

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-
КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ "РОЗУМНОГО
БУДИНКУ" З ДИСТАНЦІЙНИМ УПРАВЛІННЯМ»

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

за 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)

Юлія КУЛІШЕНКО

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Виконав: здобувач вищої освіти гр.ІСД-42

Юлія КУЛІШЕНКО

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:

д.т.н., проф.

Каміла СТОРЧАК

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент:

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Київ 2026

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій

Кафедра Інформаційних систем та технологій

Ступінь вищої освіти бакалавр

Спеціальність 126 Інформаційні системи та технології

Освітньо-професійна програма Інформаційні системи та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру ІСТ

_____ Каміла СТОРЧАК

“_____” _____ 2026 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Кулішенко Юлії Петрівни

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Інтелектуальна система автоматизації

"Розумного будинку" з дистанційним управлінням

керівник кваліфікаційної роботи Каміла СТОРЧАК

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від “20” лютого 2026 р. № 51

2. Строк подання кваліфікаційної роботи “01” червня 2026 р.

3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи:

1. Автоматизована система.
2. Інтернет речей.
3. Програмне забезпечення.
4. Науково-технічна література.

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

1. Аналіз сучасного стану розвитку та функціональні можливості систем Інтернету речей.
2. Дослідження можливостей використання ШІ для автоматизації будівлі.
3. Розробка моделі «Розумного будинку» зі штучним інтелектом.

5. Перелік ілюстраційного матеріалу: *презентація*

6. Дата видачі завдання “20” лютого 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Підбір технічної літератури	20.02-03.03.26	
2.	Аналіз сучасного стану розвитку та функціональні можливості систем Інтернету речей	04.03-17.03.26	
3.	Дослідження можливостей використання ІІІ для автоматизації будівлі.	18.03-31.03.26	
4.	Розробка моделі «Розумного будинку» зі штучним інтелектом	01.04-24.04.26	
5.	Оцінка результатів роботи, розробка висновків.	25.04-16.05.26	
6.	Формування демонстраційних матеріалів та доповіді	19.05-20.05.26	
7.	Оформлення роботи	21.05-30.05.26	

Здобувач вищої освіти

Юлія КУЛІШЕНКО

(підпис)

(ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

Керівник кваліфікаційної роботи

Каміла СТОРЧАК

(підпис)

(ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття ступня бакалавр: 66 стор., 37 рис., 2 табл., 32 джерела.

Мета роботи - розробка інтелектуальної системи автоматизації «розумного будинку» з інтеграцією штучного інтелекту.

Об'єкт дослідження – процес автоматизації керування житловим приміщенням за допомогою апаратно-програмних компонентів

Предмет дослідження – програмно-апаратні рішення для дистанційного управління та моніторингу житлових приміщень

Короткий зміст роботи. У першому розділі здійснено комплексний аналіз сучасного стану розвитку технологій Інтернету речей та визначено основні тенденції їх поширення у світовому масштабі. Розглянуто ключові сфери застосування IoT, принципи функціонування систем «розумного будинку» та їх структурні компоненти. Проведено аналіз апаратних засобів, сенсорних компонентів і протоколів зв'язку, що застосовуються для побудови системи «розумний будинок». Представлено систему «розумного будинку», яка інтегрує модель виявлення людини на основі ШІ та низкою датчиків навколишнього середовища, таких як температура та вологість за допомогою DHT11, інтенсивність світла за допомогою LDR та моніторинг безпеки за допомогою газового датчика MQ. Система керує такими приладами, як вентилятори, освітлення та сигналізація, на основі даних про присутність та датчики. Така практика підвищує безпеку за нормальних умов життя та мінімізує споживання електроенергії.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, «РОЗУМНИЙ БУДИНОК», ESP32, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ДИСТАНЦІЙНЕ УПРАВЛІННЯ, ТЕХНОЛОГІЯ, ПРОТОКОЛ, ДАТЧИК, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, СИСТЕМА.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 СТАН РОЗВИТКУ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ СИСТЕМ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ.....	10
1.1 Оцінка поточного стану та динаміки поширення Інтернету речей.....	10
1.2 Сфери застосування технологій Інтернету речей.....	15
1.3 Особливості функціонування системи «Розумний будинок».....	28
1.4 Ключові компоненти автоматизації розумного дому.....	29
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ШІ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ БУДІВЛІ.....	42
2.1 Дослідження та порівняння протоколів для «розумного будинку».....	42
2.2 Переваги використання ШІ для автоматизації будівлі.....	44
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА МОДЕЛІ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ» ЗІ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ.....	51
3.1 Проектування та архітектура системи.....	51
3.2 Огляд апаратного забезпечення для реалізації системи.....	54
3.2 Огляд апаратного забезпечення для реалізації системи.....	65
ВИСНОВКИ.....	73
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	74
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (Презентація).....	78

ВСТУП

Актуальність теми. Домашня автоматизація на сучасному етапі розвитку інформаційних технологій набуває все більшої популярності завдяки своєму значному внеску у заміну ручної праці автоматизованими процесами. Впровадження автоматизованих систем дозволяє суттєво мінімізувати участь людини в рутинних операціях, що, у свою чергу, сприяє підвищенню ефективності використання часу та ресурсів. Особливої актуальності набуває питання енергоефективності, оскільки інтелектуальні системи здатні оптимізувати споживання електроенергії та інших ресурсів залежно від потреб користувача.

Концепція розумного дому передбачає інтеграцію різноманітних пристроїв і систем в єдине кероване середовище, яке забезпечує централізований або віддалений контроль за їх функціонуванням. Це дозволяє користувачам здійснювати управління освітленням, кліматичними системами, безпекою та іншими компонентами житлового простору з використанням сучасних інформаційно-комунікаційних технологій.

Застосування систем розумного дому сприяє підвищенню рівня комфорту проживання, оскільки забезпечує автоматичне виконання повсякденних завдань та адаптацію середовища до індивідуальних потреб користувача. Крім того, такі системи відіграють важливу роль у забезпеченні безпеки житла шляхом використання датчиків руху, систем відеоспостереження та контролюванні доступами.

Відтак, розвиток технологій домашньої автоматизації є важливим напрямом сучасних досліджень, оскільки поєднує в собі аспекти зручності, економічності та безпеки, що робить їх невід'ємною складовою концепції сучасного житла.

Мета роботи - розробка інтелектуальної системи автоматизації «розумного будинку» з інтеграцією штучного інтелекту.

Для досягнення мети, у бакалаврській роботі успішно виконано наступні завдання:

1. Аналіз сучасного стану розвитку та функціональні можливості систем Інтернету речей.
2. Дослідження можливостей використання ші для автоматизації будівлі.
3. Розробка моделі «Розумного будинку» зі штучним інтелектом.

Об'єкт дослідження – процес автоматизації керування житловим приміщенням за допомогою апаратно-програмних компонентів

Предмет дослідження – програмно-апаратні рішення для дистанційного управління та моніторингу житлових приміщень

Методи дослідження. У процесі виконання бакалаврської роботи було застосовано методи аналізу та синтезу апаратно-програмних систем, експериментального тестування мікроконтролерів і сенсорів, програмування та налагодження програмного забезпечення на платформі Arduino IDE, а також візуального блокового програмування у середовищі MIT App Inventor для створення мобільного додатку дистанційного керування системою «розумного дому».

Наукова новизна одержаних результатів. Наукова новизна одержаних результатів полягає у розробці та впровадженні інтегрованої системи автоматизації «розумного дому» на базі Arduino та MIT App Inventor із дистанційним управлінням та оптимізованим алгоритмом взаємодії сенсорів і виконавчих пристроїв.

Практична значущість одержаних результатів. Практична значущість полягає у впровадженні інтелектуальної системи автоматизації «розумного дому» з дистанційним управлінням через мобільний додаток для підвищення комфорту та енергоефективності.

РОЗДІЛ 1 СТАН РОЗВИТКУ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ СИСТЕМ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

1.1 Оцінка поточного стану та динаміки поширення Інтернету речей

У сучасному інформаційному середовищі технології Інтернету речей (IoT) стали одним із провідних чинників цифрової трансформації різних сфер діяльності, суттєво впливаючи на підходи до організації виробничих процесів, автоматизації та повсякденного використання електронних систем. Активний розвиток IoT супроводжується не лише появою нових функціональних можливостей, але й виникненням технічних та організаційних викликів, що потребують постійного аналізу та прогнозування подальших тенденцій розвитку галузі.

З метою оцінки сучасного стану ринку Інтернету речей було проаналізовано актуальні статистичні дані та аналітичні дослідження, які відображають динаміку розвитку IoT-технологій та перспективи їх подальшого впровадження. Значний вплив на розширення корпоративного сегмента Інтернету речей має використання сучасних бездротових технологій зв'язку, серед яких Bluetooth, Insteon та Wi-Fi, а також активна інтеграція хмарних платформ для обробки, передачі та зберігання даних.

Відповідно до аналітичних прогнозів, найбільша частка ринку корпоративних IoT-рішень припадатиме на Північну Америку. Водночас країни з недостатньо розвиненою телекомунікаційною інфраструктурою, зокрема окремі регіони Африки та Близького Сходу, можуть мати певні труднощі із впровадженням та масштабуванням технологій Інтернету речей.

Щодо структури світових витрат у сфері IoT, провідні позиції займає Азіатсько-Тихоокеанський регіон, частка якого у попередні роки становила близько 37 % світового ринку та продовжує залишатися однією з найбільших навіть за умов незначних змін ринкових показників, табл. 1.1.

За прогнозованими оцінками, до 2030 року щорічний дохід у сегменті споживчих інтернет- та мультимедійних пристроїв може досягнути 25 млрд доларів США. Крім того, очікується суттєве збільшення прибутків у сфері підключеного транспорту та інтелектуальних транспортних систем, інтегрованих із технологіями Інтернету речей, рис. 1.1.

Таблиця 1.1

Частки витрат на Інтернет речей

Регіон	2018 рік	2025 рік
Азіатсько-Тихоокеанський регіон	37%	35%
Північна Америка	29%	27%
Європа, Близький Схід та Африка	23%	25%
Японія	9%	9%
Латинська Америка	9%	3%

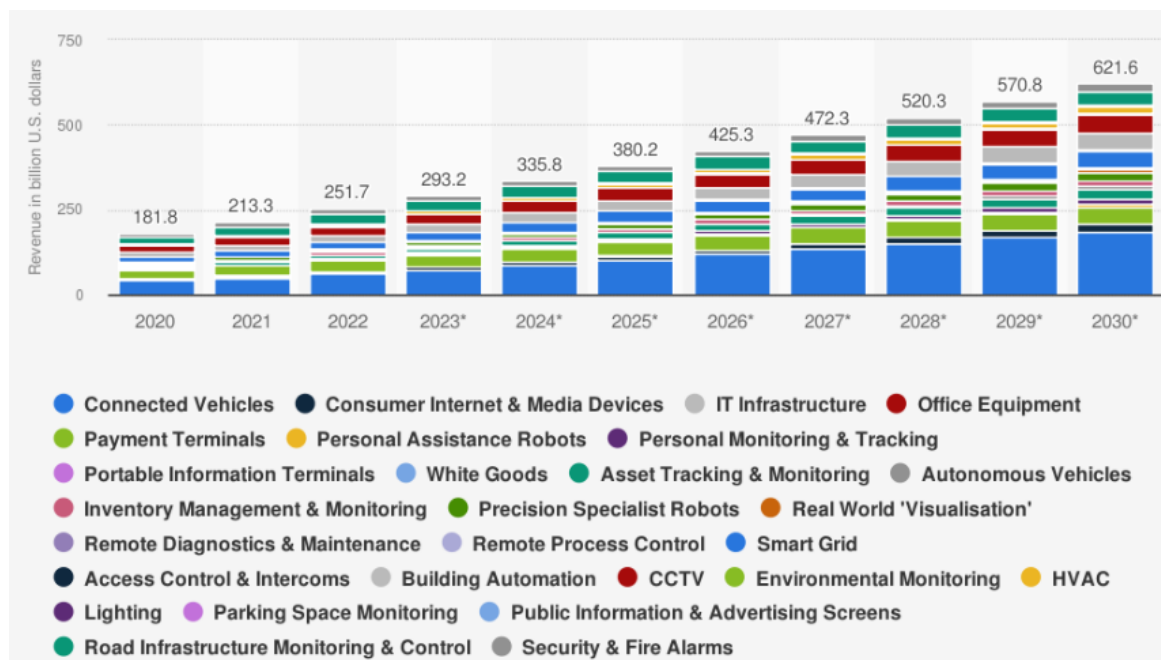


Рис.1.1 Передбачуваний річний прибуток від споживчих інтернет- і мультимедійних пристроїв

На початку 2020-х років світовий ринок технологій Інтернету речей оцінювався приблизно у 182 млрд доларів США. Відповідно до прогнозів аналітичних досліджень, до 2030 року обсяг даного ринку може перевищити 621 млрд доларів США, що свідчить про більш ніж трикратне зростання протягом одного десятиліття.

За прогнозованими показниками, провідне місце у сфері IoT-рішень займатиме Китай, обсяг ринку якого може досягти близько 184 млрд доларів США, що становитиме майже третину світового ринку Інтернету речей. Значні позиції також прогнозуються для Північної Америки з орієнтовним показником 138,7 млрд доларів США та країн Європи, де очікуваний обсяг ринку становитиме близько 122,7 млрд доларів США, рис. 1.2.

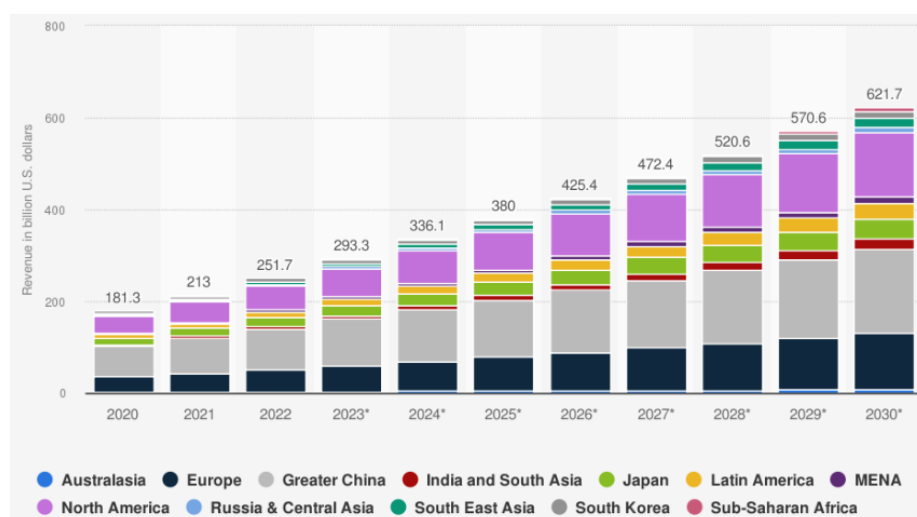


Рис.1.2 Міжнародний ринок технологій Інтернету речей

За результатами проведеного аналітичного дослідження встановлено, що сукупний щорічний економічний ефект від впровадження технологій Інтернету речей до 2025 року може становити від 3,9 до 11,1 трильйона доларів США у різних галузях, зокрема у сфері міської інфраструктури, промислового виробництва, екологічного моніторингу та медицини [2].

Оцінка максимального потенційного впливу, яка додатково враховує переваги для кінцевих користувачів та споживачів, демонструє, що економічний

ефект від застосування IoT-технологій може сягати близько 11 % світової економіки, рис. 1.3.

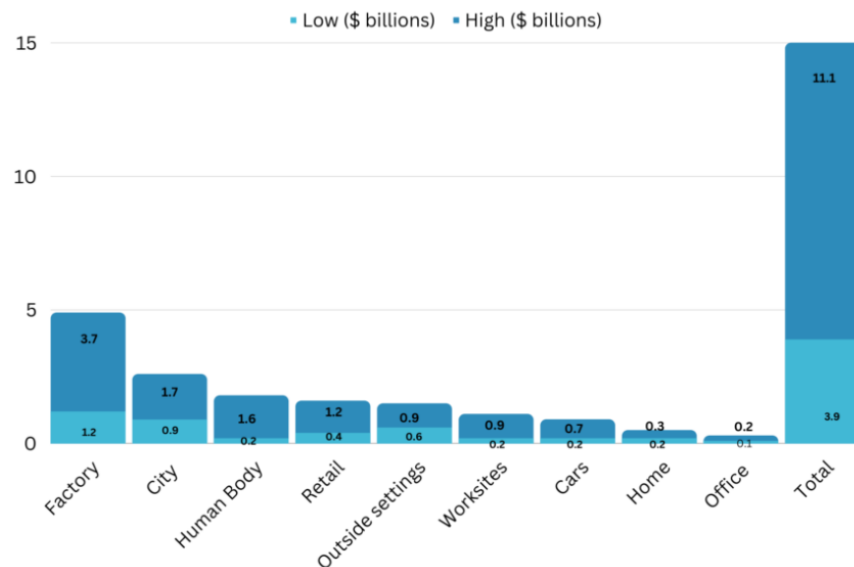


Рис. 1.3 Річний економічний ефект у глобальному масштабі

Відповідно до звіту Statista, оприлюдненого 27 липня 2023 року, прогнозується суттєве зростання кількості пристроїв Інтернету речей. Зокрема, їх число може збільшитися з 15,1 млрд у 2020 році до понад 29 млрд у 2030 році, рис. 1.4.

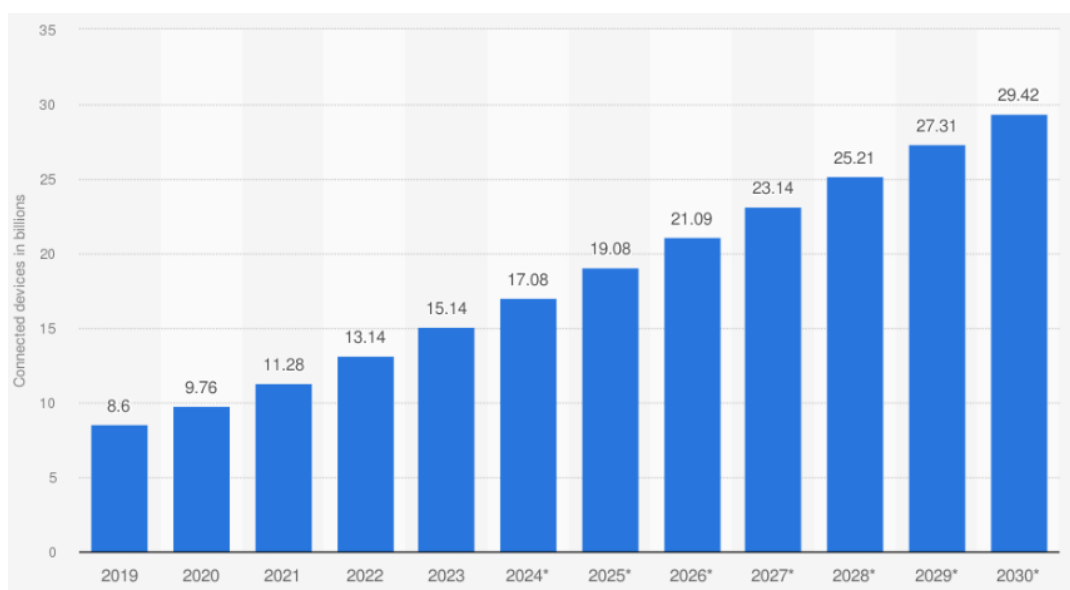


Рис.1.4 Динаміка зростання кількості пристроїв Інтернету речей

Стільникові технології Інтернету речей демонструють стрімке зростання та поступово займають важливе місце у сучасній телекомунікаційній інфраструктурі. За прогнозованими оцінками, до кінця 2027 року приблизно 40 % усіх стільникових підключень становитимуть саме IoT-пристрої.

Відповідно до статистичних даних компанії Statista, у 2022 році кількість широкосмугових і критично важливих стільникових IoT-з'єднань у світовому масштабі становила близько 1,5 млрд. Очікується, що до 2028 року цей показник зросте до 3,3 млрд підключень, що свідчить про активне розширення ринку мобільного Інтернету речей.

Структура, основні сегменти та динаміка розвитку стільникових IoT-підключень у розрізі технологій за період 2018–2028 років наведені на рис. 1.5 [3].

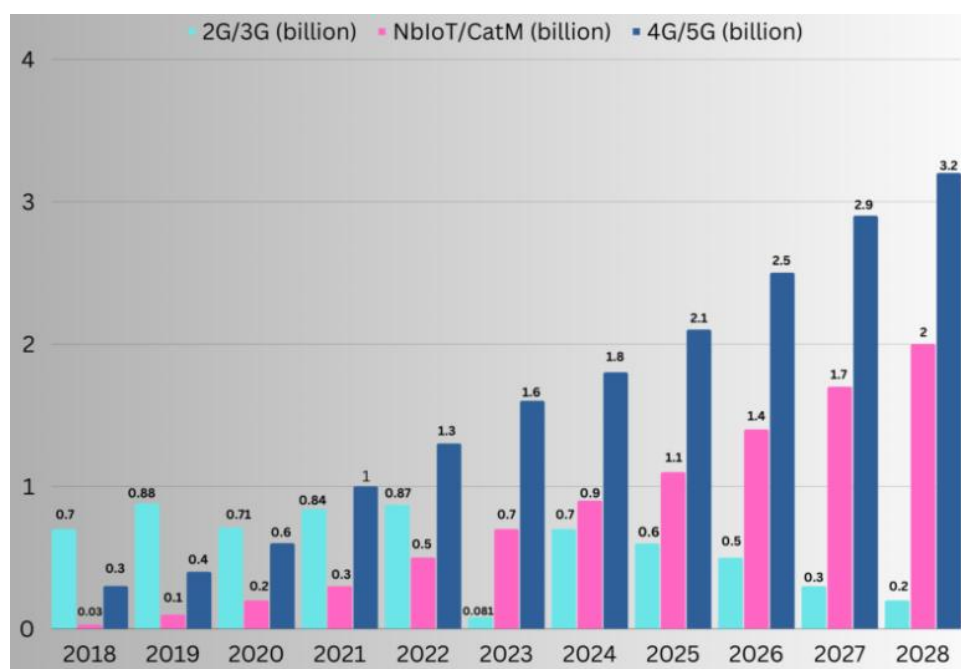


Рис.1.5 Класифікація стільникових IoT-з'єднань за технологічними напрямками

На поданому графіку представлено розподіл доходів, отриманих від впровадження технологій Інтернету речей у різних секторах економіки. Проведений аналіз свідчить, що вагомий потенціал щодо формування прибутків мають державний сектор, сфери роздрібної та оптової торгівлі, а також галузі

транспортування і зберігання продукції. Незважаючи на те, що темпи розвитку зазначених напрямів у деяких випадках поступаються іншим сегментам ринку, їх економічна ефективність та масштаби впровадження залишаються достатньо високими, рис. 1.6.

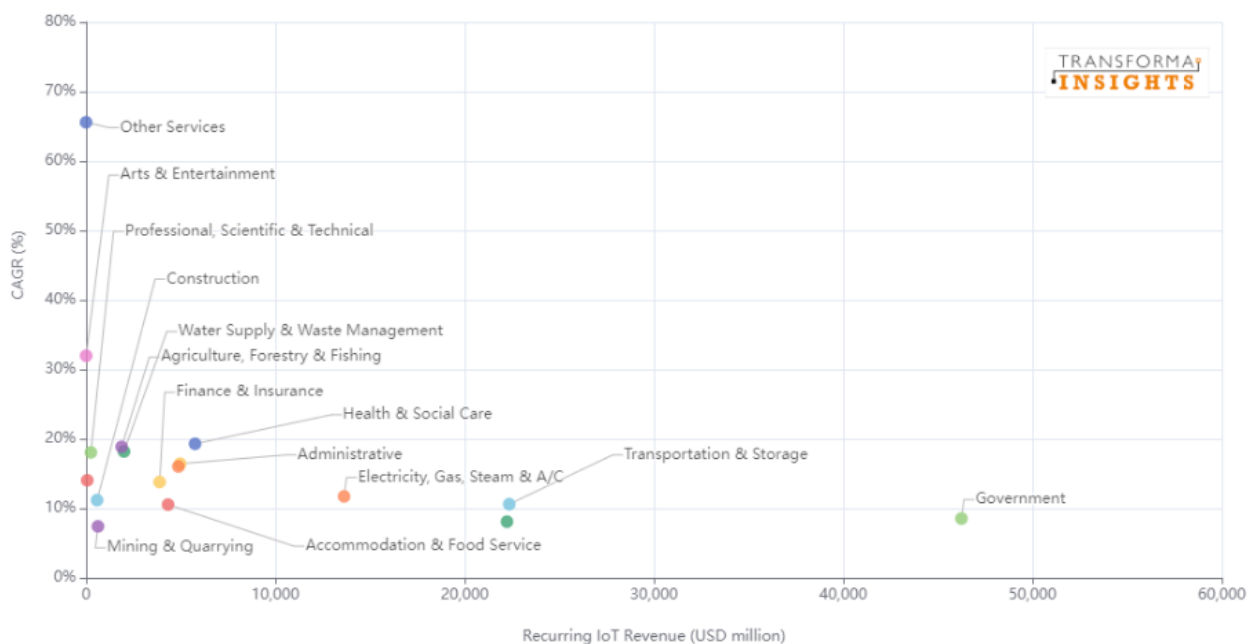


Рис.1.6 Фінансові надходження від Інтернету речей за секторами економіки

1.2 Сфери застосування технологій Інтернету речей

Стрімкий розвиток технологій Інтернету речей значною мірою обумовлений їх активним впровадженням у різні сфери діяльності людини. Саме практичне застосування IoT-рішень визначає актуальність даної технології та темпи її поширення у сучасному цифровому середовищі. Аналіз сфер використання Інтернету речей дозволяє більш детально дослідити принципи його функціонування, удосконалити існуючі технологічні рішення та розробляти нові системи для розв'язання актуальних прикладних задач.

У загальному розумінні концепція Інтернету речей полягає у зборі інформації з різноманітних фізичних об'єктів, її обробці та подальшій передачі іншим пристроям або інформаційним системам. Організація взаємодії між такими

об'єктами суттєво розширює функціональні можливості IoT, забезпечуючи гнучкість, масштабованість та широкі перспективи використання технології у різних галузях [4].

На рис. 1.7 представлено узагальнену таксономію Інтернету речей за основними напрямками застосування. До найбільш важливих сфер використання належать охорона здоров'я, системи екологічного моніторингу, концепція «розумного міста», комерційний сектор, промислові об'єкти та інфраструктурні системи.

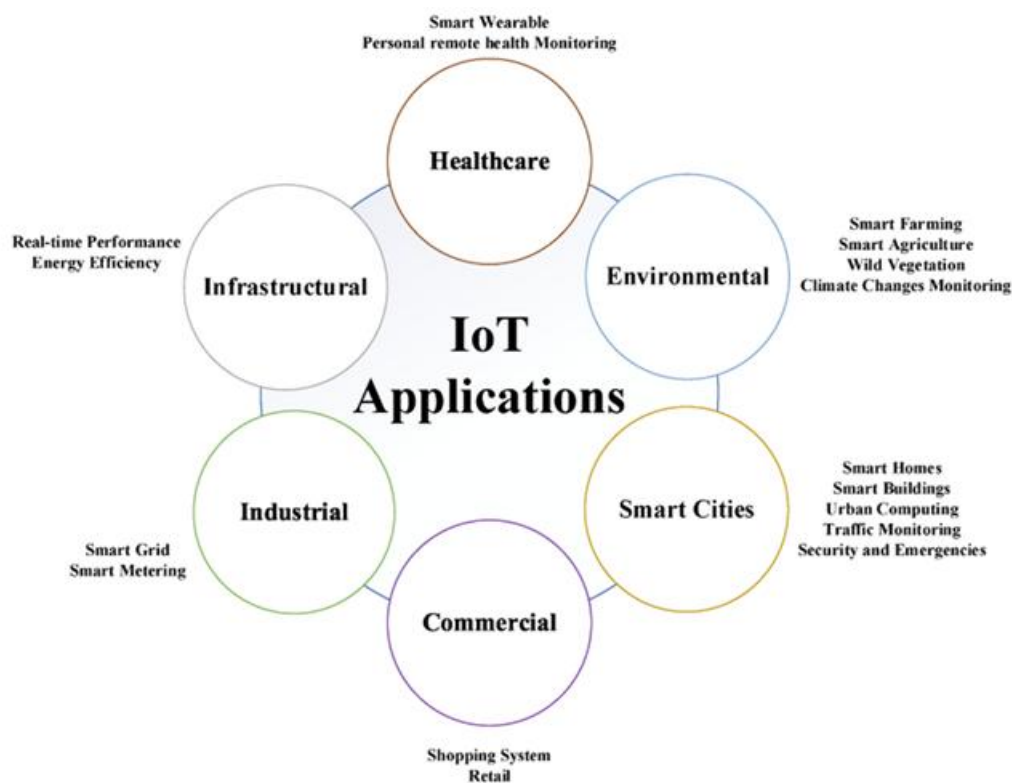


Рис.1.7 Таксономія IoT-застосунків

На сучасному етапі розвитку цифрових технологій Інтернет речей викликає значний інтерес як у бізнес-середовищі, так і серед наукової спільноти. Ринок IoT постійно розширюється завдяки появі нових компаній, програмно-апаратних рішень та інноваційних продуктів, орієнтованих на автоматизацію, моніторинг і обробку даних. Одночасно активно формуються прогнози щодо подальшого розвитку даного напрямку та його впливу на різні галузі економіки.

З метою визначення найбільш перспективних тенденцій розвитку Інтернету речей було проведено аналіз актуальних напрямів застосування IoT-технологій. Отримані результати дослідження та основні тенденції розвитку наведені на рис. 1.8.

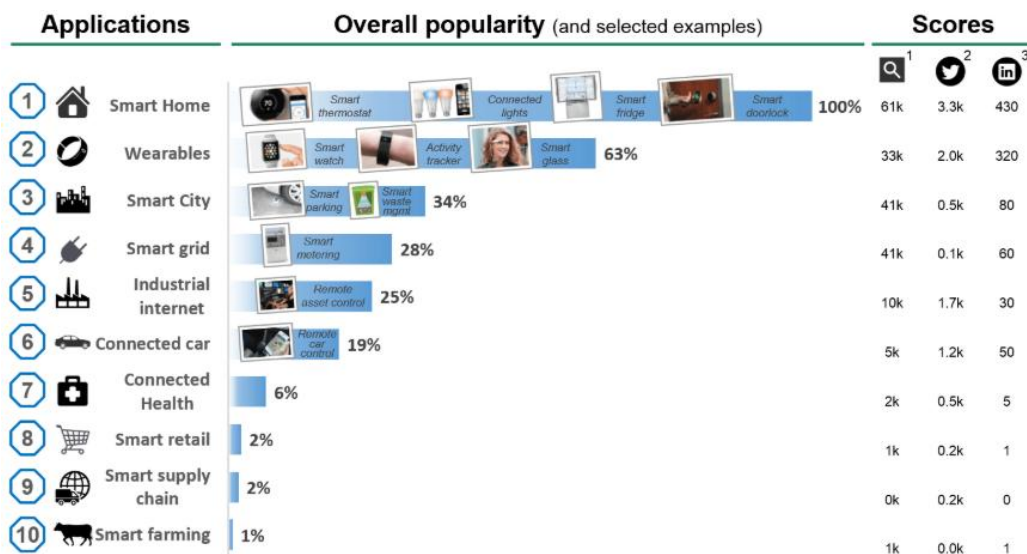


Рис.1.8 Оцінка популярності напрямів Інтернету речей

Концепція «розумного міста» є одним із найбільш поширених прикладів практичного використання технологій Інтернету речей у сучасному урбанізованому середовищі. Її основою є інтеграція цифрових технологій та автоматизованих систем у міську інфраструктуру з метою підвищення ефективності функціонування міських сервісів і ресурсів. Використання IoT-рішень дозволяє оптимізувати роботу комунальних служб, підвищити якість життя населення та забезпечити більш раціональне використання енергетичних і природних ресурсів. Крім того, розвиток концепції розумного міста сприяє економічному розвитку територій та підвищенню рівня екологічної безпеки [5].

Основною метою впровадження технологій розумного міста є вдосконалення систем управління міською інфраструктурою та підвищення ефективності планування розвитку територій за рахунок використання автоматизованих

інформаційних систем і цифрових сервісів. Це створює можливість більш ефективного керування енергоспоживанням, адміністративними процесами та міськими ресурсами, а також сприяє впровадженню інноваційних рішень у різних галузях, зокрема у сфері міського сільського господарства. Водночас IoT-технології дозволяють удосконалювати системи утилізації відходів, розвивати транспортну інфраструктуру, оптимізувати транспортні потоки та забезпечувати кращий доступ населення до базових послуг, серед яких водопостачання та медичне обслуговування.

Паралельно з розвитком концепції розумного міста активно поширюються технології «розумного будинку», що передбачають інтеграцію IoT-рішень у житлове середовище. Основним призначенням таких систем є підвищення рівня комфорту, енергоефективності та безпеки користувачів шляхом автоматизації побутових процесів. У межах концепції розумного будинку технології Інтернету речей використовуються для керування освітленням, водопостачанням, кліматичними системами та побутовими пристроями, а також для реалізації дистанційного моніторингу та контролю систем безпеки.

Особливу роль у сучасних системах розумного будинку відіграють комплексні рішення моніторингу та автоматизованого реагування, які дозволяють своєчасно виявляти потенційні небезпеки та підвищувати рівень захисту житлових приміщень. Використання IoT-технологій у житловому секторі сприяє створенню більш функціонального, безпечного та адаптивного середовища для користувачів [5].



Рис.1.9 Інтелектуальний будинок

Однією з ключових переваг систем «розумного будинку» є можливість централізованого та дистанційного керування внутрішніми процесами за допомогою сучасних цифрових пристроїв, зокрема смартфонів, планшетів або персональних комп'ютерів. Такий підхід дозволяє користувачеві оперативно контролювати роботу побутових систем і швидко реагувати на різні ситуації, наприклад дистанційно вимикати освітлення чи електроприлади, які залишилися активними.

Важливе значення мають також функції моніторингу та своєчасного інформування про стан інженерних систем, що дає змогу попереджати виникнення аварійних ситуацій і зменшувати витрати на технічне обслуговування та ремонт обладнання. Додатково інтегровані системи безпеки підвищують рівень захисту житлових приміщень від потенційних загроз та забезпечують більш ефективний контроль доступу до об'єкта.

Концепція «розумного транспорту» тривалий час асоціювалася переважно з футуристичними технологіями, однак активний розвиток Інтернету речей сприяв її поступовому впровадженню у сучасну транспортну інфраструктуру. На сьогодні автономні та підключені транспортні засоби розглядаються як один із найбільш перспективних напрямів застосування IoT-технологій, здатний суттєво змінити

принципи організації транспортних перевезень і взаємодії користувачів із транспортними системами.

Інтеграція інтелектуальних пристроїв у транспортні засоби вже забезпечує автоматизацію окремих процесів керування та підвищує комфорт експлуатації транспорту. Зокрема, використання навігаційних систем, таких як GPS, дозволяє точно визначати місцезнаходження транспортного засобу, аналізувати дорожню ситуацію та формувати оптимальні маршрути пересування до пункту призначення [6].



Рис.1.10 Транспортні системи на основі IoT

Крім того, використання технологій Інтернету речей у транспортній галузі передбачає оснащення транспортних засобів спеціалізованими сенсорами для контролю їх технічного стану. До основних параметрів, що відстежуються, належать температура охолоджувальної рідини, рівень моторної оливи, стан акумулятора та інші експлуатаційні показники.

Завдяки інтеграції IoT-рішень власники транспортних засобів отримують можливість дистанційно контролювати основні параметри автомобіля, зокрема рівень пального, місцезнаходження та результати діагностики, використовуючи мобільні застосунки або спеціалізоване програмне забезпечення на комп'ютерних пристроях.

Застосування таких технологій сприяє підвищенню рівня безпеки, покращує ефективність технічного обслуговування та дозволяє зменшити витрати, пов'язані з експлуатацією транспортних засобів.

Одним із перспективних напрямів розвитку Інтернету речей є носимі фітнес-пристрої, які набувають дедалі більшого поширення у повсякденному житті. Такі пристрої забезпечують комплексний моніторинг фізичної активності користувача та допомагають ефективніше досягати індивідуальних спортивних і оздоровчих цілей.

Інтеграція IoT-технологій у фітнес-пристрої дозволяє здійснювати збір та аналіз різноманітних показників активності, серед яких кількість кроків, витрати калорій, параметри сну, частота серцевого ритму, а в окремих випадках — рівень глюкози в організмі. Це надає користувачам можливість більш детально контролювати стан здоров'я та оцінювати рівень фізичної активності [7].



Рис.1.11 Фітнес-пристрої на основі IoT

Одним із найбільш поширених напрямів використання носимих пристроїв є моніторинг параметрів фізичної активності та контроль фізіологічних показників користувача, зокрема частоти серцевих скорочень. Завдяки застосуванню технологій Інтернету речей забезпечується безперервне бездротове спостереження за станом організму протягом тривалого часу, наприклад за допомогою смарт-годинників та інших портативних пристроїв, без необхідності використання додаткових дротових сенсорів.

Такий підхід підвищує зручність використання фітнес-пристроїв, забезпечує мобільність користувача та сприяє більш ефективному контролю показників здоров'я і фізичної активності.

Технології Інтернету речей також активно впроваджуються у туристичну сферу, популярність якої зростає разом із розвитком цифрових рішень у різних галузях економіки. Інтеграція IoT у сферу туризму та гостинності створює нові можливості для автоматизації процесів управління готельними комплексами та сервісами обслуговування клієнтів.

Використання IoT-рішень у готельному бізнесі дозволяє оптимізувати внутрішні процеси, підвищити ефективність використання ресурсів та зменшити фінансові витрати, пов'язані з обслуговуванням персоналу готелів, мотелів і курортних комплексів. Автоматизація щоденних операцій, зокрема процесів керування персоналом і технічними системами, сприяє підвищенню загальної ефективності функціонування закладів та скороченню експлуатаційних витрат [8].



Рис.1.12 Використання технологій Інтернету речей у туризмі

Прикладом ефективного впровадження технологій Інтернету речей у готельній сфері є використання мобільних електронних ключів, які надають гостям можливість отримувати доступ до номерів без необхідності безпосередньої взаємодії з персоналом. Крім того, інтеграція спеціалізованих мобільних застосунків дозволяє клієнтам оформлювати замовлення на обслуговування

номерів, залишати відгуки та підтримувати зв'язок з адміністрацією за допомогою смартфонів або планшетів.

Використання подібних IoT-рішень не лише підвищує рівень комфорту та задоволеності відвідувачів, але й забезпечує керівництво готельних комплексів аналітичною інформацією щодо поведінки, потреб та вподобань клієнтів. Це створює передумови для вдосконалення сервісу та впровадження більш персоналізованих підходів до обслуговування гостей.

Технології Інтернету речей також активно впроваджуються у сферу енергетики, сприяючи модернізації традиційних систем розподілу електроенергії та формуванню концепції «розумних мереж». Сучасні енергетичні компанії використовують IoT-застосунки для створення інтелектуальних енергетичних систем, що дозволяють підвищити ефективність управління енергоресурсами та оптимізувати процеси їх використання.

Такі системи забезпечують постійний моніторинг споживання електроенергії, а також дозволяють прогнозувати можливі перевантаження мережі, відключення або дефіцит потужності. Крім цього, IoT-рішення забезпечують збір та аналіз даних про енергоспоживання як на рівні підприємств, так і серед побутових споживачів. Для користувачів це створює можливість контролювати власні витрати електроенергії та формувати більш ефективні стратегії енергозбереження [9].

Одним із найбільш важливих та практично значущих напрямів використання Інтернету речей у сфері медицини є системи дистанційного моніторингу пацієнтів (Remote Patient Monitoring, RPM). Такі рішення демонструють значний потенціал IoT-технологій у забезпеченні ефективного медичного спостереження, підвищенні якості медичних послуг та організації постійного контролю стану здоров'я пацієнтів у режимі реального часу.



Рис.1.13 Система спостереження за пацієнтами

Інтеграція технологій Інтернету речей у системи дистанційного моніторингу пацієнтів сприяє підвищенню якості медичного обслуговування та забезпечує ширший доступ населення до медичних послуг. Досвід глобальної пандемії підтвердив важливість розвитку таких систем і необхідність створення умов для надання медичної допомоги без обов'язкового відвідування лікувальних закладів.

Використання IoT-сенсорів дозволяє медичним працівникам у дистанційному режимі контролювати стан здоров'я пацієнтів, відстежувати основні життєві показники та здійснювати моніторинг дотримання призначеного лікування. Зібрані дані передаються лікарям через спеціалізовані мобільні застосунки, встановлені на смартфонах, планшетах або інших цифрових пристроях.

Крім цього, системи дистанційного моніторингу забезпечують контроль своєчасного прийому лікарських препаратів та дозволяють оперативно реагувати на виникнення критичних ситуацій. Такий підхід підвищує рівень безпеки пацієнтів, покращує ефективність медичного супроводу та сприяє більш якісному наданню медичних послуг.

Технології Інтернету речей також активно впроваджуються у сферу роздрібної торгівлі, забезпечуючи підвищення ефективності операційної діяльності та модернізацію процесів управління бізнесом. Використання IoT-рішень дозволяє

покращити якість обслуговування клієнтів, підвищити точність обліку товарних запасів і оптимізувати процеси управління персоналом.



Рис. 1.14 Ілюстрація впровадження технологій Інтернету речей у торгівлі

Завдяки використанню аналітичних можливостей IoT-рішень підприємства роздрібно́ї торгівлі отримують можливість відстежувати поведінку споживачів, аналізувати історію покупок, а також враховувати регіональні особливості та зміни споживчої активності. Це забезпечує отримання актуальної інформації у режимі реального часу та дозволяє формувати більш ефективні стратегії розвитку, спрямовані на підвищення обсягів продажів і покращення якості взаємодії з клієнтами.

Одним із найбільш важливих напрямів практичного застосування Інтернету речей є виробнича сфера, зокрема її промисловий сегмент — Industrial Internet of Things (IIoT). Особливе значення у цьому напрямі має концепція «розумних фабрик», у межах якої IoT-технології використовуються для автоматизованого контролю та управління виробничим обладнанням і технологічними процесами у режимі реального часу.

Обробка та аналіз даних, отриманих від виробничих систем і технічного обладнання, дозволяють підприємствам приймати більш обґрунтовані управлінські рішення, підвищувати продуктивність праці та ефективніше використовувати виробничі ресурси. Використання сенсорів, інтегрованих у промислове обладнання та інфраструктуру підприємств, створює умови для впровадження систем

прогнозного технічного обслуговування. Такий підхід дозволяє своєчасно виявляти потенційні несправності, зменшувати витрати на ремонт і мінімізувати простої виробничих ліній [10].



Рис. 1.15 Застосування IoT у виробничих процесах

Крім цього, інтеграція IoT-рішень у промисловому секторі створює можливості для проведення розширеної аналітики виробничих процесів, що сприяє оптимізації енергоспоживання та підвищенню ефективності управління активами підприємства. Такий підхід позитивно впливає на продуктивність виробництва, покращує координацію виробничих процесів і забезпечує більш ефективне функціонування ланцюгів постачання. У цілому використання промислового Інтернету речей формує основу для створення інтелектуальних, автоматизованих та ресурсоефективних виробничих систем.

Одним із найбільш перспективних напрямів застосування Інтернету речей є аграрна сфера, де IoT-технології дозволяють оптимізувати складні та ресурсомісткі процеси сільськогосподарського виробництва. Впровадження інтелектуальних систем у сільське господарство сприяє підвищенню ефективності виробничої діяльності завдяки забезпеченню точного контролю та планування агротехнічних процесів.

Системи, побудовані на основі IoT-технологій, забезпечують можливість оперативного збору необхідної інформації, моніторингу стану навколишнього

середовища та прийняття обґрунтованих управлінських рішень у режимі реального часу.

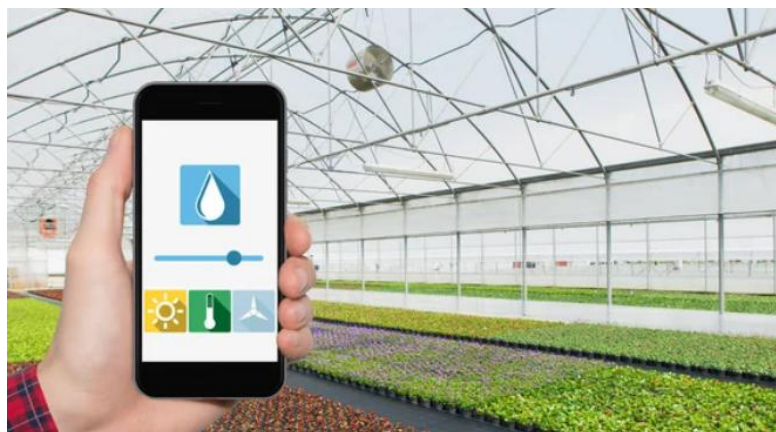


Рис. 1.16 Застосування IoT в аграрній сфері

Зокрема, впровадження IoT-технологій надає фермерам можливість більш точно визначати оптимальні терміни збору врожаю, здійснювати прогнозування погодних умов, а також контролювати рівень вологості ґрунту та концентрацію поживних речовин. Крім цього, сучасні інтелектуальні системи сприяють підвищенню рівня безпеки фермерських господарств завдяки використанню сенсорів моніторингу та автоматизованих засобів контролю.

Застосування електронних міток і сенсорних пристроїв для тварин дозволяє у режимі реального часу відстежувати їх фізіологічний стан, поведінку та показники здоров'я, що забезпечує більш ефективне управління тваринницькими комплексами.

Серед перспективних напрямів розвитку аграрного сектору також варто виділити використання автономної сільськогосподарської техніки, впровадження якої сприяє підвищенню продуктивності праці, автоматизації агротехнічних процесів та покращенню ефективності виконання сільськогосподарських робіт.

1.3 Особливості функціонування системи «Розумний будинок»

Хоча можливості розумного дому інколи можуть здаватися зайвими або перебільшеними, на практиці вони мають цілком відчутні та економічно доцільні переваги. Такі системи сприяють підвищенню рівня безпеки житла, створюють більш комфортні та здорові умови проживання, а також дозволяють керувати різними функціями будинку з мінімальними зусиллями з боку користувача.

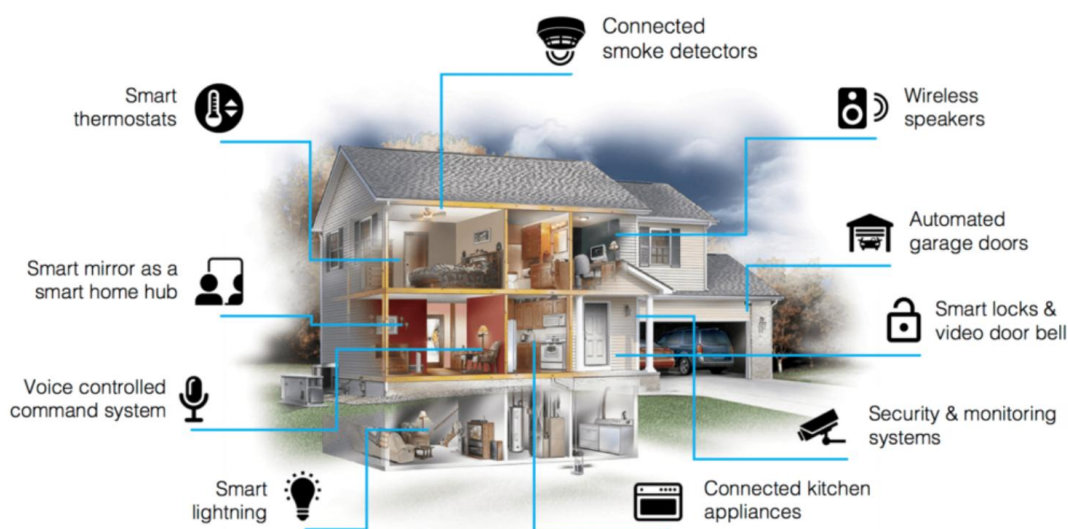


Рис.1.17 Приклад послуг «Інтелектуальний будинок»

Фактично система розумного дому являє собою єдину інтегровану екосистему, яка об'єднує різні пристрої та побутові прилади, забезпечуючи їх узгоджену й “розумну” взаємодію. Замість керування кожним елементом окремо, користувач отримує централізований доступ до всіх функцій через єдину систему управління [11].

До основних переваг автоматизації розумного дому належать:

1. Зручність.

Управління освітленням, мікрокліматом, системами безпеки та розвагами здійснюється через один застосунок або за допомогою голосових команд, що усуває потребу у великій кількості пультів і перемикачів.

2. Енергоефективність.

- системи освітлення автоматично регулюють яскравість або вимикаються за відсутності потреби;
- інтелектуальні термостати оптимізують процеси опалення та охолодження;
- вентилятори з BLDC-двигунами дозволяють суттєво знизити споживання електроенергії;
- розумні лічильники допомагають контролювати витрати ресурсів і зменшувати їх надлишкове використання.

3. Безпека.

- електронні замки забезпечують контроль доступу до житла;
 - датчики руху та камери відеоспостереження фіксують підозрілу активність;
- система миттєво надсилає сповіщення користувачу на мобільний пристрій.

4. Комфорт і якість життя.

- можливість налаштування індивідуальних сценаріїв освітлення для різних ситуацій;
- автоматичне відкривання штор відповідно до часу доби;
- організація багатокімнатної аудіосистеми для покращення дозвілля.

1.4 Ключові компоненти автоматизації розумного дому

Система автоматизації розумного дому складається з кількох взаємопов'язаних елементів, які спільно забезпечують комфорт, енергоефективність, безпеку та зручність користування. Основні компоненти включають:

1. Датчики та виконавчі пристрої. Це елементи, що фіксують зміни навколишнього середовища (рух, температуру, рівень освітлення) та реагують на них. Наприклад, датчик руху може автоматично активувати освітлення при вході людини в приміщення.

2. Протоколи зв'язку. Взаємодія між пристроями здійснюється за допомогою бездротових технологій, таких як Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave або Bluetooth, що забезпечують стабільний обмін даними та узгоджену роботу системи.

3. Центральні хаби. Виконують функцію керуючого ядра системи, об'єднуючи різні пристрої в єдину мережу. До таких рішень належать, зокрема, Amazon Echo та Google Home.

4. Розумні пристрої. До цієї категорії входять термостати, системи освітлення, камери відеоспостереження, замки, побутова техніка та інші пристрої, які підтримують автоматизоване або дистанційне керування через мобільні додатки чи голосові команди.

5. Автоматизація та інтеграція. Передбачає створення сценаріїв роботи, за яких пристрої взаємодіють між собою відповідно до заданих умов. Наприклад, освітлення може змінювати яскравість під час перегляду фільму, а термостат — автоматично регулювати температуру залежно від розкладу.

6. Голосове керування. Багато систем підтримують управління за допомогою голосових асистентів, таких як Amazon Alexa або Google Assistant, що дозволяє користувачам контролювати пристрої без використання фізичних інтерфейсів.

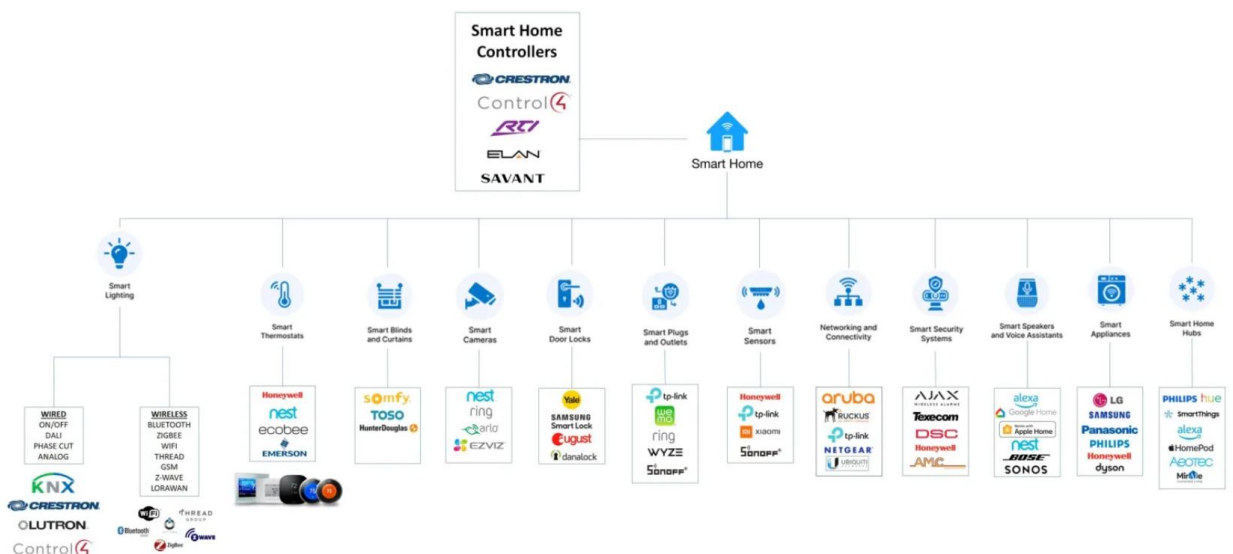


Рис.1.18 Елементи системи та ключові виробники обладнання для домашньої автоматизації

Розумне освітлення.

Системи розумного освітлення є важливим елементом сучасної автоматизації житлових приміщень, оскільки забезпечують можливість гнучкого керування параметрами освітлення, зокрема рівнем яскравості, кольоровою температурою та режимами роботи світлових пристроїв. Управління такими системами може здійснюватися за допомогою мобільних застосунків, сенсорних елементів, пультів дистанційного керування або голосових команд.

Реалізація систем розумного освітлення можлива як із використанням дротових технологій, серед яких KNX, DALI, Phase Cut та аналогові системи керування, так і на основі бездротових рішень, що забезпечують більш гнучке налаштування та спрощують інтеграцію освітлювального обладнання у структуру «розумного будинку» [12].

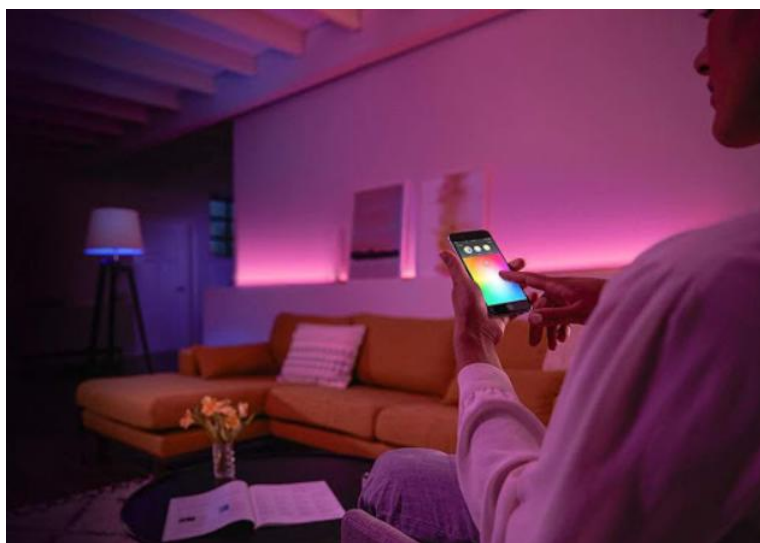


Рис.1.19 Інтелектуальні освітлення

Розумні лампи, вимикачі та електричні розетки суттєво розширюють функціональні можливості систем керування освітленням у житлових приміщеннях. Вони забезпечують дистанційне регулювання рівня яскравості, налаштування графіків роботи освітлювальних пристроїв та зміну кольорових параметрів освітлення, що дозволяє формувати індивідуальні умови освітлення відповідно до потреб користувача.

Використання таких технологічних рішень не лише підвищує комфорт і покращує атмосферу в приміщенні, але й створює основу для подальшого розвитку систем автоматизації житла. Системи розумного освітлення сприяють підвищенню енергоефективності, реалізації автоматизованих сценаріїв роботи та модернізації житлового середовища.

Розумні термостати є важливою складовою інтелектуальних кліматичних систем, оскільки забезпечують автоматизоване керування опаленням, вентиляцією та кондиціонуванням повітря. Такі пристрої здатні адаптуватися до звичок користувачів і автоматично регулювати температурні параметри відповідно до встановлених умов та поточних потреб.

Інтеграція розумних термостатів із системами клімат-контролю дозволяє зменшити рівень енергоспоживання та підвищити комфорт перебування у приміщенні завдяки інтелектуальному керуванню температурним режимом.



Рис.1.20 Термостат

Інтеграція розумного термостата є важливим елементом підвищення рівня автоматизації та енергоефективності сучасного житлового простору. Такі пристрої забезпечують можливість дистанційного керування температурним режимом приміщення та здатні адаптуватися до індивідуальних потреб і звичок користувачів.

Функція створення персоналізованих графіків роботи та автоматичне налаштування систем опалення й охолодження відповідно до розпорядку користувача дозволяють знизити рівень енергоспоживання та забезпечити більш раціональне використання енергетичних ресурсів.

Жалюзі та штори.

Автоматизовані системи керування жалюзі та шторами забезпечують підвищення рівня комфорту користувачів, сприяють покращенню енергоефективності приміщень та створюють додатковий рівень конфіденційності. Робота таких систем може налаштовуватися відповідно до визначених часових сценаріїв або автоматично синхронізуватися з датчиками освітленості для оптимізації використання природного та штучного освітлення.

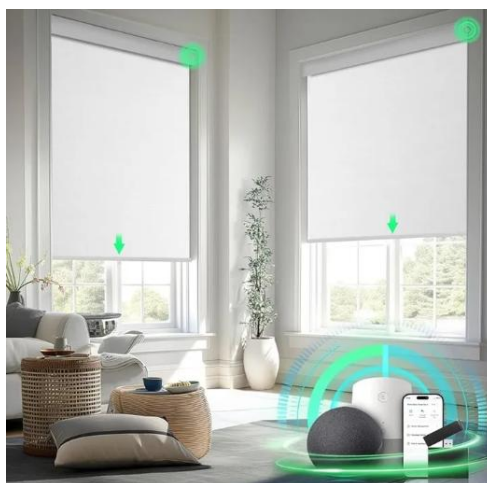


Рис.1.21 Інтелектуальні жалюзі

Розумні жалюзі є автоматизованими системами затемнення, керування якими здійснюється за допомогою мобільних застосунків, пультів дистанційного керування або голосових команд. Такі системи можуть функціонувати відповідно до попередньо налаштованих сценаріїв, зокрема з урахуванням часу сходу та заходу сонця, а також підтримувати режими імітації присутності користувачів для підвищення рівня безпеки житлового приміщення.

Контроль рівня природного освітлення та теплових потоків дозволяє підвищити комфорт перебування у приміщенні та зменшити навантаження на

системи опалення і кондиціювання повітря. Використання бездротових технологій додатково підвищує безпечність експлуатації, особливо у приміщеннях, де перебувають діти або домашні тварини, а також спрощує керування важкодоступними віконними конструкціями.

Більшість сучасних моделей підтримують інтеграцію з голосовими асистентами, зокрема Amazon Alexa, Google Assistant та Siri, а також можуть взаємодіяти з іншими компонентами системи «розумного будинку», включаючи освітлення та кліматичне обладнання. Для живлення таких систем можуть використовуватися акумуляторні батареї, мережеві адаптери або сонячні панелі.

Розумні камери.

Інтелектуальні системи відеоспостереження забезпечують можливість дистанційного моніторингу об'єктів у режимі реального часу, підтримують функції виявлення руху, нічного бачення та збереження відеозаписів у хмарних сервісах. Такі системи легко інтегруються з іншими компонентами безпеки «розумного будинку», забезпечуючи комплексний контроль та підвищення рівня захисту житлового простору.

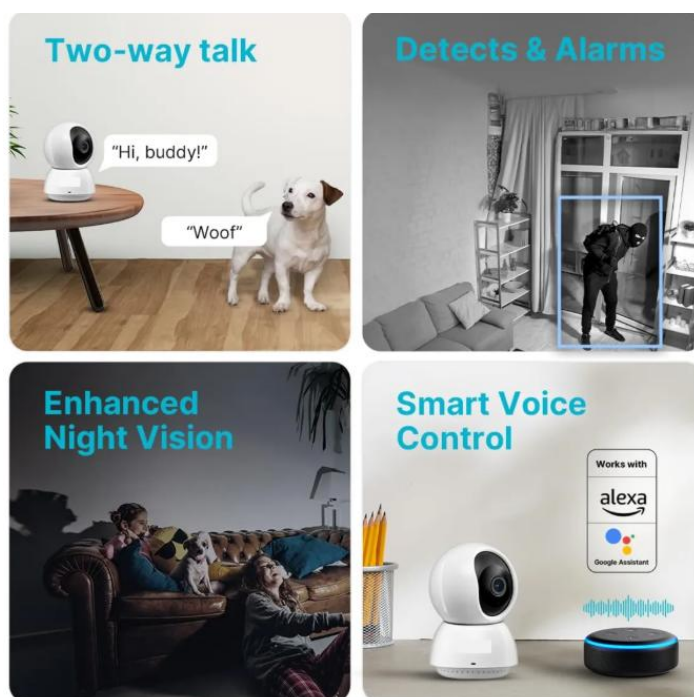


Рис.1.22 Інтелектуальні камери

Розумні камери являють собою мережеві пристрої відеоспостереження, які забезпечують передачу відеозображення на мобільні або комп'ютерні пристрої користувача та надсилають сповіщення у разі виявлення руху, людей, звуків чи інших об'єктів. Більшість сучасних моделей підтримує запис відео у форматі HD, функцію нічного бачення, двосторонній аудіозв'язок, а також можливість збереження даних як у хмарних сервісах, так і на локальних носіях інформації.

Такі пристрої можуть інтегруватися з голосовими асистентами та іншими компонентами системи «розумного будинку», що дозволяє автоматизувати певні сценарії роботи, наприклад автоматичне ввімкнення освітлення або блокування дверей у разі виявлення активності. Розумні камери широко застосовуються для контролю входних зон, моніторингу доставок, спостереження за дітьми або домашніми тваринами, а також виконують функцію додаткового засобу стримування завдяки помітній присутності та системам сигналізації [13].

Для забезпечення захисту приватності користувачів у таких системах передбачаються функції геозонування, налаштування зон активності та можливість фізичного перекриття об'єктива камери. Залежно від умов експлуатації використовуються різні варіанти підключення та живлення, серед яких дротові рішення PoE, бездротові моделі з Wi-Fi та акумуляторним живленням, а також комбіновані системи.

Розумні дверні замки забезпечують доступ до приміщення без використання традиційних механічних ключів за допомогою смартфонів, кодових панелей або біометричних методів ідентифікації. Такі пристрої можуть інтегруватися із системами безпеки «розумного будинку», підвищуючи ефективність контролю доступу та рівень захисту житлових приміщень.

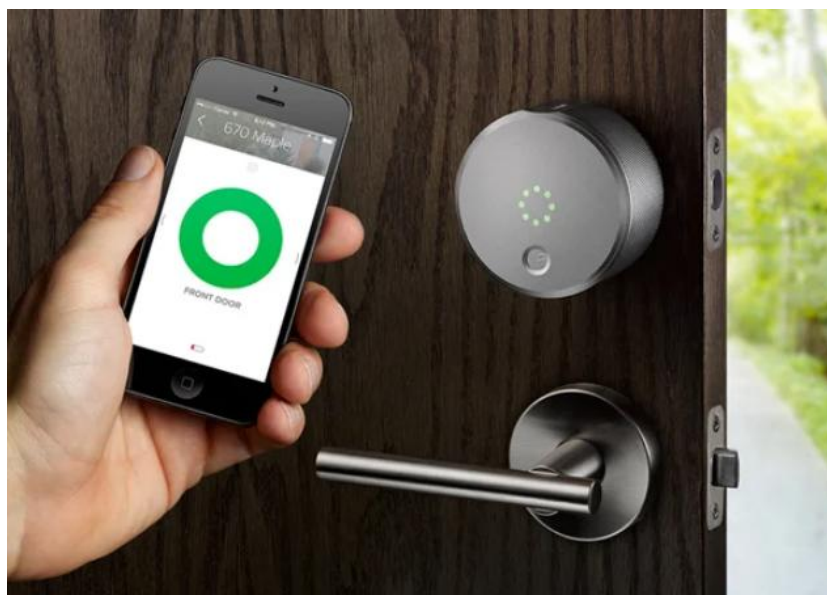


Рис.1.23 Розумні замки

Розумні дверні замки забезпечують можливість відкривання та блокування дверей за допомогою смартфона, PIN-коду, біометричної ідентифікації або технології NFC, що дозволяє відмовитися від використання традиційних механічних ключів і підвищує зручність користування системою доступу. Такі пристрої підтримують створення тимчасових або запланованих кодів доступу для гостей, сервісного персоналу чи інших користувачів, а також забезпечують надсилання сповіщень у режимі реального часу та ведення журналу подій щодо входу і виходу.

Інтеграція розумних замків із голосовими асистентами та компонентами системи «розумного будинку» дозволяє автоматизувати сценарії їх роботи, наприклад автоматичне блокування дверей після виходу користувача або розблокування під час повернення додому. Крім того, такі пристрої можуть взаємодіяти з освітленням, системами сигналізації та іншими елементами безпеки.

Більшість моделей працює від автономних джерел живлення, оснащується індикаторами рівня заряду батареї та підтримує додаткові функції, серед яких резервні способи доступу, сигналізація про несанкціоноване втручання та автоматичне блокування дверей.

Розумні вилки та електричні розетки забезпечують можливість дистанційного керування побутовими електроприладами, моніторингу рівня енергоспоживання та налаштування графіків їх роботи. Такі пристрої є одним із найбільш доступних та простих рішень для початкового впровадження систем автоматизації у житлових приміщеннях.



Рис.1.24 Розетка

Розумні розетки є компактними електронними пристроями, які встановлюються між електричною мережею та побутовим приладом і забезпечують можливість дистанційного керування живленням за допомогою мобільних застосунків або голосових команд. Крім цього, вони підтримують налаштування часових сценаріїв та автоматизованих режимів роботи для реалізації функцій автоматизації.

Такі пристрої широко використовуються для керування освітленням, вентиляторами, обігрівачами, кавоварками та іншими побутовими електроприладами. Серед доступних функцій передбачені режими синхронізації зі сходом і заходом сонця, а також режим «відсутність», який дозволяє імітувати присутність користувачів у приміщенні.

Багато моделей оснащуються системами контролю енергоспоживання, що дає змогу виявляти приховані витрати електроенергії та підвищувати енергоефективність використання побутових пристроїв. Додатково реалізуються функції захисту від перевантаження та аварійного вимкнення електроживлення.

Для організації зв'язку використовуються технології Wi-Fi, Zigbee та Z-Wave. Частина пристроїв потребує використання спеціального хаба для інтеграції у систему «розумного будинку», тоді як інші моделі можуть працювати безпосередньо зі смартфонами та голосовими асистентами.

Датчики відіграють ключову роль у системах «розумного будинку», оскільки забезпечують збір інформації про стан навколишнього середовища та параметри роботи системи. Вони здатні виявляти рух, зміни температури, рівень вологості, появу диму, витоки води та інші події, передаючи отримані дані до центральної системи керування для подальшої обробки.

На основі інформації, отриманої від сенсорів, активуються відповідні сценарії автоматизації, що дозволяє підвищити рівень безпеки, покращити енергоефективність та забезпечити більш стабільне функціонування системи «розумного будинку» [14].



Рис.1.25 Зображення прикладів датчиків

Датчики системи «розумного будинку» являють собою компактні мережеві пристрої, призначені для виявлення змін параметрів навколишнього середовища, зокрема руху, відкриття дверей або вікон, витоку води, появи диму чи чадного газу, а також змін температури, вологості, рівня освітленості та якості повітря. Такі пристрої виконують функцію сенсорних елементів системи автоматизації, забезпечуючи формування сповіщень та активацію відповідних сценаріїв роботи.

Використання датчиків дозволяє автоматично вмикати освітлення у разі виявлення присутності людини, перекривати подачу води при виникненні витоку, регулювати роботу вентиляційних систем у разі погіршення якості повітря або адаптувати температурний режим у приміщеннях відповідно до поточних умов.

У сучасних системах часто застосовуються комбіновані сенсори, які поєднують декілька функцій одночасно, наприклад виявлення руху, контроль температури та рівня освітленості. Це дозволяє зменшити витрати на обладнання та спростити процес монтажу системи. Водночас спеціалізовані датчики, зокрема сенсори витоку води, диму, чадного газу, вібрації або відкриття, виконують критично важливі функції, пов'язані із забезпеченням безпеки.

Для організації взаємодії між пристроями використовуються технології Wi-Fi, Zigbee, Thread та Z-Wave. Інтеграція сенсорів із платформами автоматизації дозволяє реалізовувати різноманітні сценарії роботи, серед яких нічне освітлення, режим «відсутності», оптимізація енергоспоживання та профілактичний моніторинг технічного стану систем.

Системи безпеки.

Системи безпеки «розумного будинку» поєднують засоби сигналізації, датчики руху, камери відеоспостереження та програмні інструменти моніторингу, забезпечуючи комплексний захист житлових приміщень.

Типова система безпеки включає центральний контролер або панель керування, датчики відкриття дверей і вікон, сенсори руху та звукові сирени, що дозволяють своєчасно виявляти спроби несанкціонованого проникнення та оперативно реагувати на потенційні загрози. Додатково до складу системи можуть

входити внутрішні та зовнішні камери відеоспостереження, а також відеодомофони, які забезпечують перегляд подій у режимі реального часу, запис відеоматеріалів і можливість двостороннього аудіозв'язку для контролю ситуації.

Окрім захисту від вторгнень, сучасні системи безпеки можуть включати засоби екологічного контролю, зокрема датчики диму, чадного газу та витоку води. Це значно розширює функціональні можливості системи та дозволяє своєчасно запобігати пожежам, аварійним ситуаціям і технічним несправностям [15].



Рис.1.26 Підсистема захисту розумного дому

Розумні замки, кодові клавіатури та тимчасові PIN-коди забезпечують зручне та гнучке керування доступом для членів сім'ї, гостей або сервісного персоналу. У разі використання професійного моніторингу система безпеки може автоматично передавати сигнали тривоги до екстрених служб, тоді як при автономному режимі контролю користувач отримує повідомлення на мобільний пристрій щодо стану охоронної системи, спрацювання сигналізації та подій, зафіксованих камерами відеоспостереження.

Для забезпечення стабільної та ефективної роботи систем безпеки рекомендується використовувати надійне Wi-Fi-з'єднання, резервні джерела живлення на основі акумуляторів, а також підтримку альтернативного стільникового каналу зв'язку. Додатково важливими є налаштування зон

активності, функцій ігнорування руху домашніх тварин та регулярне оновлення програмного забезпечення пристроїв, що сприяє підвищенню рівня безпеки та стабільності функціонування системи.

РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ШІ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ БУДІВЛІ

2.1 Дослідження та порівняння протоколів для «розумного будинку»

Системи «розумного будинку» на сучасному етапі розвитку належать до найбільш перспективних напрямів у сфері інтелектуальних технологій та автоматизації. Значна кількість протоколів зв'язку та особливості їх технічної реалізації зумовили відсутність універсального стандарту для взаємодії пристроїв, зокрема у системах керування освітленням та комплексної автоматизації будинку. У даному підрозділі проведено аналіз принципів функціонування, технічних параметрів, а також переваг і недоліків основних протоколів, які використовуються у сучасних системах розумного дому.

Зі збільшенням попиту на інтелектуальні системи автоматизації зростає і кількість компаній, що займаються розробкою відповідних технологічних рішень. У сучасних системах використовуються як поширені та перевірені часом протоколи, серед яких ZigBee, Z-Wave та Insteon, так і новіші технології, зокрема Thread та Wi-Fi HaLow. Окреме місце займає Bluetooth, який здебільшого застосовується у пристроях із низьким енергоспоживанням або як допоміжна технологія для взаємодії між компонентами системи.

Технології ZigBee, Thread та Insteon підтримують mesh-топологію мережі, що забезпечує підвищення надійності передачі даних і стабільності функціонування системи навіть у складних умовах експлуатації. Водночас Wi-Fi та Bluetooth характеризуються широким поширенням, простотою інтеграції та відносно невисокою вартістю реалізації

Bluetooth має певні обмеження щодо дальності зв'язку та максимальної кількості підключених пристроїв. У свою чергу, Wi-Fi забезпечує значно вищу швидкість передавання даних, а використання сучасних мережевих

маршрутизаторів дозволяє мінімізувати вплив перешкод і розширити зону покриття бездротової мережі.

Протокол Insteon забезпечує підтримку великої кількості пристроїв завдяки використанню комбінованої інфраструктури зв'язку, що поєднує бездротову передачу даних та використання електромережі для передавання сигналів. Такий підхід підвищує стабільність функціонування системи та дозволяє ефективно організовувати взаємодію між компонентами розумного будинку.

Thread є відносно новою технологією, орієнтованою на подальший розвиток екосистем розумного дому. Протокол характеризується вищою швидкістю передачі даних у порівнянні з ZigBee та Z-Wave, однак його практичне застосування поки що залишається обмеженим і переважно пов'язане з пристроями екосистеми Google Nest.

Важливим кроком у напрямі стандартизації технологій розумного дому стало створення ініціативи «Connected Home over IP», у межах якої об'єдналися провідні компанії галузі, серед яких Amazon, Google, Apple та учасники альянсу ZigBee. До розробки також долучилися виробники SmartThings, Signify (Philips Hue), Ikea, Legrand та інші компанії. Основною метою цієї ініціативи є створення єдиного захищеного стандарту для забезпечення сумісності пристроїв розумного будинку.

На сьогодні розвиток даного напрямку здійснюється під керівництвом Connectivity Standards Alliance, результатом чого стало впровадження стандарту Matter, побудованого переважно на базі технологій Wi-Fi та Thread.

На рис. 2.1 представлено найбільш поширені протоколи зв'язку, що використовуються у сучасних інтелектуальних системах, а у табл. 2.1 наведено їх порівняльні технічні характеристики.



Рис.2.1 Перелік протоколів

Таблиця 2.1

Порівняння протоколів

	Z-Wave	Zigbee	Thread	Insteon	WiFi	Bluetooth
Розмір мережі	232	65536	16352	Необме- жений	255	N/A
Радіодіапазон	915 MHz	2.4 GHz /915 MHz	2.4 GHz	915 MHz	2.5 GHz /5 GHz	2.4GHz
Топологія	Mesh	Mesh	Mesh	Mesh	Зірка	Зірка
Обмін повідомленнями	Маршру- тизований	Маршру- тизований	Маршру- тизований	Одночасна трансляція	Маршру- тизований	Одноадрес- на передача
Максимальна кількість перескоків	4	Будь-яка	Будь-яка	3	1	1
Діапазон у приміщенні	40м	30м	30м	40м	30м	10м
Максимальна швидкість	100 kbps	250 kbps	250 kbps		300 Mbps+	1 Mbps
Сила	Дуже низька	Дуже низька	Низька	Висока	Висока	Низька
Вартість	Середня	Середня	Середня	Низька	Низька	Низька
Базовий стандарт	ITU-T G.9959	802.15.4	802.15.4	N/A	802.11.1	802.15.1

2.2 Переваги використання ІІІ для автоматизації будівлі

Концепція автоматизованого «розумного будинку» останніми роками набула значної популярності завдяки можливості забезпечення високого рівня комфорту,

безпеки та енергоефективності житлового простору. Активний розвиток таких систем став можливим завдяки поєднанню технологій штучного інтелекту та Інтернету речей, які дозволяють автоматизувати значну кількість побутових процесів і забезпечувати інтелектуальне керування пристроями.

Інтеграція технологій штучного інтелекту та IoT у системи «розумного будинку» створює можливість реалізації широкого спектра функцій, серед яких автоматичне керування освітленням, регулювання мікроклімату, моніторинг безпеки, контроль доступу та прогнозне технічне обслуговування обладнання. Алгоритми штучного інтелекту, зокрема методи машинного та глибокого навчання, забезпечують аналіз даних, отриманих від IoT-сенсорів, що дозволяє системі формувати обґрунтовані рішення та адаптувати роботу пристроїв до поведінки користувачів. Наприклад, система може аналізувати повсякденні звички мешканців і автоматично змінювати параметри освітлення або температурний режим для підвищення комфорту та оптимізації енергоспоживання.

Інтеграція штучного інтелекту з Інтернетом речей у системах домашньої автоматизації передбачає використання інтелектуальних алгоритмів для розширення функціональних можливостей підключених пристроїв. У результаті формується єдина інформаційна система, у межах якої пристрої здатні взаємодіяти між собою, обмінюватися даними, аналізувати інформацію та автоматично приймати рішення для виконання визначених завдань. Це дозволяє підвищити продуктивність системи, покращити рівень безпеки та забезпечити зручність використання для кінцевого користувача.

Процес інтеграції штучного інтелекту та IoT у систему «розумного будинку» передбачає використання комплексу взаємопов'язаних апаратних і програмних компонентів. У житловому приміщенні розгортається мережа інтелектуальних пристроїв, до складу якої можуть входити розумні термостати, освітлювальні системи, камери відеоспостереження, дверні замки та різноманітні датчики. Ці пристрої здійснюють збір інформації про стан навколишнього середовища та забезпечують взаємодію із системою керування.

Для організації обміну даними між пристроями використовується шлюз Інтернету речей, який забезпечує підключення розумних гаджетів до центрального інтелектуального модуля. Основним елементом системи є механізм штучного інтелекту, відповідальний за обробку даних, аналіз інформації та формування керуючих рішень на основі встановлених правил або алгоритмів навчання.

Сенсори та підключені пристрої постійно збирають інформацію про температуру, вологість, рівень освітленості, рух та інші параметри середовища, після чого ці дані передаються до інтелектуального модуля для подальшого аналізу. Алгоритми машинного навчання дозволяють системі виявляти закономірності, аналізувати поведінкові сценарії користувачів та визначати можливі відхилення або аномальні ситуації.

На основі результатів аналізу система автоматично приймає рішення щодо керування пристроями, зокрема виконує регулювання температури, вмикає або вимикає освітлення, блокує чи розблоковує двері, забезпечуючи оптимальний рівень комфорту, безпеки та енергоефективності. Сформовані команди передаються через шлюз IoT до відповідних пристроїв для виконання необхідних дій.

Для взаємодії користувача із системою застосовуються мобільні застосунки або вебінтерфейси, які дозволяють контролювати роботу пристроїв, вручну змінювати параметри автоматизації, налаштовувати сценарії роботи та формувати індивідуальні графіки функціонування системи.

Важливою особливістю таких систем є здатність до постійного навчання та адаптації. На основі взаємодії з користувачем і накопичених даних система вдосконалює алгоритми прийняття рішень та пристосовується до змін умов експлуатації й індивідуальних потреб мешканців.

Для забезпечення захисту інформації, що передається між пристроями та інтелектуальним модулем, використовуються сучасні механізми шифрування й автентифікації. Крім цього, система дозволяє оптимізувати споживання електроенергії шляхом інтелектуального керування обладнанням з урахуванням

присутності користувачів, їхніх уподобань та зовнішніх факторів, зокрема погодних умов.



Рис.2.2 Блок-схема інтеграції ШІ та Інтернету речей для автоматизації «розумного будинку»

Основні переваги інтеграції технологій штучного інтелекту та Інтернету речей у системи «розумного будинку» полягають у наступному.

1. Автоматизація процесів.

Поєднання ШІ та IoT дозволяє автоматизувати значну кількість побутових операцій, спрощуючи повсякденне використання системи. Наприклад, освітлення може автоматично вмикатися або вимикатися залежно від присутності користувачів чи часу доби.

2. Підвищення енергоефективності.

Інтелектуальні системи здатні оптимізувати використання електроенергії шляхом адаптивного керування обладнанням з урахуванням умов навколишнього середовища та активності користувачів, що дозволяє зменшити енергоспоживання та скоротити фінансові витрати.

3. Покращення безпеки.

Використання алгоритмів штучного інтелекту у системах безпеки «розумного будинку» забезпечує більш ефективне виявлення потенційних загроз, аналіз небезпечних ситуацій та оперативне реагування на них.

4. Підвищення рівня комфорту.

Інтелектуальні алгоритми здатні аналізувати поведінку та вподобання користувачів, автоматично налаштовуючи параметри освітлення, температури та інших систем відповідно до індивідуальних потреб мешканців.

5. Дистанційний моніторинг і керування.

Користувачі можуть контролювати стан пристроїв та керувати системою «розумного будинку» у дистанційному режимі за допомогою мобільних застосунків або вебінтерфейсів.

6. Персоналізація роботи системи.

Технології штучного інтелекту дозволяють формувати індивідуальні сценарії функціонування системи на основі поведінкових моделей та звичок користувачів.

Разом із перевагами інтеграція штучного інтелекту та Інтернету речей у системи «розумного будинку» супроводжується низкою складних технічних та організаційних аспектів.

1. Проблеми конфіденційності та кібербезпеки.

Збір і обробка даних, отриманих від пристроїв «розумного будинку», можуть викликати занепокоєння щодо конфіденційності інформації. Крім того, підключені пристрої можуть бути потенційними об'єктами кібератак, що створює ризики несанкціонованого доступу та витоку даних. У зв'язку з цим особливого значення набуває впровадження сучасних механізмів шифрування та захисту інформації.

2. Проблеми сумісності пристроїв.

Однією з актуальних проблем є забезпечення стабільної взаємодії між пристроями різних виробників та підтримка сумісності між окремими технологічними платформами.

3. Складність інтеграції та обслуговування.

Процес впровадження технологій ШІ та IoT у системи домашньої автоматизації є достатньо складним і потребує спеціалізованих знань у сфері програмування, мережевих технологій та систем автоматизації. Крім того, подальше технічне обслуговування таких систем також вимагає відповідної кваліфікації.

4. Висока вартість впровадження.

Реалізація систем «розумного будинку» із застосуванням штучного інтелекту та IoT може супроводжуватися значними фінансовими витратами, особливо у випадку великих або багатокomпонентних систем. Вартість обладнання, мережевої інфраструктури та технічного супроводу може бути досить високою.

5. Залежність від надійності системи.

Системи «розумного будинку» значною мірою залежать від коректної роботи алгоритмів штучного інтелекту та мережевої інфраструктури. Будь-які збої або помилки можуть негативно впливати на функціонування системи та створювати ризики для безпеки користувачів.

Таким чином, інтеграція технологій штучного інтелекту та Інтернету речей у системи «розумного будинку» має значний потенціал для трансформації сучасного житлового середовища, забезпечуючи високий рівень автоматизації, енергоефективності, безпеки та комфорту. Водночас успішне впровадження таких рішень потребує врахування низки важливих аспектів, серед яких особливе значення мають питання конфіденційності даних, кібербезпеки, сумісності обладнання та забезпечення надійності функціонування системи.

Ефективна реалізація технологій «розумного будинку» потребує комплексного підходу, який включає якісне проектування, використання сучасних засобів захисту інформації, постійний моніторинг роботи системи та своєчасне

технічне обслуговування. Незважаючи на наявні складнощі, подальший розвиток технологій штучного інтелекту та Інтернету речей створює широкі перспективи для формування безпечного, комфортного та енергоефективного житлового середовища.

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА МОДЕЛІ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ» ЗІ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ

3.1 Проєктування та архітектура системи

Запропонована система «розумного будинку» функціонує на основі технології Wi-Fi та інтегрованих засобів штучного інтелекту, забезпечуючи отримання зворотного зв'язку від сенсорних пристроїв у режимі реального часу. До складу системи входить модуль визначення присутності людини на основі алгоритмів штучного інтелекту, призначений для інтелектуального керування побутовими приладами, а також IoT-модуль на базі ESP32, який реалізує бездротовий обмін даними та багатопараметричний моніторинг навколишнього середовища.

Автоматизоване керування системами освітлення, вентиляції та сигналізації здійснюється на основі постійного аналізу даних, отриманих від датчиків температури, вологості, рівня освітленості та концентрації газу. Безперервний збір і обробка інформації дозволяють системі оперативно реагувати на зміни параметрів середовища та забезпечувати адаптивне керування виконавчими пристроями.

Для дистанційного контролю та хмарної взаємодії використовується платформа Blynk, яка надає можливість користувачам здійснювати моніторинг стану системи та керування підключеними пристроями за допомогою смартфона. Завдяки використанню алгоритмів штучного інтелекту система здатна виходити за межі традиційної автоматизації на основі фіксованих правил, забезпечуючи більш ефективне прийняття рішень та оптимізацію енергоспоживання.

Гібридна архітектура системи забезпечує підвищення енергоефективності за рахунок інтелектуального контекстно-залежного керування, а також покращує рівень безпеки завдяки реалізації функцій раннього виявлення витoku газу та автоматичного звукового оповіщення через бузер.

У процесі дослідження було розроблено та протестовано робочий прототип системи, який продемонстрував точне виявлення присутності людини, стабільну роботу сенсорних модулів та ефективну взаємодію між компонентами Інтернету речей і підсистемою штучного інтелекту.

Система побудована на основі двох синхронізованих підсистем. Перша підсистема представлена IoT-модулем на базі ESP32, який відповідає за зчитування даних у режимі реального часу, керування релейними модулями та виконання критично важливих функцій безпеки. Друга підсистема реалізована на базі ноутбука або периферійного обчислювального пристрою, що забезпечує роботу алгоритмів штучного інтелекту для аналізу відеопотоку та визначення присутності людини.

Додатково система інтегрована з платформою Blynk, що забезпечує зручний моніторинг показників датчиків та передачу сповіщень на мобільні пристрої користувачів. Поєднання інтелектуального аналізу на основі штучного інтелекту зі швидкодіючою автоматизацією на базі мікроконтролера забезпечує адаптивність, стабільність та надійність роботи системи.

Навіть у випадку недоступності модуля штучного інтелекту критично важливі функції безпеки, зокрема контроль витоку газу та робота сигналізації, продовжують автономно функціонувати під керуванням ESP32. Завдяки використанню гібридної архітектури система характеризується масштабованістю, практичністю та придатністю для реального застосування у сучасних системах «розумного будинку».

На рис. 3.1 представлено архітектуру системи «розумного будинку» із застосуванням технологій штучного інтелекту.

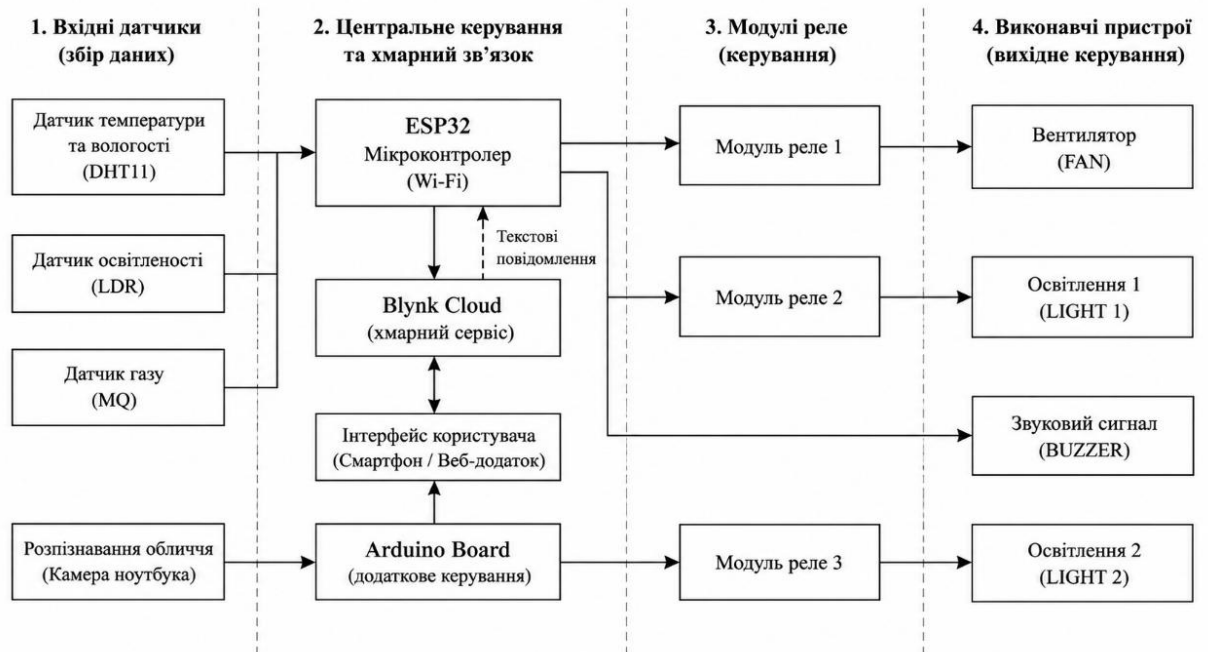


Рис.3.1 Архітектура системи «розумного будинку» з ШІ

ESP32 NodeMCU використовує чотириканальний релейний модуль для керування виконавчими пристроями на основі даних, отриманих від датчиків DHT11, LDR та MQ. Зібрана інформація передається до хмарної платформи Blynk Cloud, що забезпечує реєстрацію параметрів системи та можливість дистанційного моніторингу через мобільний застосунок.

Підсистема штучного інтелекту використовується для реалізації функції визначення присутності людини. Для аналізу відеопотоку, отриманого з вебкамери, ноутбук або персональний комп'ютер застосовує алгоритми комп'ютерного зору, зокрема спеціалізовану згорткову нейронну мережу (CNN) або модель MobileNet-SSD. Після виявлення людини відповідний сигнал передається через послідовний інтерфейс USB до Arduino, який виконує керування релейним каналом освітлення з урахуванням факту присутності користувача у приміщенні.

Запропонована архітектура системи демонструє реалізацію Wi-Fi-орієнтованого «розумного будинку» з інтеграцією технологій штучного інтелекту для ефективного моніторингу та автоматизованого керування параметрами навколишнього середовища. Збір даних у режимі реального часу здійснюється за допомогою набору сенсорів, серед яких камера ноутбука для візуального

моніторингу, фоторезистор LDR для визначення рівня освітленості, датчик DHT11 для вимірювання температури та вологості, а також газовий сенсор MQ для контролю концентрації газу.

Центральним елементом системи виступає мікроконтролер ESP32, який отримує дані від сенсорів, виконує локальну обробку інформації та забезпечує взаємодію з хмарною платформою Blynk. Додатково в системі використовується плата Arduino, яка відповідає за обробку окремих сенсорних даних та керування релейними модулями, що забезпечує більшу гнучкість архітектури та розподіл обчислювального навантаження.

Для автоматизованого регулювання параметрів середовища система оснащена релейними модулями, які забезпечують керування вентиляторами, освітленням, зумером та іншими виконавчими пристроями на основі результатів аналізу, виконаного алгоритмами штучного інтелекту.

Поєднання IoT-технологій та інтелектуальної обробки даних дозволило сформувати адаптивну та функціонально гнучку екосистему «розумного будинку», здатну забезпечувати автоматизоване керування, моніторинг і підвищення рівня енергоефективності та безпеки житлового середовища.

3.2 Огляд апаратного забезпечення для реалізації системи

ESP32 є сучасним мікроконтролером високої продуктивності, який широко використовується для створення вбудованих електронних систем та реалізації рішень на основі технологій Інтернету речей. Платформа поєднує потужні обчислювальні можливості, інтегровані засоби бездротового зв'язку та широкий набір периферійних інтерфейсів, що забезпечує ефективну реалізацію систем автоматизації, дистанційного моніторингу та керування різноманітними технічними пристроями й процесами.

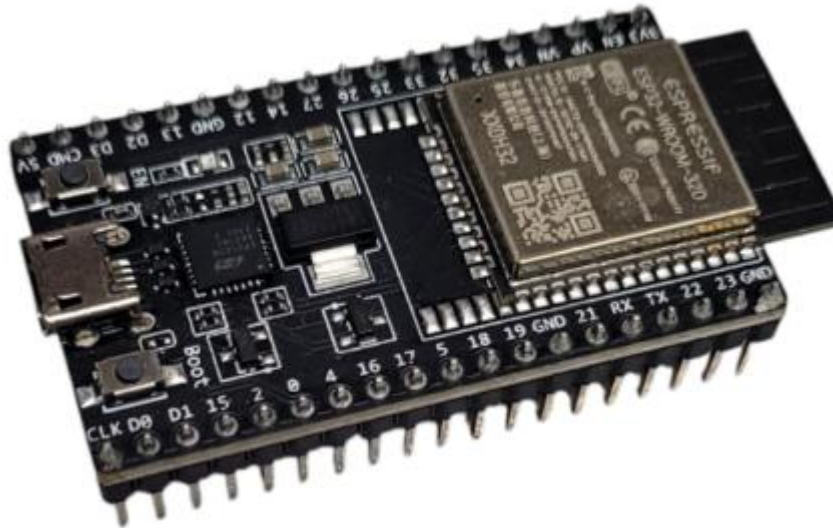


Рис.3.2 Мікроконтролерний модуль ESP32

ESP32 розроблений на базі 32-бітної архітектури та оснащений двоядерним процесором Tensilica Xtensa LX6, що забезпечує можливість одночасного виконання декількох задач у режимі реального часу. Така архітектура дозволяє підтримувати стабільну роботу системи під час паралельної взаємодії з датчиками, виконавчими пристроями та комунікаційними модулями. Тактова частота процесора може досягати 240 МГц, що забезпечує високий рівень продуктивності у порівнянні з багатьма традиційними мікроконтролерами.

Однією з ключових особливостей ESP32 є наявність інтегрованих модулів Wi-Fi та Bluetooth, які реалізовані безпосередньо у структурі мікроконтролера. Це дозволяє організовувати бездротовий обмін даними без необхідності використання додаткового мережевого обладнання. Підтримка Wi-Fi забезпечує передачу інформації через локальні мережі та Інтернет, що є важливим для реалізації систем дистанційного моніторингу та керування. Водночас підтримка Bluetooth і Bluetooth Low Energy (BLE) дозволяє організовувати енергоефективну взаємодію з мобільними пристроями та периферійними сенсорними модулями.

Мікроконтролер оснащений великою кількістю універсальних входів і виходів GPIO, які підтримують як цифровий, так і аналоговий режими роботи. Це забезпечує можливість підключення широкого спектра периферійних компонентів,

зокрема датчиків, релейних модулів, дисплеїв, сервоприводів та інших електронних пристроїв. Для обміну даними з зовнішніми модулями реалізована підтримка інтерфейсів UART, SPI, I2C, CAN, PWM та ADC, що значно розширює функціональні можливості платформи та дозволяє інтегрувати ESP32 у складні автоматизовані системи.

Важливою перевагою ESP32 є підтримка режимів енергозбереження. Зокрема, режим *deep sleep* дозволяє суттєво знизити рівень енергоспоживання під час роботи автономних пристроїв. Завдяки цьому мікроконтролер ефективно використовується у сенсорних мережах, мобільних IoT-пристроях та системах тривалого автономного моніторингу.

Розробка програмного забезпечення для ESP32 може здійснюватися у різних середовищах програмування, серед яких найбільш популярними є Arduino IDE та ESP-IDF. Велика кількість готових бібліотек, відкритих програмних рішень і прикладів коду значно спрощує процес створення програмного забезпечення та інтеграції нових функцій. Крім того, ESP32 підтримує роботу з вебсерверами, MQTT-протоколами, хмарними сервісами та мобільними застосунками, що дозволяє реалізовувати повноцінні системи дистанційного керування й моніторингу.

Завдяки високій продуктивності, широким комунікаційним можливостям та енергоефективності ESP32 активно застосовується у системах автоматизації, технологіях «розумного будинку», автоматизованих фермерських комплексах, промислових IoT-рішеннях, системах екологічного моніторингу та інших сучасних інформаційно-керуючих системах.

Arduino Uno являє собою мікроконтролерну платформу з відкритою архітектурою, яка широко застосовується у розробці електронних пристроїв, систем автоматизації та навчальних проєктів у сфері вбудованих технологій. Центральним елементом плати є мікроконтролер ATmega328P, що забезпечує виконання програмного коду, обробку сигналів від датчиків і керування периферійними електронними компонентами та виконавчими механізмами.

Завдяки простоті підключення, надійності функціонування та широкій підтримці програмних бібліотек Arduino Uno стала однією з найбільш популярних платформ для створення прототипів і дослідницьких електронних систем.



Рис.3.3 Мікроконтролерна платформа Arduino Uno

Конструкція плати Arduino Uno включає центральний мікроконтролер, набір цифрових та аналогових контактів введення-виведення, модуль стабілізації живлення, USB-інтерфейс для програмування й обміну даними, а також роз'єми для підключення зовнішніх електронних компонентів і модулів. Основою системи є мікроконтролер, що працює на тактовій частоті 16 МГц та оснащений вбудованою флеш-пам'яттю для збереження програмного коду, оперативною пам'яттю SRAM для виконання обчислень і EEPROM-пам'яттю для збереження параметрів після вимкнення живлення.

Arduino Uno підтримує 14 цифрових входів/виходів, частина з яких здатна генерувати PWM-сигнали, а також 6 аналогових входів для зчитування сигналів із різноманітних сенсорів. Завдяки цьому плата може взаємодіяти з датчиками температури, вологості, освітленості, концентрації газів, руху та іншими електронними компонентами. Для обміну інформацією із зовнішніми пристроями

реалізовано підтримку інтерфейсів UART, SPI та I2C, що забезпечує сумісність із широким спектром периферійного обладнання та модулів розширення.

Однією з основних переваг Arduino Uno є простота програмування та налаштування. Розробка програмного забезпечення виконується у середовищі Arduino IDE, яке містить велику кількість готових бібліотек, шаблонів і прикладів програмного коду. Програмування здійснюється мовою, що базується на C/C++, завдяки чому забезпечується ефективна реалізація алгоритмів керування, обробки даних та взаємодії з периферійними пристроями. Завантаження програм на мікроконтролер виконується через USB-з'єднання без використання додаткових програматорів.

Платформа підтримує модульний принцип побудови електронних систем, що дозволяє підключати релейні модулі, дисплеї, модулі бездротового зв'язку Wi-Fi і Bluetooth, електродвигуни, сенсорні елементи та інші компоненти. Завдяки цьому Arduino Uno активно застосовується у робототехнічних комплексах, системах «розумного будинку», автоматизованих системах моніторингу, навчальних лабораторіях та IoT-проєктах.

Важливою особливістю Arduino Uno є відкритість апаратної та програмної архітектури. Відкритий доступ до схемотехнічної документації та програмного забезпечення дозволяє адаптувати платформу під вимоги конкретного проєкту та створювати власні модифікації електронних систем. Поєднання простоти використання, доступної вартості та значної кількості навчальних матеріалів забезпечує широке використання Arduino Uno як у професійній діяльності, так і в освітньому процесі для вивчення електроніки та програмування вбудованих систем.

DHT11 є цифровим датчиком, призначеним для вимірювання температури та відносної вологості повітря у системах автоматизованого контролю мікроклімату, IoT-пристроях та вбудованих електронних системах. Конструктивно сенсор поєднує елемент вимірювання вологості, термочутливий компонент для

визначення температури та вбудований мікроконтролер, який виконує обробку отриманих сигналів і передає готові цифрові дані до керуючого мікроконтролера.

Принцип роботи DHT11 базується на використанні ємнісного сенсора вологості та термістора, характеристики якого змінюються залежно від температури навколишнього середовища. Після зчитування параметрів внутрішній контролер виконує обробку та калібрування даних, формуючи цифровий сигнал для передачі через однопровідний інтерфейс зв'язку. Використання цифрового способу передавання інформації дозволяє зменшити вплив електромагнітних завад і забезпечує більш стабільний обмін даними порівняно з аналоговими сенсорами.

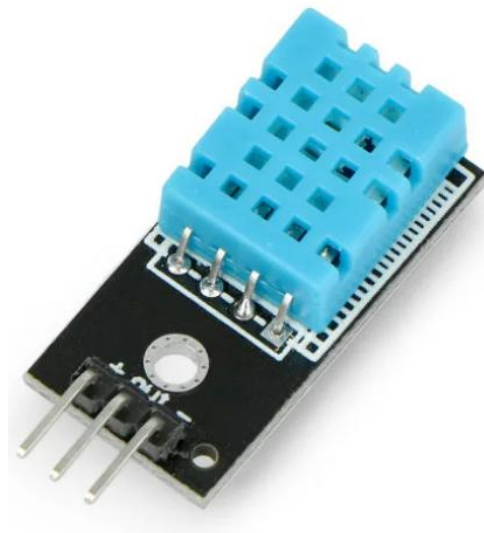


Рис.3.4 цифровий датчик температури DHT11

DHT11 забезпечує вимірювання температури у діапазоні від 0 °C до +50 °C із типовою похибкою близько ± 2 °C, а також визначення відносної вологості повітря в межах 20–90 % із похибкою приблизно ± 5 %. Незважаючи на те, що точність цього сенсора є нижчою порівняно з професійними вимірювальними приладами, його характеристик достатньо для використання у побутових системах автоматизації, навчальних проєктах та експериментальних електронних розробках.

Однією з основних переваг DHT11 є простота інтеграції з мікроконтролерними платформами, такими як Arduino Uno та ESP32. Для роботи

датчика необхідне підключення живлення, лінії заземлення та сигнального контакту передачі даних. Наявність великої кількості готових програмних бібліотек для Arduino IDE та інших середовищ розробки значно спрощує процес програмування і отримання показників температури та вологості у режимі реального часу.

Сенсор характеризується низьким енергоспоживанням та компактними розмірами, що робить його придатним для використання у портативних і автономних IoT-пристроях. DHT11 широко застосовується у системах «розумного будинку», автоматизованих теплицях, електронних метеостанціях, системах вентиляції, кліматичного контролю та моніторингу умов зберігання продукції.

У сучасних автоматизованих системах DHT11 використовується для збору інформації про параметри навколишнього середовища, що дозволяє аналізувати зміни температури та вологості повітря і на основі отриманих даних автоматично керувати виконавчими пристроями, зокрема вентиляторами, нагрівальними елементами, системами поливу та зволоження повітря.

LDR Photoresistor є світлочутливим електронним компонентом, електричний опір якого змінюється залежно від рівня освітленості навколишнього середовища. Цей елемент належить до класу фоторезисторів і широко використовується у системах автоматизованого керування освітленням, засобах контролю параметрів середовища та IoT-рішеннях, де необхідно визначати інтенсивність світлового потоку.

Принцип роботи LDR базується на фотопровідному ефекті. Під впливом світла у напівпровідниковому матеріалі збільшується кількість вільних носіїв заряду, внаслідок чого електричний опір сенсора зменшується. За низького рівня освітлення опір фоторезистора може становити сотні кілоом або навіть мегоми, тоді як при яскравому освітленні його значення суттєво знижується. Завдяки цій особливості LDR використовується як сенсор для визначення рівня освітленості у різних електронних системах.

Конструктивно фоторезистор складається з фоточутливого шару, нанесеного на ізоляційну основу, а також контактів для підключення до електричного кола. Для виготовлення світлочутливого шару найчастіше застосовуються напівпровідникові матеріали на основі сульфіду кадмію (CdS), які характеризуються високою чутливістю до видимого спектра світла. Для формування аналогового сигналу LDR зазвичай використовується у схемі подільника напруги разом із резистором фіксованого номіналу.

Фоторезистор легко інтегрується з мікроконтролерними платформами, зокрема Arduino Uno та ESP32. У процесі роботи аналоговий сигнал із сенсора подається на ADC-вхід мікроконтролера, після чого програмне забезпечення аналізує отримані значення та виконує відповідні дії, наприклад автоматичне вмикання або вимикання освітлення.

До основних переваг LDR належать проста конструкція, невисока вартість та легкість інтеграції у електронні системи. Крім цього, сенсор має достатню чутливість для застосування у навчальних, побутових та експериментальних проєктах автоматизації. Водночас фоторезистори мають певні недоліки, серед яких відносно невисока швидкодія та залежність точності вимірювань від температури навколишнього середовища.

У сучасних автоматизованих системах LDR активно використовується у системах інтелектуального освітлення, автоматичних світильниках, тепличних комплексах, електронних метеостанціях та енергоефективних IoT-рішеннях. У системах «розумної ферми» фоторезистор застосовується для контролю рівня природного освітлення та автоматичного ввімкнення штучного підсвічування у разі недостатньої інтенсивності світла, що дозволяє підтримувати оптимальні умови для росту та розвитку рослин.



Рис.3.5 Світлочутливий електронний компонент

Конструкція фоторезистора містить світлочутливий напівпровідниковий шар, нанесений на ізоляційну основу, а також два контакти для підключення елемента до електричного кола. Для виготовлення фоточутливого шару переважно використовуються матеріали на основі сульфід кадмію (CdS), які характеризуються високою чутливістю до видимого спектра світла. У більшості електронних схем LDR функціонує у складі подільника напруги разом із резистором постійного номіналу, що дозволяє формувати аналоговий сигнал, значення якого залежить від рівня освітленості.

Фоторезистор легко інтегрується з різними мікроконтролерними платформами, зокрема Arduino Uno та ESP32. У таких системах аналоговий сигнал від сенсора надходить на ADC-вхід мікроконтролера, після чого програмне забезпечення виконує аналіз отриманих даних та реалізує відповідні алгоритми керування, наприклад автоматичне ввімкнення або вимкнення освітлення залежно від інтенсивності світлового потоку.

До основних переваг LDR належать простота конструкції, невисока вартість та зручність інтеграції у електронні системи. Крім цього, сенсор характеризується достатнім рівнем чутливості для застосування у побутових, навчальних та експериментальних системах автоматизації. Водночас фоторезистори мають певні недоліки, серед яких відносно низька швидкість реакції та залежність точності вимірювань від температури навколишнього середовища.

У сучасних автоматизованих системах LDR широко використовується у системах інтелектуального освітлення, автоматичних нічних світильниках,

тепличних комплексах, електронних метеостанціях та енергоефективних IoT-рішеннях. У системах «розумної ферми» фоторезистор застосовується для контролю рівня природного освітлення та автоматичного керування штучним підсвічуванням у разі недостатньої інтенсивності світла, що дозволяє підтримувати оптимальні умови для росту й розвитку рослин.

MQ Gas Sensor є електронним датчиком, призначеним для виявлення та контролю концентрації різних газів у повітряному середовищі. Сенсори серії MQ широко застосовуються у системах екологічного моніторингу, автоматизованих системах безпеки, пристроях контролю якості повітря та IoT-рішеннях завдяки простоті реалізації, доступній вартості та легкості інтеграції з мікроконтролерними платформами.

Принцип роботи датчика базується на зміні електричного опору чутливого напівпровідникового шару під впливом різних газів. Конструктивно сенсор містить нагрівальний елемент і газочутливий матеріал, який у більшості випадків виготовляється на основі діоксиду олова (SnO_2). У чистому повітрі цей матеріал характеризується певним рівнем електропровідності, однак при взаємодії з горючими або токсичними газами його електричний опір змінюється. У результаті змінюється вихідна напруга сенсора, яка надалі зчитується мікроконтролером та використовується для аналізу концентрації газів і реалізації відповідних алгоритмів контролю.



Рис.3.6 Електронний газовий сенсор

Серія MQ включає декілька типів газових сенсорів, кожен із яких орієнтований на виявлення певних газів або шкідливих домішок у повітрі. Наприклад, датчик MQ-2 застосовується для виявлення диму, метану, бутану та пропану, MQ-135 використовується у системах контролю якості повітря для визначення концентрації шкідливих речовин, а MQ-7 призначений для вимірювання рівня чадного газу. Завдяки такій спеціалізації сенсори серії MQ можуть ефективно використовуватись як у побутових електронних пристроях, так і в промислових системах моніторингу.

Більшість модулів MQ оснащуються аналоговими та цифровими виходами. Аналоговий вихід дозволяє отримувати значення, пропорційне концентрації газу, тоді як цифровий використовується для формування сигналу при перевищенні встановленого порогового рівня. Для збору, обробки та передачі даних сенсори часто інтегруються з мікроконтролерними платформами Arduino Uno та ESP32, які забезпечують аналіз отриманої інформації та її передачу до систем моніторингу або автоматизованого керування.

Важливою особливістю датчиків серії MQ є необхідність попереднього прогріву чутливого елемента після подачі живлення. Такий процес потрібний для стабілізації характеристик сенсора та підвищення точності вимірювань. Крім цього, на коректність визначення концентрації газів можуть впливати температура та рівень вологості навколишнього середовища.

У сучасних автоматизованих системах сенсори MQ широко застосовуються у системах виявлення витоків газу, пожежної сигналізації, моніторингу якості повітря та забезпечення безпеки приміщень. В IoT-рішеннях ці датчики дозволяють організувати дистанційний контроль стану повітряного середовища та забезпечити своєчасне реагування на появу небезпечних концентрацій газів, що підвищує рівень безпеки та надійність функціонування автоматизованих систем.

3.3 Принцип роботи системи та обробка даних

Послідовність роботи системи базується на координації порогових значень датчиків та сигналів, сформованих модулем штучного інтелекту, для прийняття рішень щодо активації виконавчих пристроїв. Спрощений алгоритм функціонування системи наведено на рис. 3.7. У представленому робочому процесі описано взаємодію модулів ESP32, Arduino та підсистеми штучного інтелекту, спрямовану на підтримання комфортних параметрів навколишнього середовища та забезпечення енергоефективної роботи системи.

Для контролю температури, рівня освітленості та концентрації газу мікроконтролер ESP32 у режимі реального часу постійно отримує дані від датчиків DHT11, LDR та MQ. На основі отриманої інформації контролер виконує алгоритми прийняття рішень, які визначають необхідність активації відповідних релейних каналів для керування вентиляторами, освітленням та звуковою сигналізацією.

З метою підтримання комфортного температурного режиму ESP32 активує реле керування вентилятором у випадку, якщо датчик DHT11 фіксує перевищення встановленого температурного порогу, наприклад 30 °C.

Контроль рівня освітленості здійснюється за допомогою фоторезистора LDR. Якщо система визначає недостатній рівень освітлення, автоматично вмикається штучне освітлення. За умов достатньої освітленості світло вимикається, що дозволяє підвищити енергоефективність системи.

Газовий сенсор MQ безперервно контролює наявність небезпечних газів, зокрема чадного газу та метану. У разі перевищення критичного рівня концентрації система негайно активує звуковий сигналізатор для оперативного сповіщення користувачів про потенційну небезпеку.

Окрім порогових алгоритмів керування, у системі реалізовано модуль виявлення присутності людини на основі технологій штучного інтелекту, який функціонує на підключеному ноутбучі або персональному комп'ютері. Для аналізу

відеопотоку з вебкамери використовуються попередньо навчені моделі CNN або MobileNet-SSD, які забезпечують визначення присутності людини у приміщенні.

Після виявлення користувача відповідний сигнал через послідовний інтерфейс передається до плати Arduino, яка виконує керування окремими релейними каналами для реалізації автоматизації з урахуванням присутності. Такий підхід забезпечує ввімкнення електроприладів лише за необхідності та сприяє оптимізації споживання електроенергії.

Для реалізації дистанційного моніторингу та керування ESP32 передає показники сенсорів і системні параметри до хмарної платформи Blynk Cloud. Це дозволяє користувачу здійснювати візуалізацію даних, контролювати стан системи та виконувати ручне керування через мобільний застосунок.

У результаті інтеграції компонентів Інтернету речей та алгоритмів штучного інтелекту формується адаптивна, інтелектуальна та енергоефективна система керування «розумним будинком», здатна автоматично реагувати на зміни параметрів навколишнього середовища та забезпечувати комфортні умови для користувачів.

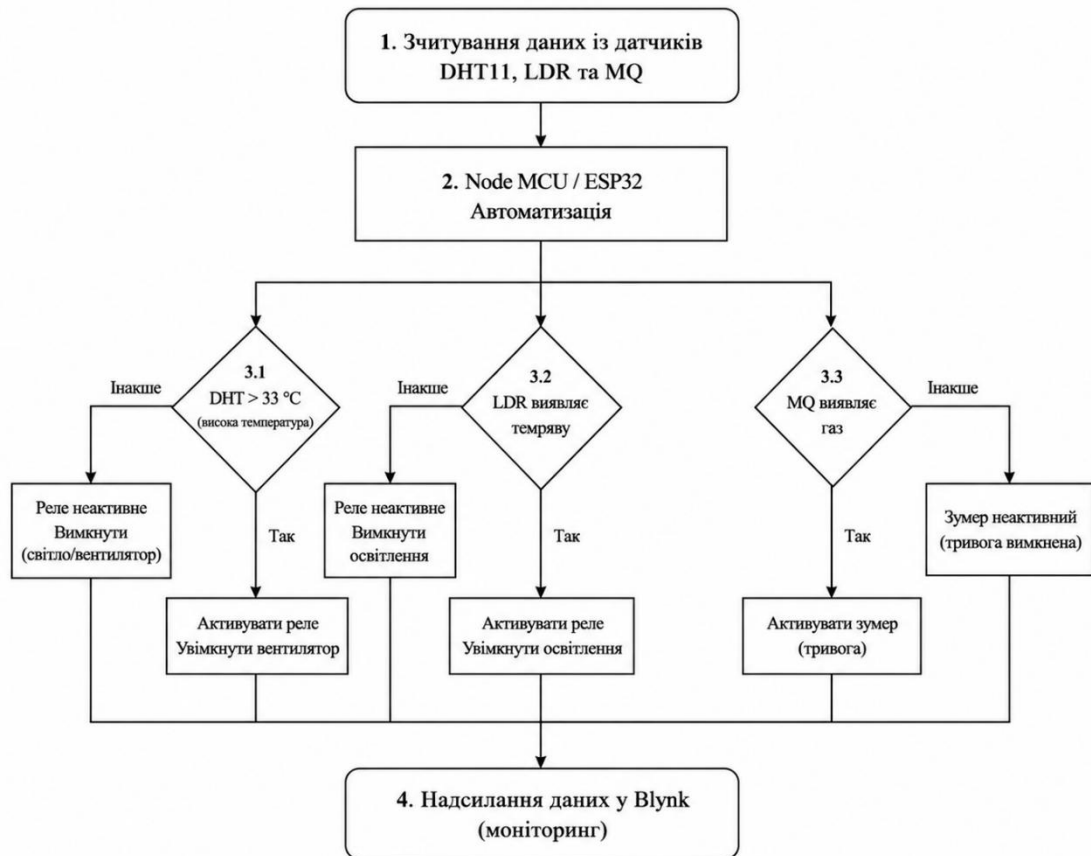


Рис.3.7 Блок-схема опису принципу роботи системи

Правила прийняття рішень на основі датчиків:

1. Температура (датчик DHT11). Якщо $T > 30^{\circ}\text{C}$, тоді вентилятор вмикається (= УВІМК).

2. Освітлення (датчик LDR). Якщо LDR повідомляє про темряву, тоді Освітлення 1 = УВІМК.

3. Газ (MQ). Якщо виявлено газ, то зумер = УВІМК. (негайно, високий пріоритет).

Правила прийняття рішень у системі базуються на взаємодії алгоритмів штучного інтелекту, мікроконтролера Arduino та моделі комп'ютерного зору MobileNet-SSD. У випадку виявлення людини модель MobileNet-SSD формує сигнал високого рівня (HIGH), якщо значення достовірності розпізнавання класу «людина» перевищує встановлений пороговий рівень τ . Сформований сигнал через

послідовний інтерфейс передається до плати Arduino, яка активує релейний модуль для ввімкнення освітлення Light 2.

Для зменшення кількості повторних спрацювань та мінімізації навантаження на послідовний канал зв'язку система використовує механізм спрацювання по фронту сигналу. Це означає, що передача сигналу від підсистеми штучного інтелекту відбувається лише у момент зміни стану виявлення присутності людини.

Підсистема штучного інтелекту виконує обробку відеопотоку з вебкамери у режимі реального часу за допомогою ноутбука або персонального комп'ютера, використовуючи модель MobileNet-SSD або компактну спеціалізовану згорткову нейронну мережу (CNN). Алгоритм безперервно аналізує кадри для визначення присутності людини у контрольованій зоні.

Після надійного виявлення людини, коли значення достовірності перевищує порогове значення τ , система формує сигнал HIGH та передає його через послідовний інтерфейс до Arduino. У відповідь Arduino керує релейним модулем, який виконує активацію освітлення Light 2.

Завдяки використанню механізму спрацювання по фронту оновлення сигналу відбувається лише при зміні стану виявлення, що дозволяє уникнути повторних активацій та скоротити обсяг непотрібного послідовного трафіку. Такий підхід забезпечує ефективне реагування системи виключно на реальні події присутності людини.

На рис. 3.8 представлено загальний алгоритм прийняття рішень та спрацювання підсистеми штучного інтелекту, який демонструє взаємодію між процесом виявлення людини за допомогою MobileNet-SSD та керуванням релейними модулями на базі Arduino.

Хмарна платформа Blynk здійснює безперервний прийом та реєстрацію показників усіх датчиків, а також сигналів про присутність, сформованих підсистемою штучного інтелекту. Це забезпечує можливість моніторингу параметрів системи у режимі реального часу за допомогою інтуїтивно зрозумілої панелі керування. Окрім дистанційного контролю роботи пристроїв, користувачі

можуть відстежувати температуру, рівень освітленості та стан газового середовища.

Платформа Blynk отримує значення від сенсорів навколишнього середовища з періодичністю приблизно 2–5 секунд. Для уникнення перевантаження каналу зв'язку та забезпечення реєстрації лише значущих подій сигнали присутності, сформовані модулем штучного інтелекту, передаються тільки у випадку зміни стану виявлення. Усі отримані дані супроводжуються часовими мітками та зберігаються для подальшого аналізу, оцінювання продуктивності та перевірки ефективності функціонування системи.

Інтеграція штучного інтелекту (AI)

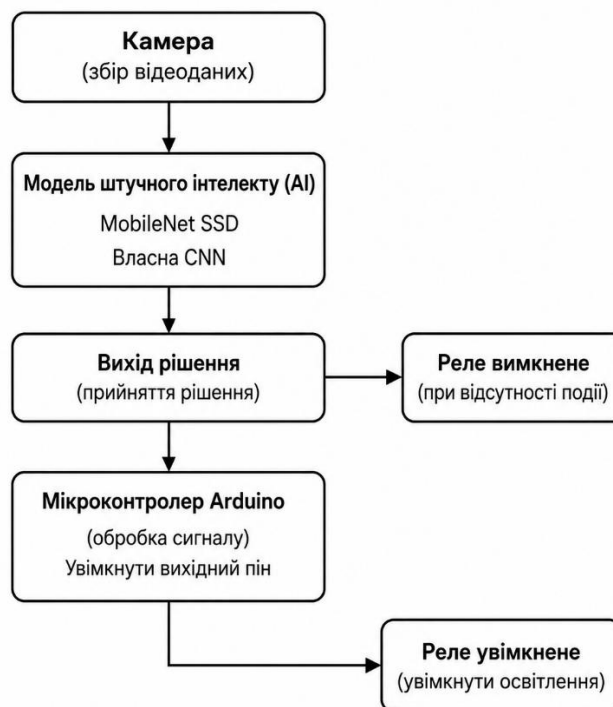


Рис. 3.8 Інтеграція штучного інтелекту та вихідні дані рішень

Макетна плата, що з'єднує ESP32, Arduino UNO, релейний модуль, DHT11, LDR, датчик MQ та дві лампи, утворює фізичний прототип. Повна фізична

конфігурація зображена на рисунку 3.9, з акцентом на розташування датчиків, реле та керованих пристроїв.

ESP32 у системі керує релейними каналами для світла 1, вентилятора та зуммера, а також зчитує вхідні дані з датчиків DHT11, LDR та MQ. Arduino перемикає релейний канал для світла 2 у відповідь на сигнали зайнятості, які він отримує від модуля штучного інтелекту через послідовний зв'язок. Оптоізолятор релейного модуля забезпечує електричну ізоляцію, захищаючи мікроконтролери від високострумівих навантажень реле, а спільний опорний вивід заземлення гарантує правильний зв'язок.

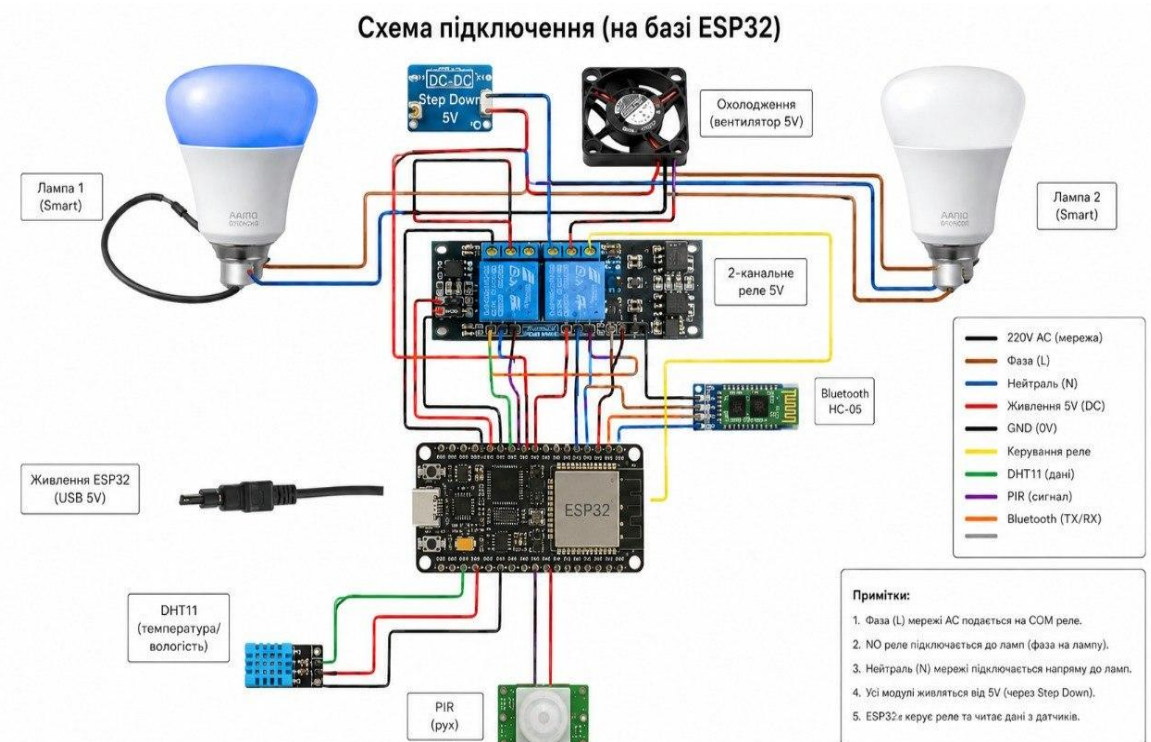


Рис. 3.9 Схема-прототип: ESP32, Arduino, релейний модуль, датчики та лампи (фізична схема)

Виведення інформації на панель керування Blynk.

Моніторинг параметрів системи у режимі реального часу здійснювався за допомогою хмарної платформи Blynk. Панель керування забезпечує наочне

відображення показників датчиків та містить елементи ручного керування виконавчими пристроями, а також індикатори температури, рівня освітленості та концентрації газу. Це дозволяє користувачеві оперативно контролювати зміни параметрів навколишнього середовища та своєчасно реагувати на них.

На панелі Blynk у зрозумілому графічному вигляді відображаються дані сенсорів навколишнього середовища та результати роботи підсистеми штучного інтелекту, що відповідає за визначення присутності людини. Мікроконтролер ESP32 постійно здійснює збір інформації від датчика DHT11 для контролю температури та вологості, фоторезистора LDR для визначення рівня освітленості та газового сенсора MQ для виявлення небезпечних газів. Одночасно модуль штучного інтелекту, який функціонує на ноутбучі, аналізує відеопотік із вебкамери у режимі реального часу для виявлення присутності людини.

Усі дані, отримані від сенсорів та модуля штучного інтелекту, передаються на платформу Blynk, що забезпечує комплексне представлення інформації про стан навколишнього середовища та активність користувачів у приміщенні. Наприклад, значення температури, отримане від датчика DHT11 та зафіксоване на рівні 32 °C, відображається на відповідному індикаторі панелі керування, що дозволяє визначити необхідність активації вентилятора або системи охолодження.

Індикатор освітленості відображає поточний стан навколишнього освітлення, отриманий від фоторезистора LDR. Значення «1» свідчить про достатній рівень освітленості приміщення. Дані газового сенсора також виводяться на окремий індикатор, забезпечуючи контроль наявності або відсутності небезпечних газів у повітрі.

Події, пов'язані з роботою модуля штучного інтелекту, зокрема автоматичне ввімкнення освітлення при виявленні людини, також відображаються у режимі реального часу. Поєднання технологій комп'ютерного зору та сенсорного моніторингу дозволяє платформі Blynk формувати комплексне уявлення про рівень комфорту, безпеки та енергоефективності системи «розумного будинку».

Підсистема штучного інтелекту коректно визначає відсутність людини за допомогою алгоритму виявлення, реалізованого на основі згорткової нейронної мережі (CNN) у поєднанні з моделлю MobileNet-SSD. У такому режимі освітлення, кероване штучним інтелектом, залишається вимкненим, що демонструє здатність системи зменшувати енергоспоживання шляхом уникнення зайвого використання освітлювальних приладів.

Моделю MobileNet-SSD завдяки своїй оптимізованій архітектурі забезпечує швидкий аналіз відеозображень із камери та виконує виявлення й локалізацію людини у режимі реального часу при появі користувача у контрольованій зоні. Визначені області зображення передаються до спеціалізованої згорткової нейронної мережі для подальшого вилучення ознак і більш точної класифікації об'єктів. Такий підхід дозволяє мінімізувати кількість хибних спрацювань та забезпечити активацію системи лише у випадку фактичної присутності людини.

Після підтвердження присутності людини через релейний модуль Arduino активується освітлення, що забезпечує миттєве ввімкнення світлового приладу. Одночасно датчик LDR контролює рівень навколишнього освітлення та у разі недостатньої яскравості автоматично вмикає додаткове освітлення.

Поєднання швидкого виявлення об'єктів за допомогою MobileNet-SSD та точного аналізу даних із використанням CNN забезпечує своєчасну, точну та енергоефективну реакцію системи на присутність людини у приміщенні.

ВИСНОВКИ

У результаті виконаного дослідження, у першому розділі, було проаналізовано сучасний стан та динаміку розвитку Інтернету речей, що дозволило визначити основні тенденції зростання ринку та перспективи його подальшого розширення. Встановлено, що IoT-технології активно інтегруються у різні сфери діяльності, зокрема у промисловість, транспорт, медицину, сільське господарство та побутове середовище.

Окрему увагу приділено дослідженню концепції «розумного будинку», визначено її функціональні можливості, переваги та принципи організації. Проаналізовано основні компоненти систем автоматизації, включаючи сенсори, виконавчі механізми, протоколи зв'язку та програмні засоби керування.

Отримані результати свідчать про високу актуальність впровадження IoT-рішень, а також формують теоретичну основу для подальшої розробки та практичної реалізації систем автоматизації розумного будинку.

Виконано порівняння технічних характеристик протоколів зв'язку, які застосовуються в системах «розумного будинку», визначено їх переваги, недоліки та сфери ефективного використання. Встановлено, що відсутність єдиного стандарту зумовлює необхідність вибору протоколу залежно від конкретних умов реалізації системи.

Представлено покращену штучним інтелектом систему «розумного будинку», який поєднує виявлення присутності на основі штучного інтелекту зі зворотним зв'язком від датчиків ESP32. Розподілена гібридна конструкція успішно забезпечила енергоефективне освітлення на основі присутності та реагування на безпеку в режимі реального часу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Fântâna, G.I.; Oae, S.A. Evolution of Smart Buildings. *Int. J. Energy* 2021, pp. 41–43.
2. Alanne, K.; Sierla, S. An overview of machine learning applications for smart buildings. *Sustain. Cities Soc.* 2022.
3. Dai, X.; Liu, J.; Zhang, X. A review of studies applying machine learning models to predict occupancy and window-opening behaviours in smart buildings. *Energy Build.* 2020.
4. Pramanik, P.K.D.; Mukherjee, B.; Pal, S.; Pal, T.; Singh, S.P. *Green Smart Building: Requisites, Architecture, Challenges and Use Cases*; IGI Global: Hershey, PA, USA, 2020.
5. GhaffarianHoseini, A.; GhaffarianHoseini, A.; Tookey, J.; Omrani, H.; Fleury, A.; Naismith, N.; GhaffarianHoseini, M. *The Essence of Smart Homes: Application of Intelligent Technologies towards Smarter Urban Future*; IGI Global: Hershey, PA, USA, 2016.
6. Ye, J.; Hassan, M.T.; Carter, D.C.; Zarli, A. *ICT for Energy Efficiency: The Case for Smart Buildings*. In *Managing IT in Construction/Managing Construction for Tomorrow*; Dikbas, A., Ergen, E., Giritli, H., Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2020.
7. Mejjaouli, S.; Alzahrani, M. Decision-making model for optimum energy retrofitting strategies in residential buildings. *Sustain. Prod. Consum.* 2020, pp. 211–218.
8. Sgrò, G. *Smart Buildings: ICT as a Driving Energy-Efficient Solution for Retrofitting of Existing Buildings*. Master's Thesis, KTH School of Industrial Engineering and Management Energy Technology, Sweden, Stockholm, 2018.
9. Alasdair, A. *Bluetooth LE Projects with Arduino, Raspberry Pi, and Smartphones*/ A. Alasdair. – M.: Make Community LLC, 2018, 256c.

10. Schwartz, M. Internet of Things with Arduino Cookbook /M. Schwartz. – M. : Packt Publishing, 2021, 188c.
11. Simon, M. Practical Electronics for Inventors, Fourth Edition /M. Simon. – M.: McGraw-Hill Education TAB, 2020, 1056c.
12. Thorpe, E. Arduino: Simple and Effective Strategies to Arduino Programming /E. Thorpe. – M.: Independently published, 2019, 228c.
13. Ali Darejeh and Dalbir Singh. An investigation on Ribbon interface design guidelines for people with less computer literacy. *Computer Standards & Interfaces*, 36(5):808–820, September 2022.
14. Adriansyah, A., & Dani, A. W. Design of small smart home system based on Arduino. In *Proceedings of the Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics Seminar*, 2021, pp. 121-125.
15. Arpita, R., Saxena, K., & Bhadra, A.A. Internet of Things. *International journal of Engineering Studies and Technical Approach*, 2020, pp. 1-36.
16. M. Verma and P. Gupta, “IoT-Based Home Automation Systems: Sensor Integration and Real-Time Control,” *IEEE Sensors J.*, vol. 21, no. 6, pp. 7200–7210, Mar. 2021.
17. Batty, M., Memarian, K., Nienhuis, K., Pichon-Pharabod, J., & Sewell, P. The problem of programming language concurrency semantics. In *Proceedings of the European Symposium on Programming Languages and Systems*, 2019, pp. 283-307.
18. Bingol, O., Tasdelen, K., Keskin, Z., & Kocaturk, Y. E. (2014). Web-based smart home automation: PLC-controlled implementation. *Acta Polytechnica Hungarica*, 2023, pp. 51-63.
19. Chew, I., Kalavally, V., Tan, C. P., & Parkkinen, J. A spectrally tunable smart led lighting system with closed-loop control. *Sensors Journal*, 2019, pp. 52-59.
20. Shrivastav, “Smart Home Automation System using ESP32 with Environmental Sensors,” *J. IoT Appl.*, vol. 5, no. 2, pp. 89–102, 2021. 3. Blynk Inc., “Blynk IoT Platform Documentation,” 2020. [Online]. Available: <https://docs.blynk.io/>.

21. J. Doe and S. Smith, "Energy-Efficient Smart Home Systems with AI and IoT," *IEEE Internet Things J.*, vol. 7, no. 4, pp. 3500–3510, Apr. 2020. 21. Fatehnia, M., Paran, S., Kish, S., & Tawfiq, K. Automating double ring infiltrometer with an Arduino microcontroller. *Geoderma*, 2020, pp. 133-139.

22. Fitriyah, H., Widasari, E. R., Sagita, R. D., & Bagus, A. H. Design of remote control for smart home using interaction design method. In *Proceedings of the International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems*, 2019, pp. 91-96.

23. Kodali, R.K., Jain, V., Bose, S., & Boppana, L. IoT Based Smart Security and Home Automation System. In *Proceedings of the International Conference on Computing, Communication and Automation*, 2021, pp. 86-89.

24. Lin, H., & Bergmann, N.W. IoT Privacy and Security Challenges for Smart Home Environments. *Information*, 2024, pp. 1-15.

25. Ravi Kishore Kodali et al., "IoT Based Smart Security and Home Automation System," 2016 International Conference on Computing, Communication and Automation, Greater Noida, India, pp. 1286-1289, 2016.

27. Marius, R., Remus, D., Monica, L., & Andreea, L. A Smart House in the Context of Internet of Things. *International Journal of Internet of Things and Web Services*, 2020, pp. 38-42.

28. Ransing, R. S., & Rajput, M. Smart home for elderly care, based on wireless sensor network. In *Proceedings of the International Conference on Nascent Technologies in the Engineering Field*, 2018, pp. 1-5.

29. Sumithra, P., Jane, D., Karthika, P., & Gavaskar, S. A smart environmental monitoring system using Internet of Things. *International Journal of Scientific Engineering and Applied Science*, 2020, pp. 261-265.

30. MIT. MIT App Inventor. MIT App Inventor Main Page. URL : <https://appinventor.mit.edu/> (дата звернення: 13.03.2026).

31. K. Singh et al., “AI-Assisted Occupancy Detection for Smart Home Automation Using CNN and IoT,” *Int. J. Smart Home Technol.*, vol. 11, no. 2, pp. 34–46, 2022.
32. [H. Chen and Y. Li, “Real-Time Human Detection in Smart Homes Using MobileNet-SSD,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 45000–45010, 2021.

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (Презентація)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:
«ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗУМНОГО ДОМУ
З ДИСТАНЦІЙНИМ УПРАВЛІННЯМ»

Виконав: здобувач вищої освіти гр.
Хххххх Хххх Ххххх
Керівник
Хххххх Хххххх Хххххх

Київ 2026 рік

2

МЕТА ТА ЗАВДАННЯ РОБОТИ

Мета роботи - розробка інтелектуальної системи автоматизації «розумного дому» з дистанційним управлінням через мобільний додаток.

Об'єкт дослідження – процес автоматизації керування житловим приміщенням за допомогою апаратно-програмних компонентів

Предмет дослідження – програмно-апаратні рішення для дистанційного управління та моніторингу житлових приміщень

Завдання бакалаврської роботи:

- Аналіз сучасного стану розвитку та функціональні можливості систем Інтернету речей.
- Огляд паратних засобів, протоколів та інструментів реалізації автоматизації системи «Розумний дім».
- Дослідження реалізації та функціонування вбудованих і мобільних компонентів системи.

3

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТА ДИНАМІКИ ПОШИРЕННЯ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

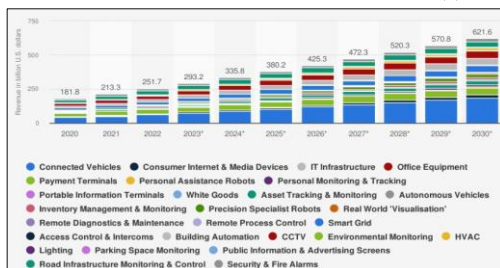


Рис.1. Очікуваний річний дохід від споживчих інтернет- та медіа-пристроїв

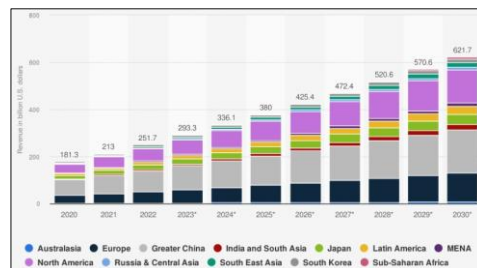


Рис.2 Всесвітній ринок IoT

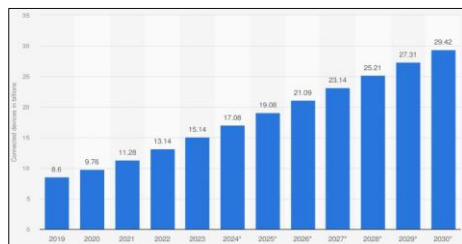


Рис.1.4 Ріст кількості пристроїв IoT



Рис.1.6. Доходи від Інтернету речей у різних секторах підприємств

Applications	Overall popularity (and selected examples)	Scores
1 Smart Home	100%	61% 3.3k 430
2 Wearables	63%	33% 2.0k 320
3 Smart City	34%	41% 0.5k 80
4 Smart grid	28%	41% 0.1k 60
5 Industrial Internet	25%	10% 1.7k 30
6 Connected car	19%	5% 1.2k 50
7 Connected Health	6%	2% 0.5k 5
8 Smart retail	2%	1% 0.2k 1
9 Smart supply chain	2%	0% 0.2k 0
10 Smart farming	1%	1% 0.0k 1

Рис.5. Рейтинг сфер застосування IoT



Рис.6. Розумні фітнес пристрої

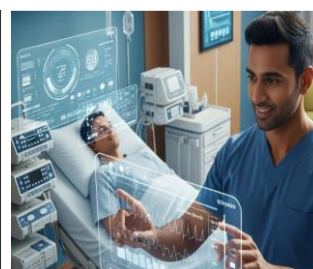


Рис.7. Моніторинг пацієнтів



Рис.8. Розумний транспорт



Рис.9. Інтернет речей в туризмі



Рис.10. IoT у виробництві



5 ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА КОМПОНЕНТИ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»

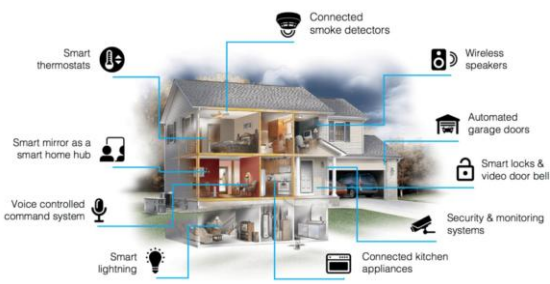


Рис.11. Послуги системи «Розумний будинок»



Рис.13. Приклад датчиків



Рис.14. Голосові помічники

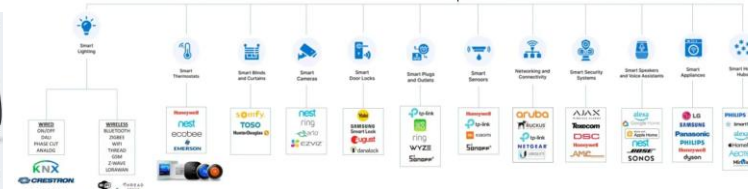


Рис.12. Компоненти та ключові постачальники обладнання



Табл.1 Порівняння технічних характеристик протоколів

	Z-Wave	Zigbee	Thread	Insteon	WiFi	Bluetooth
Розмір мережі	232	65536	16352	Необме-жений	255	N/A
Радіодіапазон	915 MHz	2.4 GHz /915 MHz	2.4 GHz	915 MHz	2.5 GHz /5 GHz	2.4GHz
Топологія	Mesh	Mesh	Mesh	Mesh	Зірка	Зірка
Обмін повідомленнями	Маршрутизований	Маршрутизований	Маршрутизований	Одночасна трансляція	Маршрутизований	Одноадресна передача
Максимальна кількість перескоків	4	Будь-яка	Будь-яка	3	1	1
Діапазон у приміщенні	40м	30м	30м	40м	30м	10м
Максимальна швидкість	100 kbps	250 kbps	250 kbps	?	300 Mbps+	1 Mbps
Сила	Дуже низька	Дуже низька	Низька	Висока	Висока	Низька
Вартість	Середня	Середня	Середня	Низька	Низька	Низька
Базовий стандарт	ITU-T G.9959	802.15.4	802.15.4	N/A	802.11.1	802.15.1

7

ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ІШІ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ БУДІВЛИ



Рис.13 Функціональна схема роботи системи «розумного будинку» на основі ІШІ та IoT

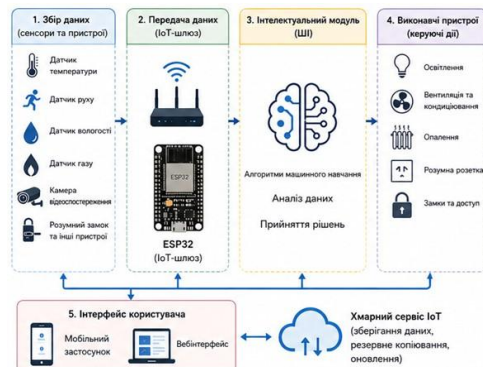


Рис.14 Блок-схема інтеграції штучного інтелекту та Інтернету речей у систему «розумного будинку»



1. Автоматизація процесів
Автоматичне керування освітленням, опаленням, вентиляцією та іншими системами.



2. Підвищення енергоефективності
Оптимізація використання електроенергії з урахуванням умов і поведінки користувачів.



3. Покращення безпеки
Виявлення загроз, аналіз небезпечних ситуацій та оперативне реагування на них.



4. Підвищення рівня комфорту
Аналіз уподобань користувачів і автоматичне налаштування параметрів відповідно до їх потреб.



5. Дистанційний моніторинг і керування
Контроль стану пристроїв і керування системою з будь-якого місця через Інтернет.



6. Персоналізація роботи системи
Створення індивідуальних сценаріїв роботи на основі поведінки користувачів та накопичених даних.

8

ПРОЄКТУВАННЯ ТА АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ

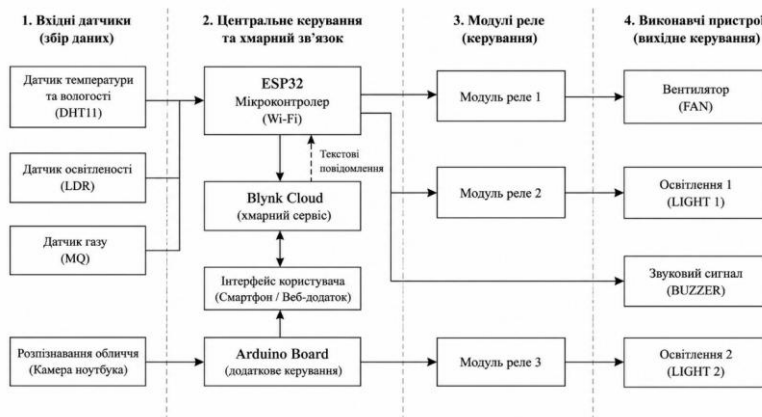


Рис.15 Архітектура системи «розумного будинку» з ІШІ

9

ОГЛЯД АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ

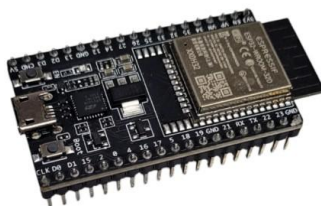


Рис.16 Мікроконтролерний модуль ESP32

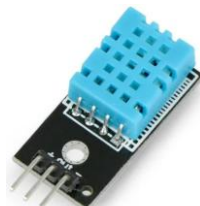


Рис.17 цифровий датчик температури DHT11



Рис.18 ІЧ-датчик HC-SR501



Рис.19 Мікроконтролерна платформа Arduino Uno



Рис.20 Релейний модуль



Рис.21 світлочутливий електронний компонент

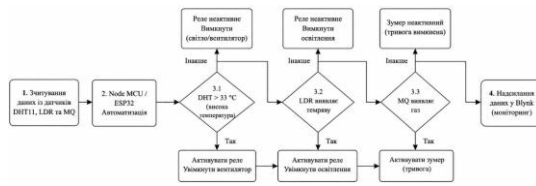


Рис.22 Блок-схема опису принципу роботи системи



Рис. 23 Інтеграція штучного інтелекту та вихідні дані рішень



Рис.24. Схема-прототип: ESP32, Arduino, релейний модуль, датчики та лампи (фізична схема)

У результаті виконаного дослідження, у першому розділі, було проаналізовано сучасний стан та динаміку розвитку Інтернету речей, що дозволило визначити основні тенденції зростання ринку та перспективи його подальшого розширення. Встановлено, що IoT-технології активно інтегруються у різні сфери діяльності, зокрема у промисловість, транспорт, медицину, сільське господарство та побутове середовище.

Окрему увагу приділено дослідженню концепції «розумного будинку», визначено її функціональні можливості, переваги та принципи організації. Проаналізовано основні компоненти систем автоматизації, включаючи сенсори, виконавчі механізми, протоколи зв'язку та програмні засоби керування.

Отримані результати свідчать про високу актуальність впровадження IoT-рішень, а також формують теоретичну основу для подальшої розробки та практичної реалізації систем автоматизації розумного будинку.

Виконано порівняння технічних характеристик протоколів зв'язку, які застосовуються в системах «розумного будинку», визначено їх переваги, недоліки та сфери ефективного використання. Встановлено, що відсутність єдиного стандарту зумовлює необхідність вибору протоколу залежно від конкретних умов реалізації системи.

Представлено покращену штучним інтелектом систему «розумного будинку», який поєднує виявлення присутності на основі штучного інтелекту зі зворотним зв'язком від датчиків ESP32. Розподілена гібридна конструкція успішно забезпечила енергоефективне освітлення на основі присутності та реагування на безпеку в режимі реального часу.