитку агросектору України та країн Європи. Ці дані можуть лягти в основу надання рекомендацій щодо застосуванню технологій Інтернету Речей в агросекторі України. Також важливим питанням, яке треба враховувати при наданні рекомендацій є питання щодо бар'єрів впровадження IoT в агросекторі України.

Наведено практики українських наукових і практичних розробок в сфері IoT. Приклад агрохолдингу Alfa AgroSmart, на базі якого проводилися дослідження, доводить перспективність та ефективність впровадження технологій IoT в агросекторі.

На підставі проведених досліджень та отриманих висновків можна надати рекомендації щодо необхідності впровадження технологій IoT в українському агросекторі. Це, по-перше, приведення до необхідного стану законодавчої бази України для підтримки малого та середнього агробізнесу в розрізі надання

доступного кредитування, приведення в дію державних програм підтримки малого та середнього агробізнесу. По-друге, це подолання технічних перешкод на шляху впровадження Інтернету Речей, таких як невисоке покритті інтернетом сільськогосподарських областей, питання щодо відповідності впровадження західних платформних та інших рішень в області IoT. По-третє, підтримка вітчизняних розробників технологій IoT (стартапів), пов'язаних із застосуванням в галузях агровиробничих комплексів, та надання державної підтримки в галузях, суміжних з агровиробництвом, що також використовують у своїх практиках технології IoT (біотехнології, технології створення засобів захисту рослин, технічні комплекси агромоніторингу тощо).

Тільки за умови поєднання зусиль законодавчих і виконавчих органів та технічних і наукових досягнень з урахуванням досвіду світових лідерів у Україні є шанс перетворення на одну з лідируючих країн світового агросектору.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інтернет Речей [Електронний ресурс] / Howling Pixel // . - Режим доступу: https://howlingpixel.com/i-uk/Інтернет_речей
2. Освітній портал "The Future" [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://thefuture.news/iot/>
3. Промисловий Інтернет Речей [Електронний ресурс] / Цифрова трансформація бізнесу // . - Режим доступу: <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/promyshlennyj-internet-veschej>
4. Інтернет речей і право: погляд у майбутнє [Електронний ресурс] / Юридичні новини України // - Режим доступу: <https://lexinform.com.ua/dumka-eksperta/internet-rechej-i-pravo-poglyad-u-majbutnye/>
5. Інтернет вещей в сельском хозяйстве [Електронний ресурс] / Інтернет-журнал «Фермер» // . – Режим доступу: http://vfermer.ru/rubrics/nauka/nauka_654.html
6. Що таке IoT-платформа чи Інтернет речей для аграрія [Електронний ресурс] / Інтернет-журнал Агроеліта // . – Режим доступу: <https://agroelita.info/2020/03/shho-take-iot-platforma-chy-internet-rechej-dlya-agrariya/>
7. Про схвалення Стратегії розвитку інформаційного суспільства в Україні [Електронний ресурс] : Кабінет міністрів України, розпорядження від 15 травня 2013 р. № 386-р Київ - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/386-2013-%D1%80#Text>
8. Про Стратегію сталого розвитку "Україна - 2020" [Електронний ресурс] : Указ Президента України від 12 січня 2015 року № 5/2015 – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5/2015#Text>
9. Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації [Електронний ресурс] : Кабінет Міністрів України, розпорядження від 17

- січня 2018 р. № 67-р Київ – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-%D1%80#Text>
10. Про Національну програму інформатизації [Електронний ресурс] : Закон України Про Національну програму інформатизації (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1998, № 27-28, ст.181) – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/98-%D0%B2%D1%80#Text>
11. Про Основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки [Електронний ресурс] : Закон України Про Основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2007, № 12, ст.102) – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/537-16#Text>
12. Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах [Електронний ресурс] : Закон України Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1994, № 31, ст.286) – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/80/94-%D0%B2%D1%80#Text>
13. Про державну підтримку розвитку індустрії програмної продукції [Електронний ресурс] : Закон України Про державну підтримку розвитку індустрії програмної продукції (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2013, № 47, ст.656) – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5450-17#Text>
14. Цифрова стратегія України 2020: успішна інтеграція країни у глобальний ринок [Електронний ресурс] / Бізнес-портал Checkpoint Business Media // - Режим доступу: <https://ckp.in.ua/events/16407>
15. Н. Б. Демчишак. Розвиток експорту цифрових технологій в умовах формування єдиного цифрового простору європейського союзу [Електронний ресурс] / Н. Б. Демчишак, Г. Ю. Дубик, В. М. Гриб // Економіка та держава. Економічна наука - 2020. – Вип. 6 – С. 73-79. - Режим доступу: http://www.economy.in.ua/pdf/6_2020/13.pdf

16. Проект цифровой адженды Украины - 2020" [Электронный ресурс] / Единый веб-портал органов исполнительной власти Украины // - Режим доступа: <https://www.kmu.gov.ua/news/249575382>
17. Стратегия сталого розвитку «Україна-2020»: цілі, напрями, пріоритети [Электронный ресурс] / Интернет-портал lawyersunion.org.ua //. - Режим доступа: <https://lawyersunion.org.ua/strategiya-stalogo-rozvytku-ukrayina-2020-tsili-napryamy-priorityty/>
18. Интернет вещей в сельском хозяйстве (Agriculture IoT / AIoT): мировой опыт, кейсы применения и экономический эффект от внедрения [Электронный ресурс] / Интернет-портал CRN.ru //. - Режим доступа: <https://www.crn.ru/news/detail.php?ID=119899>
19. Анализ рынка облачных IoT-платформ и приложений для цифрового сельского хозяйства в мире [Электронный ресурс] / Интернет-портал Json.tv //. - Режим доступа: https://json.tv/ict_telecom_analytics_view/analiz-rynka-oblachnyh-iot-platform-i-prilojeniy-dlya-tsifrovogo-selskogo-hozyaystva-v-mire-i-perspektiv-v-rossii-20180925034341
20. Интернет вещей в сельском хозяйстве (Agriculture IoT / AIoT): мировой опыт, кейсы применения и экономический эффект от внедрения [Электронный ресурс] / Интернет-портал json.tv //. - Режим доступа: https://json.tv/ict_telecom_analytics_view/internet-veschey-v-selskom-hozyaystve-agriculture-iot-aiot-mirovoy-opyt-keysy-primeneniya-i-ekonomicheskii-effekt-ot-vnedreniya-v-rf-20170621045316
21. INTERNET OF THINGS [Электронный ресурс] / Интернет-портал everest.ua //. - Режим доступа: <https://www.everest.ua/ru/internet-of-things-vse-chto-nuzhno-znat-ob-ynternete-veshhej-y-o-budushhem-sovremennoj-czyvylyzaczyu/>
22. IoT и IIoT: созвучные названия, разные экосистемы [Электронный ресурс] / Интернет-портал iot.ru //. - Режим доступа: <https://iot.ru/promyshlennost/iot-i-iiot-sozvuchnye-nazvaniya-raznye-ekosistemy>
23. Smart farming [Электронный ресурс] / Интернет-портал hightech.fm //. - Режим доступа: <https://hightech.fm/2019/05/08/smart-farming>

- 24.Що таке Інтернет Речей [Електронний ресурс] / Інтернет-портал futurenow.com.ua // . - Режим доступу: <https://futurenow.com.ua/shho-take-internet-rechej-vse-shho-potribno-znaty-pryamo-zaraz/>
- 25.Як працює інтернет речей в Україні: технології та проекти операторів [Електронний ресурс] / Інтернет-портал gagadget.com // . - Режим доступу: <https://gagadget.com/uk/60758-iaak-pratsiuie-internet-rechei-v-ukrayini-tekhnologiyi-ta-proekti-operatoriv/>
- 26.Майбутнє інтернету речей – звіт Business Insider Intelligence [Електронний ресурс] / Інтернет-портал uaspectr.com // . - Режим доступу: <https://uaspectr.com/2020/08/04/majbutnye-internetu-rechej/>
- 27.Ф. Аронович. Інтернет речей: нове поле для правового регулювання [Електронний ресурс] / Ф. Аронович // Юридична газета – 2019. - №45-46 – С. 699-700. - Режим доступу: <https://yur-gazeta.com/publications/practice/informaciyne-pravo-telekomunikaciyi/internet-rechej-nove-pole-dlya-pravovogo-regulyuvannya.html>
- 28.Затвердження плану впровадження в Україні 5G зв'язку [Електронний ресурс] / Інтернет-портал ukrinform.ua // . - Режим доступу: <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/3134169-kabmin-zatverdiv-plan-vprovadzenna-v-ukraini-5g-zvazku.html>
- 29.Інструменти для розумного фермерства [Електронний ресурс] / Інтернет-портал agro-business.com.ua // . - Режим доступу: <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1259-instrumenty-dlia-rozumnoho-fermerstva.html>
- 30.Дежина И. Г, Пономарев А., Лаконцев Д. Перспективные рынки и технологии Интернета вещей: публічний аналітичний звіт [Електронний ресурс] / И. Г Дежина, А Пономарев, Д Лаконцев та ін.; під загал. ред. И. Г Дежина. Москва: ООО «Лайм», 2019. – 272 с. – Режим доступу: <https://publications.hse.ru/en/books/323662569>
- 31.Андрій Іванов. Сільське господарство «по-розумному» [Електронний ресурс] / Ф. Аронович, Віталій Мойсєєв // Control Engineering – 2017. - №II –

- С. 35-40. - Режим доступу: <https://www.controlengrussia.com/otraslevye-resheniya/sel-skoe-hozyajstvo/umnoe-sel-skoe-hozyajstvo/>
- 32.«Польовий» Інтернет речей [Електронний ресурс] / Інтернет-портал habr.com // . - Режим доступу: <https://habr.com/ru/company/unet/blog/406879/>
- 33.ІТ в агропромисленому комплексі в світі [Електронний ресурс] / Інтернет-портал tadviser.ru // . - Режим доступу: <https://www.tadviser.ru/index.php/%5>
- 34.Агророботи [Електронний ресурс] / Інтернет-портал pcnews.ru // . - Режим доступу: [https://pcnews.ru/blogs/\[iz_pesocnicy\]_agroroboty_nastupaut-944968.html](https://pcnews.ru/blogs/[iz_pesocnicy]_agroroboty_nastupaut-944968.html)
- 35.Інтернет речей для сільського господарства США розвивають Senet і Paige Ag [Електронний ресурс] / Національна асоціація М2М // . - Режим доступу: http://m2ma.ru/press_centr/novosti/internet_vewej_dlya_selskogo_hozyajstva_ssh_a_razvivayut_senet_i_paige_ag/
- 36.Агробізнес потребує трансформації [Електронний ресурс] / Агроінвестор // . - Режим доступу: <https://www.agroinvestor.ru/column/viktoriya-globa/33426-agrobiznes-trebuuet-transformatsii/>
- 37.Соціально-економічний розвиток України за січень–квітень 2019 року [Електронний ресурс] / Державна служба статистики // . - Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/infografika/2019/soes/soes_04_2019.pdf
- 38.За продуктивністю агросектора Україна відстає від розвинених країн [Електронний ресурс] / Інтернет-портал ukrinform.ua // . - Режим доступу: <https://www.ukrinform.ru/rubric-economy/2688161-po-proizvoditelnosti-agrosektora-ukraina-otstaet-ot-razvityh-stran-danilisin.html>
- 39.АПК за 29 років [Електронний ресурс] / Інтернет-портал zn.ua // . - Режим доступу: <https://zn.ua/ukraina-1991-2020/ukraina-aharnaja-tsifry-kak-proizvodnaja-politiki.html> Україна аграрная: цифры как производная политики
- 40.О. С. Кільницька. Оцінка взаємовпливу продуктивності та оплати праці в сільськогосподарських підприємствах України [Електронний ресурс] /

- Кільницька О. С., Верлюк М. М. // Ефективна економіка. №10. – 2019 -
 Режим доступу: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/10_2019/70.pdf
41. Економіка України [Електронний ресурс] / Інтернет-портал аргумент // . -
 Режим доступу: <http://argumentua.com/stati/ekonomika-ukrainy-proverka-realnostyu>
42. О.М. Івахненко. Продуктивність праці в аграрному секторі економіки [Електронний ресурс] / Івахненко О.М. // Вісник СумДУ. Економіка. № 4. – С. 43 – 51. — 2019 Режим доступу: <https://visnyk.fem.sumdu.edu.ua/media/attachments/2020/03/04/6-43-51.pdf>
43. Людина від землі. Правила виживання українського фермера [Електронний ресурс] / Інтернет-портал аргумент // . - Режим доступу: <http://argumentua.com/stati/strashno-i-besperspektivno-smotret-v-budushchee-potomu-chto-ego-net-ispoved-fermera>
44. Сельское хозяйство Европы и Украины: наблюдения и выводы [Електронний ресурс] / Інтернет-портал petrimazera.com // . - Режим доступу: https://petrimazera.com/selskoe_khozyaystvo_evropy_i_ukrainy_nablyudeniya_i_vyvody
45. Зменшення кількості агрохолдингів в Україні та їх земельний банк [Електронний ресурс] / Інтернет-портал ukrrudprom.com // . - Режим доступу: http://ukrrudprom.com/news/V_Ukraine_po_itogam_2018_goda_sokratilos_chislo_krupnih_agrohold.html
46. Новый Закон о рынке земли: какие изменения он несет [Електронний ресурс] / Інтернет-портал ліга закон // . - Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/EA013723.html
47. Програма «доступні кредити» [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Міністерства розвитку економіки, торгівлі та с/г господарства України// . - Режим доступу: <https://www.me.gov.ua/News/Detail?id=93e2d1bd-fcd2-454bad61-55251e5fe784>
48. Нова програма агрокредитування зі зниженою ставкою [Електронний ресурс] / Інтернет-портал smebanking.news/ // . - Режим доступу:

- <https://smebanking.news/ru/24789-alfa-smart-agro-otp-bank-ukraina-i-prokredit-bank-zapustili-programmu-agrokreditovaniya-ot-001/>
49. Інноваційні розробки університетів і наукових установ МОН України. Т2. [Електронний ресурс] / Колектив авторів; під загал. ред. М. Стріхи та М. Ільченка. Київ: ТОВ «Мірал», 2018 – 288 с. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/news/%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B8/2019/01/28/innovations2018-vse.pdf>
50. Будівництво нових тваринницьких комплексів [Електронний ресурс] / Інтернет-портал unn.com.ua // . - Режим доступу: <https://www.unn.com.ua/uk/news/1737319-schonaumenshe-shist-ukrayinskikh-kompaniy-zayavili-pro-budivnitstvo-novikh-tvarinnitskikh-kompleksiv>
51. Виїзна екскурсія студентів до компанії «Миронівський хлібопродукт» [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Національного університету біоресурсів і природокористування України // . - Режим доступу: <http://nubip.edu.ua/node/61803>
52. Чем живет рынок СЗР Украины: в гостях у ALFA Smart Agro [Електронний ресурс] / Інтернет-портал latifundist.com // . - Режим доступу: <https://latifundist.com/reportazhy/109-chem-zhivet-rynok-szr-ukrainy-v-gostyah-u-alfa-smart-agro>
53. Інтернет-портал «Аграрний тиждень.україна». URL: <https://a7d.com.ua/agropoltika/39327-oleksandr-lapa-ne-rizikuYTE-groshima-vrozhayem.html>
54. Alfa Smart Agro [Електронний ресурс] / Інтернет-портал latifundist.com // . - Режим доступу: <https://latifundist.com/kompanii/772-alfa-smart-agro>
55. Офіційний сайт компанії «Alfa Smart Agro» [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://alfasmartagro.com/about/>
56. Відкриття нового заводу Alfa Smart Agro [Електронний ресурс] / Інтернет-портал УНІАН // . - Режим доступу: <https://www.unian.ua/economics/agro/1568462-u-biliy-tserkvi-vidkrito-noviy-zavod-kompaniji-alfa-smart-agro.html>

- 57.Премія Crop Science Awards [Електронний ресурс] / Інтернет-портал superagronom.com // - Режим доступу: <https://superagronom.com/news/8293-alfa-smart-agro-stala-finalistom-prestijnoyi-mijnarodnoyi-premiyi-u-sferi-zahistu-roslin>
- 58.Технологія «Smart CompleX» [Електронний ресурс] / Інтернет-портал propozitsiya.com // - Режим доступу: <https://propozitsiya.com/ua/kompaniya-alfa-smart-agro-prezentovala-unikalnu-tehnologiyu-virobnictva>
- 59.Smart Field [Електронний ресурс] / Інтернет-портал latifundist.com // - Режим доступу: <https://latifundist.com/spetsproekt/345-smart-field-2-kak-tehnologii-delayut-pogodu-na-pole>
- 60.Інформаційний портал Nomis [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://nomis.com.ua/37250244-tovarystvo-z-obmezhenoiu-vidpovidalnistiu-alfa-smart-ahro>
- 61.Формула еволюції засновника компанії ALFA Smart Agro Бориса Тодорова [Електронний ресурс] / Інтернет-портал landlord.ua // - Режим доступу: <https://landlord.ua/news/formula-evolucii/>
- 62.Цифрова платформа «Taranis» [Електронний ресурс] / Інтернет-портал superagronom.com // - Режим доступу: <https://superagronom.com/news/3784-u-smartfarming-rozrobili-kiber-neyronnu-mereju-scho-za-znimkami-viznachaye-shkodochinni-organizmi>
- 63.АГГРО 2020 [Електронний ресурс] / Інтернет-портал superagronom.com // - Режим доступу: <https://superagronom.com/news/11226-na-agro-202-kompaniya-it-kit-prezentovala-agrodron-vitchiznyanogo-virobnitstva>
- 64.Аграрний бізнес у цифрову епоху — українські реалії [Електронний ресурс] / Інтернет-портал nachasi.com // - Режим доступу: <https://nachasi.com/2018/10/02/it-zemlerobstvo/>

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А. Прикладне застосування Інтернету Речей в технологіях світового агрогосподарства

Серед найбільш активних країн, що змінюють саму суть ведення сільського господарства, - США, Канада, Ізраїль, Індія і Китай. [20]

США демонструє стабільне зростання ринку агротехніки, країна являється лідером з імпорту тракторної техніки. Індустріальний характер сільського господарства США і поєднання автоматизації із швидким впровадженням в практику новітніх високотехнологічних досягнень забезпечує лідерство країни по ефективності сільського господарства та обсягом ринку АІоТ.

Розвиток систем точкового землеробства за Agro ІоТ в США просувається великими фермерськими господарствами з мінімальною участю держави.

Середній рівень проникнення технологій точкового землеробства в США агенція USDA оцінює в 30-50%, при цьому в великих господарствах рівень використання технологій в два рази вище, ніж у невеликих. Проникнення технологій точкового землеробства в активних землеробських районах США становить 60-80%. Найбільш розповсюджені системи мають у своєму арсеналі: комп'ютер з високошвидкісним доступом в інтернет, аналіз ґрунтових проб (98%); карти врожайності, монітори врожайності, навігаційні GPS-системи (~80%); технології диференційованого внесення і розпорядчі карти (prescriptionmaps) застосовують більш, ніж 60% респондентів; супутникові знімки і аналіз вегетативного індексу рослин застосовують не більше 30% фермерів, хоча нові розробки в використанні безпілотних літальних апаратів (дронів) можуть підвищити інтерес до використання зображень для аналізу даних і прийняття управлінських рішень.

Що стосується технологій збору і обробки даних - використання даних і програмного забезпечення для складання карт врожайності є найбільш поширеною практикою (80%), за якою значиться розробка планів чи приписів для застосування VR-технології для внесення поживних речовин і добрив, а також для посіву та посадки (50-60%).

Найбільш розвиненим регіоном з точки зору оснащеності сільського господарства сучасною технікою є Німеччина: кількість тракторів на одиницю площі найбільша у світі. Це пояснюється тим, що на рівні національної самосвідомості країни, Німеччина ставить собі за мету глобальне промислове лідерство (серед світових промислових лідерів чимало німецьких брендів: Bosh, Siemens, BMW, Daimler, Volkswagen); Німеччина є «автором» терміна «Індустрія 4.0» (так називається одна з підпрограм державної Hi-Tech стратегії Німеччини) і є ініціатором процесів, пов'язаних з цифровізацією економіки, в тому числі і агропромисловості як однієї з її галузей.

Зазначимо, що у США і Німеччині високий рівень проникнення інтернету в сільській місцевості - на рівні 70-80%.

У той же час, не дивлячись на те, що в Європі 70-80% сільгосптехніки продається з вбудованими розумними і навігаційними системами, кількість «підключеної» техніки знаходиться на рівні 25% -30%. Основними бар'єрами європейського ринку є менша частка великих фермерських господарств в порівнянні з США (наявність великої кількості «сімейних» багатовікових спадкоємних бізнесів), для яких покупка техніки з підключеною електронікою є дорогою, а також той факт, що більшість агрогосподарств уже мають у використанні агротехніку, що перешкоджає її заміні на більш інноваційну, що коштує дорожче.

В азіатському регіоні найбільш швидкими темпами розвивається Китай. За темпами механізації сільського господарства ринок агротехніки зростає в середньому на 13,3% протягом останніх 5 років.

Щорічно в світі продається близько 2,1 млн нових тракторів. Близько 50% всіх тракторів продається в Китаї і Індії.

Китай практично повністю забезпечує себе технікою, її обсяг, що ввозиться в грошовому вираженні у 8 разів менший за обсяг експорту, при тому, що ще у 2004 році Китай мав однаковий обсяг експорту та імпорту тракторів.

Як країна, що швидко розвивається з найменш механізованим сільським господарством, Індія демонструє найбільший попит на цю продукцію і стрімко нарощує рівень механізації сільського господарства. В період 2002-2014 рр. продажі нових тракторів виросли більш ніж в 3 рази. Крім того, за оцінкою J'son & Partners Consulting, Індія є однією з країн-лідерів у виробництві сільськогосподарської техніки. Основну роль в машинобудівній галузі грають 14 великих компаній, більшість з яких тісно співпрацюють з відомими західними партнерами. Індія займає активну позицію по локалізації найбільших світових виробничих підприємств. Це узгоджується з національною програмою Net Zero Export (Нульовий імпорт) - державна програма імпортозаміщення, по якій до 2020 року країна повинна навчитися все робити самостійно і забезпечити нульовий обсяг імпорту. Тому країна здатна швидко освоїти виробництво сучасної високотехнологічної техніки.

Високе проникнення технологій точкового землеробства в Канаді - 60-80% і більше за деякими ознаками по базовому типу. За даними опитування фермерів, загальне ставлення до точкового землеробства в Канаді в цілому позитивне:

- 84% опитаних фермерів використовують ту чи іншу технології «точкового землеробства»;
- 93% погодилися з тим, що «точкового землеробство» вигідно для використання;
- 75% планують збільшити використання технологій «точкового землеробства».

Канада стала країною номер один по виробленню на одного працівника (відношення: обсяг с/г продукції / кількість зайнятих в галузі) і обігнала за цим

показником традиційного беззмінного лідера - США в 2015 році. Лідерство обумовлено високим проникненням автоматизованих систем і hi-tech агропрактик, великою кількістю зайнятих робітників в агросекторі, сильною державною підтримкою галузі (наприклад, фермери мають безкоштовний доступ до різноманітних інтерактивних карт, зроблених на основі супутникової зйомки). [20]

Трохи докладніше про світовий ринок IoT для агрогосподарств. [33]

«Роботизація» агровиробництва особливо актуальна для великих фермерських господарств. Один з найбільших сегментів технологій IoT на агроринку займають БПЛА. Здійснюючи польоти над полями, безпілотники за допомогою камери і датчиків дозволяють фермерам в режимі реального часу бачити, як виглядає кожна рослина, як відбувається процес дозрівання сільськогосподарських культур і як змінюється колір ґрунту. «Агрогосподарські» безпілотники дозволяють створювати електронні карти полів в форматі 3D, розраховувати показник Normalized Difference Vegetation Index (нормалізований вегетаційний індекс) з метою ефективного удобрення культур, інвентаризувати проходження робіт і охороняти сільгоспугіддя (рис. А.1).

До прикладів застосування сільськогосподарських безпілотників відноситься:

1. Аналіз стану ґрунту. За допомогою камер і спеціально встановлених на БПЛА датчиків фермери аналізують стан ґрунту на різних учасниках і визначають, на яких з них найбільш доцільно проводити посадку насіння.
2. Посадка насіння. На ринку можна знайти ряд стартапів, які пропонують садити рослини за допомогою спеціальних дронів, що вистрілюють в ґрунт капсулами з насінням. Прикладом подібного стартапу є BioCarbon Engineering, який голосно заявив про себе навесні 2015 року, коли оголосив про свої плани садити в майбутньому до 1 млрд. дерев на рік.
3. Моніторинг стану врожаю. Для фермерів дуже важливо своєчасно виявити шкідників, від яких гинуть сільгоспугіддя, щоб оперативно

вжити необхідних заходів. Вже давно відомо, що перші ознаки погіршення стану рослин проявляються в зміні хлорофілу. Тому, встановивши на БПЛА інфрачервоні камери, фермери можуть своєчасно дізнатися про початок загибелі врожаю.

4. Обробка врожаю. Ще одна потенційна сфера застосування БПЛА в сільському господарстві - це рівномірні обприскування врожаю отрутохімікатами і спеціальними добривами. За допомогою безпілотників фермери зможуть проводити подібні роботи віддалено.
5. Прогноз врожайності. Зібрані в ході моніторингу дані можуть бути використані для побудови різних аналітичних звітів. В цьому випадку БПЛА буде застосовуватися як платформа для збору даних, в той час як основний фронт робіт ляже на спеціалізоване програмне забезпечення, що обробляє зібрану інформацію. Багато експертів навіть вважають, що майбутнє «сільськогосподарських» БПЛА саме за цією моделлю розвитку - самі апарати стануть «затребуваними», в той час, як основну цінність для ринку будуть представляти фахівці, здатні на основі результатів роботи програмного забезпечення приймати вірні рішення щодо подальшого розвитку сільгоспугідь.

Стартап AeroSeeder зі штату Айова в США розробив октокоптер AeroSeeder щоб допомогти фермерам засіювати величезні поля. Максимальна злітна маса безпілотника становить 25 кг. Він може взяти запас насіння різних агрокультур вагою до 18 кг.

Політ AeroSeeder здійснюється по заздалегідь запрограмованому маршруту зі швидкістю до 35 км / ч. Безпілотник автоматично коригує своє становище по GPS і різним датчикам. У програмному забезпеченні можна вказати витрати кількості насіння, що дозволяє рівномірно розподілити їх по всьому полю. За 8 годин роботи дрон може засіяти 40 га землі. Зазвичай у фермерів на це йде набагато більше часу. Крім того, безпілотник скорочує ризик пошкодження рослин і псування врожаю.

Цікавим є проект компанії з Великобританії, метою якого є автоматизувати всі процеси вирощування агрокультур. Так, ферма Hand Free Nectare дозволила аграріям спостерігати за ростом агрокультур не вмішуючись в сам процес. Автономні модифіковані трактори і дрони самі виростили на території 2,5 гектара 4,5 тони ячменю. За технологіями IoT були автоматизовані всі процеси - від посіву насіння до збору врожаю. Управління здійснювалося техперсоналом із диспетчерської. Дрони з вбудованими мультиспектральними датчиками проводили зйомку угідь. Невеликі сільськогосподарські машини брали зразки землі, оцінювали її і підбирали необхідні мінеральні добрива. Камери в режимі реального часу сповіщали про шкідників та бур'яни.

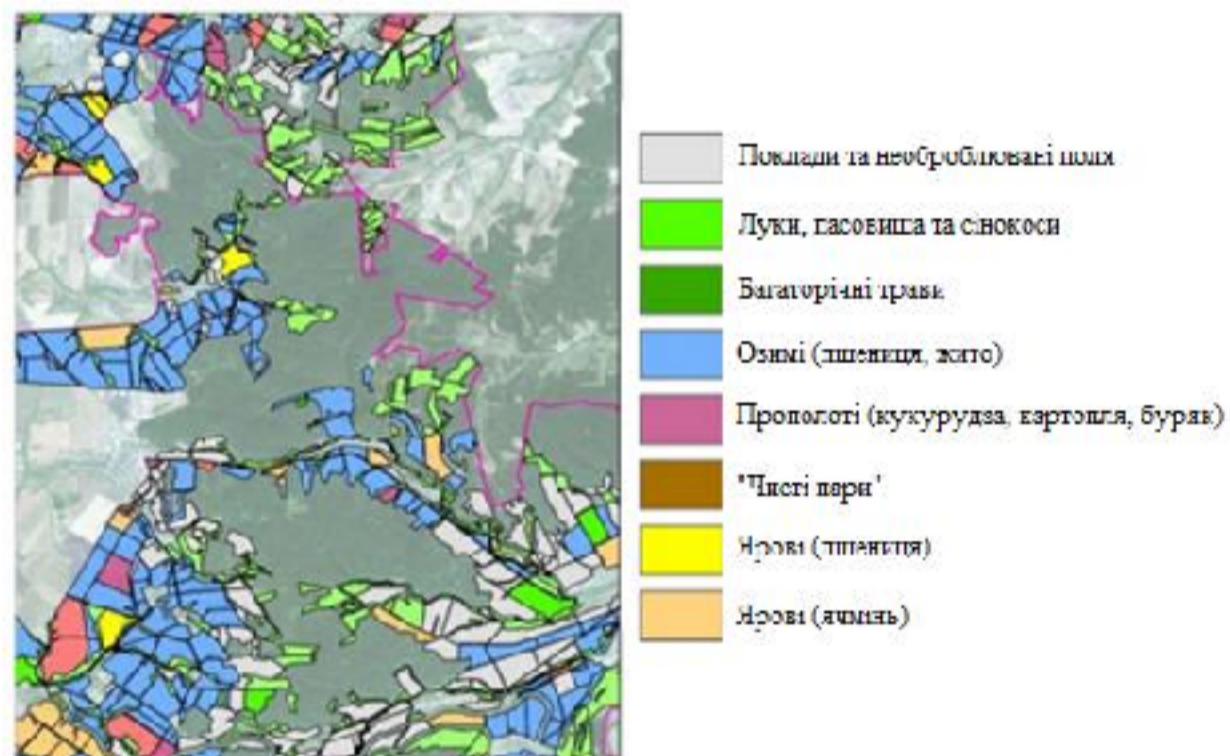


Рис. А.1. Векторні карти, полів створені за допомогою безпілотників.

На початку 2017 року ринок сільськогосподарських БПЛА знаходився на початковій стадії розвитку. Markets and Markets в 2016 році оцінював ринок сільськогосподарських БПЛА в 864, 4 млн. дол., але впевнено прогнозував щорічне зростання галузі на 30% до 2022 року (до 4,2 млрд. дол.). Експерти вважають, що в майбутньому аграрний сектор стане одним з найбільших сегментів ринку для безпілотників. За словами експертів Markets and Markets, активному росту ринку сприятиме поступове поліпшення нормативно-правової кон'єктури, яке зараз спостерігається в різних країнах світу.

Goldman Sachs прогнозує, що до 2021 року сектор АПК стане другим за величиною в використанні дронів. Як і агенція Markets and Markets, дослідники Gartner спрогнозували щорічний приріст ринку БПЛА в порівнянні з 2016 роком на 30% в загальному обсязі, де 7% припадає на агробізнес

За оцінками аналітичного агентства PWC, через кілька десятиріч років ринок одних сільськогосподарських дронів (не включаючи безпілотників літакового типу) може скласти близько 32,4 млрд. дол. Це зростання буде обумовлене збільшенням чисельності світового населення - щоб усіх прогодувати, без інновацій в галузі сільського господарства, що дозволяють підвищити врожайність, не обійтися.

Серед країн, де зараз відбувається активне використання сільськогосподарських безпілотників, можна виділити США, Китай, Японію, Бразилію, країни ЄС і ін. Серед найбільших гравців світового ринку БПЛА, які орієнтуються на сільське господарство, можна виділити таких представників, як AeroVironment Inc, AgEagle, DJI, Yamaha і ін.

В кінці грудня 2017 року компанія DJI Innovation Technology (DJI), найбільший в Китаї виробник комерційних безпілотників, повідомила, що понад 10 тисяч операторів БПЛА використовують дрони DJI серії MG, призначені для застосування в сільському господарстві. За оцінками компанії, продажі таких дронів в 2020 році досягнуть 45 тисяч штук і це приблизно 70% продажів БПЛА сільгосппризначення в Китаї.

Китайський виробник має намір і далі нарощувати інвестиції в розробку сільськогосподарських дронів і навчання операторів.

З модернізацією сільського господарства в КНР ринок передових пристроїв для фермерів переживає значний підйом. Очікується, що в 2023 році показник проникнення дронів в агропромислому комплексі Китаю перевищить 40%, а продажі таких пристроїв в грошовому вираженні досягнуть 16 млрд. юанів (2,4 млрд. дол.).

За повідомленням японського видання Nikkei 2017 року, цікавою є розробка японського стартапу Skyrobot для допомоги фермерам у захисті

сільгоспугідь від набігів диких тварин. Для боротьби з непроханими гостями компанія запропонувала використовувати свій програмно-апаратний комплекс, що складається з квадрокоптера, камери з ІК-датчиком і системи зі штучним інтелектом. Дрон Skyrobot облітає підконтрольну територію, виявляє тварин, що наближаються до полів і відлякує їх за допомогою високочастотного сигналу або звуків розриву петард. Завдяки спеціалізованій камері, здатній знімати як в звичайному режимі, так і в інфрачервоному, потенційні порушники не залишаються непоміченими навіть у нічний час і в лісовій місцевості. Крім того, система на основі штучного інтелекту аналізує зняті дроном матеріали, щоб на основі звичок і слідів тварин прогнозувати їх поведінку.

Ще одна гілка агрогосподарства, де використання БПЛА стає у великій пригоді - це точкове визначення бур'янів для застосування засобів захисту рослин методом точкового розпорошення, та необхідності точкового внесення добрив.

Один із подібних методів розроблено об'єднаними зусиллями німецьких компаній Bosch і Bayer. Сутність його полягає у тому, що БПЛА (дрони) озброєні камерами зі спеціальними датчиками із вбудованим в них високоефективними технологіями, основою яких є алгоритми штучного інтелекту, розроблені для прийняття агрономічних рішень в технології розумного розпилення. Ця технологія дозволяє більш ефективно використовувати пестициди для інтегрованого захисту посівів, створювати рецептури та методології нанесення розчинів. За цією технологією обробка пестицидами проходить на місцях де наявний бур'ян, а вільні від бур'янів території уникають впливу пестицидів, що позитивно відображається на стані навколишнього середовища

На Землі є багато посушливих територій де неможливо вести сільське господарство без застосування технологій примусового поливу. У цьому аспекті цікавим є рішення ізраїльської компанії StopX, технології оптимального поливу (рис. А.2).

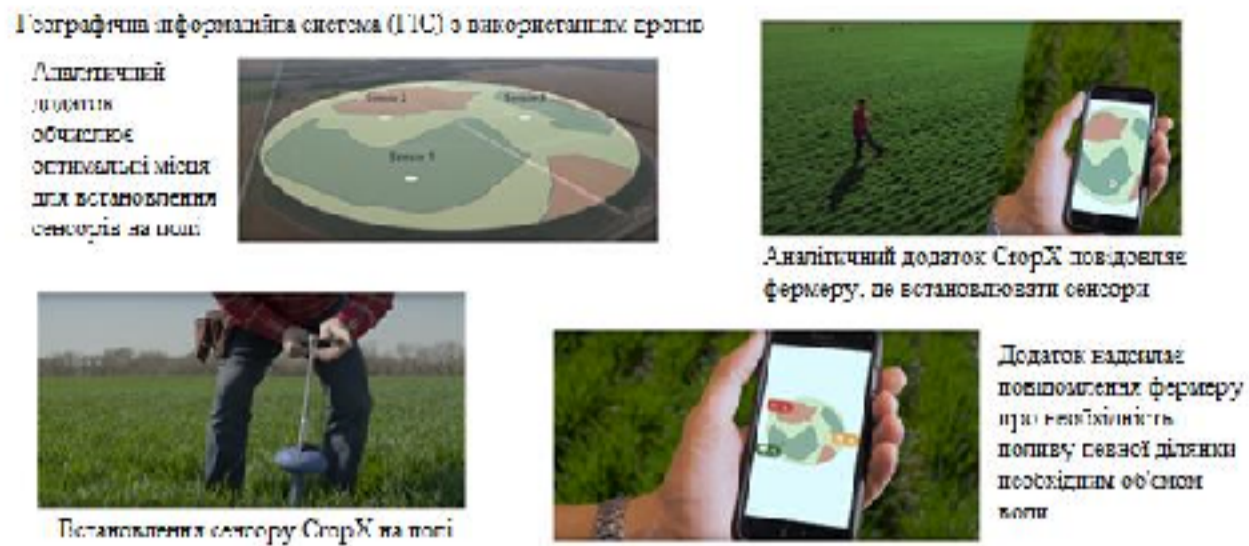


Рис. А.2. Технологія оптимального поливу компанії StopX

В США для організації розумного поливу використовуються технології Senet і Paige Ag, Це перший масовий продукт для сільськогосподарської галузі. Senet є членом LoRa Alliance, першим і єдиним провайдером LPWAN-мережі LoRa в Північній Америці. Paige Ag - це підрозділ Paige Electric, провідного виробника і постачальника проводів, кабелів, бездротових рішень для агропромислового сектора. [35]

До 2017 року погане покриття мережами мобільного зв'язку в сільській місцевості перешкоджало розвитку IoT-рішень для АПК США. Сільськогосподарські землі були часто ізольовані від мобільного та фіксованого зв'язку, технологій Bluetooth і WiFi. Крім того, вартість і складність розгортання IoT-сервісів могла бути непомірно високою.

З пристроями, що працюють в мережах малої потужності і високого радіусу охоплення (LPWAN), IoT-рішення стали доступнішими для аграріїв. Одна базова станція LPWAN може покривати сигналом кілька десятків кілометрів, а термін автономної роботи пристрою від акумулятора становить близько десяти років. LPWAN ідеально підходять для віддаленого збору даних про умови місцевості, на якій задіяні ферми. За допомогою LoRa можна відстежувати поточну погоду, вологість ґрунту і повітря, хімічний склад ґрунту тощо. При цьому вартість володіння подібними рішеннями істотно нижче, ніж при використанні звичайного мобільного зв'язку. [35]

Компанія Case IH спільно з CNH Industrial ще влітку 2017 року представила безпілотний трактор, який може виконувати основні

сільськогосподарські роботи. У трактора Case IH Magnum відсутня кабіна для водія. В ньому закладено систему дистанційного моніторингу попередньо запрограмованих операцій, що дозволяє автоматично визначати розмір сільськогосподарського об'єкту (ділянки) та найбільш ефективні шляхи виконання завдання. Трактор враховує особливості місцевості, рельєфу, розташування інших машин на полі та інші фактори. Case IH Magnum обладнаний лазерним радаром, радіолокаторами, бортовими відеокамерами. Це оснащення надає можливість сканувати обставини довкілля і, при виникненні перешкод, припиняти роботу. Крім того, трактор зупинить роботу при втраті сигналу GPS або інших даних про місцезнаходження.

Оператор може дистанційно контролювати роботу трактора через комп'ютер або планшет в режимі реального часу, а також налаштовувати нові програми роботи. Ще однією його особливістю є можливість працювати на одному полі з іншими сільськогосподарськими машинами - таким же роботами, або керованими людьми .

Розглянемо ще одне питання, а саме застосування Інтернету речей в тваринництві (IoTAg). Слід зазначити, що в тваринництві використання технологій IoT користується більшим попитом, порівняно з рослинництвом (рис. А.3).

Сучасне тваринництво - дуже специфічний бізнес. Головна його особливість полягає в тому, що він пов'язаний з безперервними біологічними циклами тварин. Ціна будь-якої помилки тут надзвичайно висока.

Збалансований і вчасно запропонований раціон - один з основних факторів, що впливають на збільшення надоїв і приріст поголів'я, а значить, і на рентабельність всього виробництва. Від грамотного управління кормовим столом безпосередньо залежить ефективність годування і здоров'я тварин.



Рис. А.3. Використання IoT в аграрному секторі

Це складний технологічний процес, який підпорядковується жорстким нормативам. Так, велику рогату худобу годують 2-3 рази на добу в залежності від типу годівлі та віку тварин. Роздача кормів поголів'ю, яке знаходиться в одному приміщенні, не може тривати більше 20-30 хвилин. Потрібно точно дотримуватися дозування: похибка для стебельчастих кормів допускається в межах $\pm 15\%$, для концентратів - $\pm 5\%$. Втрати кормів, які можна зібрати після роздачі, не можуть перевищувати 1% від їх загальної кількості. Безповоротні втрати не допускаються. Людський фактор ставить стабільну роздачу корму під велике питання. Раціони на кормовому столі часто не відповідають рецептурі, складеної зоотехніком. Буває і так, що складений, приготований і отриманий тваринами - це три абсолютно різних раціону. Графік подачі корму також порушується: людина не встигла, десь затримався, захворів, його не було кому замінити і т.д. Це призводить до порушення біологічного ритму у тварин і, як наслідок, до зниження їхньої продуктивності [34]

Цікаве рішення в цьому аспекті надає Connecterra - голландський агротех-стартап, що займається розвитком заснованої на машинному навчанні платформи для молочних ферм. Надані технології в цьому стартапі допомагають знизити використання гормонів та антибіотиків на фермах та підвищити їх продуктивність. Платформа використовує сенсори для збору інформації про тварину, масиви даних та мобільний додаток. За допомогою

технології Інтернету Речей фермери можуть оцінити стан здоров'я корів, їх продуктивність, відстежувати вплив змін, наприклад в раціоні, на стадо.

22 червня 2020 року Connecterra повідомила про долучення інвестицій на 7,8 млн. євро. У раунді фінансування Series B взяли участь венчурний фонд АФК «Система» Sistema VC, а також ряд інших інвесторів, включаючи ADM Capital, Kersia, Pymwycic і Breed Reply.

Іншим способом застосування системи IoT-є система моніторингу стану здоров'я поголів'я на свинофермах, що створена в США у 2017 році. Рішення передбачає кріплення спеціальних бирок до вух свиней. За допомогою різноманітних датчиків вони стежать за температурою тіла і пересуваннями тварин для оцінки їх самопочуття і готовності до розмноження. Інформація з датчиків передається в хмару, де вона аналізується, після чого оброблені дані надсилаються назад співробітникам свиноферми.

Підвісні кормовагони. До останнього покоління систем годування відносяться, наприклад, системи підвісних кормовагонів. Лідируючі позиції в їх розробці, виробництві та впровадженні займають фірми Pellon (Фінляндія), DeLaval (Швеція) і Mullerup (Данія). [34]

Автоматичні системи випоювання телят - ще один приклад того, як за допомогою високих технологій IoT вирішуються завдання оптимізації годівлі сільськогосподарських тварин. Таке обладнання випускається цілим рядом виробників: в їх числі Urban, Delaval, Milkline і багато інших. Голландська фірма Lely вважається одним з першопрохідців у цій галузі, а найбільш передовою її розробкою визнана система Lely Calm.

Головна перевага такої системи полягає в тому, що вона максимально пристосована до природної поведінки телят і дозволяє їм пити молоко в будь-який час протягом усього дня - що називається, «на вимогу». Молоко (або його заміник) в системі зберігає оптимальну температуру протягом 24-х годин на добу, бо нічого не остигає, як при випоювання вручну.

Автоматична система випасу. Випас корів на звичайному пасовищі часто веде до низької ефективності використання кормових ресурсів через

витоптування угідь і забруднення їх фекаліями. Набагато доцільніше використання так званих «фронтальних» пасовищ, на яких ділянку зі свіжою порцією рослинного корму під згодовування його тваринам обмежуються електрозагородженням. Це, з одного боку, дозволяє значно підвищити ефективність використання кормових ресурсів пасовища. З іншого - суттєво збільшує трудовитрати, так як переставляти електрозагородження на нову ділянку пасовища доводиться вручну.

Для того, щоб мінімізувати витрати ручної праці при випасі худоби на «передньому» пасовищі, фірмою Lely розроблена автоматична система випасу Voyager. Це два мобільних робота, які з'єднані між собою струмопровідним дротом, що обмежує ділянку для випасу тварин.

Роботи переміщуються на певні відстані через задані проміжки часу, при цьому звільняючи кожен раз нову ділянку. Режим їх руху (відстань і інтервали між переміщеннями) встановлюються оператором і залежать від величини стада, розміру «фронтального» пасовища і використовуваного кормового раціону. [34]

ДОДАТОК Б. Вітчизняні наукові розробки та стартапи

Хоча технології інтернету речей в агросекторі України впроваджено всього в 10-12% агрогосподарствах від їх фактичної кількості, але ІТ- сектор України не стоїть на місці, для нього характерна велика кількість нових розробок - стартапів, в тому числі в області інтернету речей для агросектору.

Безпілотні технології та «хмари» у агробізнесі. Українська команда створює безпілотні апарати для аграріїв, котрі з 2017 року зацікавили закордонних покупців (не кажучи вже про локальних фермерів). Йдеться про Український стартап «Kray Technologies», що підписав перші контракти на виробництво агродронів. Апарат вже отримав необхідні патенти в США.

Апарат має система комп'ютерного зору, яка дозволяє розпізнавати перешкоди і автоматично ухилятися від них. Продуктивність — 27-48 га на годину, 300-500 га за день. Дрон розвиває рекордну швидкість 110 км/год. Ємність баку для хімікатів — 22,5 л і 15 кг. У майбутніх моделях передбачається також встановлення комп'ютерного зору для нічного режиму. Робочий цикл дрона: 15 хвилин політ, 1 хвилина обслуговування. За один цикл обробляє до 14 га. Час заряду пари батарей — до 60 хвилин.

За допомогою безпілотників збираються масиви фотоданих, а за допомогою big data проводиться оцінка біомаси та параметрів росту посівів, місця скупчення та відсоток бур'янів. Ці дані дають змогу проводити диференційоване збагачення добривами різних марок, що в фіналі дає економію, з однієї сторони, та екологічний продукт – з іншої. [64]

Компанія «ІТ КІТ» в рамках щорічної агропромислової виставки «АГРО-2020» у Києві представила свій агродрон «Flying tractor» вітчизняного виробництва [63] Ця новинка розроблена для потреб сучасних фермерів, зацікавлених інноваціями в інженерних рішеннях, придатна для використання на полях та угіддях. Здійснення розпилення ЗЗР та внесення добрив без залучення людського фактору та традиційної техніки дозволяє економити паливе та зберегти здоров'я працівників. Експлуатація агродрону дозволяє

обробляти до 700 га/день. Для невеликих фермерських господарств є моделі для обробки угідь до 50 га.

Обприскування культур агродроном здійснюється з більшою точністю у порівнянні з роботою традиційного трактора. Після налаштування безпілотник автономно проводить роботу всього циклу поставленої задачі. За рахунок рівномірного внесення обприскувального матеріалу врожайність зростає до 30%.

Впровадження штучного інтелекту в агросферу України. У «SmartFarming» розробили кібер-нейронну мережу, що за знімками визначає шкочинні організми [62]. Цифрова платформа «Taranis» з великою базою даних для точного землеробства визначає з фото, з дрона, хвороби, шкідників і схожість посівів на тисячах гектарів. Це інструмент, в якому, подібно до існуючих систем фарм-менджменту, є поля, супутниковий моніторинг, метеорологічна, історична й прогнозна інформація, дані про зони, на які потрібно насамперед звернути увагу. У «Taranis» є штучний інтелект — функціонал, призначений для будь-яких додаткових розрахунків.

Для агронома з моніторингу, який ходить на ділянки, які в першу чергу треба завірити, розроблено мобільний додаток. Він фотографує рослини, рахує кількість бур'янів на квадратний метр, і тут же зберігає інформацію в системі. В мобільний додаток закладено штучний інтелект «Taranis», що виконує автоматичний пошук захворювань, шкідників, бур'янів, дефіциту елементів живлення і проблем схожості культур.[62]

Процес відбувається наступним чином: є камера на основі звичайної Canon 5D Mark III, але зі спеціальною системою стабілізації. Вона встановлюється на коптер, який облітає поля на висоті 15-20 м по паралельних лініях 100-200 м в залежності від стадії розвитку рослин. Після зйомки дані завантажуються на сервіс, і знімки обробляються за добу. Щоб здійснити цей процес, було зібрано величезну базу даних випадків захворювань, видів шкідників, бур'янів і т. д. Система показує точки, в яких була виявлена проблема і геометрично виділяє місця пошкодження рослин.

Далі штучна нейронна мережа, через яку проходить кожен знімок знаходить відповідності зі схожими ситуаціями і визначає ризики — засміченість, пошкодження листя, шкідник.

Система також дозволяє визначити проблеми схожості культур. Зазвичай аграрій може спостерігати, який посівний матеріал сіється — шляхом установки спеціальних фіксуючих систем на сівалку, у режимі реального часу можна відстежувати, чи є «двійники», «трійники» або пропуски. Але як зійшли рослини, побачити складно, але штучна нейронна мережа «Taranis» дозволяє це зробити.

Команда, яку сформували студенти магістерської програми з наук про дані «Data Science» Українського Католицького університету, перемогла у фіналі міжнародного конкурсу «2017 Queen's International Innovation Challenge». Команда магістрантів УКУ «Seat & Eat» розробила проект «Crop Saver». Він полягає у застосуванні штучного інтелекту (AI) для визначення хвороб у рослин. [64]

Якщо доповнити програмний продукт «залізною» складовою, можна отримати ще кращі результати для моніторингу рослин. Наочний приклад — український стартап «BIOsens MYSO» здатен швидко визначити вміст мікотоксинів в зернових культурах. Прилад, який розробляє команда молодого вченого Андрія Карпюка, може працювати в полі або на елеваторі. Він здатен за 10 хвилин показати вміст шкідливих речовин в зерні. Мобільні і зручні біосенсори не тільки збережуть від шкідливих речовин, але і здешевлять процес дослідження продукції. Крім того, прилад стане в нагоді і для аналізу кормів під час годування — для профілактики захворювань у тварин. [64]

Аналіз ґрунтів новими засобами. Влітку 2018-го український стартап «Soil Lines» презентував нову розробку — аналізатор ґрунту на базі мікролазера. Він може використовуватися у польових умовах, працює швидко та коштує дешевше за аналогічні закордонні розробки. Стартап надає якісну і кількісну інформацію про хімічний склад ґрунту і дозволяє удобрювати ґрунт тільки тими елементами, які необхідні. Розроблений прилад дозволить аграріям

істотно зменшити витрати на добрива і одночасно підвищити врожайність. Крім продажу самого аналізатора, стартап консультуватиме аграріїв, щоб ті використовували прилад максимально ефективно. Стане можливим й використання smart-добрива: внесення лише тих елементів і в тій концентрації, які дійсно необхідні ґрунтам на цій локації [64]

Інноваційні розробки університетів та наукових установ МОН України зібрані та опубліковані, також, у розділі агропромисловий комплекс та біотехнології у річній добірці Національного університету біоресурсів і природокористування України. [49]

ДОДАТОК В. Програмні коди LoRa-передавача та LoRa-приймача

Код для LoRa-передавача

```

1  /*****
2   Берідзе-Стаховський А.К.
3
4  *****/
5
6  // Бібліотеки для LoRa-модуля:
7  #include <SPI.h>
8  #include <LoRa.h>
9
10 // Бібліотеки для датчика DS18B20:
11 #include <OneWire.h>
12 #include <DallasTemperature.h>
13
14 // Задаємо контакти для LoRa-модуля:
15 #define ss 5
16 #define rst 14
17 #define dio0 2
18
19 // Змінна для LoRa-повідомлення:
20 String message;
21
22 // Змінна для лічильника, скільки разів зчитувалися дані з датчиків;
23 // дана змінна буде зберігатися в RTC-пам'яті:
24 RTC_DATA_ATTR int readingID = 0;
25
26 // Задаємо настройки для режиму глибокого сну:
27 uint64_t uS_TO_S_FACTOR = 1000000; // коефіцієнт переводу
28                                     // мікросекунд в секунди
29 // Сон буде тривати 30 хвилин (0.5 годин або 1800 секунд):
30 uint64_t TIME_TO_SLEEP = 1800;
31
32 // Контакт для передачі даних
33 // буде підключий до контакту GPIO15 на ESP32:
34 #define ONE_WIRE_BUS 15
35 // Створюємо об'єкт «oneWire» для комунікації з OneWire-пристроєм:
36 OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
37 // Створюємо об'єкт температурного датчика
38 // і передаємо йому об'єкт «oneWire»:
39 DallasTemperature sensors(&oneWire);
40
41 // Змінні для датчика вологості ґрунту:
42 const int moisturePin = 26;
43 const int moisturePowerPin = 12;
44 int soilMoisture;
45
46 // Змінні для температурного датчика:
47 float tempC;
48 float tempF;
49
50 // Змінна, де буде зберігатися рівень заряду батареї,
51 // і константа для контакту, до якого підключена батарея:
52 float batteryLevel;
53 const int batteryPin = 27;
54
55 void setup() {

```

```

56 pinMode(moisturePowerPin, OUTPUT);
57
58 // Запускаємо послідовну комунікацію (для налагодження):
59 Serial.begin(115200);
60
61 // Налаштовуємо пробудження з глибокого сну за таймером:
62 esp_sleep_enable_timer_wakeup(TIME_TO_SLEEP * uS_TO_S_FACTOR);
63
64 // Запускаємо температурний датчик:
65 sensors.begin();
66
67 // Ініціалізуємо LoRa.
68 // Замінюємо параметр в функції LoRa.begin(---E-)
69 // на частоту, що використовується в нашому регіоні.
70 // Примітка: в LoRa-приймачі повинна бути задана та ж частота.
71 // - 866E6 для Європи
72 // - 433E6 для Азії
73 // - 915E6 для Північної Америки
74 LoRa.setPins(ss, rst, dio0);
75 Serial.println("initializing LoRa"); // "Ініціалізуємо LoRa"
76
77 int counter = 0;
78 while (!LoRa.begin(866E6) && counter < 10) {
79     Serial.print(".");
80     counter++;
81     delay(500);
82 }
83 if (counter == 10) {
84     // З кожним новим зчитуванням
85     // збільшуємо значення в «readingID» на одиницю:
86     readingID++;
87     // Запускаємо режим глибокого сну:
88     Serial.println("Failed to initialize LoRa. Going to sleep now");
89         // "Не вдалося ініціалізувати LoRa.
90         // Перехід в режим сну."
91     esp_deep_sleep_start();
92 }
93 // Синхрослово (0xF3) повинно бути таким же, як і у приймача.
94 // З його допомогою забезпечується,
95 // що ми не будемо отримувати повідомлення від інших LoRa-трансиверів.
96 // Діапазон для синхрослова: 0-0xFF.
97 LoRa.setSyncWord(0xF3);
98 Serial.println("LoRa initializing OK!");
99     // "Ініціалізація LoRa пройшла успішно!"
100
101 getReadings();
102 Serial.print("Battery level = ");
103     // "Рівень заряду батареї = "
104 Serial.println(batteryLevel, 2);
105 Serial.print("Soil moisture = ");
106     // "Вологість ґрунту = "
107 Serial.println(soilMoisture);
108 Serial.print("Temperature Celsius = ");
109     // "Температура в градусах Цельсія = "
110 Serial.println(tempC);
111 Serial.print("Temperature Fahrenheit = ");
112     // "Температура в градусах Фаренгейта = "
113 Serial.println(tempF);
114 Serial.print("Reading ID = ");
115     // "Котрий раз зчитуються дані = "
116 Serial.println(readingID);
117

```

```

118  sendReadings();
119  Serial.print("Message sent = ");
120      // "Відправлене повідомлення = "
121  Serial.println(message);
122
123  // Збільшуємо значення в «readingID» з кожним новим зчитуванням:
124  readingID++;
125
126  // Запускаємо режим глибокого сну:
127  Serial.println("DONE! Going to sleep now.");
128      // "ГОТОВО! Переходимо в режим сну."
129  esp_deep_sleep_start();
130 }
131
132 void loop() {
133     // ESP32 переключиться в режим глибокого сну
134     // и ніколи не добереться до блоку loop().
135 }
136
137 void getReadings() {
138     digitalWrite(moisturePowerPin, HIGH);
139
140     // Вимірюємо температуру:
141     sensors.requestTemperatures();
142     tempC = sensors.getTempCByIndex(0); // температура в Цельсіях
143     tempF = sensors.getTempFByIndex(0); // температура в Фаренгейтах
144
145     // Вимірюємо вологість ґрунту:
146     soilMoisture = analogRead(moisturePin);
147     digitalWrite(moisturePowerPin, LOW);
148
149     // Вимірюємо рівень заряду батареї:
150     batteryLevel = map(analogRead(batteryPin), 0.0f, 4095.0f, 0, 100);
151 }
152
153 // Функція для відправки пакету даних:
154 void sendReadings() {
155     // Відправляємо температуру в Цельсіях,
156     // вологість ґрунту та рівень заряду:
157     message = String(readingID) + "/" + String(tempC) + "&" +
158               String(soilMoisture) + "#" + String(batteryLevel);
159     // Розкоментувати, якщо треба
160     // відправляти температуру у Фаренгейтах:
161     //message = String(readingID) + "/" + String(tempF) + "&" +
162               // String(soilMoisture) + "#" + String(batteryLevel);
163     delay(1000);
164     LoRa.beginPacket();
165     LoRa.print(message);
166     LoRa.endPacket();
167 }

```

Код для LoRa-приймача

```

1  /*****
2   Берідзе-Стаховський А.К.
4  *****/
5
6  // Імпортуємо бібліотеки:

```

```

7 #include <WiFi.h>
8 #include <SPI.h>
9 #include <LoRa.h>
10
11 // Бібліотеки для зчитування часу і дати з NTP-сервера:
12 #include <NTPClient.h>
13 #include <WiFiUdp.h>
14
15 // Бібліотеки для SD-карти:
16 #include "FS.h"
17 #include "SD.h"
18
19 // Вставляємо тут SSID і пароль для своєї WiFi-мережі:
20 const char* ssid = "test_project_2";
21 const char* password = "321024571";
22
23 // Створюємо об'єкти, які знадобляться для зчитування дати і часу:
24 WiFiUDP ntpUDP;
25 NTPClient timeClient(ntpUDP);
26
27 // Змінні, де будуть зберігатися дата і час:
28 String formattedDate;
29 String dayStamp;
30 String timeStamp;
31
32 // Задаємо контакти для LoRa-модуля:
33 #define ss 5
34 #define rst 14
35 #define dio0 2
36
37 // Створюємо змінні для зчитування і запису LoRa-даних і RSSI:
38 int rssi;
39 String loRaMessage;
40 String temperature;
41 String soilMoisture;
42 String batteryLevel;
43 String readingID;
44
45 // Задаємо CS-контакт для модуля карти MicroSD:
46 #define SD_CS 15
47
48 // Створюємо об'єкт для веб-сервера і задаємо йому номер порту «80»:
49 WiFiServer server(80);
50
51 // Змінна для зберігання HTTP-запиту:
52 String header;
53
54 void setup() {
55     // Запускаємо послідовну комунікацію:
56     Serial.begin(115200);
57
58     // Ініціалізуємо LoRa.
59     // Задаємо в параметрі методу LoRa.begin(---E-) частоту,
60     // яка відповідає нашому регіону.
61     // Примітка: в LoRa-передавача повинна бути задана та ж частота.
62     // - 866E6 для Європи
63     // - 433E6 для Азії
64     // - 915E6 для Північної Америки
65     LoRa.setPins(ss, rst, dio0);
66     while (!LoRa.begin(866E6)) {
67         Serial.println(".");
68         delay(500);

```

```

69 }
70 // Синхрослово (0xF3) має бути таким же, як і у передавача.
71 // Завдяки синхрослову приймач не отримуватиме повідомлення,
72 // які були відправлені іншими LoRa-трансиверами.
73 // Діапазон для синхрослова - «0-0xFF».
74 LoRa.setSyncWord(0xF3);
75 Serial.println("LoRa Initializing OK!");
76     // "Ініціалізація LoRa пройшла успішно!"
77
78 // Підключаємося до WiFi-мережі за допомогою заданих раніше SSID і пароля:
79 Serial.print("Connecting to ");
80     // "Підключаємося до "
81 Serial.println(ssid);
82 WiFi.begin(ssid, password);
83 while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
84     delay(500);
85     Serial.print(".");
86 }
87 // Друкуємо локальну IP-адресу і запускаємо веб-сервер:
88 Serial.println("");
89 Serial.println("WiFi connected."); // "Підключились до WiFi."
90 Serial.println("IP address: "); // "IP-адреса: "
91 Serial.println(WiFi.localIP());
92 server.begin();
93
94 // Ініціалізуємо об'єкт NTP-клієнта, щоб дізнатися час:
95 timeClient.begin();
96 // Задаємо часовий пояс щодо часу за Гринвічем (GMT).
97 // Наведемо кілька прикладів (використовуються секунди):
98 // - GMT +2 = 7200 (Київський час)
99 // - GMT +8 = 28800
100 // - GMT -1 = -3600
101 // - GMT 0 = 0
102 timeClient.setTimeOffset(3600);
103
104 // ініціалізуємо SD-карту:
105 SD.begin(SD_CS);
106 if(!SD.begin(SD_CS)) {
107     Serial.println("Card Mount Failed");
108     // "Монтування SD-карти не вдалося "
109     return;
110 }
111 uint8_t cardType = SD.cardType();
112 if(cardType == CARD_NONE) {
113     Serial.println("No SD card attached");
114     // "SD-карта не підключена"
115     return;
116 }
117 Serial.println("Initializing SD card...");
118     // "Ініціалізація SD-карти..."
119 if (!SD.begin(SD_CS)) {
120     Serial.println("ERROR - SD card initialization failed!");
121     // "Помилка - ініціалізувати SD-карту не вдалося!"
122     return; // ініціалізацію не виконано
123 }
124
125 // Якщо файлу «data.txt» не існує,
126 // створюємо його на SD-карті і записуємо туди
127 // заголовки для майбутніх даних (температури, RSSI і т.д.):
128 File file = SD.open("/data.txt");
129 if(!file) {
130     Serial.println("File doesn't exist");

```

```

131         // " Файл не існує "
132     Serial.println("Creating file...");
133         // "Створюємо файл..."
134     writeFile(SD, "/data.txt", "Reading ID, Date, Hour, Temperature, Soil
Moisture (0-4095), RSSI, Battery Level(0-100)\r\n");
135     }
136     else {
137         Serial.println("File already exists");
138         // "Файл вже існує"
139     }
140     file.close();
141 }
142
143 void loop() {
144     // Перевіряємо, чи прийшов LoRa-пакет:
145     int packetSize = LoRa.parsePacket();
146     if (packetSize) {
147         getLoRaData();
148         getTimeStamp();
149         logSDCard();
150     }
151     WiFiClient client = server.available(); // Вмикаємо «прослушку»
152                                             // вхідних клієнтів
153
154     if (client) { // Якщо підключився
155                 // новий клієнт,
156         Serial.println("New Client."); // пишемо в монітор порту
157                                         // повідомлення про це.
158         String currentLine = ""; // Створюємо рядок,
159                                   // куди будемо зберігати
160                                   // дані від клієнта.
161         while (client.connected()) { // Цикл while()
162                                     // буде працювати,
163                                     // поки клієнт підключений.
164             if (client.available()) { // Якщо у клієнта
165                                       // є байти,
166                 char c = client.read(); // зчитуємо байт,
167                 Serial.write(c); // і друкуємо його
168                                   // до монітору порту.
169                 header += c;
170                 if (c == '\n') { // якщо цей байт -
171                                   // символ нового рядка,
172                     // і якщо у нас два символи нового рядка поспіль,
173                     // то поточний рядок порожній.
174                     // Це кінець HTTP-запиту клієнта, тобто. пора відсилати відповідь
175                     if (currentLine.length() == 0) {
176                         // HTTP-заголовки завжди починаються з коду відповіді
177                         // (наприклад, з «HTTP/1.1 200 OK») і типу контенту,
178                         // щоб клієнт знав, що отримує,
179                         // а потім пишемо порожній рядок.
180                         client.println("HTTP/1.1 200 OK");
181                         client.println("Content-type:text/html");
182                         client.println("Connection: close");
183                         // " З'єднання: відключено "
184                         client.println();
185
186                         // Відображаємо веб-сторінку:
187                         client.println("<!DOCTYPE html><html>");
188                         client.println("<head><meta name=\"viewport\"
content=\"width=device-width, initial-scale=1\">");
189                         client.println("<link rel=\"icon\" href=\"data:,\>");
190                         // За допомогою CSS задаємо стиль для таблиці:

```



```

191         client.println("<style>body { text-align: center; font-family:
\"Trebuchet MS\", Arial;}");
192         client.println("table { border-collapse: collapse; width:35%;
margin-left:auto; margin-right:auto; }");
193         client.println("th { padding: 12px; background-color: #0043af;
color: white; }");
194         client.println("tr { border: 1px solid #ddd; padding: 12px; }");
195         client.println("tr:hover { background-color: #bcbbc9; }");
196         client.println("td { border: none; padding: 12px; }");
197         client.println(".sensor { color:white; font-weight: bold;
background-color: #bcbbc9; padding: 1px; }");
198
199         // заголовок веб-сторінки:
200         client.println("</style></head><body><h1>Soil Monitoring with
LoRa </h1>");
201         client.println("<h3>Last update: " + timeStamp + "</h3>");
202
203         client.println("<table><tr><th>MEASUREMENT</th><th>VALUE</th></tr>");
204         client.println("<tr><td>Temperature</td><td><span
class=\"sensor\">");
205         client.println(temperature);
206         client.println(" *C</span></td></tr>");
207         // Розкоментувати рядок нижче,
208         // якщо необхідно переключитися на символ «*F»:
209         //client.println(" *F</span></td></tr>");
210         client.println("<tr><td>Soil moisture (0-4095)</td><td><span
class=\"sensor\">");
211         client.println(soilMoisture);
212         client.println("</span></td></tr>");
213         client.println("<tr><td>Battery level</td><td><span
class=\"sensor\">");
214         client.println(batteryLevel);
215         client.println(" %</span></td></tr>");
216         client.println("<p>LoRa RSSI: " + String(rssi) + "</p>");
217         client.println("</body></html>");
218
219         // HTTP-відповідь закінчується ще одним порожнім рядком:
220         client.println();
221         // входимо з циклу while():
222         break;
223     } else { // якщо отримали символ нового рядка,
224         // то очищаємо змінну «currentLine»
225         currentLine = "";
226     }
227     } else if (c != '\r') { // якщо отримали щось,
228         // окрім символу повернення каретки,
229         // додаємо це
230         // у кінець змінної «currentLine»
231         currentLine += c;
232     }
233     }
234     // очищаємо змінну «header»:
235     header = "";
236     // відключаємо з'єднання:
237     client.stop();
238     Serial.println("Client disconnected.");
239     // "Клієнт відключився."
240     Serial.println("");
241 }
242
243 // Считываем LoRa-пакет с данными от датчиков:

```

```

244 void getLoRaData() {
245     Serial.print("Lora packet received: ");
246         // "LoRa-пакет отримано: "
247     // Зчитуємо пакет:
248     while (LoRa.available()) {
249         String LoRaData = LoRa.readString();
250         // Формат LoRa-даних:
251         // «readingID/temperature&soilMoisture#batterylevel»
252         // Наприклад: «1/27.43&654#95.34».
253         Serial.print(LoRaData);
254
255         // Зчитуємо ID пакету, температуру і вологість ґрунту:
256         int pos1 = LoRaData.indexOf('/');
257         int pos2 = LoRaData.indexOf('&');
258         int pos3 = LoRaData.indexOf('#');
259         readingID = LoRaData.substring(0, pos1);
260         temperature = LoRaData.substring(pos1 + 1, pos2);
261         soilMoisture = LoRaData.substring(pos2 + 1, pos3);
262         batteryLevel = LoRaData.substring(pos3 + 1, LoRaData.length());
263     }
264     // зчитуємо RSSI:
265     rssi = LoRa.packetRssi();
266     Serial.print(" with RSSI "); // " Потужність LoRa-сигналу: "
267     Serial.println(rssi);
268 }
269
270 // Функція для зчитування дати і часу з об'єкта «NTPClient»:
271 void getTimeStamp() {
272     while(!timeClient.update()) {
273         timeClient.forceUpdate();
274     }
275     // Дані в «formattedDate» мають формат «2020-09-30T17:00:00Z».
276     // Нам треба витягти звідти дату і час:
277     formattedDate = timeClient.getFormattedDate();
278     Serial.println(formattedDate);
279
280     // Витягаємо дату:
281     int splitT = formattedDate.indexOf("T");
282     dayStamp = formattedDate.substring(0, splitT);
283     Serial.println(dayStamp);
284     // Витягаємо час:
285     timeStamp = formattedDate.substring(splitT + 1, formattedDate.length() - 1);
286     Serial.println(timeStamp);
287 }
288
289 // Записуємо дані від датчиків на SD-карту:
290 void logSDCard() {
291     loRaMessage = String(readingID) + "," + String(dayStamp) + "," +
String(timeStamp) + "," +
292         String(temperature) + "," + String(soilMoisture) + "," +
String(rssi) + "," + String(batteryLevel) + "\r\n";
293     appendFile(SD, "/data.txt", loRaMessage.c_str());
294 }
295
296 // Функція для запису на SD-карту заголовків
297 void writeFile(fs::FS &fs, const char * path, const char * message) {
298     Serial.printf("Writing file: %s\n", path);
299         // "Записуємо заголовки в файл: "
300
301     File file = fs.open(path, FILE_WRITE);
302     if(!file) {
303         Serial.println("Failed to open file for writing");

```

```

304         // "Не вдалося відкрити файл для запису заголовків"
305     return;
306 }
307 if(file.print(message)) {
308     Serial.println("File written");
309     // "Запис заголовків пройшов успішно"
310 } else {
311     Serial.println("Write failed");
312     // "Записати заголовки не вдалося"
313 }
314 file.close();
315 }
316
317 // Функція для запису на SD-карту
318 // даних від датчиків :
319 void appendFile(fs::FS &fs, const char * path, const char * message) {
320     Serial.printf("Appending to file: %s\n", path);
321     // "записуємо LoRa-повідомлення в файл: "
322
323     File file = fs.open(path, FILE_APPEND);
324     if(!file) {
325         Serial.println("Failed to open file for appending");
326         // "Не вдалося відкрити файл для запису LoRa-повідомлення"
327         return;
328     }
329     if(file.print(message)) {
330         Serial.println("Message appended");
331         // "LoRa-повідомлення додано "
332     } else {
333         Serial.println("Append failed");
334         // "Записати LoRa-повідомлення не вдалося"
335     }
336     file.close();
337 }

```