

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Дослідження перспектив розвитку IoT у промисловості»

на здобуття освітнього ступеня бакалавра  
зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології  
(код, найменування спеціальності)  
освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології  
(назва)

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на  
відповідне джерело*

\_\_\_\_\_

(підпис)

Костянтин ВОЗНІЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача

Виконав: здобувач вищої освіти гр. ІСД-41

Костянтин ВОЗНІЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник:

Юлія КАГРАМАНОВА

науковий  
ступінь,  
вчене звання

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Рецензент:

науковий  
ступінь,  
вчене звання

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Київ 2024

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**  
**Навчально-науковий інститут інформаційних технологій**

Кафедра Інженерії програмного забезпечення автоматизованих систем

Ступінь вищої освіти бакалавр

Спеціальність 126 Інформаційні системи та технології

Освітньо-професійна програма Інформаційні системи та технології

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ІПЗАС

\_\_\_\_\_ Каміла СТОРЧАК

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Вознюк Костянтин Вікторович

*(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)*

1. Тема кваліфікаційної роботи: Дослідження перспектив розвитку IoT у промисловості.

керівник кваліфікаційної роботи Юлія КАГРАМАНОВА

*(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)*

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій  
від «27 лютого» 2024р. № 36

2. Строк подання кваліфікаційної роботи: «31» травня 2024р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: науково-технічна література. Архітектура мережі IoT.  
Промислові прогреси.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Огляд сучасного стану та тенденцій розвитку в області IoT у промисловому секторі

2. Аналіз поточного стану та проблематики у галузі на основі наукової літератури

3. Практичні рекомендації для впровадження та оптимізації IoT-мереж у промисловості

5. Ілюстративний матеріал: презентація

6. Дата видачі завдання: «27» лютого 2024 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір теми та формулювання мети дослідження	01.02.2024 - 15.02.2024	
2	Аналіз літератури та сучасних досліджень	16.02.2024 - 01.03.2024	
3	Розробка теоретичної бази та методології	02.03.2024 - 15.03.2024	
4	Збір та обробка фактологічних даних	16.03.2024 - 31.03.2024	
5	Аналіз результатів та їх інтерпретація	01.04.2024 - 15.04.2024	
6	Розробка практичних рекомендацій та пропозицій	16.04.2024 - 30.04.2024	
7	Написання основних розділів кваліфікаційної роботи	01.05.2024 - 15.05.2024	
8	Оформлення та редагування	16.05.2024 - 20.05.2024	

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_

(підпис)

Костянтин ВОЗНЮК

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник

кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Юлія КАГРАМАНОВА

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавра :63 стор., 10 рис., 2 табл., 31 джерел.

*Мета роботи* – дослідження технологій Інтернету речей (IoT) у промисловості для підвищення ефективності виробничих процесів та забезпечення безпеки даних.

*Об'єкт дослідження* – технології Інтернету речей (IoT) у промисловості.

*Предмет дослідження* – процеси впровадження та інтеграції IoT технологій у виробничих системах.

*Короткий зміст роботи:* У роботі розглянуто важливість Інтернету речей у сучасній промисловості та проаналізовано основні виклики, пов'язані з його впровадженням. Досліджено методи забезпечення безпеки даних у системах IoT, зосередивши увагу на потенційній корисності використання шифрування та блокчейн-технологій. Проведено аналіз економічної ефективності впровадження IoT у промислові процеси, що дозволяє виявити переваги та ризики цієї технології. Окрему увагу приділено екологічному впливу IoT, обґрунтовуючи, як ця технологія може сприяти збереженню ресурсів та зменшенню вуглецевого сліду. Також сформульовано рекомендації та перспективи розвитку IoT у промисловості, включаючи порівняння підходів Індустрії 4.0 та Індустрії 5.0, щоб показати, як новітні технології можуть революціонізувати виробничі процеси. Розглянуто питання оцінки ризиків та управління змінами, що допомагає мінімізувати можливі негативні наслідки впровадження нових технологій.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, ПРОМИСЛОВІСТЬ, БЕЗПЕКА ДАНИХ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, ВПРОВАДЖЕННЯ IoT, КЛЮЧОВІ ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ, УПРАВЛІННЯ ЗМІНАМИ, АНАЛІТИКИ ДАНИХ, SMART ТЕХНОЛОГІЇ, АВТОМАТИЗАЦІЯ.

## ABSTRACT

*Text part of the bachelor level qualification work:* 63 pages, 10 pictures. 2 tables, 31 sources.

*The purpose of the work* - to study the Internet of Things (IoT) technologies in industry to improve the efficiency of production processes and ensure data security.

*Object of research* is Internet of Things (IoT) technologies in industry.

*Subject of research* - processes of implementation and integration of IoT technologies in production systems.

*Summary of the work:* The paper considers the importance of the Internet of Things in modern industry and analyzes the main challenges associated with its implementation. Methods of ensuring data security in IoT systems are investigated, focusing on the potential usefulness of encryption and blockchain technologies. An analysis of the cost-effectiveness of implementing IoT in industrial processes is carried out, which allows identifying the advantages and risks of this technology. Particular attention is paid to the environmental impact of IoT, explaining how this technology can contribute to resource conservation and reduce the carbon footprint. Recommendations and prospects for the development of IoT in industry are also formulated, including a comparison of Industry 4.0 and Industry 5.0 approaches to show how the latest technologies can revolutionize production processes. The article also considers the issues of risk assessment and change management, which helps to minimize the possible negative consequences of the introduction of new technologies.

KEYWORDS: INTERNET OF THINGS, INDUSTRY, DATA SECURITY, ECONOMIC EFFICIENCY, IoT IMPLEMENTATION, KEY PERFORMANCE INDICATORS, CHANGE MANAGEMENT, DATA ANALYTICS, SMART TECHNOLOGIES, AUTOMATION.





## ЗМІСТ

ВСТУП	10
1 ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ОСНОВИ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ У ПРОМИСЛОВОСТІ	12
1.1 Тенденції розвитку IoT в промисловому секторі	12
1.2 Проблема гуманізації промислового виробництва у контексті Industry 5.0	17
1.3 Методологічні підходи до дослідження IoT у промисловості	19
1.3.1 Аналіз сучасних методик дослідження IoT	19
1.3.2 Порівняння теоретичних і практичних підходів	21
1.3.3 Огляд інструментів і технологій для дослідження IoT	22
1.4 Заключення до розділу	23
2 СТРАТЕГІЇ ТА МЕТОДОЛОГІЇ ВПРОВАДЖЕННЯ ІОТ У ПРОМИСЛОВОСТІ	24
2.1 Стандартизація промислового Інтернету та Інтернету речей	24
2.2 Забезпечення безпеки даних у галузі IoT	28
2.2.1 Значення конфіденційності даних у галузі IoT	30
2.2.2 Забезпечення безпеки даних у галузі IoT	31
2.2.3 Забезпечення цілісності даних	32
2.2.4 Управління доступом до даних	34
2.3 Аналіз сучасного стану впровадження IoT у промисловості	35
2.3.1 Огляд ринку IoT в промисловості	35
2.3.2 Практичні кейси впровадження IoT в промислових компаніях	36
2.3.2.1 Персональний досвід роботи с IoT	37
2.3.3 Порівняння успішних і неуспішних впроваджень	38
2.3.4 Використання блокчейн-технологій у IoT	40
2.3.5 Вплив 5G на розвиток IoT	41
2.3.6 Вплив штучного інтелекту на сферу Інтернету речей	43
2.4 Оцінка економічної ефективності впровадження IoT у промисловості	45
2.4.1 Методи оцінки економічної ефективності	46
2.4.2 Розрахунки та економіко-математичні моделі	47
2.5 Вплив IoT на екологічну стійкість	48
2.5.1 Формування екологічно свідомих споживачів	48
2.5.2 Оптимізація використання енергії	49
2.5.3 Покращення управління ресурсами	50
2.5.4 Революція в сільському господарстві	51
2.5.5 Покращення практик управління відходами	52
2.5.6 Моніторинг і збереження довкілля	53
2.6 Рекомендації щодо впровадження IoT у промисловості	55



2.6.1 Найкращі практики та стратегії впровадження	55
2.6.2 Розробка дорожньої карти впровадження IoT	56
2.6.3 Оцінка ризиків і управління змінами	57
2.7 Висновок розділу	58
3 МАЙБУТНЄ ПРОМИСЛОВОСТІ З ІОТ: ПЕРСПЕКТИВИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	59
3.1 Майбутні тенденції розвитку IoT у промисловості	59
3.1.1 Технологічні інновації	59
3.1.2 Економічні прогнози	60
3.1.3 Соціальні та екологічні аспекти	60
3.2 Перспективи інтеграції IoT з іншими технологіями	61
3.2.1 Взаємодія IoT з ШІ(штучний інтелект)	61
3.2.2 Використання блокчейн-технологій у IoT	63
3.2.3 Роль 5G у розвитку IoT	64
3.3 Рекомендації для підприємств щодо впровадження IoT	66
3.3.1 Стратегічні поради	66
3.3.2 Тактичні кроки для успішної інтеграції	67
3.3.3 Навчання та розвиток кадрів	68
3.4 Висновки до третього розділу	70
ВИСНОВКИ	72
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	74

## ВСТУП

Розвиток Інтернету речей стає все більш значущим фактором для сучасної промисловості, пропонуючи нові можливості для підвищення ефективності виробничих процесів, оптимізації ресурсів та зниження витрат. В умовах стрімкого зростання обсягів даних та потреби в оперативному їх аналізі, IoT забезпечує інтеграцію фізичних пристроїв з цифровими системами, створюючи розумні мережі, що сприяють автоматизації та інтелектуалізації виробничих процесів. Актуальність цієї теми особливо важлива для України, де впровадження IoT може стати рушійною силою для модернізації промислових підприємств і підвищення їх конкурентоспроможності на глобальному ринку.

У наукових колах питання впровадження IoT у промисловість активно досліджується. Наприклад, дослідження, представлені у роботах “The Antecedents of Successful IoT Service and System Design: Cases from the Manufacturing Industry” авторів Deniz Sayar та Özlem Er, “Theory and Practice of Implementing a Successful Enterprise IoT Strategy in the Industry 4.0 Era” авторів Abdellah Chehri, Alfred Zimmermann, Rainer Schmidt та Yoshimasa Masuda , показали, що IoT-технології сприяють значному підвищенню продуктивності та зниженню витрат у різних галузях. Проте, не всі аспекти проблеми досліджені достатньо. Зокрема, потребують подальшого вивчення питання економічної ефективності впровадження IoT та його інтеграції з іншими передовими технологіями, такими як штучний інтелект, блокчейн і 5G.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка рекомендацій щодо ефективного впровадження IoT у промисловість, враховуючи технічні, економічні та організаційні аспекти.

Для досягнення цієї мети були поставлені наступні завдання:

– Провести аналіз поточного стану ринку IoT у промисловості.

- Дослідити успішні кейси впровадження IoT на прикладі конкретних підприємств.
- Оцінити економічну ефективність впровадження IoT у промислових умовах.
- Визначити перспективи розвитку IoT у контексті технологічних інновацій, економічних прогнозів та соціально-екологічних аспектів.
- Розробити рекомендації для підприємств щодо впровадження IoT, включаючи стратегічні поради, тактичні кроки та навчання кадрів.

Об'єктом дослідження є процес впровадження IoT у промисловість, що включає технічні, економічні та організаційні аспекти.

Предметом дослідження є методи та стратегії, що забезпечують ефективне впровадження IoT на промислових підприємствах, а також економічна ефективність та перспективи інтеграції IoT з іншими технологіями.

У ході дослідження використовувалися різні методи, зокрема:

- Аналіз літературних джерел та поточних досліджень у сфері IoT.
- Економічний аналіз для оцінки ефективності впровадження IoT.
- Порівняльний аналіз успішних кейсів впровадження IoT у промисловості.
- Прогнозування та моделювання для визначення майбутніх тенденцій розвитку IoT.

Наукова новизна дослідження полягає у комплексному підході до вивчення впровадження IoT у промисловість, що включає аналіз економічної ефективності та перспектив інтеграції з іншими технологіями. Отримані результати можуть бути використані для розробки стратегій та планів впровадження IoT на промислових підприємствах України.

Практична значущість полягає у можливості застосування розроблених рекомендацій та методів оцінки економічної ефективності впровадження IoT на конкретних підприємствах, що дозволить підвищити їхню конкурентоспроможність та ефективність.

# 1 ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ОСНОВИ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ У ПРОМИСЛОВОСТІ

## 1.1 Тенденції розвитку IoT в промисловому секторі

За останні десятиріччя промисловий сектор пережив значний розвиток завдяки впровадженню технологій Інтернету речей (IoT). Дослідження за 2019 рік виявили декілька ключових тенденцій, які визначають динаміку цього розвитку [1].

По-перше, спостерігається значний приріст кількості підключених пристроїв, як серед приватних осіб так і в промисловому середовищі. За даними дослідження, з 2006 по 2018 рік спостерігався експоненціальний ріст кількості з'єднаних пристроїв, що створює нові можливості для збору та аналізу даних для оптимізації виробничих процесів.

Грунтуючись на прогнозі Transforma insights за 2023 рік, можна помітити тенденцію і в яких саме галузях зростає використання IoT девайсів [2].

По-друге, розвиток IoT в промисловому секторі відзначається розширенням застосувань цієї технології. Від виробництва до логістики, від моніторингу стану обладнання до автоматизації виробничих процесів, IoT відіграє ключову роль у вдосконаленні промислових систем та підвищенні ефективності виробництва.

Крім того, зростання використання IoT у промисловому секторі впливає на інфраструктуру та бізнес-моделі компаній. Компанії впроваджують нові системи моніторингу, управління та аналізу даних для підвищення продуктивності та конкурентоспроможності.

В цілому, впровадження IoT у промисловому секторі відкриває широкі можливості для інновацій та підвищення ефективності виробничих процесів. Розуміння цих тенденцій дозволить прогнозувати подальший розвиток

промислової IoT та адаптувати бізнес-стратегії під нові реалії цього технологічного прогресу.

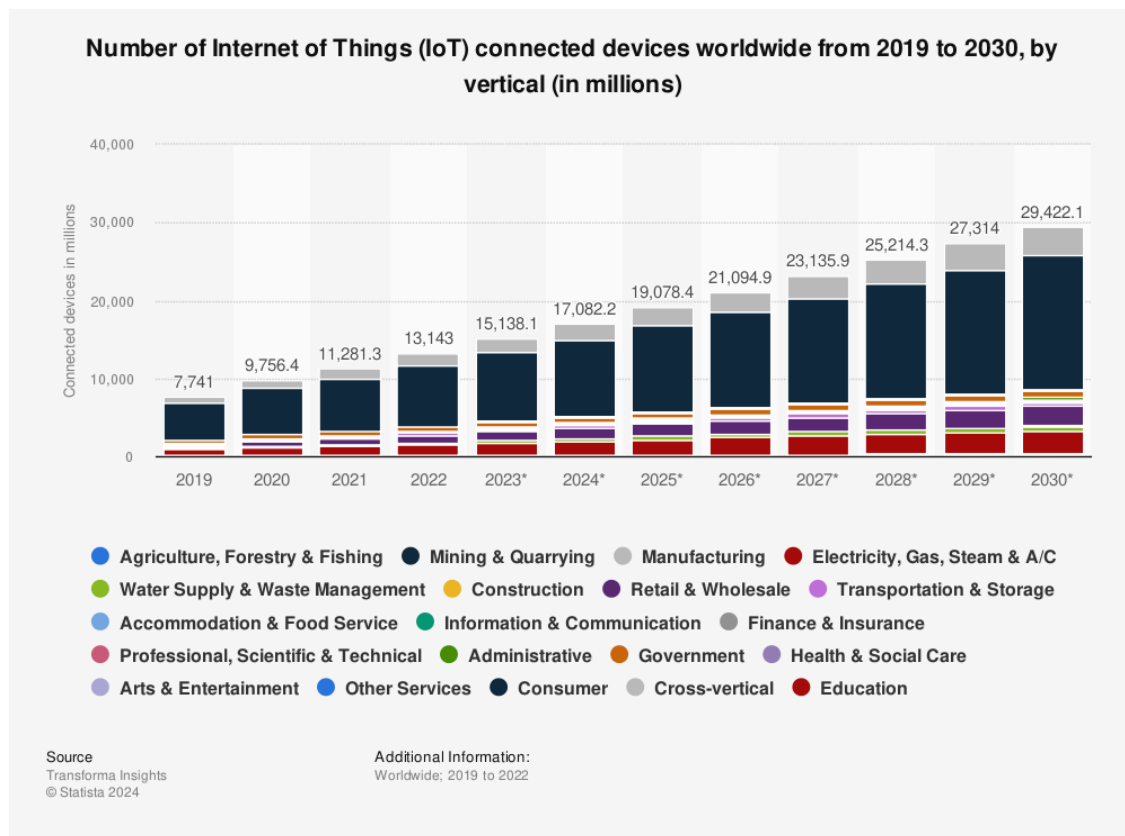


Рис. 1.1 Прогноз Transforma insights про кількість підключених IoT девайсів та сфери їх застосування [2]

Доволі давно з'явилася концепція ідеєю якої є максимізація ефективності у промисловості, наразі цей тренд має таку назву та має таке формулювання “Індустрія 4.0” - це є концепцією, спрямовану на інтеграцію фізичних та кібернетичних систем у виробничому середовищі [3]. Ця концепція передбачає використання передових технологій, таких як IoT, для підвищення ефективності, автоматизації та оптимізації виробничих процесів. IoT відіграє ключову роль у реалізації концепції Індустрії 4.0, дозволяючи збирати, обробляти та аналізувати великі обсяги даних з різних пристроїв та обладнання, що використовуються в промисловості. Завдяки IoT, промислові підприємства можуть отримувати розширені можливості моніторингу, управління та оптимізації процесів

виробництва. Теоретично все це можливо реалізувати і без впровадження IoT, однак рентабельність таких рішень дуже низька через високу ціну і складність в обслуговуванні. Використання інтелектуальних технологій виробництва, таких як системи Інтернету речей, передбачає можливості для значного підвищення продуктивності та ефективності виробничих процесів. Це відбувається завдяки автоматизації, оптимізації та вдосконалення контролю за виробничими потоками та ресурсами, що в свою чергу сприяє збільшенню якості продукції та зниженню витрат. Такі рішення відкривають нові перспективи для розвитку промисловості, роблячи її більш конкурентоспроможною та готовою до викликів майбутнього.

Однак, впровадження цієї технології несе не лише позитивні аспекти. При впровадженні IoT в промисловість зустрічаються різні виклики та проблеми. Деякі з них включають:

- Безпека даних та конфіденційність, збільшення кількості підключених пристроїв може створити нові точки доступу для кібератак та порушень безпеки.
- Сумісність та стандартизація, різноманітність обладнання та протоколів зв'язку може ускладнити інтеграцію та взаємодію між пристроями та системами.
- Складність інтеграції, впровадження IoT може потребувати значних змін у вже існуючих виробничих процесах та системах, що може бути складним і вимагати значних витрат часу та ресурсів.
- Управління даними, обробка та аналіз великих обсягів даних, що збираються від підключених пристроїв, може бути викликана, особливо в умовах високої швидкості та обсягу даних.

Ці виклики та проблеми варто ретельно розглянути при плануванні та реалізації проектів з впровадження IoT в промисловість, оскільки вони можуть вплинути на успішність та ефективність таких проектів.

Значна частина Інтернету речей включає в себе бездротові мережі датчиків (WSN), що використовуються для збору і передачі даних з різних джерел.

Ця технологія відіграє ключову роль у сучасних промислових мережах, де вона використовується для забезпечення спілкування та обміну інформацією між

різними пристроями та системами [4]. Інтерфейс IoT з WSN надає можливість збирання та аналізу даних з різних джерел, що дозволяє оптимізувати виробничі процеси та підвищувати ефективність виробництва.

Однак, разом із перевагами використання цих технологій, існують і виклики. Одним з головних обмежень є питання безпеки та конфіденційності даних. Зі зростанням кількості підключених пристроїв у мережі збільшується ризик виникнення нових точок доступу для кібератак та порушень безпеки. Більшість існуючих систем безпеки та управління даними, як правило, мають специфічне призначення для конкретних застосувань і не завжди забезпечують необхідний рівень захисту для всієї мережі IoT.

У сучасному бізнесі впровадження технологій Інтернету речей стало неабиякою перевагою. Ці технології, які стали неодмінною частиною промислових систем, надають компаніям низку переваг, що включають в себе підвищення продуктивності, оптимізацію виробничих процесів та зменшення витрат.

Промислові роботи та автоматизовані навігаційні транспортні засоби (AGV) належать до найбільш масштабних й ефективних інновацій, які активно використовуються у сучасному промисловому середовищі. Ці технології дозволяють автоматизувати процеси виробництва, зменшуючи витрати на робочу силу, підвищуючи швидкість та точність виконання завдань та забезпечуючи безпеку робочого середовища.

Промислові роботи та автоматизовані навігаційні транспортні засоби є ключовими компонентами сучасного промислового виробництва, що дозволяють підприємствам досягати високої ефективності та конкурентоспроможності [5].

Промислові роботи - це автономні механічні пристрої, розроблені для виконання різних завдань у промислових процесах. Вони відіграють важливу роль у автоматизації та оптимізації виробничих ліній, забезпечуючи високу точність та швидкість виконання завдань, а також знижуючи ризики для людей у небезпечних умовах праці. Промислові роботи застосовуються у завданнях зі зварювання,

фарбування, складання, обробки матеріалів та упаковки, що суттєво підвищує продуктивність та якість виробництва. Завдяки автоматизації цих процесів, роботи сприяють покращенню точності та швидкості виконання завдань, а також скороченню часу виробничого циклу.

Крім того, використання промислових роботів у виробничих операціях знижує ризик травматизму на робочому місці, оскільки вони можуть працювати в неблагоприятних умовах або з небезпечними матеріалами без участі людини. З іншого боку, автоматизовані навігаційні транспортні засоби - це рухомі пристрої, що використовуються для автоматизації внутрішньої логістики у промислових об'єктах. Вони оснащені системами навігації, які дозволяють їм автоматично переміщати грузи і матеріали вздовж заздалегідь визначених маршрутів без необхідності в операторах. AGV забезпечують ефективний та безпечний транспорт в промисловому середовищі, сприяючи оптимізації процесів і зниженню витрат.

Подальші дослідження в галузі використання IoT в промисловості можуть орієнтуватися на кілька ключових напрямків [6]. Перш за все, важливо розглянути вдосконалення архітектури систем IIoT (Industrial Internet of Things) з урахуванням вимог до гнучкості, масштабованості та безпеки. Дослідження та розробка нових методів та технологій для розв'язання викликів IIoT, включаючи глибоке навчання, розподілену обробку даних та аналіз великих обсягів даних, може стати перспективним напрямком.

Також цілеспрямовані дослідження в галузі інтеграції IIoT з іншими сучасними технологіями, такими як хмарні рішення та інші, можуть допомогти розв'язати проблеми сумісності та підвищити ефективність систем. Напрямки подальших досліджень також можуть включати розробку нових алгоритмів та методів для ефективного управління та аналізу даних, що збираються в рамках IIoT. Загалом, систематичні дослідження у цих напрямках можуть сприяти подальшому розвитку та вдосконаленню використання IoT у промисловості.



## 1.2 Проблема гуманізації промислового виробництва у контексті Industry 5.0

У кінці 2020-х років з'явилася нова парадигма в розвитку промислового виробництва - Industry 5.0, яка відмінна від свого попередника, Industry 4.0, не тільки за технологічними досягненнями, але й за своєю підхід до гуманізації промислових процесів. Під час Industry 4.0 автоматизація та цифрові технології стали основними фокусами, однак з часом стало очевидним, що вони не здатні вирішити всі проблеми сучасного виробництва. Недоліками автоматизації є її обмежена гнучкість та неспроможність взаємодіяти з непередбаченими ситуаціями. У зв'язку з цим у промисловості виникла необхідність повернутися до участі людини в процесі виробництва. Люди володіють унікальними здібностями, такими як креативність, адаптивність та вміння реагувати на зміни, що робить їх незамінними у вирішенні складних завдань виробництва. Таким чином, гуманізація промислового виробництва у Industry 5.0 передбачає поєднання автоматизації та участі людини для досягнення оптимальних результатів.

Шукати нерозроблені аспекти використання Інтернету речей у промисловості - це одне з важливих завдань для подальшого розвитку цієї галузі. На сьогоднішній день існує декілька напрямків досліджень, які заслуговують на увагу.

По-перше, деякі дослідження вказують на проблеми щодо недостатньої стандартизації в галузі IoT. Наприклад, стаття "Industrial internet of things: Requirements, architecture, challenges, and future research directions" обговорює потребу в розробці стандартів для забезпечення сумісності та інтеграції між пристроями та системами [6].

По-друге, існують проблеми безпеки даних у зв'язку зі зростанням кількості підключених пристроїв. Дослідження з цієї галузі можуть допомогти розробити ефективні методи захисту від кіберзагроз та порушень безпеки.

Крім того, необхідно дослідити проблеми інтеграції та управління великими обсягами даних, які збираються від підключених пристроїв. Це включає розробку ефективних алгоритмів обробки даних та інструментів для аналізу цих даних з метою виявлення цінної інформації для виробничих процесів.

Нарешті, важливо дослідити можливості використання штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МН) в промисловості. Дослідження з цього напрямку можуть виявити нові можливості для вдосконалення виробничих процесів та оптимізації управління промисловими системами.

Загальний аналіз цих проблем та невирішених питань може виявити нові напрямки для подальших досліджень у галузі використання IoT в промисловості, сприяючи подальшому розвитку цієї сфери.

Вивчення потенціалу оптимізації виробничих процесів через застосування Інтернету речей представляє собою ключовий етап у розвитку промисловості. Цей напрямок досліджень спрямований на аналіз впливу IoT на продуктивність та ефективність виробничих ліній та процесів. Відбуваючи огляд літератури у даній сфері, можна виявити основні переваги та можливості використання IoT для вдосконалення виробничих процесів та сприяння подальшому розвитку промисловості

Однією з ключових складових ефективного впровадження IoT є розуміння архітектурних аспектів та вирішення проблем безпеки. Згідно з оглядом статті «An overview of Internet of Things (IoT): Architectural aspects, challenges, and protocols», архітектурні аспекти IoT є одним з важливих факторів, які потрібно враховувати при плануванні та реалізації проектів IoT [7]. Крім того, в статті вказано, що існує детальна таксономія основних викликів, пов'язаних з безпекою у цій області, що може бути використана для визначення стратегій захисту даних та пристроїв IoT. Додатково, стаття розглядає ряд протоколів, що підходять для створення інфраструктури IoT, що може виявитися корисним при розробці стратегій впровадження. Окрім цього, автори статті вказують на важливі відкриті

питання та пропонують напрямки подальших досліджень, що можуть стати важливими в розробці стратегій впровадження IoT у майбутньому

### **1.3 Методологічні підходи до дослідження IoT у промисловості**

#### **1.3.1 Аналіз сучасних методик дослідження IoT**

Сучасні методики дослідження Інтернету речей у промислових застосуваннях орієнтовані на підвищення ефективності виробничих процесів та зниження кількості збоїв. Як вказано у дослідженні, запропонована методика базується на статистичному аналізі для виявлення та аналізу критичних збоїв у виробничих процесах [8]. Це включає виявлення взаємозв'язків між різними факторами та причинами збоїв. Зокрема, дослідження зосереджується на аналізі критичних збоїв та їх асоціацій з іншими параметрами за допомогою кіберфізичних систем (CPS) та промислового Інтернету речей. Використання статистичних методів дозволяє дослідити та визначити статистичні взаємозв'язки між різними критичними збоями (факторами) та їх причинами (причинами збоїв), які виникають через дефіцит матеріалів, організацію виробництва та планування.

Дослідження пропонує концептуальну модель “розумної фабрики” , яка покращує процес виявлення несправностей та забезпечує моніторинг процесів у реальному часі. Запропонована модель дозволяє створити інтелектуальну систему прогнозування збоїв, яку можна інтегрувати з виробничими пристроями для створення середовища з амбієнтним інтелектом. Це, в свою чергу, забезпечує розумне виробництво та дозволяє передбачати критичні збої у виробничих процесах.

Додатково, Інтернет речей з'єднує фізичний і кіберсвіти, перетворюючи повсякденні об'єкти на інтелектуальні віртуальні речі [9]. IoT передбачає оснащення об'єктів ідентифікаційними, сенсорними, мережевими та обчислювальними можливостями, що дозволяє їм взаємодіяти через Інтернет для

досягнення певних цілей. Однією з основних складових IoT є технології радіочастотної ідентифікації (RFID), які дозволяють кожному об'єкту мати унікальний ідентифікатор і бути підключеним до Інтернету. Крім того, пристрої IoT стають все більш поширеними та контекстно-обізнаними, що дозволяє створювати середовище з амбієнтним інтелектом і сприяти зростанню знань у різних сферах.



Рис. 1.2 Порівняння статистичного методу аналізу та симуляції мережі, в контексті IoT сектору

Це дослідження також розглядає поточний стан розвитку IoT, включаючи його архітектуру, сучасні застосування, аспекти безпеки та майбутні перспективи. Проводиться систематичний огляд наукових праць та професійних дискусій для визначення сучасних тенденцій і викликів, які стоять перед IoT. Ця інформація є корисною для нових дослідників, які прагнуть займатися дослідженням у сфері IoT.

Таким чином, використання сучасних методик дослідження IoT у промисловості дозволяє підвищити точність і ефективність виявлення збоїв, що сприяє зростанню загальної продуктивності та зниженню витрат на обслуговування. Розвиток таких методик є важливим для майбутнього промислового виробництва в умовах Індустрії 4.0 та 5.0.

### **1.3.2 Порівняння теоретичних і практичних підходів**

Розглядаючи дослідження IoT у промисловості, важливо виділити відмінності між теоретичними та практичними підходами.

Теоретичний підхід зосереджується на розробці концептуальних моделей, архітектур і рамок, які пояснюють, як різні компоненти IoT можуть взаємодіяти для досягнення поставлених цілей. Згідно з дослідженням, теоретичний підхід до розвитку IoT включає визначення ключових вимог для успішного впровадження технологій [10]. Це дослідження виділяє кілька категорій вимог, таких як стратегічні, інтерактивні, інституційні, ринково-орієнтовані та інфраструктурні ІКТ, які є критично важливими для успіху IoT. Такі вимоги забезпечують глибоке розуміння аспектів, які необхідно врахувати під час планування та розробки IoT-систем.

Практичний підхід, навпаки, зосереджений на реальному впровадженні IoT-рішень у промислових умовах. У дослідженні описано метод промислового практичного розслідування, який використовується для вивчення шляхів впровадження Інтернет-платформ у конкретних промислових галузях [11]. Практичний підхід передбачає визначення об'єктів дослідження, вибір представницьких підприємств з різних галузей, аналіз їхніх потреб і проблем, а також розробку стратегій для ефективного впровадження IoT. Цей метод дозволяє підприємствам адаптувати та оптимізувати свої ресурси та процеси для досягнення максимальної ефективності та вигоди від впровадження IoT.

Загалом, теоретичні підходи забезпечують фундаментальне розуміння концепцій та вимог, необхідних для розвитку IoT, тоді як практичні підходи зосереджуються на реалізації та адаптації цих концепцій у реальних умовах промислових підприємств. Теорія пропонує структури та моделі, які допомагають зрозуміти, як найкраще впроваджувати IoT, тоді як практика дозволяє перевірити ці моделі на реальних прикладах і адаптувати їх до специфічних умов.

Таким чином, поєднання теоретичних та практичних підходів є необхідним для успішного розвитку та впровадження IoT у промисловості. Теоретичні знання допомагають створювати обґрунтовані стратегії, а практичний досвід дозволяє ці стратегії ефективно реалізовувати.

### **1.3.3 Огляд інструментів і технологій для дослідження IoT**

Огляд інструментів і технологій для дослідження Інтернету речей в промисловості є важливою складовою вивчення цієї сфери технологічного розвитку. Наявність різноманітних інструментів та технологій дозволяє дослідникам проводити аналіз, тестування та розробку IoT-систем з метою забезпечення їх ефективності та безпеки.

В даний час існує ряд інструментів та технологій, спрямованих на дослідження IoT. Одним з таких інструментів є SimTalk, який надає можливість симуляції IoT-додатків [12]. Симуляція дозволяє вивчати коректність реалізації та поведінку IoT-прикладів, використовуючи платформу розробки додатків IoT, таку як IoTtalk [13]. Симуляційні коди, створені за допомогою SimTalk, можуть бути безпосередньо перевикористані для реальних IoT-прикладів, що дозволяє ефективно валідувати їх роботу.

До інших інструментів для дослідження IoT відносяться методи та технології кібербезпеки. У статті "Internet of Things (IoT) Cybersecurity Research: A Review of Current Research Topics" пропонується систематичний огляд важливих

питань кібербезпеки в контексті IoT [14]. Цей огляд надає корисну інформацію та уявлення для дослідників і практиків, які зацікавлені у кібербезпеці IoT.

Основні інструменти для дослідження IoT включають у себе інструменти симуляції, а також інструменти та методи кібербезпеки. Використання цих інструментів дозволяє проводити якісне дослідження та розробку IoT-систем, забезпечуючи їх безпеку та ефективність.

#### **1.4 Заключення до розділу**

Було надано загальне уявлення про застосування Інтернету речей в промисловості. Оглядані були сучасні проблеми, технологічні тенденції та методи впровадження IoT для оптимізації виробничих процесів. На основі аналізу літератури існує деяка загальна консенсусу щодо важливості та потенціалу використання IoT у промисловості.

У цьому розділі було з'ясовано, що IoT може значно підвищити ефективність та продуктивність виробничих процесів, сприяючи автоматизації та оптимізації виробництва. Проте, існують виклики та прогалини, такі як стандартизація, безпека даних та інтеграція, які вимагають додаткових досліджень.

Далі у роботі будуть розглянуті стратегії впровадження IoT та подальші напрямки досліджень з метою вирішення виявлених проблем та вдосконалення виробничих процесів.

## 2 СТРАТЕГІЇ ТА МЕТОДОЛОГІЇ ВПРОВАДЖЕННЯ ІОТ У ПРОМИСЛОВОСТІ

### 2.1 Стандартизація промислового Інтернету та Інтернету речей

Промисловий Інтернет та Інтернет речей є ключовими напрямками розвитку сучасних технологій, що передбачають зв'язок і керування різноманітними пристроями та системами через мережу Інтернет. Одним із важливих аспектів їх впровадження є стандартизація, що визначає загальні принципи та правила взаємодії між ними.

Також ця технологія стає все більш поширеним технологічним рішенням в сучасному виробничому середовищі, здатним забезпечити підвищення продуктивності, зменшення витрат та збільшення ефективності виробничих процесів. Згідно з дослідженням, до 2030 року ІоТ може забезпечити глобальну вартість до 12,6 трильйонів доларів [15]. Однак, наразі багато пристроїв підключені до ІоТ без належного регулювання, що може створити ризики з проблемами безпеки, розладами та непередбаченими витратами у майбутньому.

На момент публікації статті "Standardization of Industrial internet and IoT (IoT—Internet of Things): perspective on condition-based maintenance" у 2015 році, питання стандартизації промислового Інтернету та ІоТ вже викликали значний інтерес серед фахівців та дослідників. Зазначене дослідження зосереджується на поточному стані стандартизації та його вплив на розвиток цих технологій [16].

Результати дослідження свідчать про те, що стандартизація у цій сфері тільки починає розвиватися, на момент публікації, але вже має велике значення для подальшого розвитку промислового Інтернету та ІоТ.

Інформація згідно з сучасними даними дослідженнями показує, що стандартизація в галузі ІоТ все ще тільки починається [15]. Важливою є співпраця



між різними організаціями для досягнення міжопераційності, сумісності, надійності та ефективності виробничих процесів.

Стандартизація - це процес розроблення та затвердження загальних стандартів, правил і протоколів для певної галузі діяльності або технології. Вона відіграє ключову роль у забезпеченні сумісності, безпеки та ефективності в різних галузях, включно з промисловим Інтернетом речей.

Стандартизація важлива для того, щоб створити загальні правила гри й універсальні протоколи, які дадуть змогу різним пристроям і системам взаємодіяти між собою без проблем і конфліктів. Це сприяє прискоренню інтеграції технологій, зниженню витрат на розробку і впровадження нових рішень, а також підвищенню рівня безпеки і захисту даних.

Приклади стандартів та ініціатив:

– Промислова платформа OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture) являє собою універсальний протокол зв'язку для обміну даними в промисловому середовищі, сприяючи інтеграції різних пристроїв і систем.

– Стандарти промислової безпеки, як-от ISA-95, визначають єдині правила і протоколи для управління виробничими процесами, забезпечуючи безпеку і надійність у роботі промислових систем.

– Ініціативи, як Industrial Internet Consortium (IIC) і Platform Industrie 4.0, спрямовані на створення відкритих і універсальних протоколів зв'язку, сприяючи розвитку інтероперабельності та сумісності в промисловому середовищі.

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) та OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture) - це два відомі протоколи, які використовуються в Інтернеті речей і промисловому Інтернеті.

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport):

– Це легкий і простий протокол передачі повідомлень, розроблений для обміну даними між пристроями IoT.

– Забезпечує надійну доставку повідомлень в умовах ненадійних мереж і низької пропускної здатності.

- Працює на основі публікації-передплати (publish-subscribe), що дає змогу пристроям надсилати й отримувати дані без необхідності встановлення постійного з'єднання.

- MQTT широко застосовується в масштабних системах розумного будинку, моніторингу обладнання, систем управління будівлями та промислових IoT-додатках.

OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture):

- Це стандарт для обміну даними в промисловій автоматизації та управлінні виробництвом.

- Забезпечує безпечне та надійне передавання даних між пристроями та системами в різних середовищах, включно з промисловими мережами.

- Підтримує різні аспекти промислової автоматизації, як-от управління виробництвом, моніторинг стану обладнання, діагностика та аналітика.

- Надає стандартизований набір інтерфейсів і служб, що забезпечують сумісність та інтеграцію різних пристроїв і систем у промисловому середовищі.

ISA-95 (International Society of Automation-95) - це стандарт, розроблений для інтеграції інформаційних технологій та автоматизованих систем у промисловості. Цей стандарт визначає модель даних і функцій для управління виробничими операціями, такими як планування, управління матеріалами, управління якістю та технічне обслуговування. ISA-95 сприяє стандартизації комунікації між рівнями виробництва і бізнесу, забезпечуючи цілісність і ефективність операцій.

Industrial Internet Consortium (IIC) і Platform Industrie 4.0 - це дві відомі ініціативи, спрямовані на розвиток і стандартизацію промислового інтернету речей і промислової автоматизації. IIC є міжнародною організацією, створеною для сприяння розвитку та впровадженню IIoT-технологій і додатків. Вона проводить дослідження, розробляє рекомендації щодо стандартів і практик, а також організовує спільні проєкти та заходи. Platform Industrie 4.0 - це німецька національна ініціатива, спрямована на підтримку цифрової трансформації в

промисловості. Вона сфокусована на розробці концепцій, стандартів і практичних рекомендацій для реалізації принципів Індустрії 4.0 у німецькій промисловості.

Обидві ініціативи відіграють ключову роль у розвитку ІоТ і промислової автоматизації, сприяючи стандартизації, сумісності та інтеграції різних технологій і систем у промисловому середовищі. Вони також впливають на розвиток міжнародних стандартів і практик у сфері цифрової трансформації та індустрії 4.0.

Встановлення загальних стандартів сприяє зменшенню фрагментації ринку та підвищенню сумісності між різними пристроями та системами, що прискорює процес інтеграції та оптимізації виробничих процесів.

Також стандартизація забезпечує високий рівень безпеки та захисту даних, що підвищує довіру до промислових ІоТ-рішень і сприяє їх широкому прийняттю на ринку.

А саме ухвалення єдиних стандартів знижує витрати на розробку і впровадження технологій, що сприяє прискоренню інновацій та розвитку нових рішень на ринку.

Таблиця 2.1

Порівняння характеристик різних протоколів що використовуються ІоТ [17]

Protocol	CoAP	XMPP	RESTful HTTP	MQTT
Transport	UDP	TCP	TCP	TCP
Messaging	Request/Response	Publish/Subscribe Request/Response	Request/Response	Publish/Subscribe Request/Response
2G, 3G, 4G Suitability (1000 s nodes)	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent
LLN Suitability (1000 s nodes)	Excellent	Fair	Fair	Fair
Compute Resources	10 Ks RAM/Flash	10 Ks RAM/Flash	10 Ks RAM/Flash	10 Ks RAM/Flash
Success Storied	Utility Field Area Networks	Remote management of consumer white goods	Smart Energy Profile 2 (premise energy management/home services)	Extending enterprise messaging into IoT applications

Що до тенденцій та перспектив стандартизації, розвиток стандартів у напрямі універсальності та відкритості дає змогу створювати гнучкі та

масштабовані промислові IoT-системи, що сприяє їхньому широкому впровадженню та розвитку.

Так само потенційно стимулює збільшення уваги до питань безпеки та захисту даних, зокрема розроблення стандартів і методів шифрування для забезпечення конфіденційності та цілісності інформації.

В недалекому майбутньому можливе провадження технологій і стандартів для обробки великих даних і аналітики, що сприяє створенню більш ефективних та інтелектуальних промислових систем.

Стандартизація відіграє ключову роль у розвитку промислового Інтернету речей, забезпечуючи сумісність, безпеку та ефективність у промисловому середовищі. Тенденції розвитку стандартів вказують на прагнення до універсальності, безпеки та гнучкості промислових IoT-систем, що відкриває нові перспективи для розвитку індустрії та підвищення конкурентоспроможності на світовому ринку.

## **2.2 Забезпечення безпеки даних у галузі IoT**

У галузі Інтернету речей безпека даних виявляється ключовою складовою успішної імплементації та функціонування цих систем. Спростуванням ініціальних переконань, що IoT приносить виключно користь, стає підвищення свідомості про ризики, пов'язані з ним, у тому числі із втратою конфіденційності, можливістю кібератак, а також проблемами з управлінням та інтеграцією даних. У цьому розділі ми детально розглянемо різні аспекти забезпечення безпеки даних у галузі IoT, починаючи зі значення конфіденційності та закінчуючи використанням штучного інтелекту та машинного навчання для підвищення рівня захисту. Наша мета - проаналізувати важливість цих аспектів, актуальні тенденції у цій галузі та запропонувати ефективні стратегії для забезпечення безпеки та захисту даних у системах IoT.

Однією з ключових проблем безпеки IoT є забезпечення конфіденційності даних, оскільки пристрої IoT часто збирають і передають великі обсяги особистої інформації. Це створює ризик несанкціонованого доступу до даних та їх використання зловмисниками. Для захисту конфіденційності необхідно впроваджувати шифрування даних на всіх етапах передачі та зберігання, а також використовувати методи аутентифікації та авторизації для контролю доступу до даних.

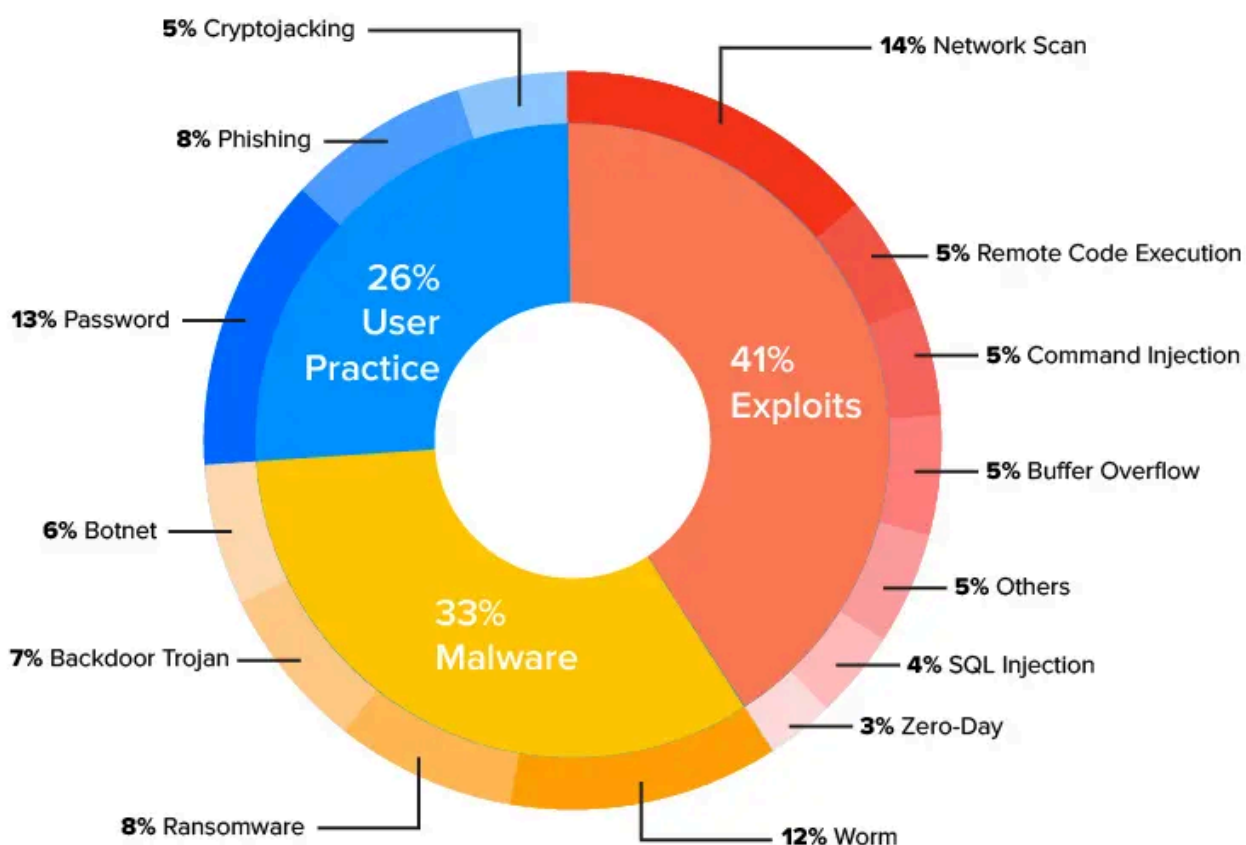


Рис. 2.1 Види та характер загроз для безпеки Інтернету речей [18]

Іншою важливою складовою безпеки IoT є захист від кібератак. Пристрої IoT часто мають обмежені обчислювальні ресурси, що ускладнює впровадження традиційних методів кібербезпеки. Тому необхідно розробляти нові, більш

ефективні методи захисту, такі як використання блокчейн-технологій для забезпечення цілісності даних та розподілених систем захисту, які можуть виявляти та реагувати на загрози в режимі реального часу.

Враховуючи все вищезазначене, важливо впроваджувати комплексні стратегії забезпечення безпеки даних у галузі IoT, які включають використання передових технологій, розробку нових методів захисту та постійне вдосконалення існуючих систем. Це дозволить знизити ризики, пов'язані з використанням IoT, та забезпечити надійний захист даних у цій галузі.

### **2.2.1 Значення конфіденційності даних у галузі IoT**

Конфіденційність даних у галузі Інтернету речей виявляється ключовою складовою успішної імплементації та функціонування цих систем. Дослідження підкреслює необхідність уваги до проблем безпеки, конфіденційності та захисту даних у контексті розвитку IoT [19]. Автори вказують на загрози та вразливості, з якими стикаються системи IoT, зокрема, проблеми безпеки, конфіденційності та захисту даних. На основі проведених досліджень був розроблений новий модель IoT, який має на меті покращення рівня безпеки та конфіденційності для користувачів. Результати вказують на ефективність цієї моделі в упорядкуванні проблем, проте водночас залишаються потреби в подальших дослідженнях для вдосконалення безпеки систем IoT.

Базуючись на цій інформації можна зробити кілька висновків.

Важливість безпеки та конфіденційності в IoT, так як дослідження підтверджує, що безпека та конфіденційність даних є критичними аспектами для успішної реалізації IoT. Забезпечення захисту від потенційних загроз та збереження конфіденційності інформації користувачів є пріоритетним завданням для розробників та операторів систем IoT.

Все ще існує потреба в подальших дослідженнях, результати підкреслюють необхідність подальших досліджень у цій області для постійного вдосконалення

заходів безпеки та конфіденційності в IoT. Це відображає постійний характер загроз та вимагає постійного оновлення та вдосконалення захисних механізмів.

З цього можемо зробити ще один висновок, цей напрямок має великі перспективи розвитку, хоча існують виклики у забезпеченні безпеки та конфіденційності в IoT, розробка нових моделей та рішень може сприяти покращенню цих аспектів. Підходи, які враховують потреби та особливості користувачів, а також технологічні інновації, можуть допомогти вирішити ці проблеми у майбутньому.

### **2.2.2 Забезпечення безпеки даних у галузі IoT**

В сучасному цифровому середовищі, де Інтернет речей стає все більш широко поширеним, захист даних виявляється критичним аспектом. Літературні джерела, такі як "Improving IoT privacy, data protection and security concerns" та "Security, Cybercrime and Digital Forensics for IoT" , демонструють, що безпека даних та захист від кіберзлочинності стають головними викликами для розвитку IoT [20]. Згідно з цими дослідженнями, наразі існує ряд загроз, які можуть вплинути на безпеку та конфіденційність даних у секторі IoT.

Аналіз "Improving IoT privacy, data protection and security concerns" показує, що існують певні уразливості, такі як проблеми безпеки, приватності та захисту даних, які ще не отримали належного уваги [19]. Автори статті рекомендують розробку нових моделей для поліпшення безпеки та конфіденційності користувачів.

Зі свого боку, "Security, Cybercrime and Digital Forensics for IoT" розглядає стратегії захисту від кіберзлочинності в галузі IoT [20]. Це дослідження вказує на те, що недоліки у захисті даних можуть призвести до серйозних наслідків для користувачів та підприємств. Згідно з цим дослідженням, цифрова форензика (виявлення та вивчення цифрових слідів, що можуть свідчити про кібератаки, порушення безпеки чи інші злочини, скоєні через мережу Інтернет або з

використанням підключених пристроїв) може стати ефективним інструментом виявлення та запобігання кіберзлочинності в галузі IoT.

Узагальнюючи, результати цих досліджень свідчать про те, що безпека даних у галузі IoT вимагає негайних заходів і стратегій. Істотною є необхідність розробки нових моделей безпеки та впровадження ефективних стратегій захисту від кіберзлочинності для забезпечення безпеки та конфіденційності в цьому швидкозмінному цифровому середовищі.

### **2.2.3 Забезпечення цілісності даних**

Забезпечення цілісності даних в галузі Інтернету речей є актуальною і важливою, оскільки великий обсяг даних, які генерують та обмінюють підключені пристрої, потребує надійного захисту від будь-яких змін чи втручань. Збереження цілісності даних важливо для забезпечення їх достовірності та недопущення будь-яких змін, які можуть вплинути на їхню точність чи достовірність. Розглянемо ключові аспекти забезпечення цілісності даних в контексті Інтернету речей та обговоримо стратегії та методи, які можна використовувати для захисту даних від будь-яких небажаних змін.

Це є ключовим аспектом управління інформацією для будь-якої організації. Це означає забезпечення того, що дані залишаються точними, надійними та не піддатними до незаконної зміни [21]. Для цього використовуються різні методи та практики, серед яких найважливіші:

- Перевірка та підтвердження даних, процес який включає в себе валідацію та перевірку достовірності та правильності даних. Наприклад, система може перевіряти, чи введені дані відповідають певним форматам або правилам.

- Забезпечення обмеженого доступу до даних для запобігання несанкціонованому змінненню або видаленню. Це може включати в себе встановлення різних рівнів доступу для різних користувачів та встановлення паролів.



– Застосування шифрування для захисту конфіденційної інформації від несанкціонованого доступу. Дані шифруються за допомогою спеціальних алгоритмів, що робить їх незрозумілими для незаконних користувачів.

– Регулярне створення копій даних та розробка планів відновлення даних у разі втрати або пошкодження. Це дозволяє організаціям швидко відновлювати свою інформацію після непередбачених подій.

– Встановлення механізму для відстеження змін у даних та їх часу зміни. Це дозволяє відновити попередні версії даних у разі потреби та визначити, коли та хто вніс зміни.

– Запис подій, що стосуються даних, для відстеження дій користувачів та виявлення будь-яких випадків порушення безпеки. Це допомагає виявляти та вирішувати проблеми з безпекою даних.

– Використання спеціальних механізмів для виявлення та вирішення помилок, що можуть виникати при обробці даних. Наприклад, система може мати вбудований механізм для виявлення та автоматичного виправлення помилок в даних.

Було розглянуто основні аспекти забезпечення цілісності даних. Захист даних від несанкціонованого доступу та змін, збереження їх точності та надійності - це важливі завдання для будь-якої організації в сучасному цифровому середовищі.

Шляхом впровадження різних заходів, таких як перевірка даних, контроль доступу, шифрування, регулярні резервні копії та інші, ми можемо забезпечити, що дані залишаються цілісними та захищеними від потенційних загроз. Дотримання цих практик допомагає уникнути витрат, пов'язаних з порушенням даних, підвищує довіру споживачів та партнерів та дозволяє організаціям залишатися конкурентоспроможними в сучасному ринковому середовищі.

## 2.2.4 Управління доступом до даних

Забезпечення безпеки даних у галузі Інтернету речей є однією з найважливіших викликів у цифровій епосі, де ми живемо сьогодні. Постійний ріст кількості підключених пристроїв і обсягу згенерованих даних створює унікальні виклики та загрози для безпеки, конфіденційності та цілісності цих даних.

Управління доступом до даних в системах Інтернету речей є критично важливою складовою для забезпечення безпеки, конфіденційності та цілісності даних. Один з ключових аспектів управління доступом є ролева модель доступу, яка визначає права доступу на основі ролей користувачів. Цей підхід дозволяє обмежувати доступ до конфіденційних даних лише тим користувачам, які мають відповідні ролі та повноваження.

Інший важливий аспект - це контроль доступу на основі атрибутів, який базується на визначенні прав доступу до даних на основі їх атрибутів, таких як тип даних, рівень конфіденційності та інші параметри.

Крім того, методи аутентифікації та авторизації відіграють важливу роль у забезпеченні безпеки доступу до даних. Ці методи дозволяють перевіряти ідентичність користувачів та забезпечувати доступ лише авторизованим особам.

Проте, важливо враховувати, що управління доступом до даних в системах IoT стикається зі значними викликами, такими як великий обсяг даних, різноманітність пристроїв та зв'язаних з ними протоколів, а також потенційні загрози кібербезпеки.

Отже, на основі вивчення існуючих методів контролю доступу до даних в системах IoT можна зробити висновок про важливість ретельно розроблених стратегій управління доступом, що дозволяють забезпечити безпеку та конфіденційність даних в цьому середовищі.

## **2.3 Аналіз сучасного стану впровадження IoT у промисловості**

Інтернет речей є ключовим компонентом “промислової революції”, відомої як Індустрія 4.0. У цьому розділі ми проаналізуємо поточний стан впровадження IoT у промисловості, зосереджуючи увагу на огляді ринку, практичних кейсах та порівнянні успішних і неуспішних впроваджень.

### **2.3.1 Огляд ринку IoT в промисловості**

Інтернет речей швидко розвивається і змінює виробничі процеси в усьому світі. Згідно з дослідженням "Value of the Internet of Things for the Industry – An Overview", IoT дозволяє унікально ідентифікованим речам безпосередньо чи опосередковано збирати, обробляти та обмінюватися даними через Інтернет, що відкриває нові можливості для автоматизації та оптимізації виробничих процесів.

Існує значна невизначеність щодо того, чи є IoT тимчасовою модою, чи фундаментальним феноменом. Проте дослідження показують, що IoT має значний потенціал для промисловості, зокрема у виробництві товарів і послуг. Він може підтримувати нові бізнес-моделі та підвищувати ефективність виробництва, що робить його цінним активом для промислових підприємств.

Ключові технології IoT, такі як датчики, мережеві протоколи, платформи для обробки великих даних та інші, продовжують розвиватися і відкривати нові можливості для промислових підприємств. Глобальні ініціативи зі стандартизації допомагають створити єдині платформи та протоколи, які забезпечують інтероперабельність та безпеку IoT-систем [22].

## Leading IoT Segments by Market Share

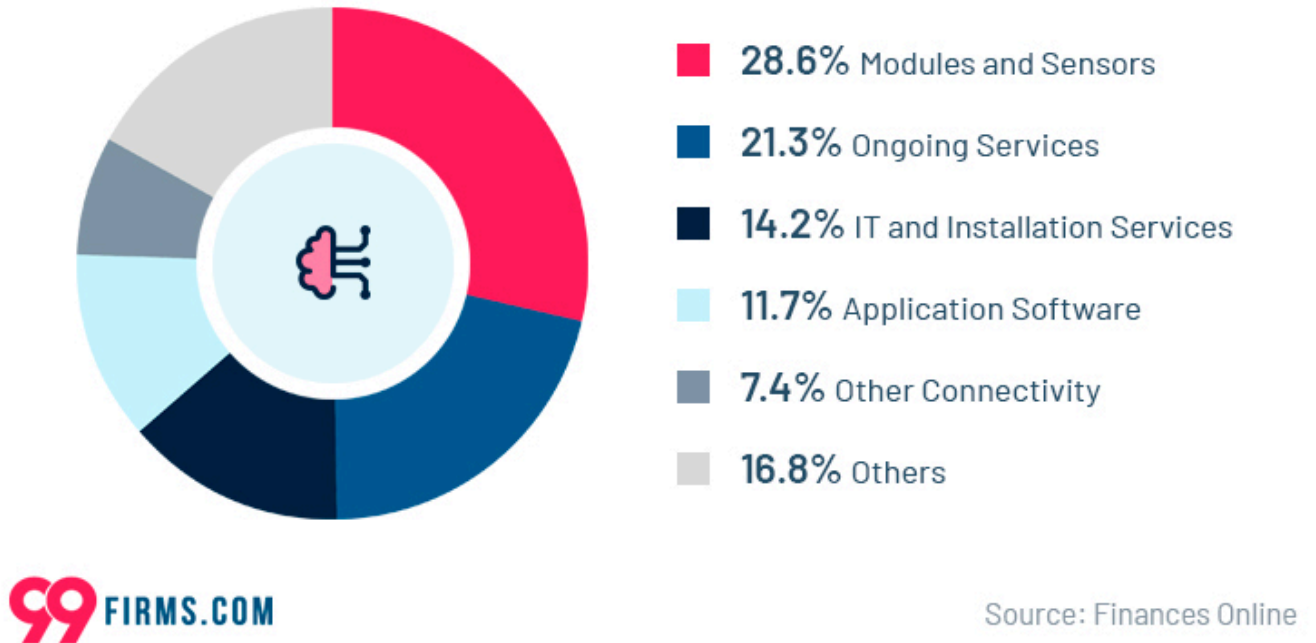


Рис. 2.2 Частки різних сегментів ринку IoT [23]

### 2.3.2 Практичні кейси впровадження IoT в промислових компаніях

Впровадження IoT в промислових підприємствах може значно підвищити їхню конкурентоспроможність та ефективність. Згідно з дослідженням "Theory and Practice of Implementing a Successful Enterprise IoT Strategy in the Industry 4.0 Era", підприємства по всьому світу активно впроваджують IoT для покращення своєї продуктивності, інновацій та зниження витрат.

Успішна стратегія впровадження IoT включає декілька ключових етапів, від розробки концепції та аналізу потреб до інтеграції IoT-рішень та їхньої оцінки. Наприклад, у "розумних фабриках" використовуються інтелектуальні роботи, сенсори, 3D-друк та інші технології для автоматизації та оптимізації виробничих процесів.

Одним з успішних прикладів є компанія, яка впровадила IoT-рішення для моніторингу та управління виробничими лініями в режимі реального часу. Це дозволило значно знизити час простоїв обладнання, підвищити якість продукції та зменшити витрати на обслуговування [24].

### **2.3.2.1 Персональний досвід роботи с IoT**

Під час проходження практики в компанії КОІНСІМПЛ була використана унікальна можливість працювати з CRM-системою, яка інтегрує IoT-рішення для покращення бізнес-процесів. Цей досвід дозволив глибше зрозуміти взаємодію сучасних технологій та бізнесу. Основною частиною роботи було використання та налаштування CRM-системи Creatio, яка є ключовою складовою IoT-інфраструктури компанії, де проходила практика.

CRM (Customer Relationship Management) – це програмне забезпечення для управління контактами, продажами, маркетингом та сервісом клієнтів. Воно допомагає компаніям ефективно взаємодіяти з клієнтами, аналізувати їхні потреби та покращувати якість обслуговування. Creatio, з якою була проведена робота, є адаптивною платформою, що пропонує безліч готових IoT-рішень, які легко адаптуються під конкретні бізнес-потреби. Вона включає управління контактами, продажами, маркетингом, сервісом клієнтів, а також візуальне моделювання та автоматизацію бізнес-процесів. Система також містить інтегровані інструменти для аналізу даних та автоматизації завдань на основі штучного інтелекту і легко інтегрується з іншими системами та сервісами через API.

CRM-система Creatio є важливою складовою IoT-інфраструктури компанії. Вона дозволяє управляти даними клієнтів у режимі реального часу, інтегрувати додаткові сервіси та використовувати аналітичні інструменти для покращення ефективності бізнесу. Це робить Creatio ефективним інструментом для оптимізації бізнес-процесів.

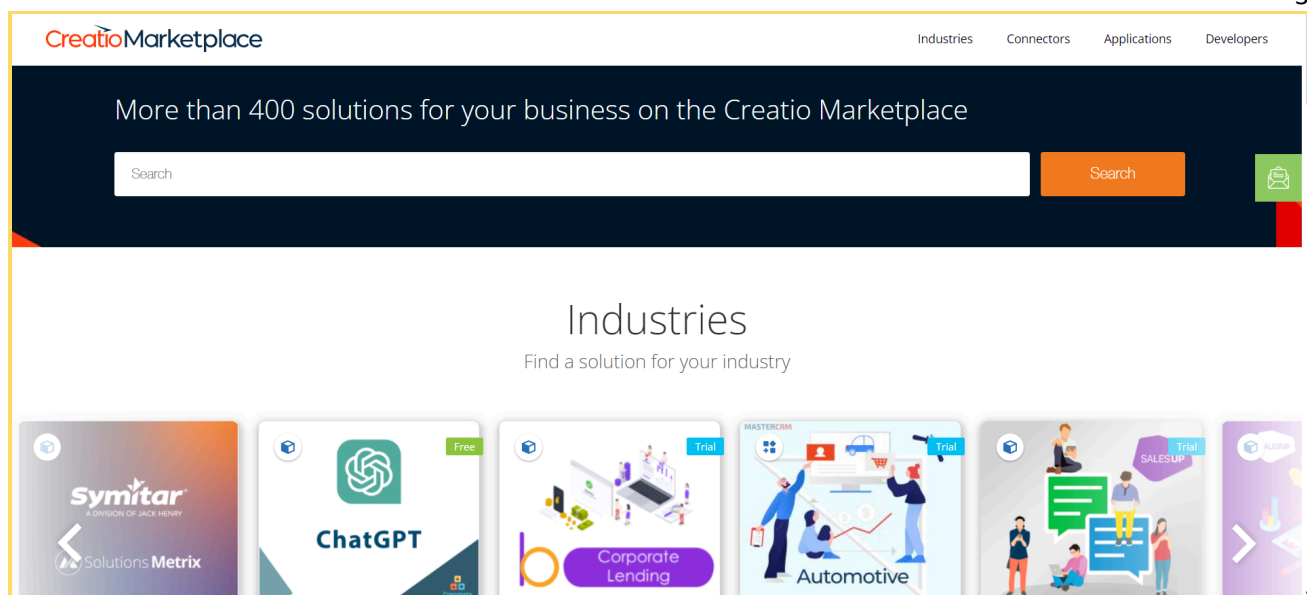


Рис. 2.3 Головна сторінка Creatio для користувачів сервісу, з вибором IoT рішень для бізнесу [25]

На практиці мав змогу побачити як реалізована інтеграція додаткових сервісів, таких як IP-телефонія та аналітичні інструменти, для покращення продажів та управління бізнес-процесами. Крім того, було спостережено, як гнучка система Creatio адаптується під різні бізнес-потреби, від маленьких промислових стартапів до великих промислових підприємств у різних містах.

Досвід роботи з Creatio дозволив краще зрозуміти, як сучасні технології IoT можуть бути інтегровані в бізнес-процеси для підвищення їх ефективності. Цей досвід підкреслює важливість використання CRM-систем у контексті IoT, показуючи, як сучасні технології можуть покращити ефективність бізнесу та забезпечити його зростання.

### 2.3.3 Порівняння успішних і неуспішних впроваджень

Впровадження IoT у промислових компаніях може мати різні результати залежно від багатьох факторів. Розглянемо досвід двох провідних виробників з аерокосмічної та автомобільної промисловостей, які ілюструють як успішні, так і неуспішні приклади впровадження IoT [26].

Одним з основних факторів успіху є чітко сформульована стратегія дизайну системи. Успішні компанії чітко розуміють, які цілі вони хочуть досягти за допомогою IoT, і мають детальний план, як цього досягти. Наприклад, одна з компаній з аерокосмічної галузі успішно впровадила IoT завдяки ясній стратегії, яка охоплювала всі аспекти від технічного до комерційного дизайну системи.

Інший важливий аспект – це переосмислення ролей і обов'язків працівників. Успішні компанії забезпечують належне навчання та підготовку персоналу, щоб вони могли ефективно використовувати нові IoT-системи. Наприклад, у автомобільній промисловості компанія досягла успіху завдяки тому, що зосередила увагу на підготовці працівників до нових завдань, пов'язаних з використанням IoT.

Також успішні впровадження часто залежать від здатності компанії надавати клієнтам чіткі інструкції щодо використання системи. Це може включати детальні керівництва, навчальні матеріали або підтримку, щоб клієнти могли повністю скористатися можливостями IoT-системи.

З іншого боку, невдалі впровадження часто пов'язані з відсутністю чіткої стратегії або недостатньою підготовкою персоналу. Наприклад, одна з компаній не змогла успішно впровадити IoT через недостатню увагу до підготовки працівників та відсутність системного підходу до дизайну і впровадження системи.

Крім того, відсутність злагодженості між різними відділами компанії може призвести до невдачі. Якщо відділи не працюють у тісному контакті та не дотримуються єдиного бачення, це може призвести до проблем у впровадженні IoT, таких як несумісність систем або відсутність підтримки з боку ключових зацікавлених сторін.

Нарешті, ще один фактор невдачі – це невідповідність між очікуваннями та реальністю використання IoT. Якщо клієнти не отримують очікуваної вигоди від використання системи, це може призвести до негативного сприйняття та, як наслідок, до відмови від її використання.

Успішне впровадження IoT у промисловості залежить від багатьох факторів, включаючи чітко сформульовану стратегію, належну підготовку персоналу, підтримку клієнтів та злагоджену роботу всіх відділів компанії. Аналіз успішних і неуспішних прикладів показує, що для досягнення успіху компаніям необхідно більше, ніж просто хороші технічні рішення – вони потребують також добре продуманих сервісних і системних рішень

### **2.3.4 Використання блокчейн-технологій у IoT**

Використання блокчейн-технологій у сфері Інтернету речей є перспективним напрямком, що забезпечує високу безпеку, прозорість та надійність даних [27]. Блокчейн дозволяє створити децентралізовану мережу, де всі учасники мають доступ до єдиної версії правди, що значно знижує ризик маніпуляцій та злому.

Однією з головних переваг блокчейн для IoT є підвищення безпеки. Використання криптографічних методів унеможливорює несанкціонований доступ до даних, що особливо важливо в контексті промислового Інтернету речей. Це означає, що всі дані, які передаються між IoT-пристроями, є захищеними та автентичними.

Прозорість є ще однією значною перевагою блокчейн. Всі транзакції в блокчейні записуються і можуть бути перевірені будь-яким учасником мережі. Це дозволяє відстежувати походження і історію даних, що важливо для промислових застосувань, де точність та достовірність даних критичні. Наприклад, у виробництві можна відстежувати шлях кожної деталі від постачальника до кінцевого продукту, забезпечуючи прозорість виробничого процесу.

Децентралізована природа блокчейн робить мережу стійкою до зломів і відмов, оскільки немає єдиної точки відмови. Це особливо важливо для критично важливих систем, таких як промислові IoT. Наприклад, у випадку збою одного



вузла мережі, інші вузли продовжують працювати, забезпечуючи безперебійну роботу системи.

У практичному застосуванні блокчейн для IoT використовуються смарт-контракти, які автоматизують виконання угод між IoT-пристроями без втручання людини. Також блокчейн може бути використаний для відстеження логістики, що дозволяє в реальному часі контролювати переміщення товарів і сировини, забезпечуючи прозорість і зменшення ризиків шахрайства.

### **2.3.5 Вплив 5G на розвиток IoT**

Технологія 5G значно змінює можливості IoT, забезпечуючи високошвидкісний інтернет з низькою затримкою та можливістю підключення великої кількості пристроїв.

Однією з основних переваг 5G для IoT є висока пропускна здатність. 5G підтримує значно більшу швидкість передачі даних, що дозволяє IoT-пристроєм обмінюватися великою кількістю інформації в реальному часі. Це особливо важливо для застосувань, таких як розумні фабрики, де величезні обсяги даних повинні оброблятися миттєво.

Технологія 5G також забезпечує масштабованість, дозволяючи підключати значно більшу кількість пристроїв на одиницю площі. Це розширює можливості створення масштабних IoT-мереж, таких як розумні міста, де тисячі пристроїв взаємодіють між собою для оптимізації міських процесів.

Низька затримка в передачі даних, яку забезпечує 5G, критична для таких застосувань, як автономні транспортні засоби та дистанційне керування промисловим обладнанням. Завдяки цьому, пристрої можуть миттєво реагувати на команди та зміни в оточенні, що підвищує ефективність і безпеку їх роботи.

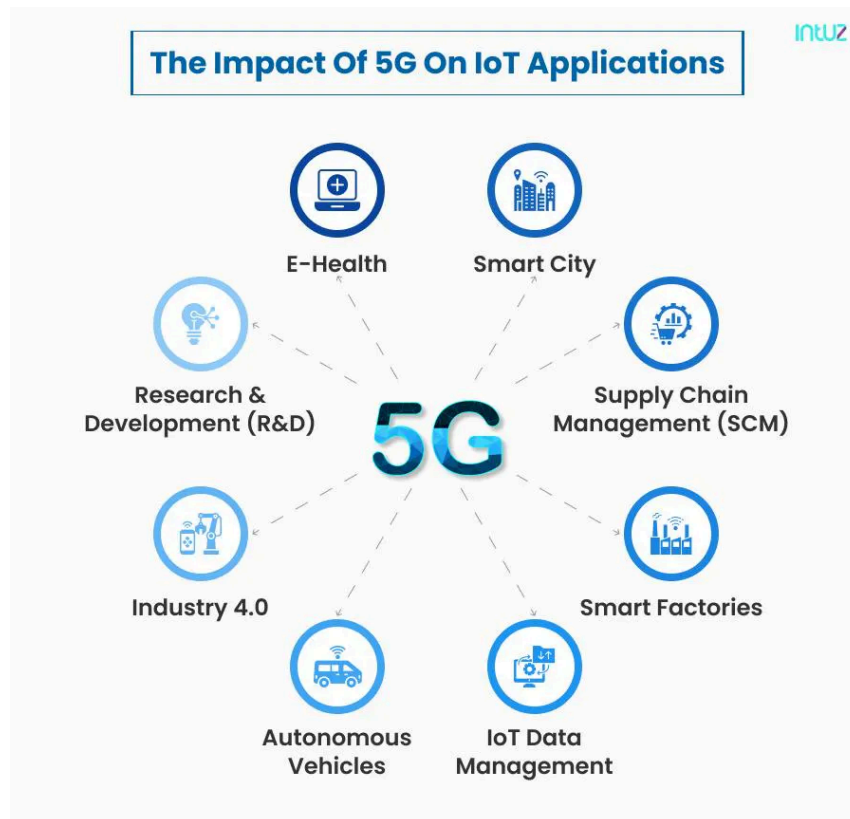


Рис. 2.4 IoT ініціативи що реалізуються через 5G [28]

Крім того, 5G сприяє розвитку нових технологій, таких як доповнена реальність (AR) і віртуальна реальність (VR), які можуть бути інтегровані в IoT-системи. Це відкриває нові можливості для застосування IoT у різних галузях, включаючи освіту, охорону здоров'я та розваги. Наприклад, в медицині можна використовувати AR для віддалених операцій і діагностики, що дозволить лікарям проводити високоточні процедури безпосередньо через інтернет.

Технологія 5G також сприяє розвитку інтелектуальних мереж, або "smart grids", які забезпечують більш ефективне управління енергетичними ресурсами. Здатність швидко обмінюватися даними між численними сенсорами і пристроями дозволяє оптимізувати споживання енергії, зменшуючи витрати і покращуючи екологічну стійкість.

У сфері логістики 5G покращує можливості відстеження вантажів у режимі реального часу, що дозволяє компаніям краще керувати своїми ресурсами і

зменшувати час доставки. Завдяки цьому можна значно підвищити ефективність ланцюгів поставок і зменшити витрати на транспортування.

Загалом, впровадження 5G в IoT призводить до створення більш розумних, ефективних і безпечних систем, які можуть адаптуватися до швидкозмінних умов і потреб. Це надає компаніям нові можливості для інновацій і розвитку, підвищуючи їхню конкурентоспроможність на глобальному ринку.

Таблиця 2.2

## Оцінка параметрів 5G що використовуються в IoT

Параметр	Переваги	Недоліки
Швидкість передачі	Висока пропускна здатність до 10 Гбіт/с, що дозволяє швидше обробляти великі обсяги даних	Впровадження високошвидкісного обладнання може бути дорогим
Затримка	Зменшена до 1 мс, що дозволяє отримувати дані та реагувати в реальному часі	Потребує оновлення інфраструктури для підтримки низької затримки
Надійність мережі	Висока надійність та стійкість з'єднання, особливо в критичних виробничих середовищах	Ризики безпеки даних через більшу кількість підключених пристроїв
Щільність підключень	Можливість підключення до 1 мільйона пристроїв на км <sup>2</sup> , що дозволяє масштабувати IoT системи	Необхідність великих інвестицій в розширення мережі
Енергоспоживання	Оптимізація енергоспоживання пристроїв завдяки ефективному управлінню даними та підключеннями	Висока складність управління великою кількістю пристроїв та даних
Нові можливості	Підтримка нових технологій, таких як AI, VR, AR, що покращують виробничі процеси	Залежність від стабільного функціонування нової технологічної інфраструктури

### 2.3.6 Вплив штучного інтелекту на сферу Інтернету речей

Інтернет речей представляє собою концепцію взаємозв'язку фізичних пристроїв, транспортних засобів, будівель та інших предметів, оснащених вбудованими датчиками, програмним забезпеченням і мережевою підключеністю, що дозволяє їм збирати та обмінюватися даними. Останніми роками розвиток IoT

набув стрімкого поширення завдяки здатності інтегрувати технології штучного інтелекту. ШІ в поєднанні з IoT відкриває нові можливості для автоматизації, підвищення ефективності та оптимізації різних процесів у різних галузях.

Однією з ключових переваг використання ШІ в IoT є можливість аналізу великих обсягів даних у режимі реального часу. ШІ-алгоритми здатні обробляти дані з численних сенсорів, виявляти закономірності та робити прогнози щодо майбутніх подій. Наприклад, в промислових додатках це може означати передбачення виходу з ладу обладнання та планування профілактичного обслуговування, що знижує витрати та запобігає непередбаченим зупинкам виробництва.

ШІ сприяє розвитку розумних міст, де інфраструктура управляється більш ефективно завдяки аналізу даних з IoT-пристроїв. Це включає оптимізацію руху транспорту, управління освітленням та системами енергопостачання, що сприяє зниженню споживання енергії та підвищенню якості життя громадян. У розумних будинках ШІ забезпечує автоматизацію побутових процесів, таких як контроль клімату, безпека та управління побутовими приладами, що робить життя зручнішим та безпечнішим.

В галузі охорони здоров'я поєднання IoT та ШІ має потенціал для значного покращення медичного обслуговування. IoT-пристрої можуть моніторити стан пацієнтів у реальному часі, а ШІ-алгоритми аналізують ці дані для діагностики, прогнозування розвитку захворювань та індивідуалізації лікування. Це дозволяє виявляти критичні стани пацієнтів на ранніх стадіях та реагувати на них оперативніше.

ШІ грає вирішальну роль у розвитку автономних транспортних засобів, які використовують численні сенсори для навігації та прийняття рішень у реальному часі. IoT-технології забезпечують з'єднання цих транспортних засобів з іншими автомобілями, інфраструктурою та пішоходами, створюючи більш безпечну та ефективну транспортну систему.

Незважаючи на численні переваги, впровадження ІІІ в сфері ІоТ стикається з певними викликами. Одним з головних є питання безпеки та конфіденційності даних. Зі зростанням кількості підключених пристроїв збільшується ризик кіберзагроз, тому необхідно розробляти ефективні методи захисту інформації. Іншим викликом є забезпечення сумісності між різними пристроями та стандартами, що вимагає уніфікації протоколів зв'язку та співпраці між виробниками.

Перспективи інтеграції ІІІ та ІоТ є надзвичайно широкими. З подальшим розвитком технологій очікується поява нових сфер застосування та вдосконалення існуючих, що сприятиме подальшій автоматизації та підвищенню ефективності різних галузей економіки.

Використання штучного інтелекту в сфері Інтернету речей відкриває нові горизонти для розвитку сучасних технологій. Завдяки здатності аналізувати великі обсяги даних, передбачати події та автоматизувати процеси, ІІІ сприяє підвищенню ефективності та безпеки в різних сферах діяльності. Однак, для повноцінної реалізації потенціалу цієї інтеграції необхідно вирішувати питання безпеки та сумісності, що стане запорукою подальшого розвитку Інтернету речей.

## **2.4 Оцінка економічної ефективності впровадження ІоТ у промисловості**

Оцінка економічної ефективності впровадження ІоТ у промисловості - це аналіз, який допомагає розуміти, наскільки вигідним буде використання ІоТ-технологій для бізнесу. Перш ніж приймати рішення про впровадження, необхідно ретельно оцінити всі витрати, пов'язані з цим процесом. Потім необхідно визначити, які саме переваги або заощадження можна отримати в результаті використання ІоТ. Важливо також врахувати можливі зміни у внутрішніх чи зовнішніх умовах проекту та їхній вплив на його ефективність. Оцінка економічної ефективності допомагає зробити обґрунтоване рішення щодо

впровадження IoT, вибираючи проекти, які найбільш перспективні з фінансової точки зору.

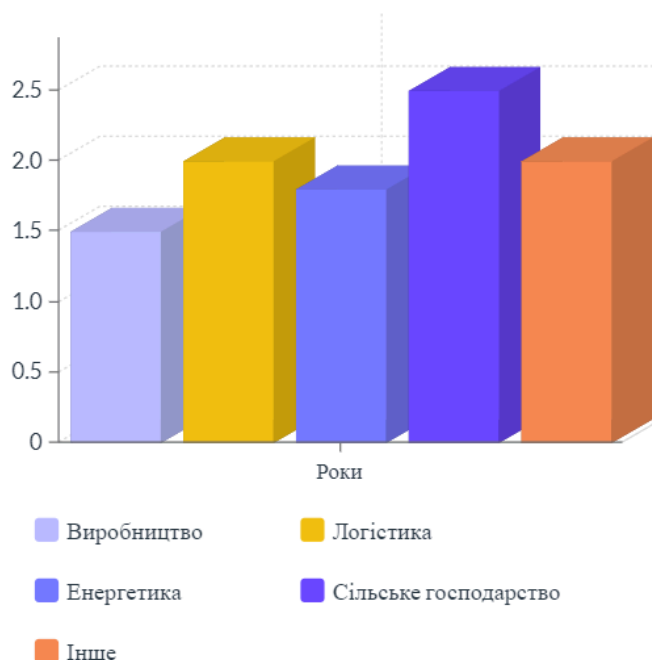


Рис. 2.5 Періоди за які IoT система окупає витрати на себе у різних сферах

### 2.4.1 Методи оцінки економічної ефективності

Оцінка економічної ефективності впровадження IoT у промисловості є критично важливою для прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Існують різні методи економічної оцінки, які застосовуються для аналізу вигід та витрат впровадження IoT-систем. Основні методи включають аналіз мінімізації витрат, аналіз ефективності витрат, аналіз корисності витрат та аналіз вигід та витрат [29].

Аналіз мінімізації витрат (Cost-Minimization Analysis, CMA) передбачає порівняння лише витрат альтернативних варіантів для визначення найнижчої вартості, коли результати порівнюваних варіантів є однаковими. Цей метод корисний у випадках, коли впровадження IoT має однаковий вплив на виробничі процеси, але різні витрати.

Аналіз ефективності витрат (Cost-Effectiveness Analysis, CEA) використовується для оцінки вартості досягнення певного результату або вигоди.

Наприклад, цей метод можна використовувати для порівняння вартості різних IoT-рішень у зниженні простоїв обладнання.

Аналіз корисності витрат (Cost-Utility Analysis, CUA) враховує як витрати, так і корисність, виміряну в одиницях, таких як якість життя або функціональна здатність. У контексті IoT цей метод може бути використаний для оцінки впливу на продуктивність або безпеку працівників.

Аналіз вигід та витрат (Cost-Benefit Analysis, CBA) включає порівняння загальних вигід і витрат проекту з урахуванням їхньої грошової вартості. Це найкомплексніший метод, який дозволяє врахувати всі аспекти економічної ефективності впровадження IoT, включаючи потенційні вигоди від підвищення ефективності, зниження витрат на обслуговування та підвищення якості продукції

#### **2.4.2 Розрахунки та економіко-математичні моделі**

Для точного оцінювання економічної ефективності впровадження IoT у промисловості необхідні складні розрахунки та економіко-математичні моделі. Деякі з таких моделей включають модель Net Present Value (NPV), модель Internal Rate of Return (IRR), модель Total Cost of Ownership (TCO) та модель Return on Investment (ROI).

Модель Net Present Value (NPV) використовується для визначення теперішньої вартості майбутніх грошових потоків від впровадження IoT, що дозволяє оцінити, чи перевищують вигоди витрати.

Модель Internal Rate of Return (IRR) допомагає визначити рентабельність інвестицій у IoT, вказуючи на процентну ставку, при якій теперішня вартість вигід дорівнює теперішній вартості витрат.

Модель Total Cost of Ownership (TCO) враховує всі витрати, пов'язані з впровадженням і експлуатацією IoT, включаючи витрати на обладнання, програмне забезпечення, технічне обслуговування та навчання персоналу.

Модель Return on Investment (ROI) використовується для оцінки ефективності інвестицій у IoT, порівнюючи загальні вигоди з витратами.

Економетричні моделі використовуються для прогнозування впливу впровадження IoT на економічні показники компанії, такі як продуктивність, витрати та прибутковість. Використання цих методів та моделей дозволяє компаніям точно оцінити економічну ефективність впровадження IoT, що сприяє прийняттю обґрунтованих рішень щодо інвестицій у ці технології.

## **2.5 Вплив IoT на екологічну стійкість**

### **2.5.1 Формування екологічно свідомих споживачів**

Інтернет речей має потенціал значно вплинути на формування екологічно свідомих споживачів [30]. Завдяки можливості надавати дані про споживання енергії в режимі реального часу, розумні домашні пристрої можуть стимулювати користувачів до зменшення їхнього вуглецевого сліду. Наприклад, розумні термостати та освітлювальні системи дозволяють ефективніше використовувати енергію, автоматично регулюючи температуру і освітлення відповідно до потреб мешканців, що сприяє економії енергії.

Крім того, IoT-додатки можуть пропонувати екологічно чисті альтернативи для повсякденних продуктів і послуг, що сприяє стійким споживчим звичкам. Наприклад, додатки можуть порівнювати вплив на довкілля різних товарів, надаючи інформацію про їхній вуглецевий слід, та рекомендувати більш екологічно чисті варіанти.

Отже, додатково до вже зазначеного, важливо відзначити, що IoT також може сприяти освітленню споживачів щодо їхнього впливу на довкілля. Шляхом надання реальних даних про енергоспоживання та вуглецевий слід різних пристроїв та послуг, IoT може стимулювати споживачів до більш обізнаних виборів. Забезпечуючи доступ до інформації про те, як їхні дії впливають на



довкілля, IoT сприяє формуванню свідомих споживчих звичок та розумінню важливості сталого споживання.

Також важливо враховувати, що IoT може забезпечити персоналізовані рішення для споживачів, які допоможуть їм ефективніше керувати своїм енергоспоживанням. Наприклад, системи IoT можуть надавати рекомендації щодо оптимальних режимів роботи побутових пристроїв з урахуванням конкретних потреб та пріоритетів користувачів. Це не лише збільшує зручність для споживачів, але й допомагає їм бути більш ефективними у використанні ресурсів та зменшенні впливу на навколишнє середовище.

### **2.5.2 Оптимізація використання енергії**

IoT-технології надають значні можливості для оптимізації використання енергії, що є критично важливим як для економіки, так і для екології. Завдяки розумним мережам та сенсорам, що збирають дані в режимі реального часу, енергетичні компанії можуть краще управляти постачанням та попитом на енергію.

Це дозволяє мінімізувати втрати, підвищити ефективність і знизити витрати на виробництво та транспортування енергії. Наприклад, інтелектуальні лічильники електроенергії дозволяють відстежувати споживання енергії на рівні домогосподарств та промислових об'єктів. Це надає можливість для оптимізації енергоспоживання шляхом виявлення та усунення неефективних точок споживання.

Дані, зібрані лічильниками, можуть використовуватися для розробки більш точних та ефективних тарифних планів, що стимулюють економне використання енергії. Крім того, розумні мережі здатні інтегрувати відновлювані джерела енергії, такі як сонячна та вітрова енергія, що сприяє зменшенню викидів парникових газів.

### 2.5.3 Покращення управління ресурсами

IoT сприяє покращенню управління природними ресурсами, що є важливим аспектом сталого розвитку. Системи моніторингу на основі IoT дозволяють збирати дані про стан водних ресурсів, лісів, ґрунтів та повітря, що сприяє більш ефективному управлінню та збереженню цих ресурсів. Наприклад, сенсори в сільському господарстві можуть відстежувати вологість ґрунту, температуру та рівень поживних речовин. Це дозволяє фермерам ефективніше використовувати воду та добрива, знижуючи негативний вплив на довкілля. Подібні системи можуть застосовуватися для моніторингу стану водних ресурсів, що дозволяє вчасно виявляти забруднення та вживати необхідних заходів для їх усунення. В лісовому господарстві сенсори можуть допомагати у відстеженні стану лісів, що сприяє запобіганню пожежам та збереженню біорізноманіття.

Додатково можна зазначити те що IoT може також відігравати ключову роль у збереженні біорізноманіття та екосистем. Збираючи дані про стан лісів, ґрунтів та водних ресурсів, системи моніторингу на основі IoT дозволяють виявляти зміни в середовищі та вчасно реагувати на них. Наприклад, сенсори можуть виявляти зміни в рівні вологості ґрунту або в рівні забруднення водних джерел, що допомагає у запобіганні екологічним катастрофам та збереженні природних ресурсів.

Крім того, IoT може забезпечити інструменти для ефективного виявлення та моніторингу екологічних порушень. Наприклад, сенсори можуть виявляти незаконне вирубування лісів або незаконний вилов риби, що дозволяє вживати заходів для запобігання таким діям та захисту навколишнього середовища.

Отже, IoT не лише сприяє ефективному управлінню ресурсами, але й відіграє важливу роль у збереженні природних екосистем та біорізноманіття, сприяючи сталому розвитку.

## 2.5.4 Революція в сільському господарстві

IoT-технології сприяють революції в сільському господарстві, дозволяючи підвищити врожайність та знизити витрати ресурсів. За допомогою датчиків та розумних систем зрошення, фермери можуть оптимізувати процес поливу, уникаючи перевитрати води та забезпечуючи рослини необхідною кількістю вологи. Це не лише підвищує врожайність, але й сприяє збереженню водних ресурсів. Наприклад, сенсори можуть визначати рівень вологості ґрунту в реальному часі та автоматично активувати системи зрошення тільки тоді, коли це необхідно. Крім того, IoT-технології можуть допомагати у відстеженні стану рослин та своєчасному виявленні хвороб або шкідників, що дозволяє вживати превентивних заходів та зменшувати використання пестицидів. Також, завдяки автоматизації процесів збору та аналізу даних, фермери можуть отримувати більш точну інформацію про стан своїх полів, що сприяє прийняттю більш обґрунтованих рішень щодо вирощування культур.

Додатково до вищевикладеного, IoT може також сприяти впровадженню концепції точного землеробства (precision agriculture), що полягає у використанні різноманітних технологій для максимізації ефективності та прибутковості сільського господарства. За допомогою IoT-систем можна збирати дані про різноманітні параметри, такі як вологість ґрунту, температура повітря, рівень CO<sub>2</sub>, а також фотосинтетична активність рослин. Ці дані можуть бути оброблені та аналізовані для розробки індивідуальних стратегій управління полями.

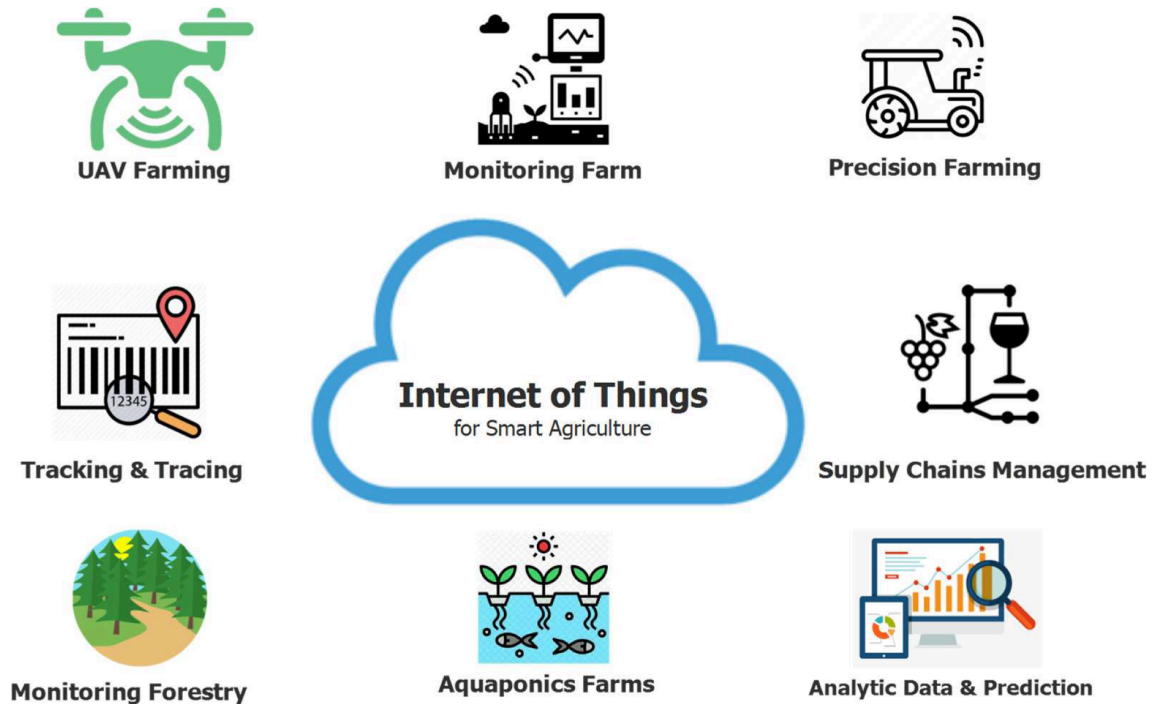


Рис. 2.6 Визначення способів використання IoT у сільському господарстві

Зокрема, використання дронів та датчиків на основі IoT може допомогти фермерам отримати детальні картографічні дані про свої поля, що дозволяє виявити нерівномірності в рості рослин та ідентифікувати проблемні ділянки для подальшого втручання. Це дозволяє зменшити втрати врожаю та оптимізувати використання ресурсів, що в свою чергу сприяє збільшенню прибутковості сільського господарства та зменшенню його екологічного відбитку.

### 2.6.5 Покращення практик управління відходами

IoT також сприяє покращенню практик управління відходами, що є важливим кроком до сталого розвитку міст та громад. Інтелектуальні системи збору та переробки відходів дозволяють оптимізувати маршрути збору сміття, знижуючи витрати на паливо та викиди CO<sub>2</sub>. Це досягається шляхом використання сенсорів, що відстежують рівень заповненості контейнерів для сміття. Дані від сенсорів передаються до центральної системи, яка аналізує їх та

визначає оптимальні маршрути для збору сміття, що дозволяє уникнути переповнення контейнерів та знизити кількість непотрібних рейсів сміттєвозів.

Крім того, сенсори можуть вчасно сигналізувати про необхідність спорожнення контейнерів, що сприяє більш ефективному управлінню відходами та зменшує ризики для здоров'я населення. Такі системи можуть також інтегруватися з платформами для сортування та переробки відходів, що сприяє збільшенню кількості перероблених матеріалів та зменшенню обсягу відходів, що потрапляють на звалища.

### 2.5.6 Моніторинг і збереження довкілля

Системи IoT дозволяють ефективно моніторити стан довкілля, збираючи дані про рівень забруднення повітря, води та ґрунту. Ці дані можуть використовуватися для вчасного виявлення екологічних загроз та вжиття необхідних заходів для їхнього усунення. Наприклад, системи моніторингу якості повітря можуть виявляти перевищення рівня забруднення та інформувати відповідні служби для вжиття заходів.

#### Top 7 Applications of IoT for Environmental Sustainability



Рис. 2.7 Сім популярних IoT рішень для підвищення екологічної стійкості [31]

Інтернет речей надає широкі можливості для вирішення екологічних викликів та створення кращого майбутнього. Завдяки IoT ми можемо оптимізувати використання енергії, покращити управління ресурсами,

революціонізувати сільське господарство, підвищити ефективність управління відходами та моніторити стан довкілля. Проте важливо забезпечити, щоб розвиток IoT керувався принципами стійкості, пріоритизуючи енергоефективність, відповідальне виробництво та переробку наприкінці життєвого циклу. Інтегруючи рішення IoT у наше повсякденне життя, ми можемо спільно працювати над створенням більш зеленого та екологічно свідомого світу .

Одним із найпопулярніших застосувань IoT для екологічної стійкості є розумне управління енергією (Smart Energy Management), яке дозволяє знижувати енергоспоживання та зменшувати витрати на енергію. Приклади включають розумні термостати та автоматичне керування освітленням. Моніторинг якості повітря (Air Quality Monitoring) з використанням сенсорів якості повітря допомагає виявляти забруднення та приймати заходи для покращення якості повітря, включаючи системи раннього попередження про забруднення.

Розумне управління відходами (Smart Waste Management) з використанням смарт-контейнерів для сміття з сенсорами заповнення оптимізує збір, транспортування та утилізацію відходів, знижуючи витрати на управління відходами та зменшуючи негативний вплив на навколишнє середовище. Управління автопарком (Fleet Management) за допомогою GPS-трекерів та систем моніторингу стану транспортних засобів покращує ефективність транспорту, зменшує витрати на паливо та скорочує викиди.

Розумний моніторинг водних ресурсів (Smart Water Monitoring) забезпечує раціональне використання води та знижує її втрати за допомогою сенсорів якості води та систем управління водопостачанням. Розумне сільське господарство (Smart Agriculture) оптимізує сільськогосподарські процеси, підвищуючи врожайність та знижуючи витрати на ресурси завдяки дронам для моніторингу полів та системам точного зрошення.

Останнім важливим напрямком є управління холодовим ланцюгом (Cold-chain Management), яке забезпечує збереження якості продуктів та зменшує втрати завдяки сенсорам температури та системам відстеження умов зберігання.

Таким чином, інтеграція цих рішень IoT може значно підвищити екологічну стійкість та допомогти в збереженні довкілля.

## **2.6 Рекомендації щодо впровадження IoT у промисловості**

Впровадження Internet of Things у промисловості вимагає комплексного та обґрунтованого підходу для досягнення успіху. Ми розглянемо рекомендації та стратегії, які допоможуть підприємствам ефективно впровадити IoT-технології, визначимо ключові кроки для розробки плану впровадження та оцінимо ризики, пов'язані з цим процесом.

### **2.6.1 Найкращі практики та стратегії впровадження**

Впровадження IoT у промисловості вимагає ретельно розроблених стратегій та практик для забезпечення успішності проектів. Ключові елементи найкращих практик включають інтеграцію і сумісність, безпеку даних та конфіденційність, аналітику та обробку даних, енергоефективність, та систему управління проектами.

Забезпечення сумісності між різними системами та пристроями є критично важливим аспектом. Використання стандартних протоколів та відкритих платформ сприяє легшій інтеграції IoT-рішень у наявну інфраструктуру підприємств. Безпека даних також має бути на першому місці, з огляду на велику кількість підключених пристроїв. Необхідно впроваджувати стратегії для захисту від кіберзагроз, включаючи шифрування даних та безпечні методи автентифікації.

Реалізація аналітичних інструментів для збору, обробки та аналізу даних у реальному часі є важливою складовою успішного впровадження IoT. Використання технологій машинного навчання та великих даних дозволяє отримувати цінні інсайти та приймати обґрунтовані рішення. Врахування енергоефективності при розробці та впровадженні IoT-рішень допомагає знизити

витрати на енергію та мінімізувати вплив на довкілля. Використання енергоефективних сенсорів та пристроїв є важливим аспектом цього процесу.

Впровадження IoT-рішень вимагає системного підходу до управління проектами. Це включає визначення чітких цілей, планування ресурсів, контроль за виконанням робіт та управління ризиками.

### **2.6.2 Розробка дорожньої карти впровадження IoT**

Дорожня карта в контексте впровадження IoT в промисловості - це стратегічний план дій, який визначає послідовність етапів та кроків для успішного впровадження цих технологій у виробничі процеси. Вона містить оцінку поточного стану, визначення конкретних цілей, ключових показників ефективності (KPI), розробку поетапного плану впровадження, а також стратегії моніторингу та оцінки результатів.

Основна мета дорожньої карти полягає в тому, щоб систематично і послідовно розгорнути IoT-рішення на підприємстві з мінімізацією ризиків та максимізацією користі. Вона допомагає забезпечити управління процесом впровадження, визначити потрібні ресурси та забезпечити адекватне фінансування, а також встановити механізми контролю за виконанням поставлених завдань та досягненням цілей.

Розробка дорожньої карти для впровадження IoT у промисловості включає кілька важливих кроків.

Спершу потрібно провести оцінку поточних потреб та можливостей, аналізуючи поточну інфраструктуру та визначаючи ключові області, де впровадження IoT може принести найбільшу користь.

Далі слід визначити чіткі цілі та ключові показники ефективності (KPI) для вимірювання успіху впровадження IoT-рішень. Після цього розробляється поетапний план впровадження IoT, включаючи пілотні проекти, масштабування та



повну інтеграцію. Важливо включити в план конкретні терміни, бюджет та відповідальних осіб.

Необхідно також забезпечити ресурси та навички, визначивши необхідні апаратні та програмні компоненти, а також навчання персоналу для ефективного використання нових технологій.

Останнім етапом є моніторинг та оцінка результатів, впровадження систем моніторингу та оцінки для регулярного відстеження прогресу та досягнення встановлених KPI. Це дозволяє оперативно вносити корективи та покращувати процес впровадження.

### **2.6.3 Оцінка ризиків і управління змінами**

Впровадження IoT у промисловості супроводжується різноманітними ризиками, які потребують ефективного управління. Оцінка ризиків включає ідентифікацію потенційних ризиків, пов'язаних з безпекою даних, сумісністю пристроїв, надійністю мережі та іншими аспектами впровадження IoT. Після цього здійснюється аналіз і оцінка ризиків, визначаючи ймовірність виникнення та потенційний вплив кожного ризику на проект. Це дозволяє пріоритезувати ризики та розробити відповідні стратегії для їхнього мінімізації.

Розробка планів реагування включає створення планів дій на випадок виникнення ризиків, включаючи резервні стратегії та заходи для швидкого відновлення нормальної роботи. Управління змінами є ще одним важливим аспектом, оскільки впровадження IoT-технологій вимагає адаптації процесів та структур організації. Це включає комунікацію з персоналом, навчання та підтримку, а також залучення всіх зацікавлених сторін до процесу впровадження.

Постійний моніторинг та оцінка впроваджених IoT-рішень дозволяє виявити можливості для покращення та впровадження нових технологій і методів для підвищення ефективності.

## 2.7 Висновок розділу

У висновку можна сказати що забезпечення безпеки даних у галузі IoT важливо для забезпечення конфіденційності, цілісності і доступності даних, зі строгим дотриманням стандартів та протоколів безпеки. Зокрема, ініціативи, такі як MQTT та OPC UA, надають рамки для розробки безпечних та сумісних рішень у галузі IoT.

Стандартизація безпеки даних відіграє ключову роль у забезпеченні відповідності законодавству щодо захисту особистих даних, таких як Закон про портативність та захист персональних даних (GDPR) в Європейському Союзі та інші схожі нормативні акти в інших регіонах світу. Це допомагає захищати конфіденційні дані користувачів та забезпечує їм впевненість у безпеці їх особистої інформації.

Крім того, ініціативи та стандартизація в області безпеки даних сприяють зниженню ризиків та підвищенню надійності системи IoT, що є критичними аспектами в умовах швидкого росту цифрової технології. Захист від кіберзлочинності та зловмисного використання даних дозволяє користувачам впевнено використовувати та довіряти пристроям та сервісам IoT, що стимулює розвиток та впровадження нових технологій.

В цілому, стандартизація і безпека даних у галузі IoT взаємопов'язані та відіграють важливу роль у розвитку та успішному впровадженні цих технологій. Розробка єдиних стандартів та протоколів безпеки сприяє підвищенню довіри до IoT-систем та їх широкому застосуванню у різних сферах діяльності.

## **3 МАЙБУТНЄ ПРОМИСЛОВОСТІ З ІОТ: ПЕРСПЕКТИВИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ**

### **3.1 Майбутні тенденції розвитку ІоТ у промисловості**

#### **3.1.1 Технологічні інновації**

Технологічні інновації відіграють ключову роль у розвитку ІоТ у промисловості, адже саме вони забезпечують технічну базу для впровадження нових рішень. У найближчі роки очікується значний прогрес у сфері сенсорних технологій, мікроелектроніки та бездротових мереж. Сучасні сенсори стають більш точними, енергоефективними та доступними, що дозволяє їх використовувати у більш широкому спектрі застосувань. Вони можуть здійснювати точні вимірювання різних параметрів, таких як температура, вологість, тиск, якість повітря та інші. Крім того, розвиток мікроелектроніки сприятиме створенню компактних та потужних пристроїв, здатних обробляти великі обсяги даних в режимі реального часу. Це забезпечує можливість швидкої реакції на зміни в середовищі та прийняття обґрунтованих рішень на основі аналізу отриманих даних.

Важливою технологічною інновацією є розвиток інтерфейсів людина-машина (НМІ), які забезпечують зручну взаємодію користувачів з ІоТ-системами. Інтерфейси НМІ допомагають оператору краще розуміти стан системи та приймати ефективні рішення. Наприклад, використання доповненої реальності (AR) та віртуальної реальності (VR) може значно покращити процеси навчання та технічного обслуговування обладнання. Технічні спеціалісти можуть отримувати віртуальні інструкції та вказівки в режимі реального часу, що знижує ймовірність помилок та підвищує якість обслуговування.

### **3.1.2 Економічні прогнози**

Економічні прогнози свідчать про значне зростання ринку IoT у промисловості. За прогнозами аналітиків, обсяг світового ринку IoT може досягти відмітки десятків мільярдів доларів США в найближчі десятиліття [2]. Основними драйверами цього зростання є підвищення ефективності виробничих процесів, зменшення витрат на технічне обслуговування та підвищення якості продукції. IoT дозволяє підприємствам здійснювати точний моніторинг та управління виробничими процесами, що зменшує простой та збільшує продуктивність.

Впровадження IoT дозволяє підприємствам отримувати значні економічні вигоди завдяки оптимізації ресурсів, зниженню енергоспоживання та підвищенню продуктивності. Наприклад, датчики можуть відстежувати стан обладнання та прогнозувати його несправності, що дозволяє своєчасно проводити технічне обслуговування і уникати непередбачених зупинок виробництва. Крім того, розвиток нових бізнес-моделей, таких як сервітизація (перехід від продажу продуктів до надання послуг), відкриває нові можливості для підприємств. Підприємства можуть пропонувати послуги з обслуговування своїх продуктів або їх оренду замість продажу, що забезпечує стабільніший та довготривалий дохід.

### **3.1.3 Соціальні та екологічні аспекти**

Впровадження IoT у промисловість має значний соціальний та екологічний вплив, який слід ретельно аналізувати та враховувати. З одного боку, IoT сприяє створенню нових робочих місць у сферах інформаційних технологій, аналітики даних та технічного обслуговування. Це відкриває нові можливості для працевлаштування, особливо для молодих спеціалістів та фахівців з новітніх технологій. З іншого боку, автоматизація процесів може призвести до скорочення робочих місць у традиційних галузях. Важливо забезпечити належне навчання та

перекваліфікацію працівників для адаптації до нових умов праці, що допоможе уникнути соціальних проблем, пов'язаних з безробіттям.

З екологічної точки зору, IoT сприяє підвищенню енергоефективності та зменшенню викидів парникових газів. Розумні системи управління енергоспоживанням можуть автоматично регулювати споживання енергії в залежності від потреб виробництва, що знижує навантаження на навколишнє середовище. Наприклад, розумні мережі можуть інтегрувати відновлювані джерела енергії, такі як сонячна або вітрова енергія, що сприяє зменшенню залежності від традиційних викопних видів палива. Таким чином, впровадження IoT сприяє не лише економічному розвитку, але й покращенню екологічного стану планети.

### **3.2 Перспективи інтеграції IoT з іншими технологіями**

При об'єднанні технологій часто виникає синергія, яка може призвести до появи нових галузей або стати ефективним інструментом. Тому варто серйозно розглядати такі можливості, навіть якщо спочатку вони здаються малоефективними або нежиттєздатними. Розглянемо декілька перспективних зв'язків з Інтернетом речей.

#### **3.2.1 Взаємодія IoT з ШІ(штучний інтелект)**

Інтеграція IoT з штучним інтелектом (ШІ) відкриває нові можливості для прогнозного аналізу та автоматизованого прийняття рішень, що має значний потенціал для покращення ефективності та продуктивності промислових процесів. Поєднання цих технологій дозволяє не тільки збирати та аналізувати великі обсяги даних, але й використовувати ці дані для створення інтелектуальних систем, які можуть навчатися та адаптуватися до змін.

Однією з ключових можливостей, яку надає взаємодія IoT та ШІ, є прогнозна аналітика. Використання ШІ для аналізу даних, отриманих з IoT-пристроїв, дозволяє прогнозувати несправності обладнання та планувати технічне обслуговування.

Наприклад, сенсори можуть збирати дані про вібрації, температуру та інші параметри роботи обладнання, а ШІ-алгоритми аналізувати ці дані для виявлення патернів, що вказують на можливі проблеми. Це дозволяє проводити технічне обслуговування саме тоді, коли це необхідно, зменшуючи час простою та витрати на ремонт.

Іншою важливою можливістю є оптимізація виробничих процесів у режимі реального часу. ШІ може використовуватися для аналізу поточних даних з IoT-систем та автоматичного коригування параметрів виробництва для досягнення максимальної ефективності. Наприклад, ШІ може оптимізувати використання енергії, знижуючи її споживання під час пікових навантажень, або налаштовувати виробничі лінії для мінімізації відходів. Це дозволяє значно підвищити продуктивність та зменшити витрати на виробництво.

Взаємодія IoT з ШІ також сприяє створенню інтелектуальних систем управління, які можуть автоматично приймати рішення на основі отриманих даних. Такі системи можуть, наприклад, регулювати роботу кліматичних установок на виробництві залежно від умов навколишнього середовища, або автоматично замовляти необхідні матеріали на основі аналізу запасів та прогнозів попиту. Це дозволяє значно підвищити гнучкість та адаптивність виробничих процесів.

Інтеграція ШІ з IoT також сприяє підвищенню безпеки та якості продукції. ШІ може виявляти аномалії у даних з сенсорів, що можуть свідчити про небезпечні умови або дефекти продукції. Це дозволяє оперативно вживати заходів для запобігання аваріям або відкликання неякісної продукції. Крім того, ШІ-алгоритми можуть використовуватися для постійного моніторингу та аналізу

процесів, що дозволяє підтримувати високу якість продукції на всіх етапах виробництва.

Інтеграція IoT з ШІ відкриває широкі можливості для промисловості, дозволяючи здійснювати прогнозну аналітику, оптимізувати процеси у режимі реального часу, створювати інтелектуальні системи управління та підвищувати безпеку і якість продукції. Це забезпечує підвищення ефективності та продуктивності підприємств, знижує витрати та підвищує конкурентоспроможність на ринку. Впровадження цих технологій вимагає інвестицій у розвиток інфраструктури та навчання персоналу, але перспективи, які вони відкривають, роблять їх впровадження виправданим та необхідним кроком для сучасних підприємств.

### **3.2.2 Використання блокчейн-технологій у IoT**

Інтеграція блокчейн-технологій у IoT значно підвищує рівень безпеки та прозорості обробки даних. Використання децентралізованих блокчейн-мереж дозволяє забезпечити збереження даних у незмінному вигляді, що унеможливорює їх підробку або маніпуляцію. Ця властивість особливо важлива для критичних систем, де точність та достовірність даних є ключовими факторами для забезпечення безперебійної та надійної роботи.

Блокчейн-технології також сприяють автоматизації транзакцій та угод між пристроями за допомогою смарт-контрактів. Смарт-контракти дозволяють здійснювати автоматичні, самовиконувані угоди, що підвищує ефективність взаємодії між пристроями, знижує адміністративні витрати та ризики, пов'язані з людським фактором. Наприклад, у логістичних ланцюгах блокчейн може забезпечити прозорість і простежуваність руху товарів, автоматично підтверджуючи транзакції при кожному етапі перевезення.

Ще однією важливою перевагою блокчейн-технологій є можливість створення захищених ідентифікаційних систем для IoT-пристроїв. Це дозволяє

уникнути атак на мережу шляхом підробки або компрометації пристроїв, оскільки кожен пристрій матиме унікальний цифровий підпис, захищений за допомогою криптографічних алгоритмів. Також, блокчейн може забезпечити захист конфіденційності користувачів, оскільки дані можуть зберігатися та оброблятися анонімно.

### 3.2.3 Роль 5G у розвитку IoT

Технологія 5G значно розширює можливості IoT завдяки високій швидкості передачі даних, низькій затримці та здатності підтримувати підключення великої кількості пристроїв одночасно. Завдяки високій пропускній здатності 5G-мереж, IoT-пристрої можуть обмінюватися великими обсягами даних у режимі реального часу, що критично важливо для багатьох застосувань, таких як автономні транспортні засоби, розумні міста та промислові IoT-мережі.

5G відкриває нові горизонти для розвитку автономних транспортних систем. Автомобілі, обладнані сенсорами та підключені до 5G-мережі, можуть обмінюватися інформацією про дорожню обстановку, погодні умови та інші транспортні засоби майже миттєво. Це дозволяє значно підвищити безпеку дорожнього руху та ефективність транспортних систем.

У сфері розумних міст 5G забезпечує необхідну інфраструктуру для впровадження інтелектуальних систем управління трафіком, енергетичними ресурсами та безпекою. Наприклад, сенсори, розташовані на вулицях, можуть у режимі реального часу передавати дані про транспортні потоки, що дозволяє оптимізувати роботу світлофорів та зменшити затори.

У промислових застосуваннях 5G забезпечує надійне та швидке підключення для мільйонів сенсорів та пристроїв, що дозволяє оптимізувати виробничі процеси, покращити управління запасами та підвищити загальну ефективність виробництва. Наприклад, у виробничих цехах можна використовувати автономні роботизовані системи, що взаємодіють між собою та з



центральною системою управління через 5G-мережу, що забезпечує високу точність та швидкість виконання завдань.

	Спосіб застосування	Переваги
<b>Штучний інтелект</b>	Автоматизація, розумні аналітичні системи	Підвищення ефективності, зниження помилок
<b>5G</b>	Безпека даних, відстеження	Підвищення довіри, зменшення шахрайства
<b>Блокчейн</b>	Швидкісна передача даних	Збільшення пропускну здатності, зменшення затримок

Рис. 3.1 Порівняння способу застосування та переваги від використання комбінованої технології з IoT

Загалом, впровадження технології 5G в IoT відкриває нові можливості для розвитку інтелектуальних систем та підвищення ефективності різноманітних галузей, створюючи умови для новітніх технологічних рішень та інновацій, таких як розширена автоматизація виробничих процесів, поліпшене управління логістикою та ресурсами, а також підвищення якості обслуговування в реальному часі завдяки швидкому та надійному зв'язку.

### **3.3 Рекомендації для підприємств щодо впровадження IoT**

#### **3.3.1 Стратегічні поради**

Для успішного впровадження IoT у промисловість підприємствам необхідно розробити комплексну стратегію, що включає кілька ключових аспектів. Перш за все, потрібно визначити чіткі та вимірювані цілі, які підприємство планує досягти за допомогою впровадження IoT. До таких цілей можуть належати підвищення ефективності виробництва, зменшення витрат на технічне обслуговування, покращення якості продукції та зниження операційних витрат. Важливо також встановити ключові показники ефективності (KPI), які дозволять оцінити успіх впровадження IoT.

Ретельний аналіз можливих ризиків, пов'язаних з інтеграцією IoT, є необхідним етапом планування. Це включає технічні ризики (наприклад, можливі збої в роботі пристроїв), фінансові ризики (витрати на впровадження та обслуговування систем) та організаційні ризики (потреба в навчанні персоналу та змінах в управлінській структурі). Проведення SWOT-аналізу (аналіз сильних та слабких сторін, можливостей та загроз) може допомогти виявити сильні та слабкі сторони, а також можливості та загрози, пов'язані з впровадженням IoT.

Впровадження IoT вимагає значних інвестицій, тому важливо забезпечити достатнє фінансування проекту. Це включає витрати на закупівлю обладнання, програмного забезпечення, навчання персоналу та інші супутні витрати. Крім того, необхідно розробити детальний план ресурсів, що включає часові рамки впровадження, відповідальних осіб та необхідні матеріально-технічні ресурси.

Одним з ключових аспектів стратегії повинна бути кібербезпека. Це включає захист даних від несанкціонованого доступу, забезпечення цілісності інформації та захист пристроїв від кібератак. Розробка та впровадження політик безпеки, проведення регулярних аудитів та тестувань безпеки, а також навчання персоналу з питань кібербезпеки є невід'ємними складовими цього процесу.

Стратегія повинна передбачати можливості для масштабування IoT-рішень, що дозволить підприємству адаптуватися до змінних умов ринку та технологічного прогресу. Це включає розробку гнучких архітектур, які можуть легко інтегрувати нові пристрої та технології, а також планування довгострокових інвестицій для підтримки та розвитку IoT-систем.

Підприємствам необхідно ретельно обирати партнерів та постачальників, що надають IoT-рішення. Важливо оцінювати їхній досвід, надійність та здатність підтримувати довгострокове співробітництво. Вибір надійних партнерів сприятиме успішному впровадженню та експлуатації IoT-систем.

Успішне впровадження IoT вимагає підтримки від всіх рівнів організації, включаючи керівництво, технічний персонал та кінцевих користувачів. Важливо залучати зацікавлених сторін до процесу планування та впровадження, забезпечуючи їхню обізнаність та підтримку проекту.

Після впровадження IoT-систем необхідно регулярно моніторити їхню ефективність та аналізувати результати. Це включає збір та аналіз даних, оцінку досягнення встановлених цілей та КРІ, а також виявлення можливих проблем та шляхів їх вирішення. Постійний моніторинг дозволяє своєчасно вносити корективи та забезпечувати безперервне вдосконалення IoT-систем.

Загалом, комплексний підхід до стратегічного планування, що враховує всі зазначені аспекти, дозволить підприємствам успішно інтегрувати IoT у свої виробничі процеси, отримуючи максимальні переваги від цієї технології.

### **3.3.2 Тактичні кроки для успішної інтеграції**

Для успішного впровадження IoT на промислових підприємствах важливо здійснити ряд тактичних кроків. Перш за все, проведення пілотних проектів є необхідним для тестування IoT-рішень у реальних умовах. Це дозволить оцінити ефективність технологій, виявити потенційні проблеми та знайти оптимальні шляхи їх вирішення перед масштабуванням на все підприємство. Під час пілотних

проектів можна адаптувати та налаштувати IoT-системи відповідно до специфічних потреб підприємства, що мінімізує ризики та забезпечує більшу надійність впровадження.

Другим важливим кроком є забезпечення належного навчання персоналу для роботи з новими технологіями. Це включає як технічне навчання, так і навчання управлінських кадрів, що дозволить забезпечити всебічне розуміння та ефективне використання IoT-систем. Навчання повинне охоплювати основні принципи роботи з IoT, управління даними та кібербезпеку, що допоможе персоналу впевнено працювати з новими системами та максимально використовувати їх потенціал.

Третій крок полягає у створенні умов для постійного вдосконалення IoT-систем. Важливо впровадити механізми моніторингу та оцінки ефективності роботи IoT-рішень, що дозволить регулярно оцінювати їх продуктивність та вносити необхідні корективи. Крім того, підприємства повинні бути готовими до регулярного оновлення систем з урахуванням нових розробок і технологій. Це забезпечить актуальність і конкурентоспроможність IoT-систем у довгостроковій перспективі.

Таким чином, послідовне виконання цих тактичних кроків сприятиме успішній інтеграції IoT у виробничі процеси, забезпечуючи максимальну ефективність та надійність впровадження нових технологій.

### **3.3.3 Навчання та розвиток кадрів**

Навчання та розвиток кадрів є важливим елементом успішного впровадження IoT у промисловість. Підприємства повинні розробити комплексні програми навчання та підвищення кваліфікації для співробітників, які будуть працювати з новими технологіями. Це включає проведення семінарів, тренінгів та курсів, що охоплюють різні аспекти IoT, від технічних деталей до управлінських навичок. Важливо забезпечити, щоб персонал був обізнаний про новітні тенденції

та технології у сфері IoT, а також мав можливість постійно вдосконалювати свої знання та навички.

Окрім внутрішнього навчання, підприємства можуть залучати зовнішніх експертів і консалтингові компанії для проведення спеціалізованих тренінгів та сертифікаційних програм. Це дозволить співробітникам отримати актуальні знання та досвід від фахівців, які володіють найновішими розробками та технологіями у сфері IoT. Активне залучення фахівців з досвідом роботи у сфері IoT та суміжних технологій є важливим кроком для успішного впровадження IoT. Такий підхід забезпечить не лише технічну компетентність, але й стратегічне розуміння того, як IoT може бути інтегровано у бізнес-процеси для досягнення максимальних результатів.

Постійне вдосконалення навичок і знань працівників також сприятиме підвищенню їхньої мотивації та залученості до роботи. Підприємства, що інвестують у розвиток своїх співробітників, отримують конкурентну перевагу, оскільки мають більш підготовлену та кваліфіковану робочу силу. Тому навчання та розвиток кадрів повинні бути стратегічно важливими аспектами плану впровадження IoT, що сприятиме досягненню високих результатів та стійкому розвитку підприємства у довгостроковій перспективі.

Цей процес потрібно здійснювати систематично та регулярно, щоб забезпечити співробітникам доступ до актуальної інформації про стан справ і тенденцій у цій сфері. Це має велике значення, оскільки відсутність постійності в цьому питанні може призвести до технічного відстатку від світових стандартів, що у свою чергу призведе до менш якісної реакції на потенційні загрози. Тому важливо визначити механізми для постійного моніторингу та оновлення системи, щоб забезпечити ефективність впровадження та його відповідність актуальним вимогам і стандартам.

### 3.4 Висновки до третього розділу

Ми розглянули майбутні тенденції розвитку IoT у промисловості, перспективи інтеграції IoT з іншими технологіями та надано рекомендації для підприємств щодо впровадження IoT. Технологічні інновації, економічні прогнози та соціально-екологічні аспекти свідчать про значний потенціал IoT для промисловості. Взаємодія IoT з AI, використання блокчейн-технологій та роль 5G відкривають нові можливості для розвитку. Рекомендації для підприємств включають стратегічне планування, тактичні кроки для успішної інтеграції та навчання кадрів. Використання цих рекомендацій дозволить підприємствам максимально ефективно використовувати можливості IoT, мінімізуючи ризики та забезпечуючи стійкий розвиток у майбутньому.

Аналіз майбутніх тенденцій розвитку IoT у промисловості показує значний потенціал для підвищення ефективності виробництва, зменшення витрат та покращення якості продукції. Технологічні інновації, такі як покращення сенсорних технологій, мікроелектроніки та бездротових мереж, забезпечують нові можливості для впровадження IoT у різні галузі. Взаємодія IoT з AI дозволяє створювати більш інтелектуальні системи, здатні аналізувати великі обсяги даних та приймати обґрунтовані рішення в режимі реального часу. Використання блокчейн-технологій забезпечує високу безпеку та прозорість даних, що є особливо важливим для критичних систем. Роль 5G у розвитку IoT полягає у забезпеченні високої швидкості передачі даних, низької затримки та можливості підключення великої кількості пристроїв.

Рекомендації для підприємств щодо впровадження IoT включають стратегічне планування, що передбачає визначення цілей, оцінку ризиків та планування ресурсів. Тактичні кроки для успішної інтеграції IoT включають проведення пілотних проєктів, забезпечення належного навчання персоналу та створення умов для постійного вдосконалення IoT-систем. Навчання та розвиток

кадрів є важливим елементом успішного впровадження IoT, що передбачає розробку комплексних програм навчання та залучення зовнішніх експертів.

Використання цих рекомендацій дозволить підприємствам максимально ефективно використовувати можливості IoT, мінімізуючи ризики та забезпечуючи стійкий розвиток у майбутньому. Це, в свою чергу, сприятиме підвищенню конкурентоспроможності підприємств та покращенню їхньої позиції на ринку.

## ВИСНОВКИ

У ході проведеного дослідження були розглянуті основні аспекти впровадження технологій Інтернету речей у промисловості. На основі аналізу літератури та сучасних практик було сформульовано низку висновків і практичних рекомендацій, які можуть бути корисними для підприємств, що планують впроваджувати IoT-технології.

Аналіз ринку IoT у промисловості показав, що впровадження IoT-технологій є стратегічно важливим кроком для підвищення ефективності та конкурентоспроможності підприємств. Ринок IoT продовжує стрімко зростати, відкриваючи нові можливості для оптимізації виробничих процесів і управління ресурсами.

Практичні кейси впровадження IoT у промислових компаніях продемонстрували значний потенціал цих технологій у різних галузях. Вдало реалізовані проекти IoT сприяли покращенню операційних показників, зниженню витрат та підвищенню якості продукції. Однак, не всі впровадження були успішними, що підкреслює важливість правильного планування та підготовки до впровадження.

Оцінка економічної ефективності впровадження IoT вказує на те, що економічні вигоди від впровадження можуть бути значними, але потребують ретельного обґрунтування та оцінки. Використання економіко-математичних моделей допомагає більш точно оцінити потенційні вигоди та ризики, пов'язані з впровадженням IoT.

Перспективи розвитку IoT у промисловості включають інтеграцію з іншими передовими технологіями, такими як штучний інтелект, блокчейн та 5G. Ці технології створюють нові можливості для вдосконалення існуючих процесів та розробки нових інноваційних рішень.



Рекомендації щодо впровадження IoT у промисловості базуються на кращих практиках і стратегічних порадах, які включають розробку детальної дорожньої карти впровадження, оцінку ризиків та управління змінами. Важливим аспектом є також навчання та розвиток кадрів, що забезпечить успішну інтеграцію нових технологій у виробничі процеси.

Розробка детального плану впровадження IoT, підприємства повинні розробити поетапний план впровадження IoT-технологій, враховуючи специфіку своєї діяльності та можливі ризики. Важливою складовою плану є визначення конкретних цілей та очікуваних результатів від впровадження.

Інтеграція з передовими технологіями, для максимізації ефекту від впровадження IoT доцільно використовувати можливості AI, блокчейн та 5G. Ці технології сприятимуть підвищенню ефективності та безпеки IoT-рішень.

Навчання та розвиток кадрів, забезпечення відповідного навчання та підготовки працівників є ключовим фактором успішного впровадження IoT. Підприємства повинні інвестувати в розвиток знань та навичок своїх співробітників для ефективного використання нових технологій.

Оцінка та управління ризиками, необхідно провести детальний аналіз можливих ризиків, пов'язаних з впровадженням IoT, та розробити стратегії для їх мінімізації. Управління змінами повинно бути структурованим та систематичним, щоб забезпечити плавний перехід до нових технологій.

Моніторинг та оцінка ефективності, після впровадження IoT необхідно регулярно моніторити його ефективність та здійснювати коригувальні дії за потреби. Використання аналітичних інструментів допоможе виявити проблемні зони та оптимізувати процеси.

Загалом, впровадження IoT у промисловості відкриває широкі можливості для підвищення ефективності, якості продукції та конкурентоспроможності підприємств. Ретельне планування, інтеграція з передовими технологіями та навчання кадрів є ключовими елементами успішної реалізації IoT-проектів.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. DACHYAR, M.; ZAGLOEL, Teuku Yuri M.; SARAGIH, L. Ranjaliba. Knowledge growth and development: internet of things (IoT) research, 2006–2018. Heliyon, 2019, 5.8.
2. Number of Internet of Things (IoT) connected devices worldwide from 2019 to 2030 by vertical [Електроний ресурс]:  
<https://www.statista.com/statistics/1194682/iot-connected-devices-vertically/>
3. BAJIC, Vojana, et al. Industry 4.0 implementation challenges and opportunities: A managerial perspective. IEEE Systems Journal, 2020, 15.1: 546-559.
4. RAPOSO, Duarte, et al. Industrial IoT monitoring: Technologies and architecture proposal. Sensors, 2018, 18.10: 3568.
5. 33 приклади промислових пристроїв Інтернету речей, які трансформують галузі [Електроний ресурс ]:  
<https://bytebeam.io/blog/top-industrial-iot-device-examples/#the-top-33-iot-device-examples-across-different-industries>
6. ALABADI, Montdher; HABBAL, Adib; WEI, Xian. Industrial internet of things: Requirements, architecture, challenges, and future research directions. IEEE Access, 2022, 10: 66374-66400.
7. GUPTA, Brij B.; QUAMARA, Megha. An overview of Internet of Things (IoT): Architectural aspects, challenges, and protocols. Concurrency and Computation: Practice and Experience, 2020, 32.21: e4946.
8. AHMAD, Shafiq, et al. Analyzing critical failures in a production process: Is industrial IoT the solution?. Wireless Communications and Mobile Computing, 2018, 2018: 1-12.
9. MUNTJIR, Mohd; RAHUL, Mohd; ALHUMYANI, Hesham A. An analysis of Internet of Things (IoT): novel architectures, modern applications, security aspects and future scope with latest case studies. Int. J. Eng. Res. Technol, 2017, 6.6: 422-447.

10. GHAFFARI, Kimia, et al. A comprehensive framework for Internet of Things development: A grounded theory study of requirements. *Journal of Enterprise Information Management*, 2020, 33.1: 23-50.

11. ZHANG, Xianyu; MING, Xinguo. Implementation path and reference framework for Industrial Internet Platform (IIP) in product service system using industrial practice investigation method. *Advanced Engineering Informatics*, 2022, 51: 101481.

12. LIN, Yun-Wei; LIN, Yi-Bing; YEN, Tai-Hsiang. Simtalk: Simulation of iot applications. *Sensors*, 2020, 20.9: 2563.

13. IoTtalk [Электроний ресурс ]: <http://iottalk.vip:9999/#>

14. LU, Yang; DA XU, Li. Internet of Things (IoT) cybersecurity research: A review of current research topics. *IEEE Internet of Things Journal*, 2018, 6.2: 2103-2115.

15. What is IoT Standardization, and Why Manufacturers Should Care [Электроний ресурс ]: <https://www.ptc.com/en/blogs/iiot/what-is-iot-standardization-why-manufacturers-should-care#:~:text=IoT%20standardization%20minimizes%20the%20risk,performance%2C%20safety%2C%20and%20reliability.>

16. MUHONEN, Tiia. Standardization of Industrial internet and IoT (IoT—Internet of Things): perspective on condition-based maintenance. 2015. Master's Thesis. T. Muhonen.

17. ResearchGate [Электроний ресурс]: [https://www.researchgate.net/figure/Comparison-of-different-IoT-protocols-Source-cisco\\_tbl1\\_275255760](https://www.researchgate.net/figure/Comparison-of-different-IoT-protocols-Source-cisco_tbl1_275255760)

18. How to Ensure Cybersecurity in the Age of IoT [Электроний ресурс]: <https://appinventiv.com/blog/how-to-ensure-cybersecurity-in-iot/>

19. LEE, Calvin; AHMED, Gouher. Improving IoT privacy, data protection and security concerns. *International Journal of Technology, Innovation and Management (IJTIM)*, 2021, 1.1: 18-33.

20. ATLAM, Hany F., et al. Security, cybercrime and digital forensics for IoT. Principles of internet of things (IoT) ecosystem: Insight paradigm, 2020, 551-577.
21. 7 Data Integrity Best Practices You Need to Know [Электроний ресурс ]: <https://atlan.com/data-integrity-best-practices/#summarizing-it-all-together>
22. KALICZYŃSKA, Małgorzata; DAŁBEK, Przemysław. Value of the internet of things for the industry—an overview. Mechatronics-Ideas for Industrial Application, 2015, 51-63.
23. IoT Statistics [Электроний ресурс]: <https://99firms.com/blog/iot-statistics/>
24. CHEHRI, Abdellah, et al. Theory and practice of implementing a successful enterprise IoT strategy in the industry 4.0 era. Procedia computer science, 2021, 192: 4609-4618.
25. Creatio Marketplace [Электроний ресурс]: <https://marketplace.creatio.com>
26. SAYAR, Deniz; ER, Özlem. The antecedents of successful IoT service and system design: Cases from the manufacturing industry. International Journal of Design, 2018, 12.1.
27. Blockchain [Электроний ресурс]: <https://en.wikipedia.org/wiki/Blockchain>
28. Understanding The Growth In Popularity For 5G In IoT [Электроний ресурс]: <https://www.intuz.com/blog/popularity-for-5g-in-iot>
29. The Primary Process and Key Concepts of Economic Evaluation in Healthcare [Электроний ресурс]: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9561137/#:~:text=Economic%20evaluations%20are%20generally%20divided,comparators%27%20outcomes%20are%20the%20same.>
30. How IoT Technology Enables Sustainability [Электроний ресурс]: <https://tele2iot.com/blog/how-iot-technology-enables-sustainability/#:~:text=IoT%20can%20empower%20individuals%20to,services%2C%20promoting%20sustainable%20consumption%20habits.>

31. Top 7 Applications of IoT for Environmental Sustainability [Электронный ресурс]:

<https://www.conurets.com/top-7-applications-of-iot-for-environmental-sustainability/>

**Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій**

Кафедра Інженерії програмного забезпечення автоматизованих систем

**Державна атестаційна робота кваліфікаційного рівня бакалавр  
на тему:**

**«Дослідження перспектив розвитку IoT у промисловості»**

на здобуття освітнього ступеня бакалавра  
зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології  
освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології

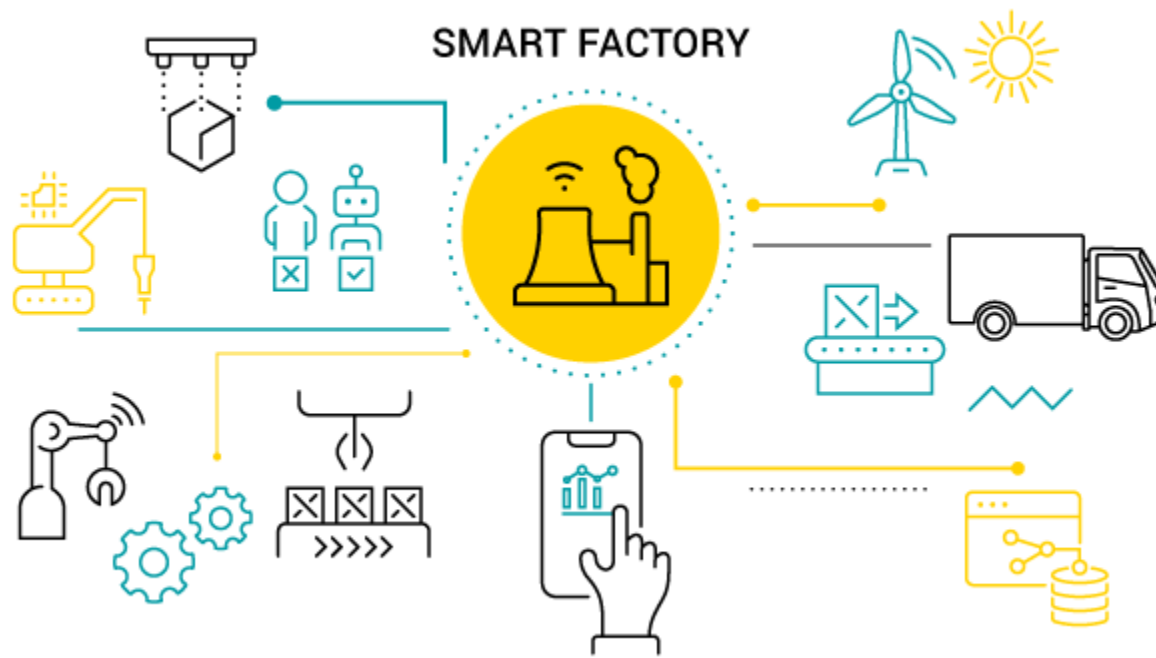
Виконав: Вознюк К.В ІСД-41

Науковий керівник роботи:

Каграманова Ю.К.

Київ - 2024

- **Актуальність теми:** впровадження Інтернету речей (IoT) у промисловість є надзвичайно актуальною проблемою через значний потенціал для підвищення ефективності виробничих процесів та одночасно складності, що виникають під час інтеграції цих технологій.
- **Наукова новизна:** полягає у розробці практичних рекомендацій та стратегій для ефективного впровадження IoT у промисловість, включаючи аналіз ризиків, методи забезпечення безпеки даних та оцінку економічної ефективності.
- **Об'єкт дослідження:** виробничі процеси IoT у промисловості.
- **Предмет дослідження:** впровадження IoT у виробничі процеси.
- **Мета дослідження:** дослідження технологій Інтернету речей у промисловості.
- **Завдання дослідження:**
  - 1. Огляд сучасного стану та тенденцій розвитку в області IoT у промисловому сектор
  - 2. Аналіз поточного стану та проблематики у галузі на основі наукової літератури
  - 3. Практичні рекомендації для впровадження та оптимізації IoT-мереж у промисловості



- Базове введення в тему

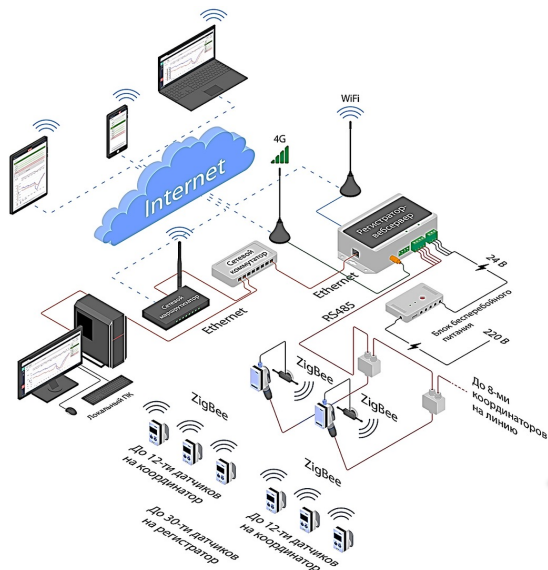
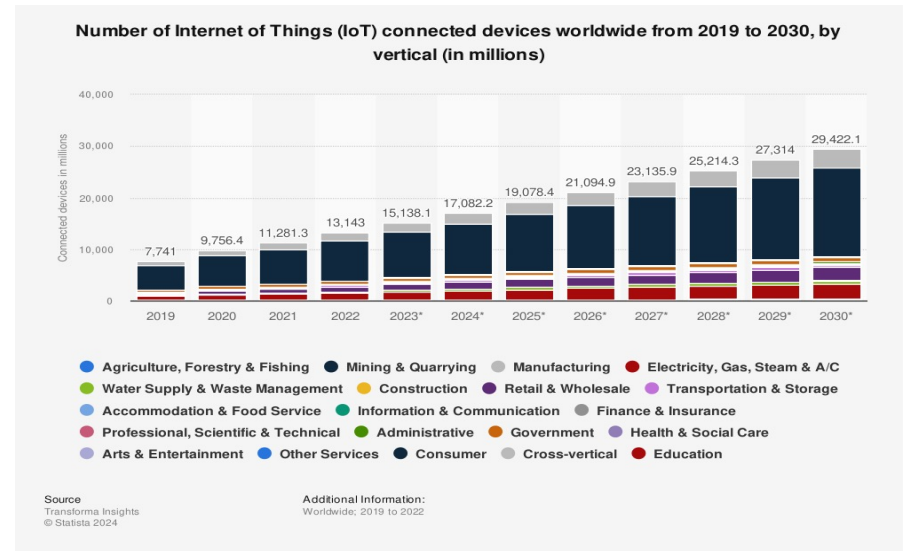
- Основні цілі та завдання роботи

- Актуальність теми дослідження



# Тенденції розвитку IoT у промисловості

- Основні тенденції:
  - Збільшення кількості підключених пристроїв.
  - Розширення застосування IoT від виробництва до логістики.

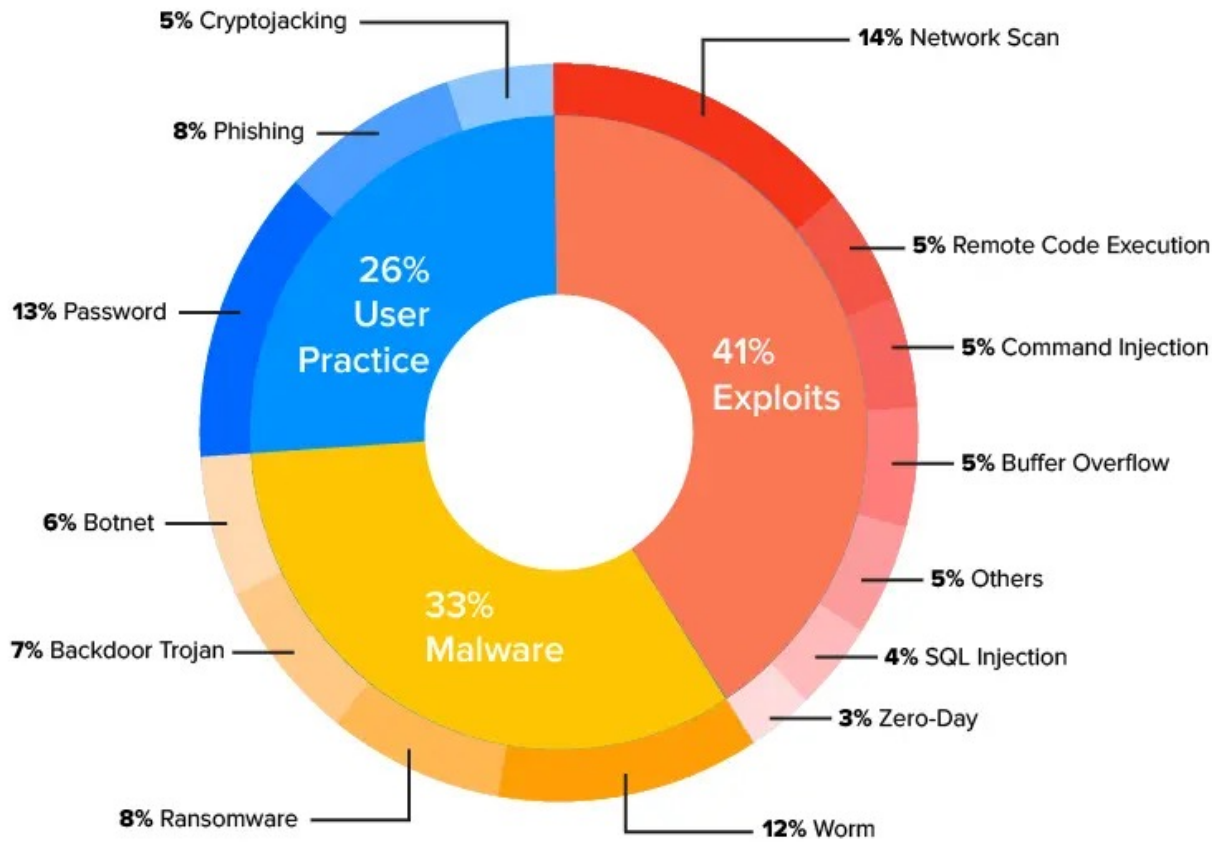


## Приклади застосування IoT у різних галузях:

- Моніторинг стану обладнання.
- Автоматизація виробничих процесів.

Система моніторингу температури та вологості для холодильного обладнання

# Проблеми та виклики впровадження IoT



- **Безпека даних:**

- Збільшення кількості точок доступу для кібератак.
- Необхідність забезпечення конфіденційності та цілісності даних.

- **Складності інтеграції:**

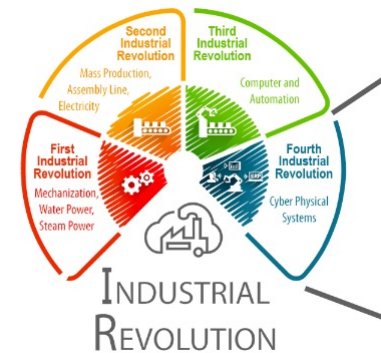
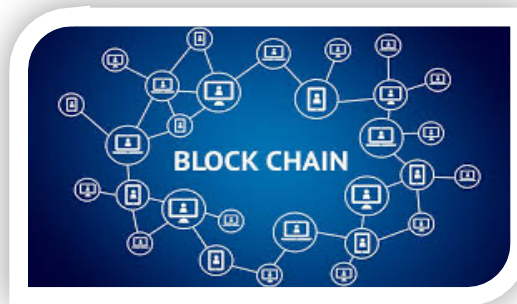
- Різноманітність обладнання та протоколів зв'язку.
- Необхідність значних змін у існуючих виробничих процесах.

- **Управління даними:**

- Обробка великих обсягів даних.
- Складність аналізу даних у реальному часі.

# Технологічні рішення та методи

- **Методи забезпечення безпеки даних:**
  - Шифрування даних.
  - Аутентифікація та авторизація.
- **Використання блокчейн та шифрування:**
  - Забезпечення цілісності даних.
  - Захист від несанкціонованого доступу.
- **Приклади успішних впроваджень IoT:**
  - Успішні кейси інтеграції IoT у різних галузях промисловості (Згідно з дослідженням "Theory and Practice of Implementing a Successful Enterprise IoT Strategy in the Industry 4.0 Era", підприємства по всьому світу активно впроваджують IoT для покращення своєї продуктивності, інновацій та зниження витрат.)



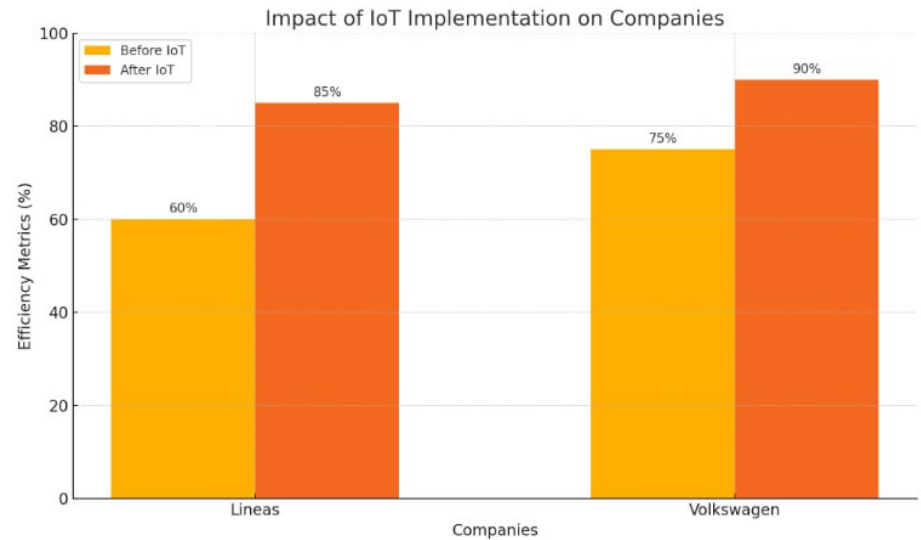
# Економічна ефективність впровадження IoT

- **Методи оцінки економічної ефективності:**

- Аналіз витрат та вигод.
- Економіко-математичні моделі.

- **Приклади економічних розрахунків:**

- Приклади успішного впровадження IoT з економічної точки зору.
- Показники повернення інвестицій (ROI).



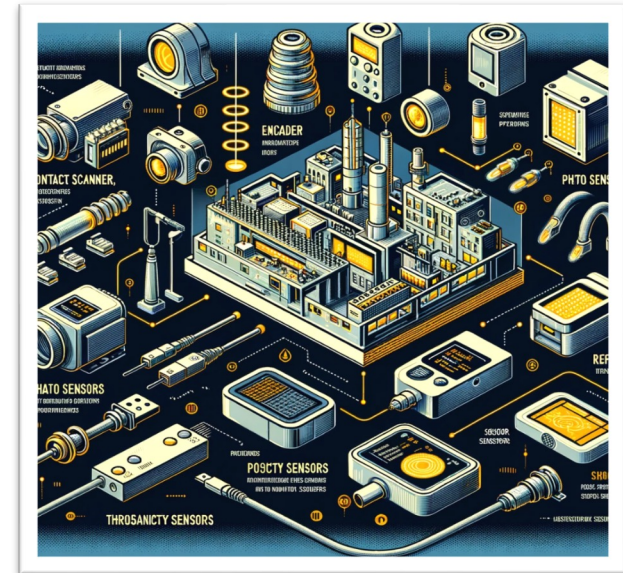
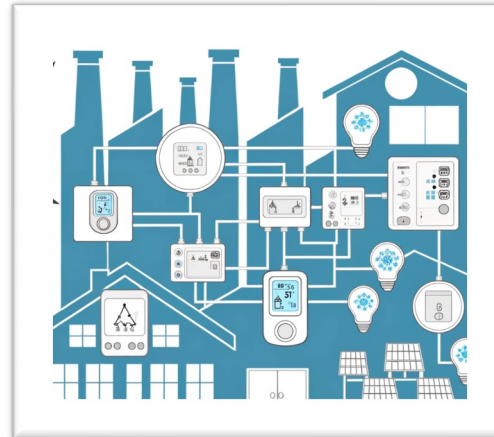
$$\text{ROI (Return On Investment)} = \frac{\text{Return} - \text{Investment}}{\text{Investment}}$$

# Вплив IoT на екологію та сталий розвиток

- Вплив IoT на екологічну стійкість:
  - Оптимізація використання ресурсів.
  - Зменшення вуглецевого сліду.



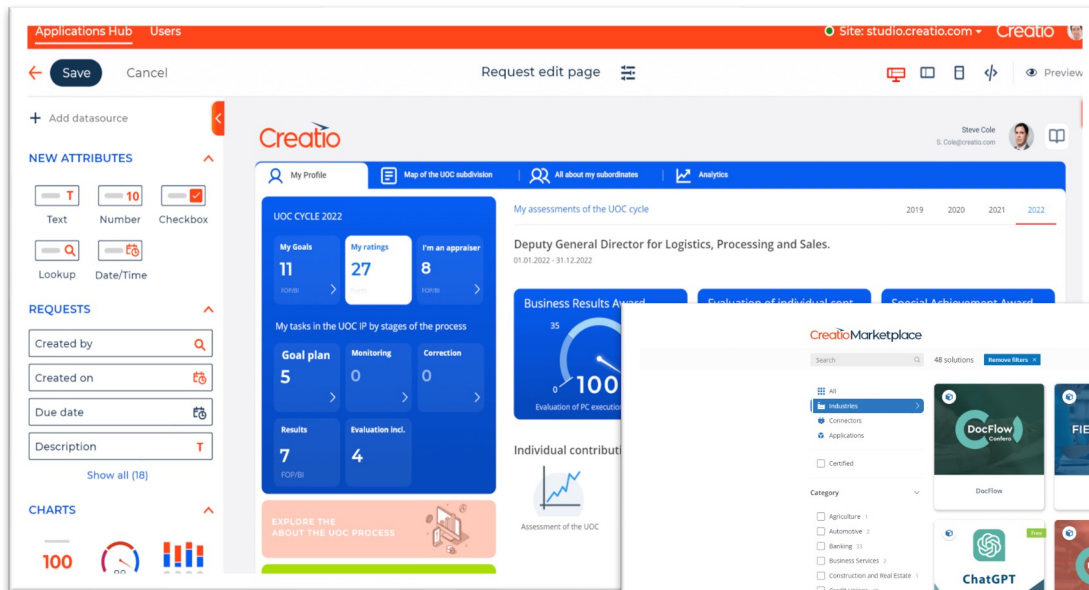
- Приклади екологічних переваг:
  - Розумні системи управління енергоспоживанням.
  - Технології моніторингу та збереження довкілля.



**FAST LOGISTIC**  **=**

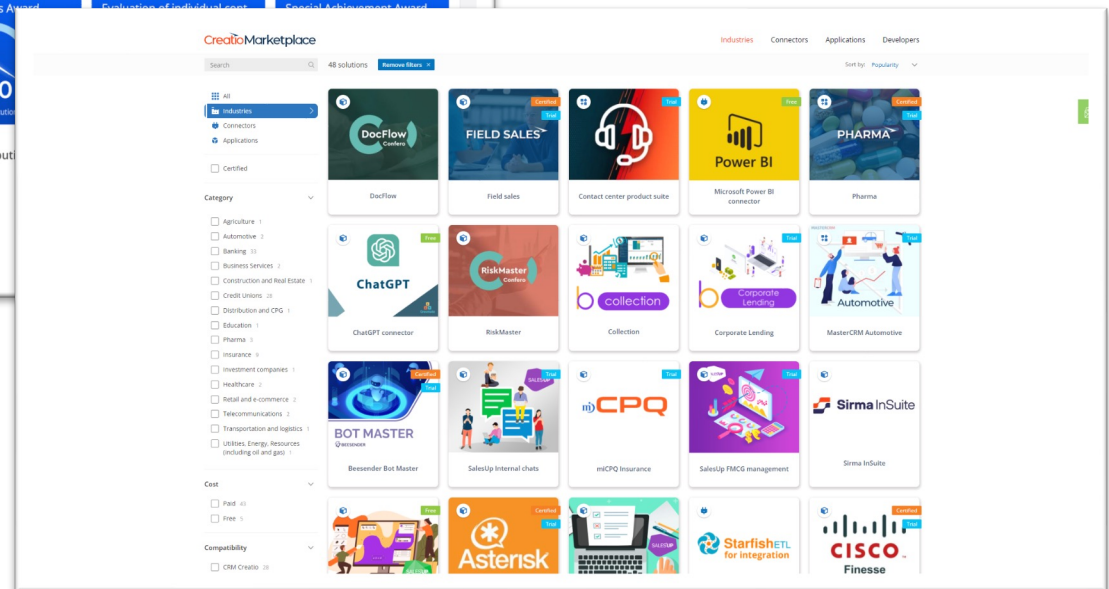


# Практичні кейси впровадження IoT в промислових компаніях



CRM-system

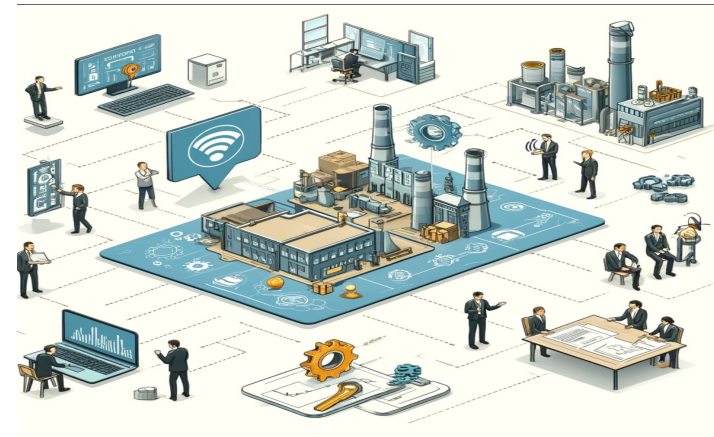
CREATIO



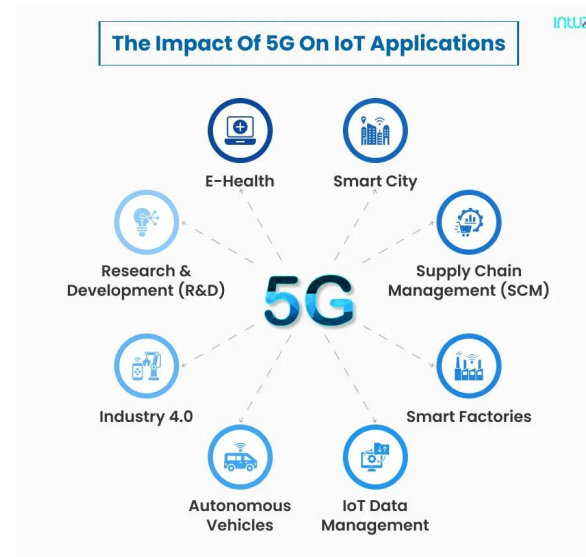
Під час проходження практики в компанії КОІНСІМПЛ була використана унікальна можливість працювати з CRM-системою, яка інтегрує IoT-рішення для покращення бізнес-процесів.

## Рекомендації та перспективи

- Стратегічні рекомендації для підприємств:
  - Розробка стратегій та планів впровадження IoT.
  - Навчання та розвиток кадрів.
- Оцінка ризиків та управління змінами:
  - Оцінка можливих ризиків при впровадженні IoT.
  - Розробка методів управління змінами.

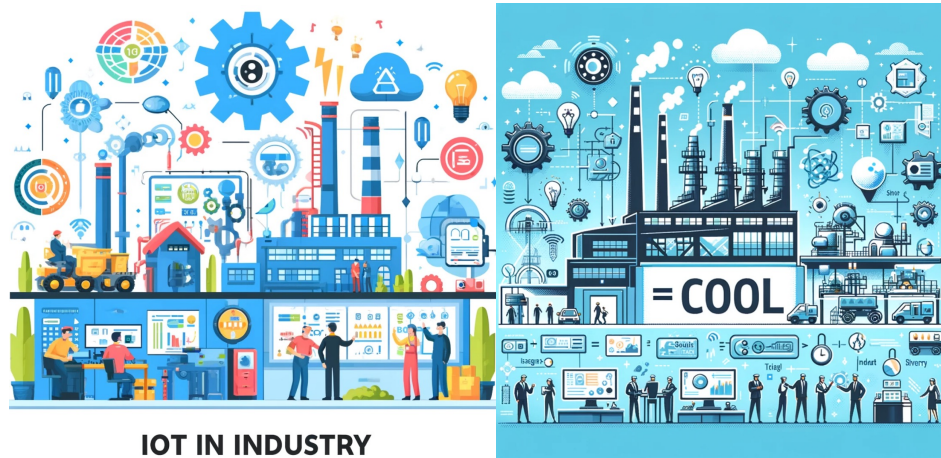


- Перспективи розвитку IoT (Industry 4.0 та 5.0):
  - Взаємодія IoT з іншими передовими технологіями (ШІ, блокчейн, 5G).
  - Революція виробничих процесів.



## Висновки

- Досліджено та виявлено основні проблеми та виклики впровадження IoT у промисловості, показано світові тенденції розвитку цієї технології, проаналізовано методи забезпечення безпеки даних, включаючи шифрування та блокчейн-технології. Простежено еволюцію використання IoT у промислових процесах, окреслено та виокремлено перспективи екологічного впливу, визначено рекомендації та стратегії для ефективного впровадження IoT, а також обґрунтовано комплексний підхід до управління змінами та оцінки економічної ефективності.



## Рецензія

Вознюк К.В. “Оцінка впливу технології IoT на виробничі ланцюги: перспективи розвитку та стратегії впровадження”. Тези доповіді на V Міжнародно науково-технічній конференції «сучасний стан та перспективи розвитку iot» .

“Перспективи IoT у промисловості”. Тези доповіді на Всеукраїнська науково-технічна конференція "Технологічні горизонти: дослідження та застосування інформаційних технологій для технологічного прогресу України і світу".