

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«АВТОМАТИЗОВНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ РОЗУМНИМ
БУДИНКОМ З ПІДВИЩЕНОЮ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ»**

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)

Сергій ШЕВЧЕНКО

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Виконав:
здобувач вищої освіти
групи ІСЗ-51

Керівник:
к.т.н., доцент

Рецензент:

Сергій ШЕВЧЕНКО

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Ольга ПОЛОНЕВИЧ

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Київ 2025

**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 кафедри ІСТ

_____ Каміла СТОРЧАК

“ ____ ” _____ 2025 року

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

Шевченку Сергію Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Автоматизована система управління розумним будинком з підвищеною енергоефективністю

керівник кваліфікаційної роботи Ольга ПОЛОНЕВИЧ, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від “24” лютого 2025 р. № 56

2. Строк подання кваліфікаційної роботи “30” травня 2025 р.

3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи:

1. Автоматизована система управління;
2. Технологія «розумний будинок»;
3. Складові технології «розумний будинок»;
4. Науково-технічна література.

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

1. Аналіз особливостей реалізації, поширення та перспективи розвитку технології «розумний будинок».
2. Дослідження технічних та програмних складових технології «розумний будинок».
3. Практична реалізація системи домашньої автоматизації.

5. Перелік ілюстраційного матеріалу: *презентація*

6. Дата видачі завдання “24” лютого 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Підбір технічної літератури	24.02-03.03.25	
2.	Аналіз особливостей реалізації, поширення та перспективи розвитку технології «розумний будинок»	04.03-17.03.25	
3.	Дослідження технічних та програмних складових технології «розумний будинок»	18.03-31.03.25	
4.	Практична реалізація системи домашньої автоматизації	01.04-24.04.25	
5.	Висновки по роботі	25.04-16.05.25	
6.	Розробка демонстраційних матеріалів, доповідь.	19.05-20.05.25	
7.	Оформлення бакалаврської роботи	21.05-30.05.25	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Сергій ШЕВЧЕНКО

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Ольга ПОЛОНЕВИЧ

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття ступня бакалавр: 64 стор., 67 рис., 4 табл., 33 джерела.

Мета роботи – оптимізація схеми управління енергією розумного будинку.

Об'єкт дослідження – процес автоматизації система управління розумним будинком

Предмет дослідження – автоматизована система управління розумним будинком.

Короткий зміст роботи. У роботі досліджено тенденції розвитку систем розумного будинку, проаналізовано перспективні рішення та ключових виробників обладнання та програмного забезпечення.

У другому розділі проаналізовано технічні складнові та програмне заезпечення розумного будинку.

У практичній частині, бакалаврської роботи досліджено оптимальне управління енергією з найменшими можливими експлуатаційними витратами, одночасно покриваючи потреби домашнього навантаження. Представлено проектування, впровадження та виготовлення портативної, недорогої та зручної системи автоматизації для розумних будинків на основі IoT.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, РОЗУМНИЙ БУДИНОК, ДАТЧИК, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ТЕХНОЛОГІЯ, МОДУЛЬ, ПЛАТА, ІНТЕРФЕЙС, РЕЛЕ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, КАНАЛ, АВТОМАТИЗАЦІЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОЗВИТКУ, ПОШИРЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗУМНОГО БУДИНКУ...	10
1.1 Огляд розвитку та технічні можливості технологій розумного будинку.....	10
1.2 Фактори впровадження технологій розумного будинку.....	17
1.3 Аналіз ключових компаній виробників у напрямку домашньої автоматизації.....	18
1.4 Сприяння ІОТ для інформаційної економіки, приклади застосування...	19
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ СКЛАДОВИХ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ SMART HOUSE.....	33
2.1 Огляд компонентів ситсеми розумного будинку.....	33
2.2 Технологій реалізації «Розумний будинок».....	43
2.3 Програмні рішення контролю систем «Розумний будинок».....	45
РОЗДІЛ 3 ВПРОВАДЖЕННЯ СИТЕМИ ДОМАШНЬОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	50
3.1 Огляд прототипу кімнат розумного будинку.....	50
3.2 Опис компонентів досліджуваної системи.....	53
3.3 Постановка експерименту та збір даних.....	57
3.4 Методи оптимізації та мінімізації витрат на електроенергію.....	64
ВИСНОВКИ.....	70
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	72
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (Презентація)	76

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасні технологічні досягнення та революційні зміни у способі життя спричиняють трансформацію традиційних житлових будинків у розумні будівлі. Впровадження технологій «розумного будинку» сприяє підвищенню рівня комфорту, ефективності та стабільності житлового середовища. Враховуючи, що житлові будинки споживають значну частку загального обсягу енергії у світі, а люди проводять у них значну частину часу, оптимізація енергоспоживання є важливим науково-технічним завданням.

На сучасному етапі розвитку автоматизовані системи відіграють ключову роль у повсякденному житті та глобальній економіці. Системи домашньої автоматизації забезпечують централізоване управління різними параметрами житлового середовища, такими як освітлення, мікроклімат та робота побутових пристроїв. Вони сприяють раціональному використанню енергоресурсів, знижуючи витрати на електроенергію завдяки інтелектуальному контролюванню часу роботи пристроїв та зменшенню втрат енергії через людський фактор.

Популяризація розумних технологій значною мірою обумовлена розвитком апаратного забезпечення, що сприяло зниженню вартості таких систем і підвищенню їх функціональних можливостей. Крім того, сучасний рівень розвитку інформаційних технологій забезпечує легкий доступ до необхідних даних і спрощує інтеграцію автоматизованих систем у повсякденне життя. У зв'язку з цим питання ефективного управління енергоспоживанням у житлових будинках набуває особливої актуальності та вимагає подальших досліджень і розробок.

Мета роботи – оптимізація схеми управління енергією розумного будинку.

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

- Аналіз особливостей реалізації, поширення та перспективи розвитку технології «розумний будинок».
- Дослідження технічних та програмних складових технології «розумний будинок».

- Практична реалізація системи домашньої автоматизації.

Об'єкт дослідження – процес автоматизації система управління розумним будинком

Предмет дослідження – автоматизована система управління розумним будинком.

Методи дослідження. У процесі виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було застосовано методи теоретичних досліджень, ймовірнісного аналізу, елементи системного підходу.

Наукова новизна одержаних результатів. Наукова новизна полягає в підвищенні загальної ефективності системи шляхом застосування методів оптимізації, які забезпечують її стабільну роботу та захищають систему зберігання енергії (ESS) від глибокого розряду та перезаряду.

Практична значущість одержаних результатів. Отримані результати підкреслюють оптимальну ефективність управління енергією для досягнення щоденного зниження експлуатаційних витрат і покриття необхідного навантаження. Крім того, було досягнуто балансу між щоденними витратами енергії та комфортом користувача.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОЗВИТКУ, ПОШИРЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

1.1 Дослідження розвитку та технічні можливості smart home

Ринок розумного дому стрімко зростає. За даними Statista, прибуток у цьому секторі щороку демонструє стабільну динаміку зростання.

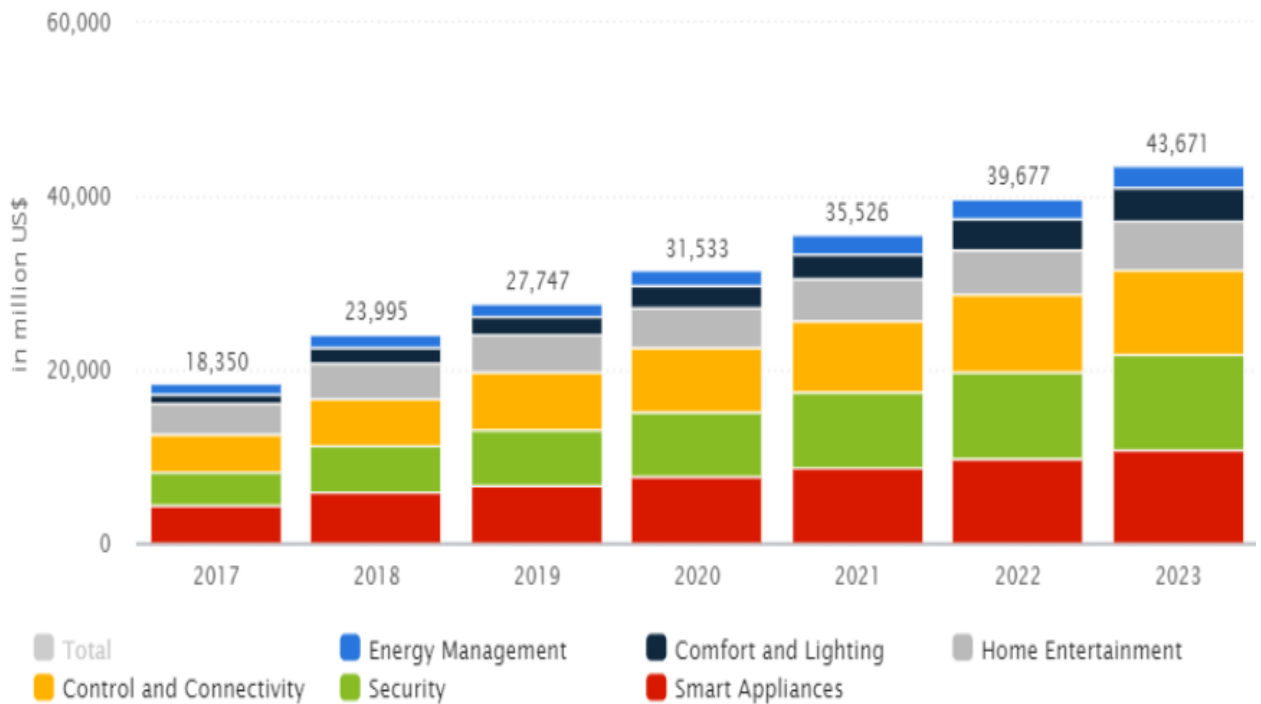


Рис.1.1 Приріст прибутку від технологій

Рівень впровадження технологій розумного будинку продовжує зростати у всіх сегментах рис.1.2. Як можна помітити, найбільш популярними напрямками залишаються контроль, комфорт і безпека. Ці показники точно відображають сучасні тенденції розвитку розумного дому, які наразі панують на та, ймовірно, визначають розвиток ринку його у майбутньому.

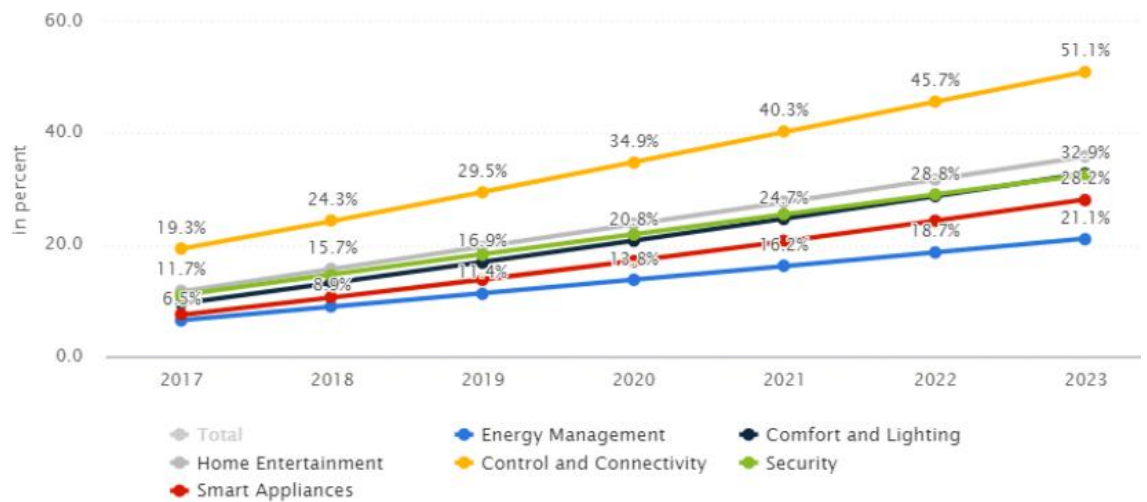


Рис.1.2 Зростання впровадження технологій розумного будинку в різних сегментах

До ключових тенденцій, що впливають на формування ринку розумного будинку, належать: покращене підключення, інтеграція з голосовими асистентами, підвищений фокус на безпеці, розвиток штучного інтелекту, розширення мереж, удосконалена функціональність та особливості керування.

Покращене підключення. Однією з постійних проблем залишається фрагментація технологій розумного будинку та нестача взаємодії між різними інтелектуальними об'єктами і системами. Це безпосередньо впливає на користувацький досвід і може стати бар'єром для ширшого впровадження технологій [2].



Рис.1.3 Варіант концентратору

Компанії, що займаються розробкою та створенням систем автоматизації для дому з використанням IoT, застосовують різну стратегію для вирішення цього завдання. Однією з ключових тенденцій у цій сфері є впровадження концентраторів щоб мати змогу підключити пристрої, які дозволяють централізовано керувати й контролювати їх рис.1.3.

Як нові, так і ші виробники вже надають можливість використовувати універсальні хаби, що підтримують широкий спектр протоколів, таких як Zigbee, Z-Wave, Wi-Fi, Bluetooth та інші технології підключення IoT. До найпопулярніших рішень належать Samsung SmartThings Hub, Hubitat Elevation, Wink Hub 2, а також голосові асистенти Amazon Echo, Apple HomePod і Google Home.

Також одним з ефективних підходів до вирішення питання підключення є **інтеграція з голосовими помічниками**. Це дає змогу розширити функціонал розумного дому, додаючи можливість голосового керування пристроями.



Рис.1.4 Приклад пристрою з голосовим керуванням

Хоча керування за допомогою Amazon Alexa або Google Assistant не є новою тенденцією у сфері розумного дому, останніми роками воно розвивається

надзвичайно швидкими темпами. Сьогодні майже кожен підключений пристрій або система підтримують взаємодію з Alexa [3].

До категорії пристроїв, що інтегруються з голосовими асистентами, входять розумне освітлення, зокрема серія Philips Hue, термостати, такі як Ecobee, а також меблі на кшталт журнальних столиків 37°C Smart Home. Крім того, до цього переліку відносяться кухонна техніка, як-от ChefSteps Джоуль, системи безпеки (камери Logitech, замки Yale) і навіть автомобілі, серед яких Audi та Lexus.

Пріоритет уваги — безпека. Аналітичні дані Statista вказують, що сфера безпеки є одним із найдинамічніших сегментів ринку розумного дому, демонструючи стрімкі темпи зростання. Це пояснює значну популярність пристроїв, призначених для забезпечення безпеки, серед яких розумні замки, відеодомофони та камери спостереження.



Рис.1.5 Обладнання безпеки

Майбутнє розумних будинків, у якому більшість пристроїв мають функції прослуховування, запису чи відеоспостереження, підвищує потребу у додаткових заходах безпеки, зокрема для самих систем захисту.

Щоб забезпечити надійний захист, розробники та дизайнери підключених пристроїв інтегрують удосконалені методи аутентифікації. Одним із прикладів є біометрична автентифікація на основі штучного інтелекту, яка використовується в серпневих замках. Деякі компанії також створюють спеціалізовані хаби для забезпечення безпеки розумних пристроїв. Наприклад, Avira пропонує

маршрутизатор SafeThings, який захищає інтелектуальні домашні системи від кібератак, шпигунства та інших загроз.

Штучний інтелект відіграє ключову роль у вдосконаленні систем безпеки, зокрема в розширенні методів автентифікації в розумному домі.



Рис.1.6 Варіант використання ШІ для ідентифікації наявних продуктів

Деякі експерти вважають, що відсутність інтеграції машинного інтелекту в сучасні системи може стати значним недоліком, здатним негативно вплинути на конкурентоспроможність компанії або навіть поставити під загрозу її діяльність.

Це особливо важливо для пристроїв Інтернету речей, що застосовуються в розумних будинках. Функціонування IoT тісно пов'язане з аналізом даних, зібраних із датчиків, і в багатьох випадках найбільш ефективним способом їхньої обробки.

Однією з ключових тенденцій у сфері розумного дому є все активніше використання технології ШІ як у фронтенді, так і в бекенді. Наприклад, технологія комп'ютерного зору дає змогу ядру Samsung визначати продукти у холодильнику та формувати список покупок. Крім того, голосові помічники, оснащені алгоритмами обробки природної мови (NLP), забезпечують зручне керування пристроями та покращують взаємодію користувачів із системами розумного дому.

Вихідні мережі. Ще однією важливою тенденцією є розвиток Smart Grid – розумних електромереж. Перехід до автономних енергетичних систем набуває

популярності, адже багато людей прагнуть більш екологічного та відповідального способу життя. Саме це часто стає одним із ключових факторів, що спонукають до впровадження технологій розумного будинку.



Рис.1.7 Вихідні мережі контролю

Такі мережеві рішення, як Tesla Powerwall і сонячна електростанція Schneider Electric для житлових будинків, стають все більш популярними та доступними, що сприяє їх інтеграції в системи розумного дому.

Одним із яскравих прикладів є платформа Lumin Energy Management, яка створює інтелектуальну панель із системою аналізу даних та управління. Вона пропонує користувачам широкий спектр функцій, зокрема контроль енергоспоживання, керування накопичення електроенергії та дистанційне упр.

Завдяки сховища Lumin домашнє господарство може працювати автономно, задовольняючи власні потреби в електроенергії навіть у разі відключення світла. При використанні разом із домашньою сонячною станцією ця система дає змогу жити незалежно від централізованих електромереж.

Розширені можливості. Однією з ключових тенденцій у сфері розумного дому є постійне вдосконалення функціональності, що сприяє ширшому впровадженню новітніх технологій.

Такі інновації дозволяють виробникам враховувати попередній досвід, розширювати можливості своїх пристроїв і застосовувати нові рішення у майбутніх розробках. Наприклад, сучасні роботи-пилососи оснащені технологіями визначення предметів щоб уникнути перешкод, а також системами

картографування, які допомагають ідентифікувати зони, недоступні для прибирання, щоб пристрій не застряг під час роботи.



Рис. 1.8 Обладнання з більш ширшими функціональними можливостями

Сучасні дверні дзвінки, наприклад, модель Answer від Maximus, оснащені двома камерами, що дозволяють стежити не лише за відвідувачами, а й за залишеними біля дверей пакунками. У той же час духові шафи з вбудованими камерами дають можливість спостерігати за процесом приготування їжі через мобільний додаток.

Можливості керування. Хоча тренди в сфері розумного дому постійно змінюються, цей напрямок, схоже, лише розвиватиметься. На початкових етапах технології розумного будинку користувачі мали обмежений контроль над підключеними пристроями. Наприклад, можна було затемнити освітлення через мобільний застосунок або налаштувати температуру за допомогою термостата з підтримкою Alexa.

Сьогодні ж розумна техніка пропонує значно більше можливостей керування та автоматизації. Освітлювальні системи здатні взаємодіяти з жалюзі, створюючи оптимальний баланс між природним і штучним світлом. А термостати, використовуючи штучний інтелект, аналізують звички мешканців, налаштовують

температуру відповідно до їхніх уподобань та ефективно розподіляють енергоспоживання, зменшуючи зайві витрати.



Рис.1.9 Гаджети управління

1.2 Фактори впровадження технологій розумного будинку

Згідно з останніми дослідженнями, традиційні пристрої, такі як смартфони та планшети, хоч і залишаються популярними, не демонструють такого стрімкого зростання, як деякі інші підключені гаджети, що належать до категорії Інтернету речей (IoT). Очікується, що протягом наступних трьох років кількість IoT-пристроїв у світі перевищить 9 мільярдів, згідно аналізу у 2024 році їхня чисельність досягла десятків мільярдів. Водночас глобальний дохід у цій сфері має зрости з 48 мільярдів доларів до 120 мільярдів доларів у той самий період.

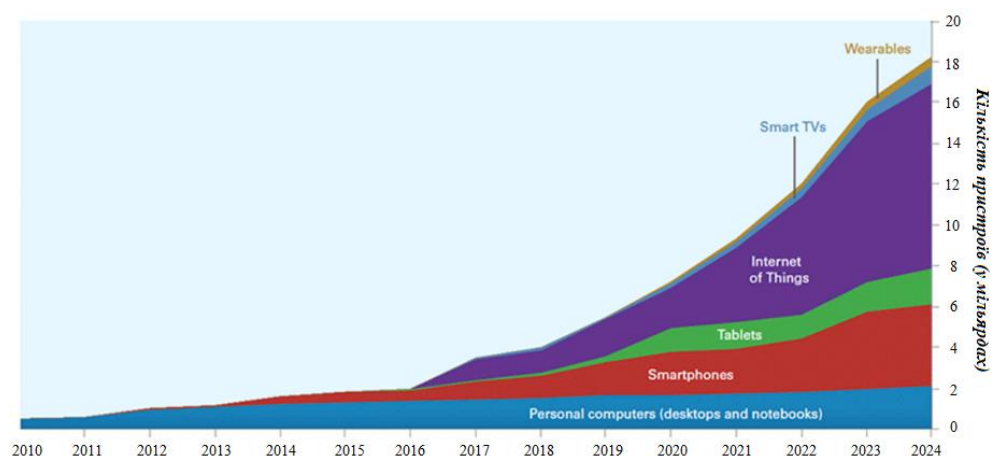


Рис. 1.10. Збільшення пристроїв IoT

Завдяки збільшенню кількості смартфонів та розвитку технологій, які здешевлюють сенсори, ці пристрої стають масовим явищем, виходячи за межі нішевого ринку для техноентузіастів.

Мотиви користувачів щодо впровадження систем розумного будинку можуть бути різними. Деякі прагнуть підвищити безпеку житла, інші — зменшити витрати на електроенергію або запобігти можливим пошкодженням майна. Для когось це просто модний тренд, а для інших – спосіб отримати більше комфорту та контролю над побутовими процесами. Страхові компанії мають звернути увагу на те, як ці технології впливають на якість життя їхніх клієнтів. Це принципова відмінність між впровадженням підключених рішень у сфері автомобільного та домашнього страхування. Користувачі, найімовірніше, самостійно обиратимуть технології розумного дому, навіть без рекомендацій від страховиків. Адже їхні переваги виходять далеко за межі страхування, що і стане ключовим фактором при ухваленні рішення про покупку. На рис. 1.11 представлено основні причини використання систем Smart-Home.

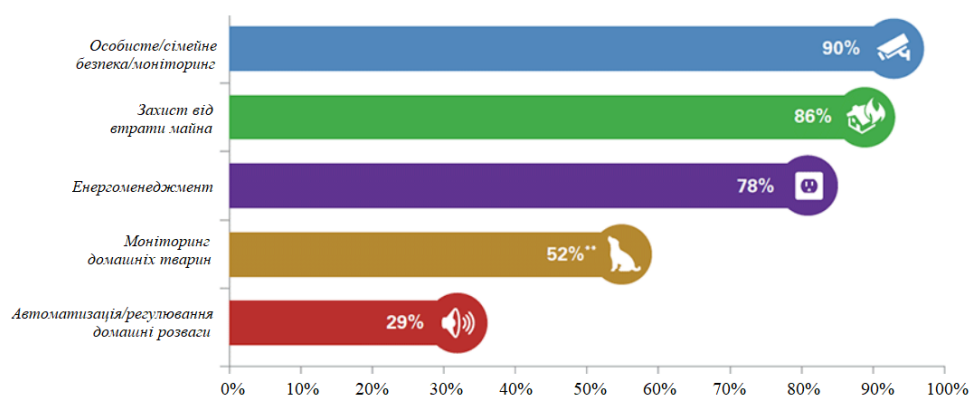


Рис.1.11 Чинники, що спонукають до використання системи Smart-Home

1.3 Аналіз ключових компаній виробників у напрямку домашньої автоматизації

Сфера розумних будинків стрімко розвивається, щороку впроваджуючи все більш інноваційні рішення. За прогнозами, до 2026 року ринок досягне 144 мільярдів доларів США, згідно з результатами детального аналізу.

Це чудова новина, особливо для споживачів, які зможуть користуватися передовими технологіями та підвищеним комфортом за вигіднішими цінами.



Рис.1.12 Компаній індустрії розумних технологій

Слід зазначити, що перед стрімким розвитком індустрії ключову роль відігравали компанії, які першими взяли на себе ініціативу впровадження розумних технологій.

1.4 Сприяння ІОТ для інформаційної економіки, приклади застосування

Вплив ІОТ на інформаційну економіку. Розвиток інфраструктури ІОТ сприятиме підключенню безпосередньо фізичної інфраструктури ІКТ. Інноваційні додатки ІОТ глибоко вплинуть на всі аспекти суспільного виробництва, споживання та експлуатації, що значно сприятиме інституційному та міжлюдському зв'язку як у міських, так і в сільських районах у багатьох аспектах:

1. Підвищення ефективності: тепер датчики можна безпосередньо підключати та інтегрувати в корпоративні системи. Цінні дані в режимі реального часу можуть бути використані для оцінки, аналізу та інформування процесів

прийняття рішень для покращення виробничого процесу, коригування його циклів розробки та виробництва та оперативності відповідно до вимог.

2. Зменшення витрат і економія енергії: Smart Grid GB оцінює, що 19 мільярдів фунтів стерлінгів можна заощадити в енергетичному секторі, оновивши мережу Великобританії до «розумної мережі»⁶.

3. Уникайте втрат і аварій: більш надійні заходи безпеки в автономних транспортних засобах і інтелектуальна транспортна інфраструктура можуть зменшити щорічні витрати на дорожні пригоди на 34,3 мільярда фунтів стерлінгів⁷.

4. Стимулюйте споживання: ІОТ, застосоване в смарт-пристроях, телевізорах і транспортних засобах, введе нові та оновлені продукти, включно з носіями, підключеними автомобілями та смарт-телевізорами.

5. Створення нових можливостей для бізнесу: справжня цінність ІОТ полягає у виробництві, зборі та аналізі даних у реальному часі та можливості використання цих даних для суспільного блага. Це сприяє інноваціям у бізнесі, таким як аналіз даних ІОТ. З'являється багато нових компаній-початківців, створюючи нові бізнес-моделі та створюючи робочі місця для суспільства.

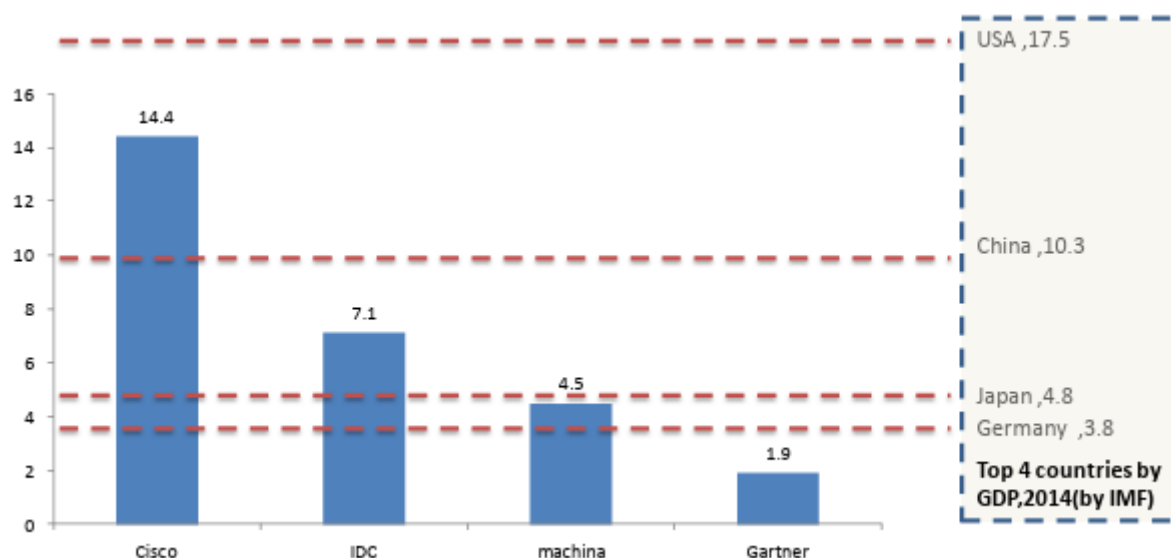


Рис.1.13 Прогнози промисловості щодо глобальної економічної вартості Інтернету речей у 2026 році

ІОТ матиме величезний економічний вплив у майбутньому. Cisco, IDC, Gartner і Machina опублікували прогнози «вартості» Інтернету речей для світової економіки, прогнозуючи, що вона досягне від 1,9 до 14,4 трильйонів доларів у 2026 році. Незважаючи на розбіжності через різні визначення «цінності», ці компанії погоджуються, що ІОТ матиме величезний економічний вплив. За сценаріями Cisco та IDC глобальна вартість ІОТ перевищить ВВП Японії менш ніж за 5 років.

Ринок капіталу також скористався можливістю ІОТ. За даними Business Intelligence (BI), у 2024 році в стартапи ІОТ було інвестовано 341 мільйон доларів, що в 10 разів більше, ніж у 2020 році.

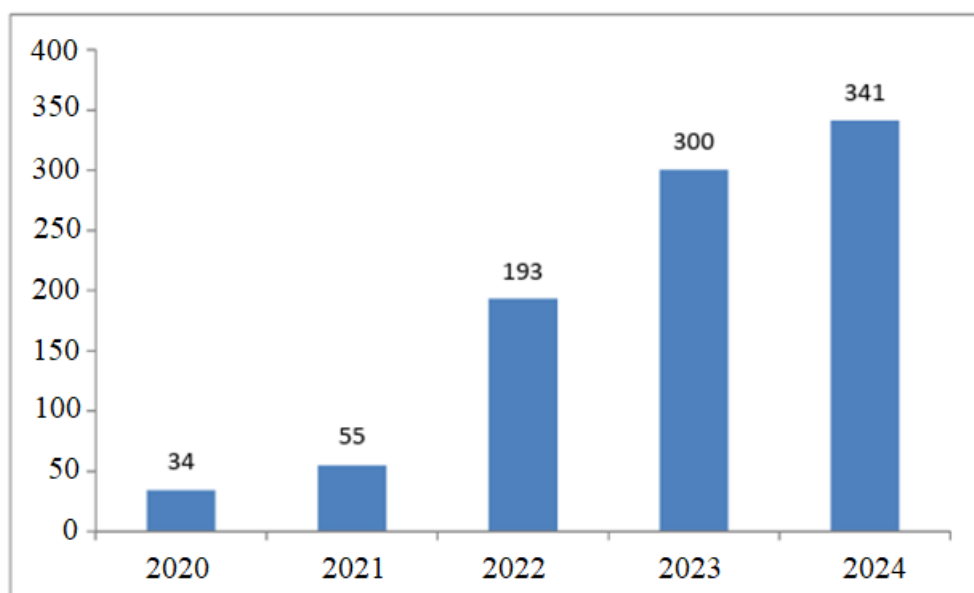


Рис.1.14 Інвестиції венчурного капіталу в стартапи ІОТ

На ринку ІОТ спостерігається збільшення обсягів злиттів і поглинань. Загальна вартість злиттів і поглинань у сфері ІОТ становить близько 7,7 мільярдів доларів у всьому світі з січня 2022 року по листопад 2024 року.

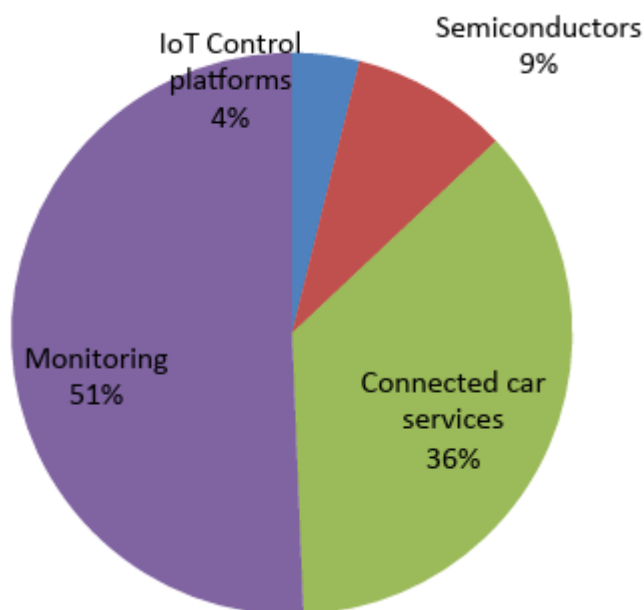


Рис.1.15 Діяльність IOT M&A січень 2022-листопад 2024

Застосування на вертикальних ринках. Ринок IOT складається з багатьох вертикальних ринків. Вертикальні ринки можна узагальнити в три сегменти: споживчий ринок, державний ринок і ринок підприємств. Кожен сегмент має багато субринків. Урядовий ринок є спеціалізованим, оскільки уряди повинні організовувати та просувати програми на цьому ринку, і цей ринок часто називають розумним містом. Згідно з нашим дослідженням, у наступні п'ять років індустрія одягу, охорони здоров'я, підключених автомобілів, виробництва та розумних міст швидко розвиватиметься та створюватиме величезну ринкову вартість.

1. Носимі пристрої. Останнім часом багато уваги приділяють носимим пристроям, і багато постачальників, у тому числі відомі компанії, такі як Google, кидають свої капелюхи на ринок носимих пристроїв. Пристрій, який можна носити, — це електронний пристрій, здатний зберігати та обробляти дані, вбудований в одяг або особисті аксесуари людини. Найбільш перспективними сферами застосування на ринку носимих пристроїв є інформаційно-розважальна сфера, фітнес і охорона здоров'я. Тому що ці програми можуть задовольнити життєві потреби людей і ними легко керувати за допомогою розумних пристроїв, таких як смартфони. За даними IHS, у 2018 році буде 250 мільйонів носимих пристроїв, більшість із яких використовуються на трьох вертикальних ринках. У 2018 році

дохід від послуг перевищить 6 мільярдів доларів, включаючи віддалений моніторинг пацієнтів, підтримку ігрових і корпоративних додатків, а також військові дослідження.

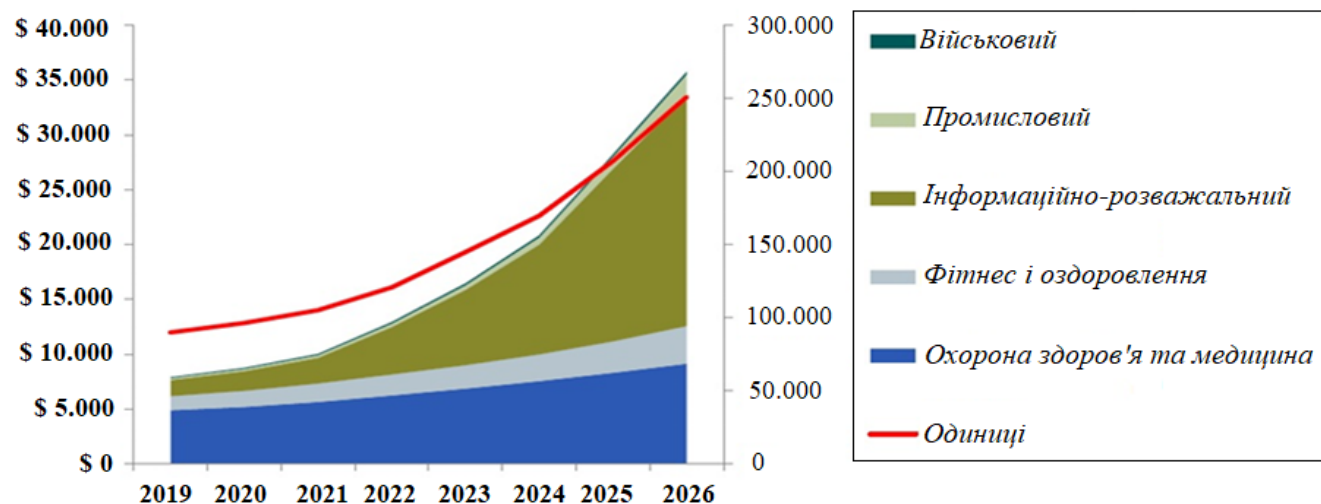


Рис.1.16 Світовий ринок носимих пристроїв і послуг

На ринку є всі види пристроїв, які можна носити: розумні окуляри, розумний одяг, розумні годинники, розумні браслети тощо. Крім відомих пристроїв, які можна носити, як-от окуляри Google, годинник Apple, існує багато інших інноваційних продуктів. CardioNet, компанія в США, розробила інтегровану технологію та послугу - Mobile Cardiac Outpatient Telemetry™ (MCOT™), яка дає змогу відлік серцевих скорочень, моніторинг ЕКГ, аналіз і реагування вдома чи поза ним. CardioNet моніторить пацієнтів 24 години на добу за допомогою невеликого датчика та стежить за пацієнтами, коли вони продовжують свій звичайний розпорядок дня. Коли відбуваються події, активність пацієнта автоматично передається до центру моніторингу CardioNet для аналізу та відповіді. Xiamen Yunduo Network Technology Co. Ltd, нова компанія в Китаї, розробила пристрій, який допомагає батькам знаходити своїх дітей за допомогою GPS на своїх смартфонах. Точність може досягати 5 метрів на відкритій місцевості. Батьки також можуть визначити безпечну зону для дитини. Коли дитина покине цю зону, GPS-трекер сповістить батьків за допомогою програми. Ці черевики GPS-трекера також можуть запам'ятати місцезнаходження дитини. Коли дитина досягне нової

області, не розпізнаної трекером, вона негайно надішле сповіщення. Батьки також можуть створити групу наглядачів і запросити інших друзів або членів сім'ї піклуватися про їхніх дітей. Ці черевики за ціною 48 доларів США натхненні персонажами Marvel і Disney використовують полімерний акумулятор ємністю 370 мАг, який може працювати 32 години на одному заряді.

2. Охорона здоров'я. Для покращення надання медичних послуг було розроблено ряд підключених пристроїв. За останні 10-15 років постачальники медичних послуг дедалі частіше підключаються через мобільні комп'ютери, iPad, iPhone, телефони Wi-Fi та комунікаційні значки. Низка компаній зараз працює над розробкою подальшого підключення, щоб покращити зв'язок між медичними працівниками та пацієнтами за допомогою технології ІОТ. Крім того, було розроблено багато застосувань у сфері охорони здоров'я, щоб зменшити витрати та покращити якість обслуговування пацієнтів.

3. Віддалений моніторинг: у всьому світі є люди, чиє здоров'я може постраждати, оскільки вони мають доступ до ефективного моніторингу стану здоров'я. Невеликі, потужні бездротові рішення, підключені через ІОТ, тепер роблять можливим моніторинг. Ці рішення можна використовувати для безпечного збору даних про стан здоров'я пацієнтів із різноманітних датчиків, застосування складних алгоритмів для аналізу даних і подальшого обміну ними через бездротове з'єднання з медичними працівниками, які можуть надати відповідні рекомендації щодо здоров'я. Очікується, що використання дистанційного моніторингу пацієнтів із серцевими та хронічними захворюваннями заощадить 36 мільярдів доларів у галузі охорони здоров'я.

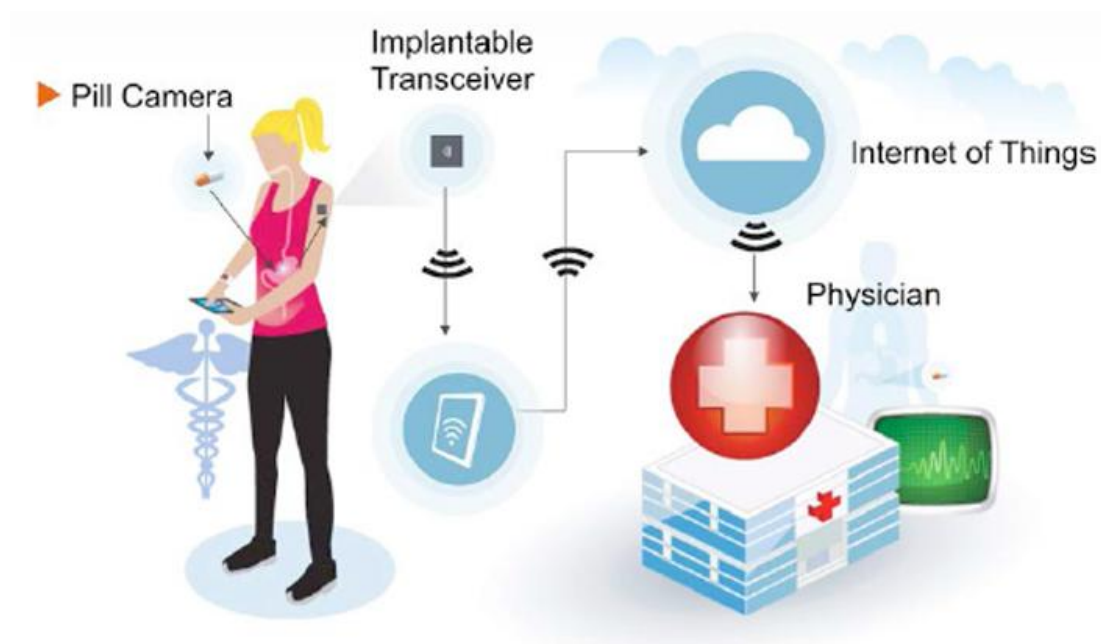


Рис.1.17 Дистанційне спостереження за пацієнтом

4. Домашній догляд: ми розглядаємо ІОТ як важливий інструмент для вирішення найбільшого прискорення попиту на домашній догляд для вирішення проблем старіння населення. Старіння населення є великою проблемою не лише для розвинутих економік, а й для країн, що розвиваються, таких як Китай. Оскільки більшій кількості людей похилого віку потрібні медичні послуги вдома, і більшість із них живуть самі, ІОТ забезпечує моніторинг, сигналізацію, дистанційні консультації та інтеграцію всіх даних у хмарні рішення, до яких пацієнти, лікарні та страхові компанії можуть легко отримати доступ.



Рис.1.18 Типова послуга догляду вдома

5. Удосконалення управління медичною допомогою: дані галузі охорони здоров'я характеризуються величезним розміром, складністю та розподілом серед великої та різномірної групи учасників галузі. Ця проблема робить галузь охорони здоров'я неефективною та збільшує витрати. Згідно з оцінками Центру медичних послуг США (CMS), щорічні національні витрати на охорону здоров'я досягли 2,9 трильйонів доларів у 2013 році та, за прогнозами, досягнуть 5 трильйонів доларів до 2022 року, з яких 30%, або 786 мільярдів доларів, припадає на марнотратство. ІОТ можна поєднувати з аналітикою великих даних, щоб покращити лікування пацієнтів із хронічними захворюваннями або націлити профілактичні дії на ранні ознаки епізоду хвороби. Наприклад, датчики в медичних пристроях, прикріплених до пацієнтів, можуть фіксувати життєво важливі показники та інші дані та бездротовим способом передавати їх у централізовані сховища, які консолідують інформацію про здоров'я пацієнтів. Аналітичні алгоритми великих даних можуть потім відстежувати стан здоров'я пацієнтів у режимі реального часу та ініціювати втручання команди медичного обслуговування пацієнта. Використання «розумних» взаємопов'язаних пристроїв і автоматизованих алгоритмів великих даних не тільки зменшить витрати на надзвичайні ситуації зі здоров'ям пацієнтів, яких можна уникнути, і пов'язану з ними госпіталізацію, але й підвищить ефективність роботи лікарень і клінік за рахунок зменшення обсягу ручного контролю, пов'язаного з моніторингом пацієнтів.

5. Підключений автомобіль. Підключений автомобіль не є новим, телематичні послуги на ринку вже багато років. Телематичні послуги, включаючи автоматичне сповіщення про аварії, допомогу при викраденні автомобіля, діагностику та навігацію. Завдяки ІОТ і бездротовим (3/4G, Wi-Fi) технологіям з'являються нові додатки, включаючи дистанційне завантаження карт/інформації про дорожній рух, економію палива, уникнення аварій і потокову передачу цифрової музики та відео, з'єднання можна розширити до транспортного засобу та транспортного засобу до узбіччя за допомогою датчиків.

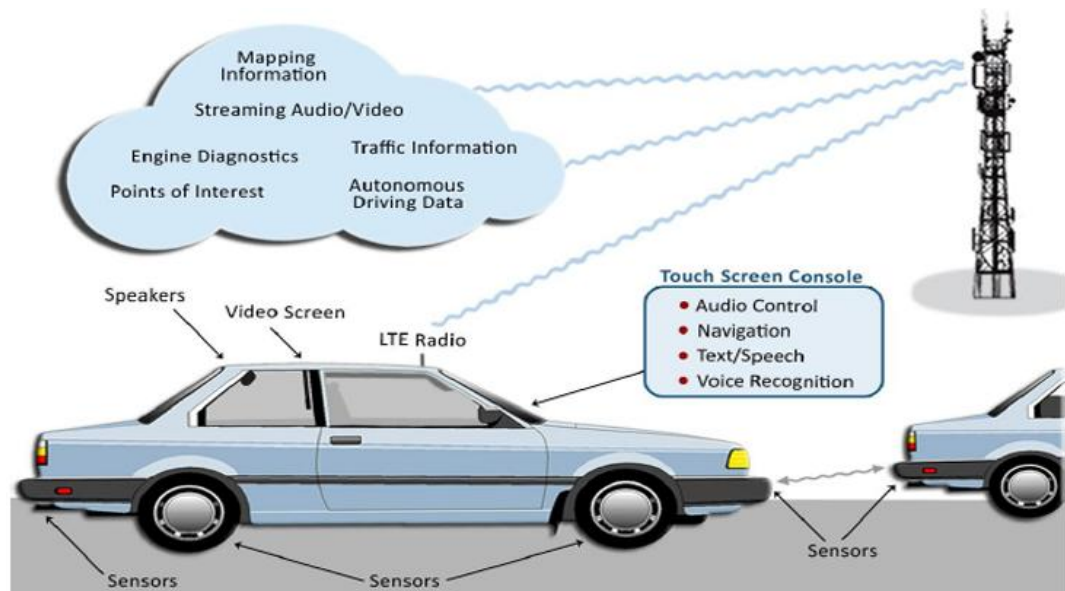


Рис.1.19 Інформаційні потоки підключеного автомобіля

За даними досліджень, до 2026 року 100 мільйонів нових автомобілів матимуть власні підключення до Інтернету. На цей величезний ринок вийшли великі виробники, зокрема Audi, BMW, Volvo та Ford.

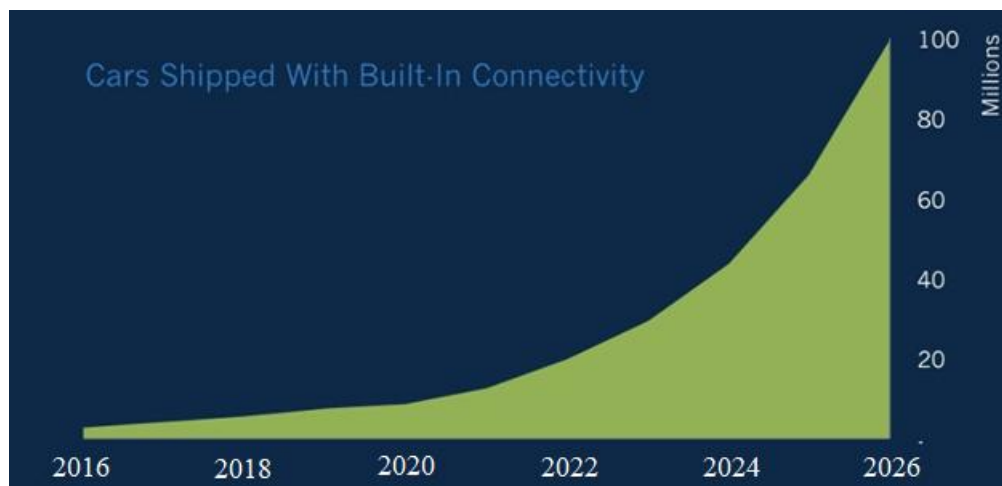


Рис.1.20 Прогноз підключених вагонів

Підключені автомобілі — це не тільки величезний ринок, але й вони роблять значний внесок у світовий ВВП. Дослідження Morgan Stanley вважають, що економіка США може заощаджувати 1,3 трильйона доларів на рік після повного впровадження автономних автомобілів. У контексті цієї цифри можна сказати, що вона становить 8% ВВП США. Екстраполюючи ці заощадження на глобальний

рівень шляхом застосування співвідношення заощаджень США/ВВП США до світового ВВП, Morgan Stanley Research оцінює глобальні заощадження від автономних транспортних засобів у районі 5,6 трильйонів доларів на рік.



Рис.1.21 Потенційна економія коштів

6. Виробництво. «Розумне виробництво» стає нормою у світі, де інтелектуальні машини, системи та мережі на основі ІКТ здатні незалежно обмінюватися інформацією та реагувати на неї для управління процесами промислового виробництва. Smart Manufacturing оптимізує заводи та мережі постачання, почавши перетворювати їх на центри прибутку. Прогресивні підприємства вже почали збирати інформацію та виробничі дані, інвестуючи у високоавтоматизоване й кероване ІТ виробництво. Цей виробничий інтелект дозволяє заводу стати прибутковим інноваційним центром.

Перші користувачі передбачають інтелектуальну виробничу модель, достатньо гнучку, щоб задовольнити глобальний попит споживачів і втілити в життя інновації, такі як електричний автомобіль або інші кардинальні зміни. Гнучкі заводи можна швидше перепрограмувати, щоб забезпечити швидший вихід на ринок сьогодні та наступне покоління масового налаштування. Розумне виробництво поєднує інформацію, технології та людську винахідливість, щоб

здійснити швидку революцію в розробці та застосуванні виробничого інтелекту в кожному аспекті бізнесу. Це докорінно змінить те, як винаходять, виготовляють, доставляють і продають продукти. Це покращить безпеку працівників і захистить навколишнє середовище, зробивши можливим виробництво без викидів і аварій. Це також забезпечить взаємопов'язану ефективну глобальну промислову екосистему. Хоча виробники роками створювали великий обсяг даних, компанії мали обмежені можливості зберігати, аналізувати та ефективно використовувати їх. Нові інструменти обробки великих даних дозволяють аналізувати потоки даних у реальному часі, що може значно покращити вирішення проблем у режимі реального часу та уникнути витрат. Великі дані та аналітика лежать в основі таких конкурентних можливостей, як прогнозування, проактивне обслуговування та автоматизація. Хорошим прикладом є глобальний кухонний комбайн, який виробляє 800 різних видів борошна. Компанія використовує інструменти та послуги прогнозування для прогнозування цін, вимог до потужності та попиту клієнтів. Це дозволяє компанії максимізувати доходи завдяки вдосконаленим рішенням щодо маржі та збільшити завантаження виробничих потужностей на 5%.

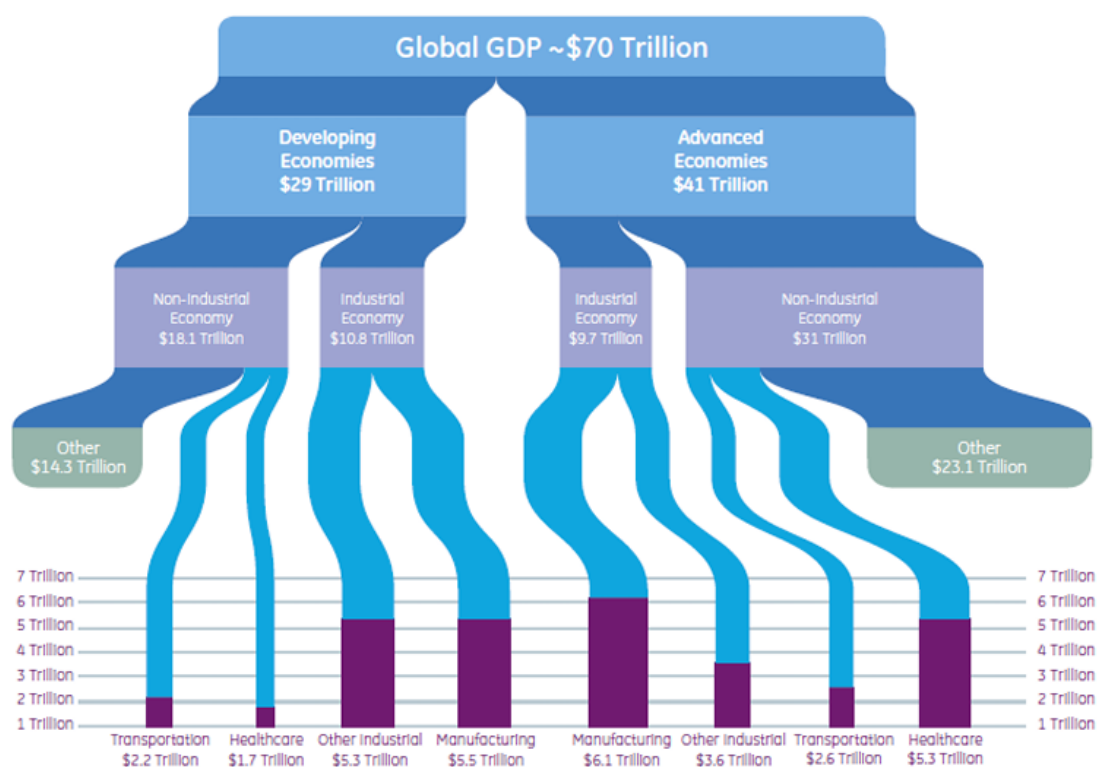


Рис.1.22 Потенційна частка промислового Інтернету у ВВП

Як передбачила GE, коли традиційна промисловість поєднується з секторами транспорту та охорони здоров'я, близько 46 відсотків світової економіки або 32,3 трильйона доларів світового виробництва можуть отримати вигоду від промислового Інтернету. З ростом світової економіки та промисловості ця кількість також зростатиме. За нашими оцінками, до 2025 року частка промислового сектора (визначеного тут широко) зросте приблизно до 50 відсотків світової економіки або 82 трильйонів доларів майбутнього світового виробництва в номінальних доларах.

7. Розумне місто. Розумне місто використовує інновації та технології, щоб підвищити ефективність і добробут, зменшити витрати та споживання ресурсів, а також ефективніше й активніше взаємодіяти зі своїми громадянами. Передові системи ІКТ та інші сучасні інновації відіграють важливу роль в успіху сучасних міст. Мережі ІКТ забезпечують інтеграцію в глобальні виробничі ланцюги, сприяють швидкому обміну інформацією та спільному спілкуванню, а також зменшують традиційні проблеми відстані та часу. Процвітаюче сучасне місто використовує ІКТ та розумну та стійку інфраструктуру для сприяння та посилення свого економічного зростання. Це має значний вплив на ефективність і потужність інфраструктури та надання послуг громадянам, їхні економічні можливості та загальну якість життя. Отже, розумні міста можуть забезпечити:

Кращі та зручніші послуги для громадян;

Краще управління містом;

Краще середовище життя;

Більш сучасна промисловість, яка є екологічнішою та дружнішою до людей;

Розумніша та інтелектуальніша інфраструктура;

Динамічна та інноваційна економіка.

За оцінками Gartner, Inc., у 2015 році розумні міста використовуватимуть 1,1 мільярда підключених речей (див. Таблицю 1), а до 2020 року їх кількість зросте до 9,7 мільярдів. У 2015 році розумні будинки та розумні комерційні будівлі становитимуть 45 відсотків від загальної кількості підключених речей, які будуть використовуватися в 2015 році, завдяки інвестиціям і можливостям надання послуг, а Gartner оцінює, що до 2020 року ця частка зросте до 81 відсотка. все більше

інвестують у рішення для розумного дому, при цьому кількість підключених речей, які використовуються в розумних будинках, перевищила 1 мільярд одиниць у 2017 році. Підключені речі включають розумне світлодіодне освітлення, моніторинг охорони здоров'я, розумні замки та різні датчики для таких речей, як виявлення руху або чадного газу. Розумне світлодіодне освітлення зафіксує найвище зростання споживчих додатків ІОТ з 6 мільйонів одиниць у 2015 році до 570 мільйонів одиниць до 2020 року. Світло перетвориться з джерела освітлення на носій комунікацій, що включає в себе безпеку, здоров'я, забруднення та персоналізовані послуги. На додаток до інвестицій у житлові будинки, існує низка розгортань ІОТ для паркування на вулицях і за їх межами, керування дорожнім рухом і вимірювання потоку транспорту. Швидкий виграш у транспорті – це зменшення заторів. У Каліфорнії та Сполученому Королівстві вже встановлюють радіоприймачі або датчики, вбудовані на ділянці шосе, щоб діагностувати умови руху в реальному часі. Ще одним успішним застосуванням ІОТ в місті є розумне паркування. Наприклад, місто Лос-Анджелес запровадило нові паркомати, датчики місця для паркування транспортних засобів, підказки щодо паркування в режимі реального часу та повну систему керування паркуванням, щоб впливати на попит у години пік.

Таблиця.1.1

База встановлених підключених речей у розумних містах

Підкатегорія Smart City	2024	2025	2026
Охорона здоров'я	9.7	15.0	23.4
Державні послуги	97.8	126.4	159.5
Розумні комерційні будівлі	206.2	354.6	648.1
Розумні будинки	294.2	586.1	1.067.0
Транспорт	237.2	298.9	371.0
Комунальні послуги	252.0	304.9	371.1
Різне	10.2	18.4	33.9
Всього	1.107.3	1.704.2	2.674.0

Хоча інвестиції в апаратне забезпечення ІОТ є фундаментальними для розумних міст, можливість отримання прибутку є в секторі послуг і аналітики.

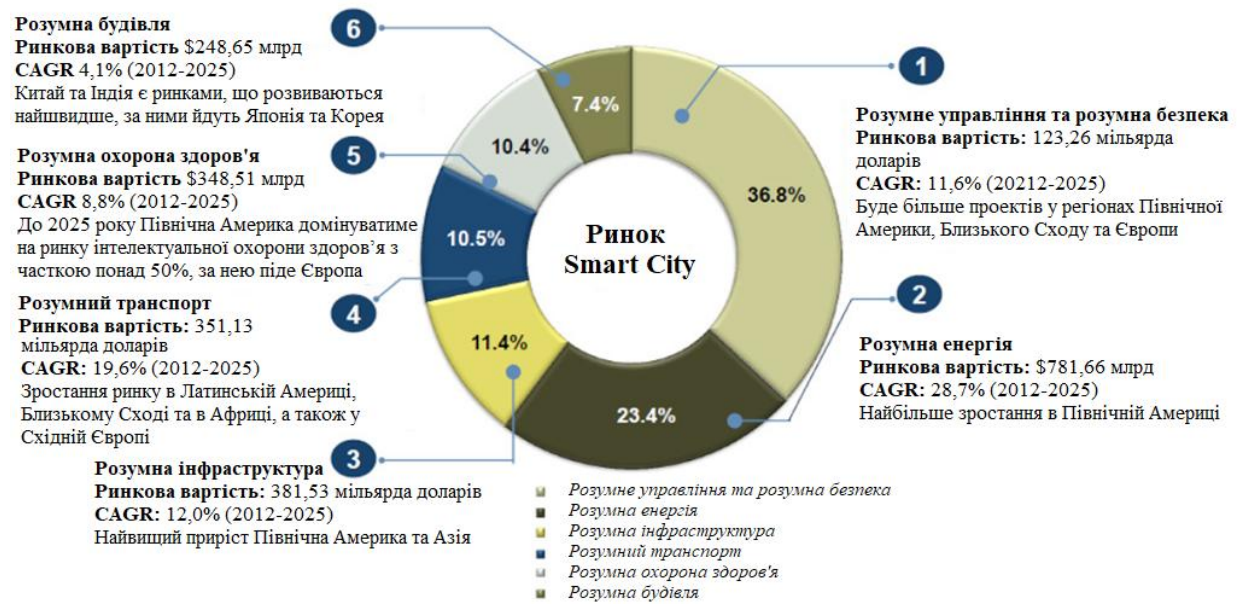


Рис.1.23 Глобальний ринок розумних міст за сегментами, 2025 рік

За оцінками Gartner, у 2017 році безпека та безпека розумних будинків стане другим за величиною ринком послуг за доходами, а до 2020 року ринок розумних послуг охорони здоров'я та фітнесу зросте майже до 38 мільярдів доларів.

РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ СКЛАДОВИХ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ SMART HOUSE

2.1 Огляд компонентів ситсеми розумного будинку

У сфері технологій Інтернету речей (IoT) ключову роль відіграють два аспекти: комунікаційні мережі та підключені пристрої. Ці пристрої включають різноманітні датчики та виконавчі механізми. На рис.2.1 зображені основні напрямки їх використання та види датчиків [11].

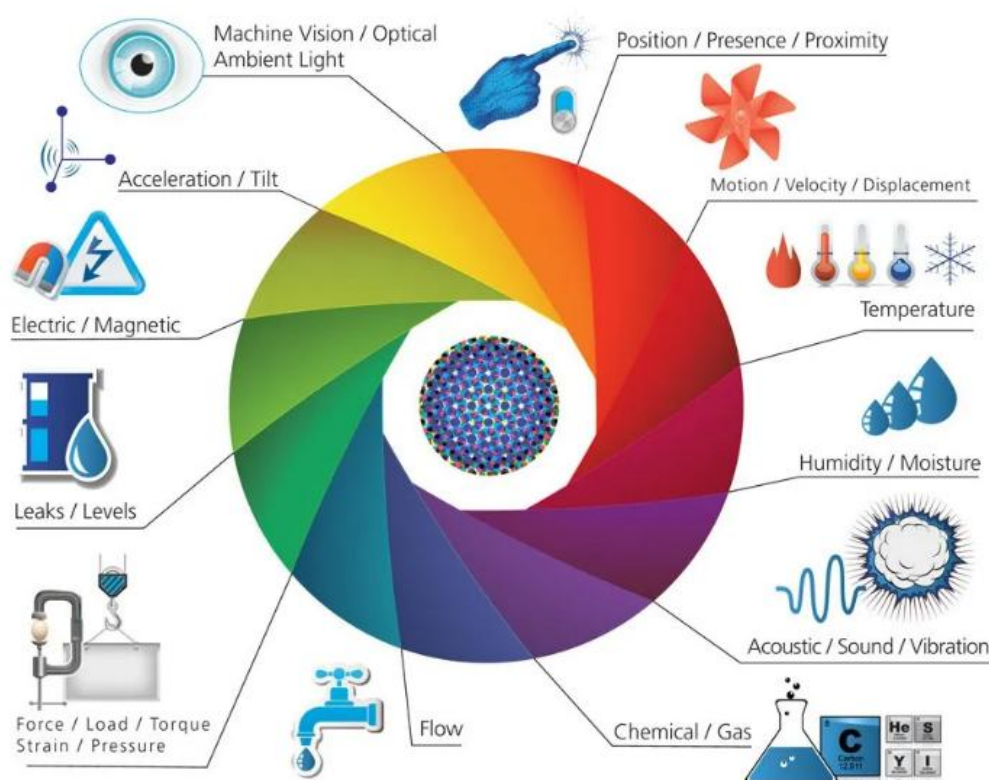


Рис. 2.1 Напрямки використання датчиків

Розглядаючи структуру системи IoT у будівлі, варто звернути увагу на її склад. На рис. 2.2 показано три рівні: нижній рівень, який включає з'єднання сенсорів та мереж, що відповідають за збір даних, тобто рівень датчиків. Цей рівень відіграє ключову роль у системі IoT, оскільки забезпечує зв'язок між рівнем шлюзу та рівнем мережі.



Рис. 2.2 Приклад складових smart home

Середній рівень системи «smart home» представлений обладнанням контролю, таким як Arduino UNO. До нього підключають різні датчики та елементи управління. Верхній рівень включає SCADA (у промислових системах) або веб-додаток (як у випадку, розглянутому в цій роботі), який забезпечує керування «Розумним будинком». Сучасні розумні будинки вже активно використовують SCADA-системи, проте вони здебільшого інтегруються з промисловими контролерами, що суттєво підвищує вартість кінцевого результату [15].

Складові нижнього рівня. Основними функціями датчиків є збирання інформації про навколишнє середовище. Датчики є невід’ємною частиною системи Інтернету речей, підключаючись до IoT-мережі безпосередньо або через додаткову обробку сигналів. Однак для різних IoT-додатків потрібні специфічні типи сенсорів.

Нижче наведено аналіз сенсорних пристроїв нижнього рівня, проілюстрований на відповідних рисунках.



Рис. 2.3 Приклад датчика для освітлення

Цей датчик використовується в автоматизованих системах для керування світлом, і ще у пристроях, що контролюють рівень світла. Його опір змінюється залежно від освітленості: у яскравому світлі він може становити сотні Ом, тоді як у темряві приближається до значення 0 Ом.



Рис. 2.4 Приклад сенсора спрямованості \

Визначає відстань до об'єкта за допомогою ультразвукових хвиль. На платі розміщено ультразвуковий випромінювач та мікрофон, що фіксує відбитий сигнал. У системах «Розумного будинку» використовується як сенсор сигналізації, що спрацьовує при наближенні об'єкта.



Рис. 2.5 Приклад сенсора для вимірювання вологості

Цей тип датчиків складається з двох основних компонентів: термістора та сенсора вологості. У корпус пристрою також вбудовано мікросхему, що здійснює перетворення звичайного аналогового сигналу у двійковий. Дані про температуру та вологість передаються у вигляді цифрового сигналу через провід, що забезпечує передачу інформації на відстань орієнтовно 20 метрів. Ці датчики використовуються для моніторингу та фіксації змін рівня вологості й температури в будівлі [3].



Рис.2.6 Приклад датчиків PIR

Датчики фіксації руху складаються з піроелектричного чутливих елементів, які реєструють рівень випромінювання. Він має дві частини, розташовані таким чином, що одна з них сприймає вищий рівень випромінювання, ніж інша. Вихідний сигнал змінюється між значеннями high і low. Основне завдання такого датчика — виявлення змін у рівні PIR-випромінювання та передача відповідного сигналу, наприклад, для автоматичного вмикання світла при вході людини в приміщення.



Рис.2.7 Приклад сенсорного пристрою для газу

Такий сенсор використовується для виявлення витoku газів, зокрема метану, природного газу, а також високих концентрацій парів алкоголю чи диму. Він характеризується швидким відгуком і високою чутливістю, яку можна регулювати за допомогою потенціометра, розташованого на платі датчика. Часто застосовується в системах сигналізації.

Модуль також здатний виявляти відкриті спалахи полум'я. У його складі є світлодіод, що виконує функцію приймача інфрачервоного випромінювання.

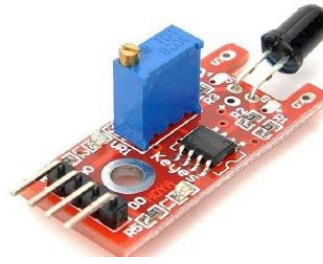


Рис.2.8 Приклад сенсору для виявлення вогню

На базі такого сенсору в системі реалізуються пожежні сигналізації.



Рис.2.9 Приклад датчиків які виконують читання карток

Температурний датчик. Температурні датчики призначені для вимірювання рівня тепла в джерелі. Вони здатні фіксувати зміни температури та перетворювати їх у цифрові дані. У промисловості необхідно підтримувати стабільний температурний режим як навколишнього середовища, так і самого обладнання. Аналогічно, у сільському господарстві температура ґрунту є важливим чинником, що впливає на ріст сільськогосподарських культур [8].

Залежно від способу використання, температурні датчики поділяються на контактні та безконтактні. Контактні датчики працюють у безпосередньому контакті з вимірюваним об'єктом, визначаючи його температуру за допомогою термочутливого елемента. Безконтактні датчики, навпаки, фіксують інтенсивність інфрачервоного випромінювання об'єкта на певній відстані та розраховують його температуру.



Рис.2.10 Приклад датчиків зчитування температури

Датчики температури широко застосовуються в областях, де необхідний контроль температурних показників. Вони використовуються для розумного управління теплозбереженням, а також для вимірювання температури навколишнього середовища.

Датчики вологості. Ці пристрої призначені для вимірювання рівня водяної пари в повітрі або інших газах. Найчастіше їх використовують у системах опалення, вентиляції та кондиціонування (HVAC) як у промислових, так і в житлових приміщеннях. Крім того, їх застосовують у лікарнях, метеостанціях та інших сферах, де важливо контролювати вологість і прогнозувати погодні умови.

Датчики тиску. Ці пристрої вимірюють тиск і перетворюють його в електричний сигнал, який можна використовувати для подальшої обробки. Конструкція датчиків тиску зазвичай включає чутливий елемент і модуль обробки сигналів.

Залежно від типу тиску, який потрібно виміряти, такі пристрої поділяються на:

- датчики манометричного тиску,
- датчики диференційного тиску,
- датчики абсолютного тиску.

Основне завдання датчиків тиску — фіксувати зміни у газах і рідинах. При зміні рівня тиску пристрій виявляє ці зміни й передає інформацію підключеній системі. Одним із типових варіантів використання є виявлення витоків, що можуть виникати через коливання тиску.



Рис. 2.11 Приклад датчику для виміру тиску

Датчики тиску також широко застосовуються у водопостачувальних системах, оскільки дають змогу швидко виявляти зміни або зниження тиску.

Датчики якості води. Ці пристрої призначені для аналізу складу води та контролю рівня іонів у водорозподільних мережах.

Оскільки вода є невід'ємною частиною як промислових процесів, так і побутового використання, подібні датчики відіграють ключову роль у забезпеченні належної якості води. Вони знаходять застосування в різних сферах, зокрема в промисловості та комунальних службах.



Рис. 2.12. Приклад датчиків для вимірів води

Поширені датчики якості води поділяються на кілька основних типів: датчики залишкового хлору, розчиненого кисню, провідності, рН, окисно-відновного потенціалу.

Датчики виявлення газу. Такі пристрої здійснюють моніторинг повітряного середовища, виявляючи зміни в складі газів, зокрема наявність шкідливих, горючих або токсичних речовин. Їх широко використовують у таких сферах, як гірничодобувна та нафтогазова промисловість, хімічне виробництво й дослідження. У побуті одним із найпоширеніших прикладів є детектор виявлення вуглекислого газу, що застосовується в житлових приміщеннях.

Датчики диму. Такі пристрої застосовуються для виявлення диму та визначення його концентрації в повітрі. Наприклад, вони допомагають зафіксувати сильне задимлення. У випадку коли елемент сенсора вступає в контакт із деяким газом, його внутрішній опір змінюється, що дозволяє згенерувати первний сигнал. Пристрій працює за принципом зміни опору внаслідок впливу часток задимленості, особливо горючих, і передає відповідні дані у систему контролю.



Рис. 2.13. Приклад датчику для виявлення задимленості

Пристрій виявлення задимленості, також відомий як пожежна сигналізація, використовується для виявлення диму. Завдяки цій здатності його встановлюють у різних ТРЦ, розважальних центрах, хостелах, магазинах та інших місцях для можливості забезпечити пожежну безпеку

Датчик виявлення світла. Такі пристрої реагують на енергію світла в певному спектрі – від ультрафіолетового до інфрачервоного випромінювання – і перетворюють її у вигляд електричного сигналу.

Такі пристрої є різновидом сенсорного пристрою, що мають складові з фоточутливих частин. Загальні види таких датчиків включають:

- датчики зовнішнього освітлення;
- інфрачервоні датчики;
- сенсори сонячного світла;
- датчики ультрафіолетового випромінювання.

Вони широко застосовуються в електронних системах, зокрема в інтелектуальному освітленні. Завдяки прогресу в галузі електричних вимірювань ці технології стають дедалі точнішими та простішими в інтеграції з мікропроцесорами для автоматичної обробки даних у режимі реального часу.



Рис.2.14. Приклад датчика світла

Аналіз основних компонентів що відносяться до середніх рівнів. Arduino UNO – це друкована плата, що працює на базі мікроконтролера ATmega328P із тактовою частотою 16 МГц. Вона оснащена 6 аналоговими входами та 14 цифровими входами/виходами, що дозволяє використовувати її для створення різноманітних електронних пристроїв.

Програмування контролера зазвичай здійснюється через USB-кабель за допомогою середовища розробки Arduino IDE. Для живлення плати можна використовувати USB-кабель або зовнішнє джерело (наприклад, батарею). Вибір джерела живлення відбувається автоматично. Робочий діапазон напруги становить від 7 до 12 В.



Рис. 2.15. Arduino Uno

Raspberry Pi – це компактний комп'ютер, оснащений одноядерним процесором ARM11 із тактовою частотою 700 МГц та 256 МБ оперативної пам'яті. Вбудованого накопичувача немає, тому операційна система завантажується з MicroSD-карти.

Пристрій має 40 GPIO-контактів, які можна використовувати для підключення зовнішніх пристроїв. Живлення подається через micro-USB. Додатково на платі передбачено порт USB 2.0 та аудіовихід 3.5 мм (Audio Jack) для підключення звукових пристроїв.



Рис. 2.16. Комп'ютер Raspberry Pi

Верхньорівневі компоненти. SCADA — це програмний комплекс, який забезпечує функціонування системи в режимі реального часу. Він виконує завдання зі збору, обробки, візуалізації та архівування даних про об'єкт.

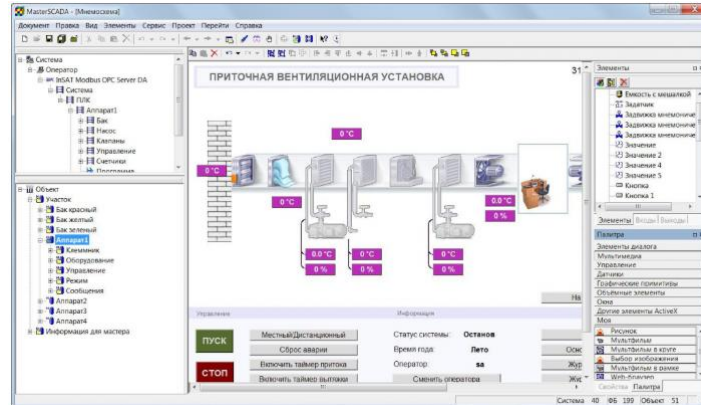


Рис. 2.17 Зображення інтерфейсу SCADA

2.2 Технології реалізації «Розумний будинок»

Zigbee, Z-Wave і Wi-Fi є одними з найпоширеніших протоколів зв'язку, що використовуються в сучасних системах автоматизації будинку. Технології стільникових мереж застосовують енергоефективні радіосигнали з малим радіусом дії для забезпечення підключення пристроїв у «розумному будинку».

Попри схожу сферу застосування, Z-Wave забезпечує дальність зв'язку до 30 метрів, тоді як Zigbee — до 10 метрів. Крім того, Zigbee часто вважається більш складним у реалізації. Важливо зазначити, що чіпи Zigbee виробляються кількома компаніями, тоді як виробництвом чіпів для Z-Wave займається виключно компанія Sigma Designs.

Приклад використання протоколів наведено на рисунку 2.18.

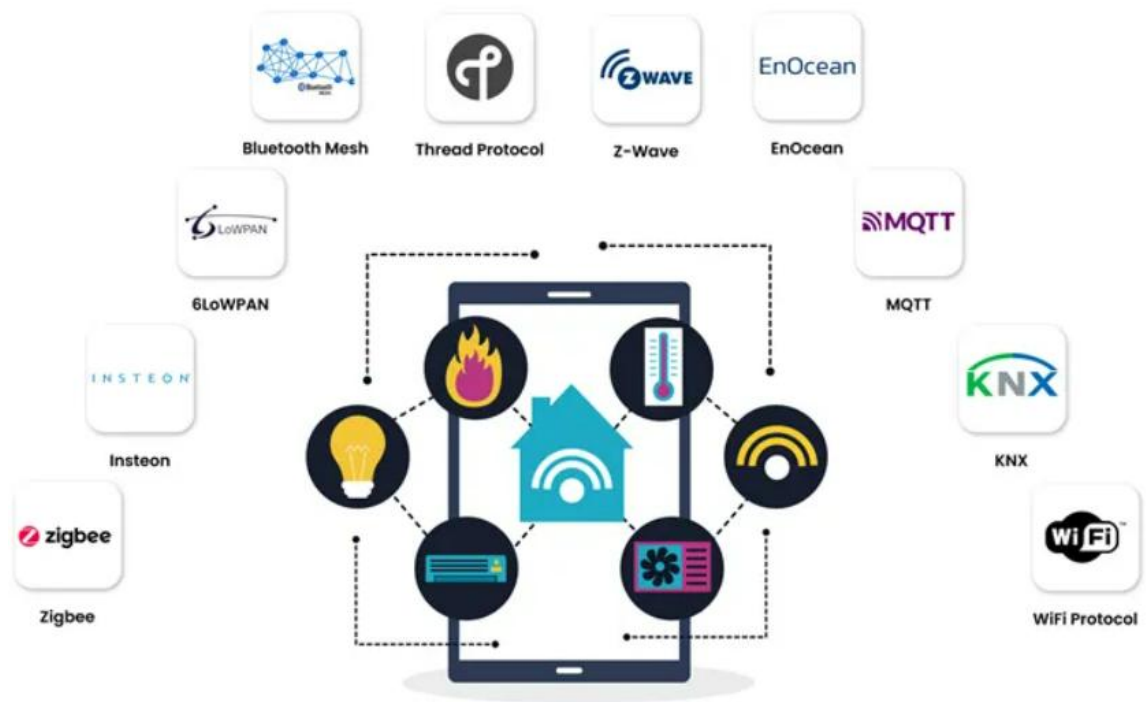


Рис. 2.18 Приклад технологічних рішень для реалізації розумного будинку

Характеристики технологій та їх порівняння представлено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1.

Характеристики технологічних рішень «розумного будинку»

Технологія	Wi-Fi	Bluetooth	ZigBee	Thread
Стандарт зв'язку	IEEE 802.11	IEEE 802.15.4	IEEE 802.15.4	IEEE 802.15.4
Швидкість передачі даних	300+Мбіт	До 3 Мбіт	250 Кбіт	250 Кбіт
Енерговикористання	Високе	Низьке	Низьке	Низьке
Частотний діапазон	2,4 ГГц	2,4 ГГц	2,4 ГГц	2,4 ГГц
Підтримка IP-технології	+			+
Топологія	Зірка	Зірка	mesh	mesh

Центр «розумного будинку» – це апаратна складова, що є центральним вузлом системи домашньої автоматизації. Він здатний отримувати, виконувати обробку інформації та забезпечувати бездротовий зв'язок між підключеними пристроями. Такий хаб об'єднує різні додатки в єдину систему, якою власники можуть керувати дистанційно.

До популярних прикладів центрів «розумного будинку» належать Amazon Echo, Google Home, Insteon Hub Pro, Samsung SmartThings, Wink Hub та інші.

Деякі системи автоматизації будівлі можливо зробити самостійно, наприклад, використовуючи Raspberry Pi чи подібні макетні плати. Інші доступні у вигляді готових комплектів або платформ, що містять усі необхідні компоненти для налаштування домашньої автоматизації.

Прості сценарії роботи «розумного будинку» можуть базуватися на двох типах подій: синхронізованих і ініційованих. Синхронізовані події виконуються відповідно до певного часу (наприклад, увімкнення світла о 18:00), тоді як ініційовані події активуються залежно від дій у системі. Наприклад, якщо власник будинку підходить до дверей, гаджет передає сигнал, і розумний замок автоматично розблокується, а світло вмикається.

Застосування машинного навчання стає дедалі популярнішим у системах домашньої автоматизації. Це дозволяє додаткам адаптуватися до звичок мешканців. Наприклад, голосові асистенти Amazon Echo та Google Home використовують штучний інтелект для навчання й оптимізації роботи «розумного будинку» у відповідності до бажань користувачів.

2.3 Програмні рішення контролю автоматизованої систем

Незалежно від того, яку складову будинку досліджують, існує широкий вибір пристроїв і програмного забезпечення для автоматизації розумного дому. Було проведено аналіз та представлено деякі перспективні програмні рішення, серед яких:

1. Alexa від Amazon.

Такий додаток вважається одним із найефективніших засобів керування розумним домом. Він надає можливість налаштовувати датчики що мають підтримку Amazon, складати списки покупок, а також відтворювати музику. Alexa сумісна не лише з пристроями Amazon, а й із багатьма відомими іншими.

Додаток відзначається інтуїтивно при зрозумілому голосовому керуванні та розширеними функціями автоматизації. Його легко налаштувати на смартфоні за допомогою певних інтерфейсів. Для початку роботи достатньо активувати Alexa, просто назвавши її ім'я. Завдяки голосовим командам користувачі можуть керувати всіма підключеними пристроями.

Колонки Alexa є портативними, що дозволяє брати їх із собою куди завгодно. Завдяки широкій підтримці екосистеми Amazon, ця технологія стане чудовим вибором для інтеграції у розумний дім. Alexa є доступним у різних датчиках, зокрема Fire TV, розумних колонках Echo та інших продуктах Amazon. Вона працює через Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, а також підтримує новий стандарт Matter.

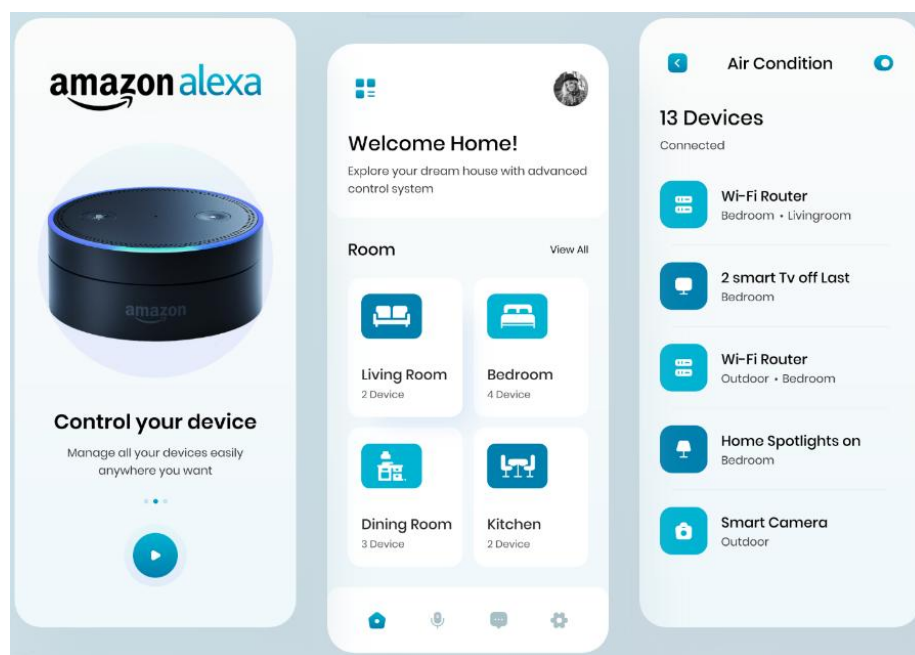


Рис.2.19 Приклад інтерфейсу Alexa на базі Amazon

2. SmartThings. Південнокорейська компанія Samsung активно розвиває технології автоматизації розумного будинку. Їхній хаб SmartThings дозволяє користувачам керувати всіма підключеними пристроями, що підтримують Інтернет речей (IoT), зокрема холодильниками, пральними машинами, кондиціонерами тощо.

Однією з основних можливостей цього додатка є дистанційне управління та моніторинг стану пристроїв, групування кількох пристроїв для спільного

керування, налаштування параметрів роботи та отримання сповіщень. Також є функція трансляції відео зі смартфона на телевізори Samsung.

На сьогодні багато розумних пристроїв сумісні з екосистемою Samsung SmartThings. Серед них – розумний термостат Ecobee, бездротова камера Netgear Arlo Pro, система безпеки Yale Assure Lock, а з 2020 року до цього списку додалися й пристрої Google Nest. Це означає, що наявність хабу Samsung SmartThings разом із додатком Samsung Smart Home усуває потребу у використанні кількох окремих додатків для різних пристроїв.

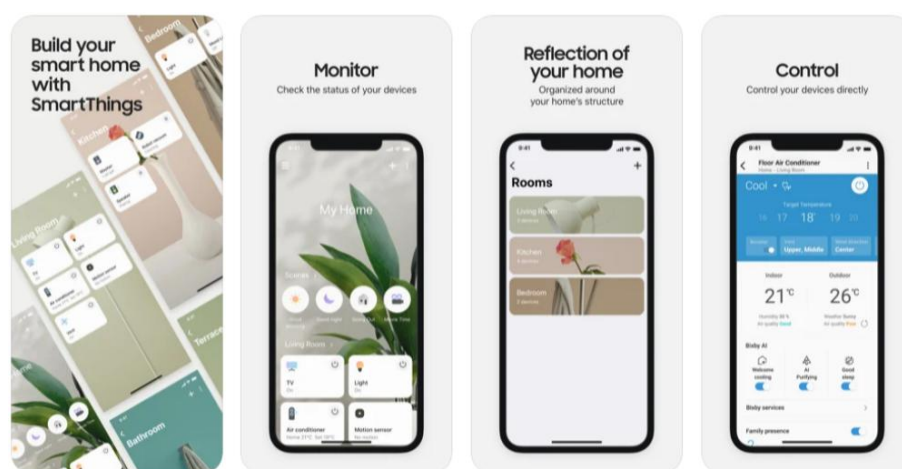


Рис. 2.20 Приклад інтерфейсу Smart_Things

3. Google_Home. Даний додаток створено технологічним гігантом.

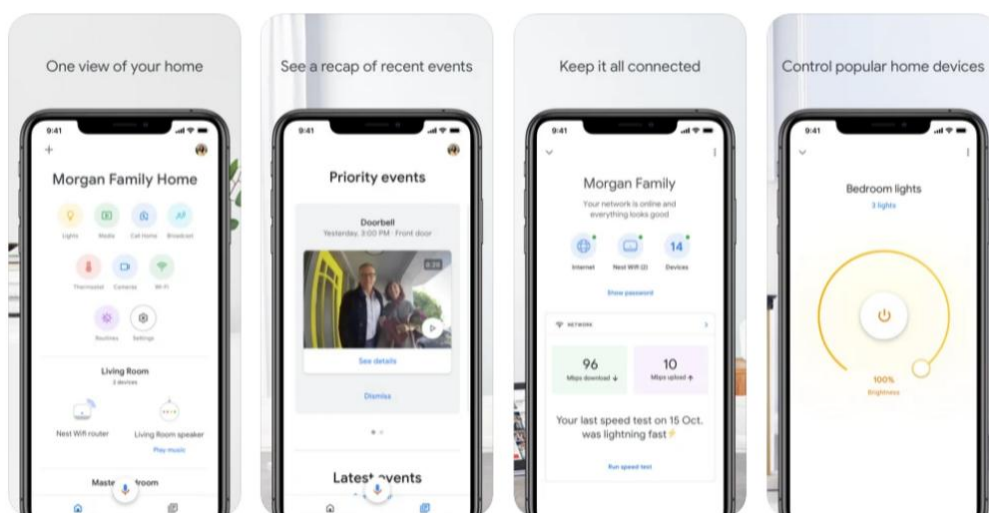


Рис.2.21 Приклад інтерфейсу Google_Home

Google_Home. Цей додаток є одним із найпопулярніших рішень для керування розумним будинком на пристроях Android та iOS. Він дозволяє налаштовувати Google Home, Chromecast та інші підключені пристрої, такі як системи освітлення, камери спостереження та інші smart-пристрої. Google Home підтримує інтеграцію з продуктами сторонніх розробників, зокрема з термостатами Nest, системами освітлення Philips Hue, платформою Samsung SmartThings, а також пристроями Honeywell Home, WeMo та іншими.

Додаток Google Home забезпечує зручне управління сумісними освітлювальними приладами та аудіосистемами за допомогою простих дотиків. Завдяки своїй гнучкості та широкій підтримці пристроїв він входить до числа найкращих рішень для автоматизації розумного дому.

Apple_Home. Apple HomeKit є однією з найбільш комплексних систем автоматизації розумного будинку, доступних на ринку. Додаток Home для iOS забезпечує керування як пристроями Apple, так і іншими сумісними смарт-пристроями.

Функціональність програми дозволяє користувачам створювати спеціальні «сцени», що дають змогу виконувати кілька дій одним натисканням. Наприклад, у режимі «вихід з дому» достатньо одного дотику до смартфона, щоб автоматично закрити штори, вимкнути освітлення та налаштувати термостат на енергоефективний режим.

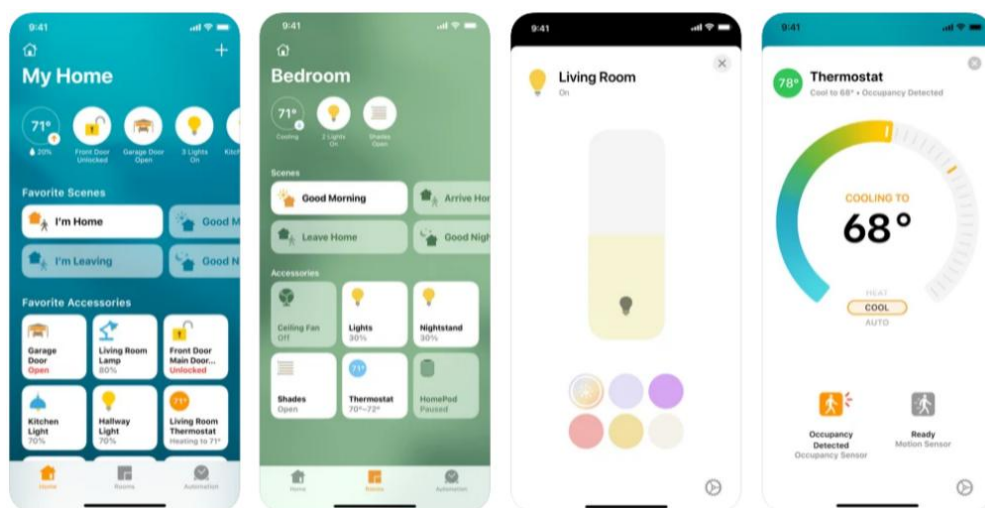


Рис.2.22 Приклад інтерфейсу Apple_Home

На сьогоднішній день існує понад сотню брендів, чиї пристрої сумісні з HomeKit.

Серед ключових переваг цієї платформи – висока безпека та зручність використання. Нові пристрої можна додавати безпосередньо з головного екрана, що спрощує процес і усуває необхідність у складній навігації. Крім того, ця програма вважається однією з найбезпечніших для управління розумним будинком, гарантуючи максимальний рівень захисту користувачів [21].

РОЗДІЛ 3 ВПРОВАДЖЕННЯ СИТЕМИ ДОМАШНЬОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Огляд прототипу кімнат розумного будинку

Прототип складається з трьох кімнат і приймальні, як показано на рис.3.1а. Розміри прототипу 1 м (довжина) $\times$ 1,5 м (ширина) $\times$ 0,5 м (висота). Над прототипом сконструйовано верхівковий дах для кріплення автономної сонячної системи, як показано на рис. 3.1б. Реалізовано справжній двошаровий дерев'яний прототип, як показано на рис. 3.1в. Двошарова система використовується для більшої зручності системи проводки. Крім того, кожна кімната обладнана деякими приладами, такими як лампи та вентилятори.



а)



б)



в)

Рис.3.1 (а) Прототип кімнати розумного будинку; (б). Трикутний дах над прототипом для встановлення автономної сонячної системи; (в) двошаровий дерев'яний прототип

Кожна кімната обладнана деякими датчиками, такими як датчики диму, полум'я, температури та тиску повітря. Крім того, датчик PIR прикріплений біля дверей кожної кімнати для виявлення руху. Для головних дверей прототипу використовується електромагнітний дверний замок.

Raspberry Pi є одним із найважливіших компонентів системи домашньої автоматизації, оскільки він діє як мозок системи. Raspberry Pi 4 B з 4 ГБ оперативної пам'яті та чотирьохядерним процесором використовується як центральний контролер для системи управління енергією.

Плата Raspberry Pi, яка використовується в запропонованій системі, показана на рис.3.2а. Камера Raspberry Pi реалізована, щоб дозволити домовласнику дистанційно спостерігати за інтер'єром будинку протягом дня, яка показана на рис.3.2б.

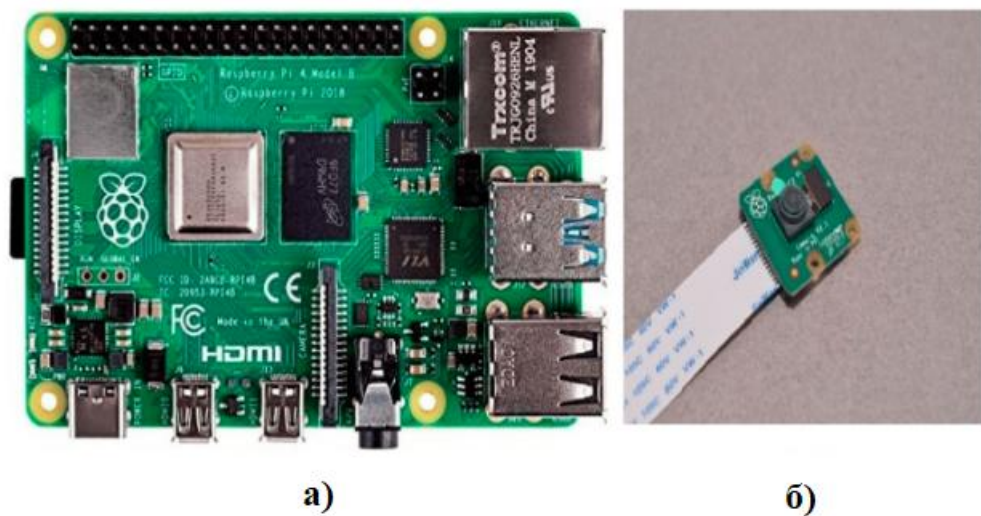


Рис.3.2 (а) Плата основного блоку керування Raspberry Pi 4 B; (б) камера Raspberry Pi.

Cayenne використовується як платформа IoT для віддаленого отримання всіх даних датчиків шляхом підключення відповідних датчиків до загального вводу/виводу (GPIO) Raspberry Pi. Крім того, через Cayenne можна керувати всією побутовою технікою. Управління побутовою технікою здійснюється за допомогою двох восьмиканальних реле, які показано на рис.3.3. Кожен канал реле отримує

керуючий сигнал від Raspberry Pi. Цей керуючий сигнал дистанційно надсилається з Cayenne на Raspberry Pi залежно від бажання власника, значень датчиків або попередньо розроблених сценаріїв у Cayenne.

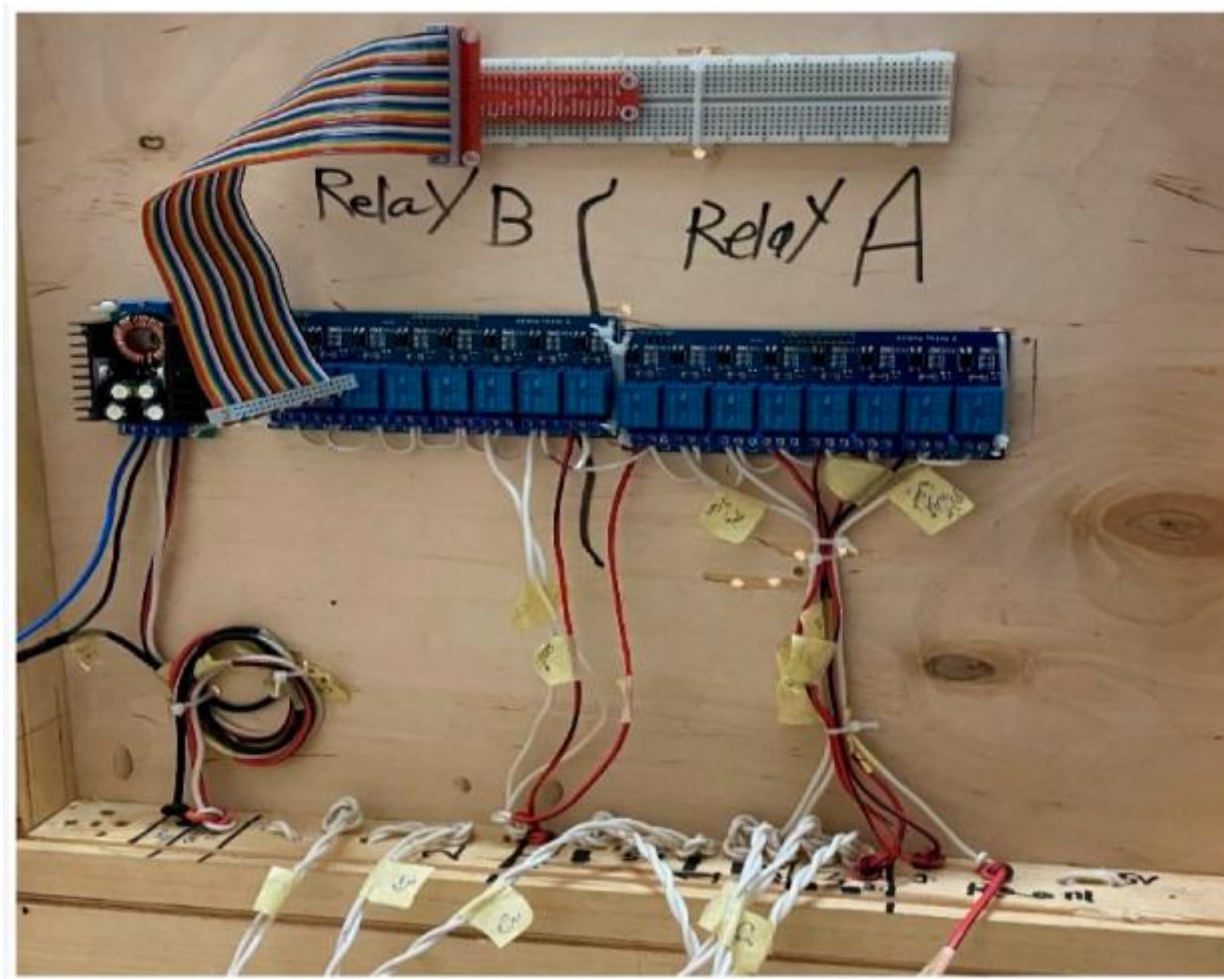


Рис.3.3 Два восьмиканальних реле

Деякі датчики та прилади несумісні з Cayenne. Побудова відповідного коду виконується з нуля, як і для датчика температури DHT11, датчиків диму та полум'я. Крім того, код Raspberry Pi Cam реалізований, щоб дозволити домовласнику перевіряти статус будинку протягом дня. Щоб підвищити зручність для людей з обмеженими можливостями, використовується Amazon Echo Dot (Alexa). Alexa запрограмована з нуля, щоб керувати точкою зарядки електромобіля та однією лампою, наприклад, голосом через Raspberry Pi.

3.2 Опис компонентів досліджуваної системи

Опис компонентів HAMS. Запропонована інтелектуальна HAMS використовується для досягнення максимального енергозбереження, управління енергетичною системою, економії часу та зусиль, а також покращення системи керування. Пропонована система управління домашньою автоматизацією HAMS (home automation management system) реалізована на базі програмного забезпечення NI LabVIEW. Прототип реалізований за допомогою плати Raspberry Pi як контролера, технології Z-Wave і мобільного додатку, а також набору датчиків.

Raspberry PI 4. Raspberry pi відіграє життєво важливу роль у системах домашньої автоматизації. Raspberry Pi 4 Model B використовується в цьому дослідженні, оскільки це останній продукт, який показано на рис.3.4. Він має багато переваг перед іншими моделями, як показано в табл.3.1 [30]. Raspberry Pi 4 забезпечує революційне підвищення швидкості ЦП, пам'яті, продуктивності мультимедіа та підключення. Особливості Raspberry Pi 4 включають високопродуктивний чотирьохядерний 64-розрядний процесор, подвійний дисплей із роздільною здатністю до 4 К через порти HDMI, до 4 ГБ оперативної пам'яті, дводіапазонний 2,4/5,0 ГГц, Bluetooth 5.0, бездротову локальну мережу, USB 3.0, Gigabit Ethernet і можливість PoE.

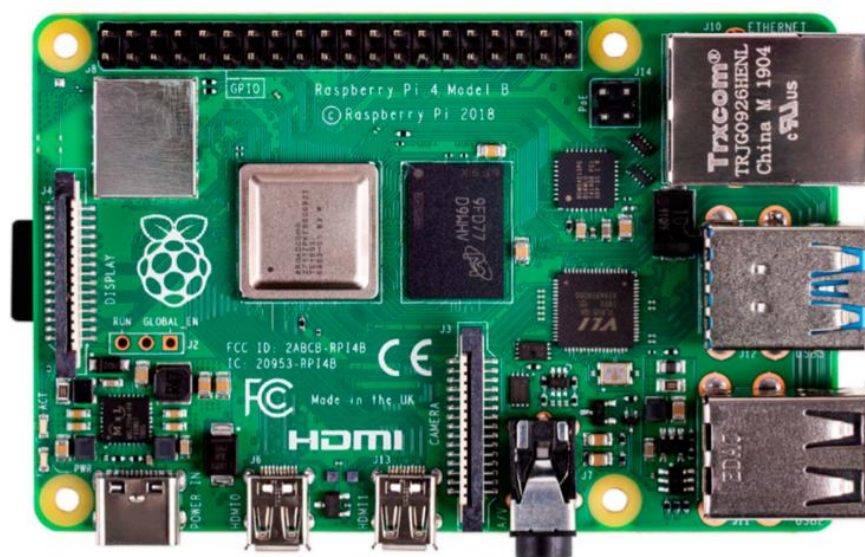


Рис.3.4 Raspberry Pi 4 Model B

Таблиця 3.1

Порівняння між Raspberry Pi 4 і попередніми моделями

Класифікації Raspberry Pi	ОЗУ	Частота процесора
Raspberry Pi 4 B	4 ГБ	AMD ARM v8, 1,5 ГГц
Raspberry Pi 2 B	1 ГБ	Чотириядерний ARM Cortex-A7, 900 МГц
Raspberry Pi 3 B	1 ГБ	Чотирьохядерний 64-розрядний ARM Cortex A53, 1,2 ГГц
Raspberry Pi 3 B+	1 ГБ	64-розрядна ARM Cortex A53, 1,4 ГГц
Raspberry Pi Zero	512 Мб	одноядерний ARM11, 1 ГГц

Датчик руху. PIR-датчики використовуються для моніторингу пересування людей у зоні дії датчика. Ці датчики характеризуються малою потужністю, низькою вартістю, низьким енергоспоживанням і надійністю. Коли датчик відчуває вхід або вихід людини, він посилає сигнал контролеру, щоб вимкнути світло або вентилятор. Взаємодія PIR-датчика з Raspberry Pi показано на рис.3.5.

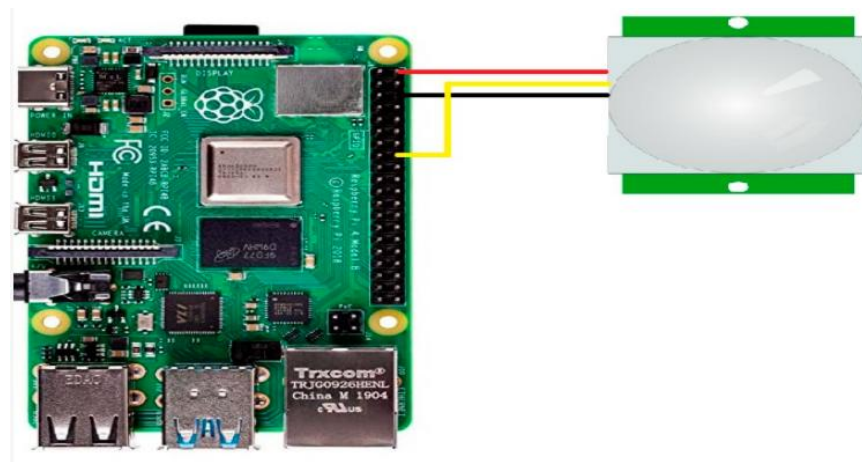


Рис.3.5 Інтерфейс PIR-датчика з Raspberry Pi

Датчик температури та вологості. У цьому дослідженні використовується датчик DHT11. Це цифровий датчик, який відповідає за вимірювання температури і вологості в кімнатах. Даний датчик характеризується високою надійністю, оскільки діапазон вимірювання вологості становить від 20% до 95%, а похибка становить близько 5%, а діапазон вимірювання температури - від 0 до 50 градусів

за Цельсієм, а похибка вимірювання - близько 2 градусів. Взаємодія датчика DHT11 із Raspberry Pi показано на рис.3.6.

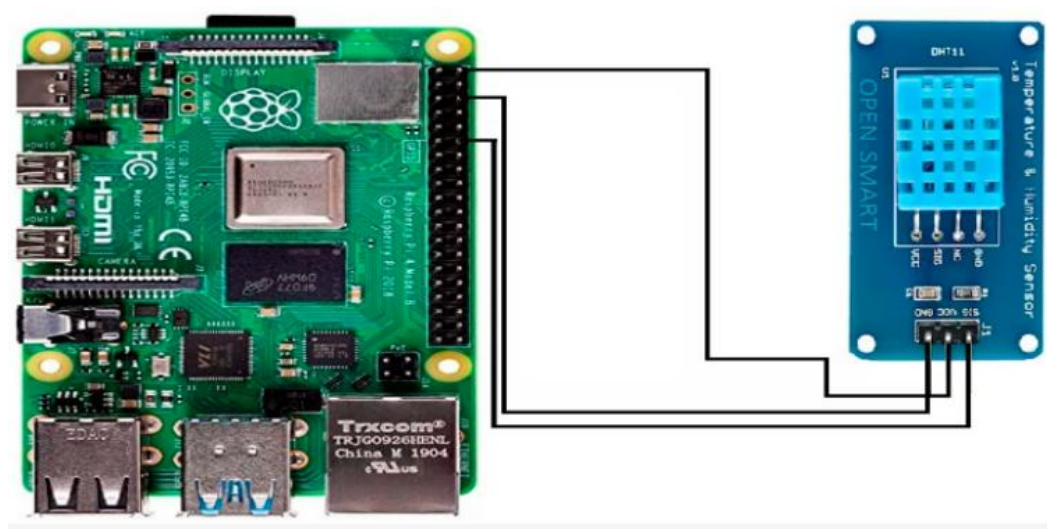


Рис.3.6 Інтерфейс датчика DHT11 із Raspberry Pi

Датчик температури тіла. У зв'язку з поширенням різного роду захворювань, як приклад COVID-19, поблизу головних дверей будинку встановлено сенсорний датчик температури тіла, як показано на рис.3.7, щоб перевіряти температуру відвідувачів. Відвідувачу дозволяється входити в будинок чи ні в залежності від значення температури його тіла.

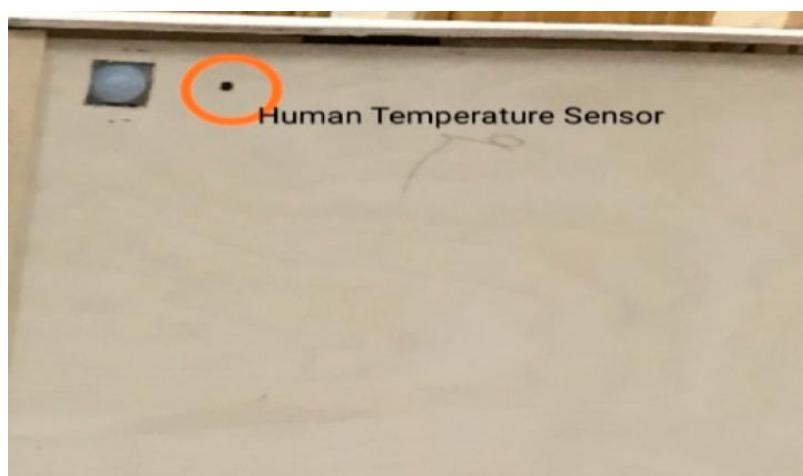


Рис.3.7 Датчик температури тіла

Релейний модуль. Для управління приладами використовується група реле. Реле вмикають і вимикають прилади через Raspberry Pi. Для роботи реле потрібно 5 В. Контактна ємність реле, використаного в цьому дослідженні, становить 10 А 250 В змінного струму/10 А 30 В постійного струму. Сполучення восьмиканального реле з Raspberry Pi показано на рис.3.8 .

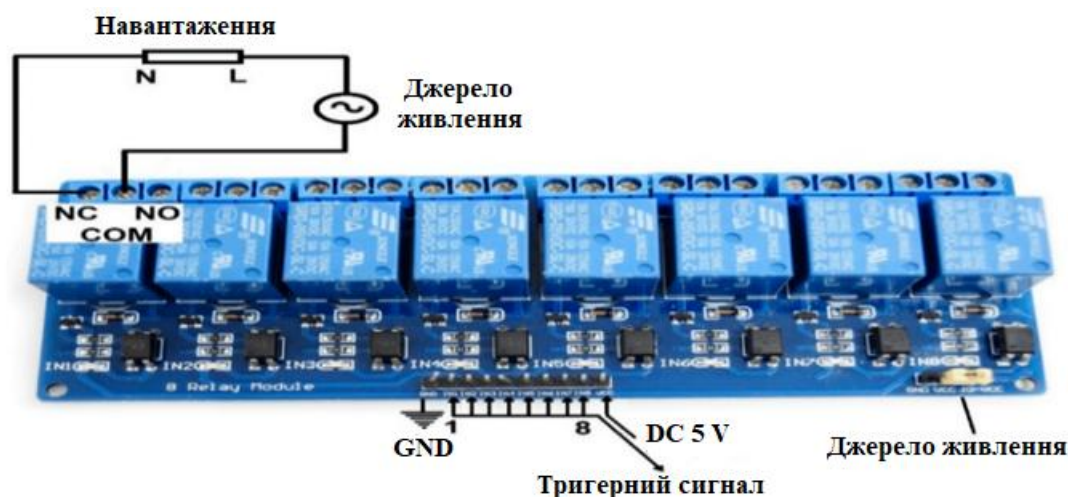


Рис.3.8 Підключення восьмиканального реле

Протокол Z-Wave. Технологія Z-Wave — це бездротовий протокол, розроблений Zensys і Alliance для систем автоматизації будинків і різних комерційних середовищ. Z-Wave може керувати всіма електричними пристроями в домі, такими як керування вмиканням/вимкненням світла, яскравістю світла, системою опалення, вентиляції та кондиціонування, телевізорами, приготуванням їжі та охороною будинку. Програмне забезпечення для шлюзу складається з рівнів, як показано на рис.3.9. Це диференціюється для активації надійної передачі коротких повідомлень від головного блоку керування до більшої кількості пристроїв у мережі з меншим шумом. Кожен пристрій вказує на вузол і мережу, які використовують протокол Z-Wave; кожен пристрій має містити ідентифікатор мережі (ідентифікатор домашнього центру). Технологія RF активує ці пристрої для зв'язку один з одним; радіочастота дозволяє вставляти вузли в домашню мережу.

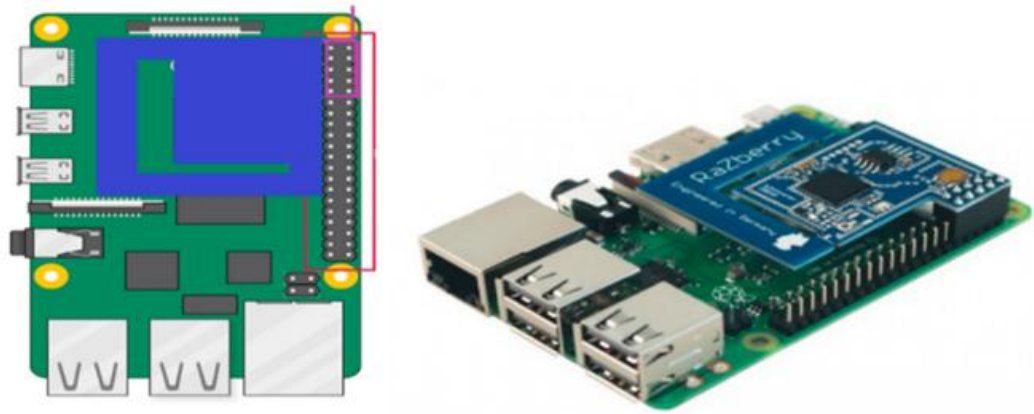


Рис.3.9 Модуль шлюзу Z-Wave для Raspberry Pi

3.3 Постановка експерименту та збір даних

Повна автономна сонячна система впроваджена, щоб жити розумний дім екологічною електроенергією без викидів протягом усього дня. Автономна сонячна система складається з сонячної панелі потужністю 100 Вт, показаної на рис. 3.10



Рис.3.10 100-ватна сонячна панель

На додаток до свинцево-кислотної батареї 12 В, 7 Ач з сонячним контролером 10 А для забезпечення джерела живлення 12 В, як показано на рис.3.11.



Рис.3.11 Свинцево-кислотна батарея з сонячним контролером

Крім того, використовується іграшковий електромобіль, як показано на рис.3.12, і реалізована пов'язана з ним точка зарядки 5 В.



Рис.3.12 5 В електромобіль

Час роботи від сонячної батареї. Фотоелектричні панелі, інвертори та батареї є трьома основними компонентами сонячних фотоелектричних систем. Батарея є основним компонентом будь-якої автономної фотоелектричної системи.

Акумулятор залежить лише від того, скільки резервного живлення йому потрібно. Ємність батареї розраховується у формі АН Зазвичай люди використовують 12-вольтові батареї, які забезпечують 80% ефективності.

Час роботи від батареї:

$$\text{Backup time} = \frac{\text{Battery AH} \times 12\text{V} \times \text{efficiency of battery}}{\text{Power Consumption in watts}} \quad (3.1)$$

Вся побутова техніка (лампи, вентилятори, дверні замки) вибирається для роботи від 12 В. Тому всі ці прилади живляться напряму від сонячного контролера. Перетворювач DC/DC використовується для зниження напруги з 12В до 5В, необхідної для Raspberry Pi 4, точки зарядки електромобіля та деяких датчиків. Інші датчики, яким потрібно 3,3 В, живляться безпосередньо від Raspberry Pi.

Програма LabVIEW. LabVIEW — це інструмент віртуального приладобудування (VI), який дає змогу графічно програмувати для лабораторій процесів досліджень і розробок, а також у промисловості для керування процесами та моделювання. LabVIEW — це найпотужніший інструмент для багатоцільового аналізу та інструментального програмного забезпечення для вимірювань і автоматизації. Програмування графічного інтерфейсу користувача LabVIEW дозволяє дуже легко побудувати блок-схему операції. Програміст моделює вимоги до інструментів пристрою для спеціальних програм і може легко змінити будь-яке оновлення за допомогою інструменту GUI. LabVIEW — це програмне забезпечення для додатків, які вимагають тестування, вимірювання та контролю зі швидким доступом до апаратного забезпечення та даних. Великою перевагою використання техніки програмування LabVIEW є той факт, що вона охоплює всі сфери, необхідні для повного керування будь-якою системою, наприклад отримання даних та аналіз цих даних для виконання необхідних дій. Синтаксис кодування для LabVIEW називається G-мовою, яка використовує графічні блоки, які називаються блок-схемами, для представлення кожного процесу. Загальний аналоговий модуль даних призначений для використання з датчиками. Датчики, які використовуються в цій

системі, управляються за допомогою блоку Raspberry Pi. Канал аналогового зчитування N дозволяє змінювати аналогову опорну напругу, що використовується для перетворення тактів АЦП у вольти, як показано на рис.3.13.

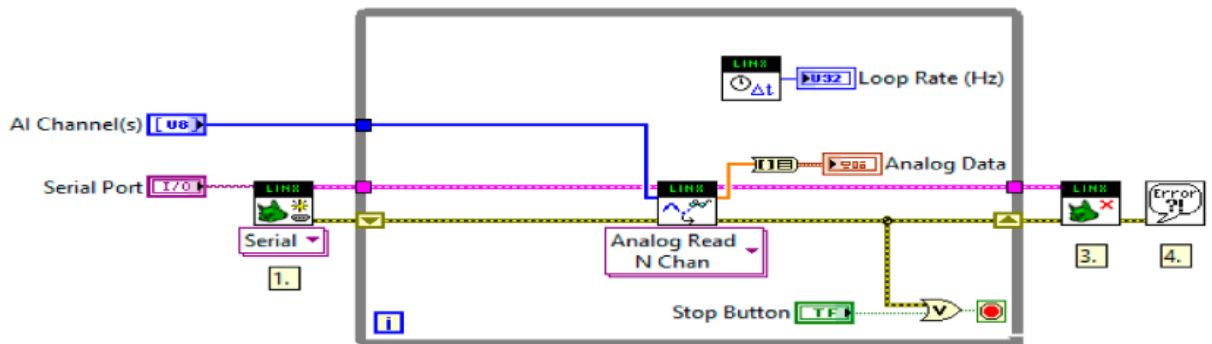


Рис.3.13 Аналоговий канал читання N для всіх аналогових датчиків.

Загальний модуль цифрових даних призначений для взаємодії з цифровими каналами вводу/виводу Raspberry Pi, розробки віртуальних інструментів для керування світлодіодами та зчитування станів перемикачів увімкнення/вимкнення, як показано на рис.3.14.

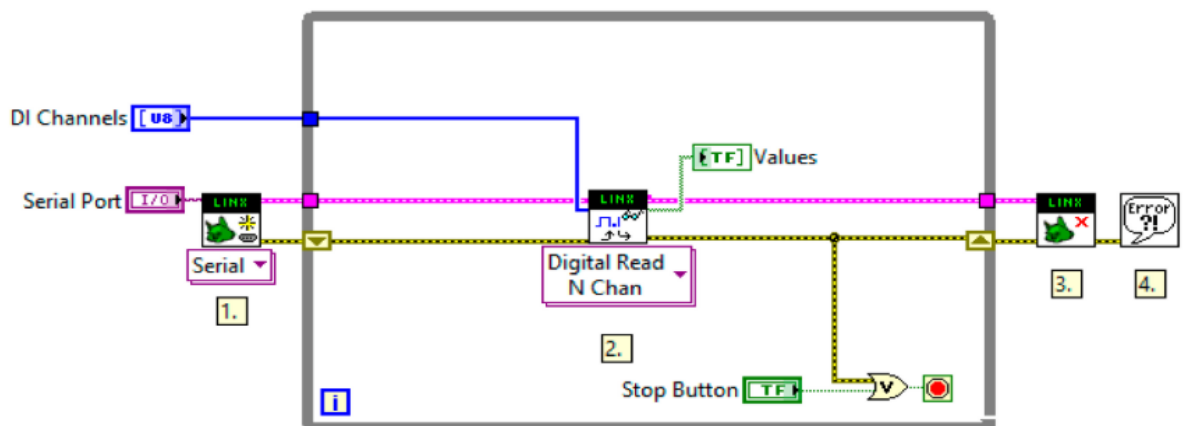


Рис.3.14 Цифровий канал читання N для всіх цифрових датчиків

Колір освітлення контролюється за допомогою каналу широтно-імпульсної модуляції (ШІМ), оскільки є синій ШІМ, зелений ШІМ і червоний канал ШІМ, як показано на рис.3.15.

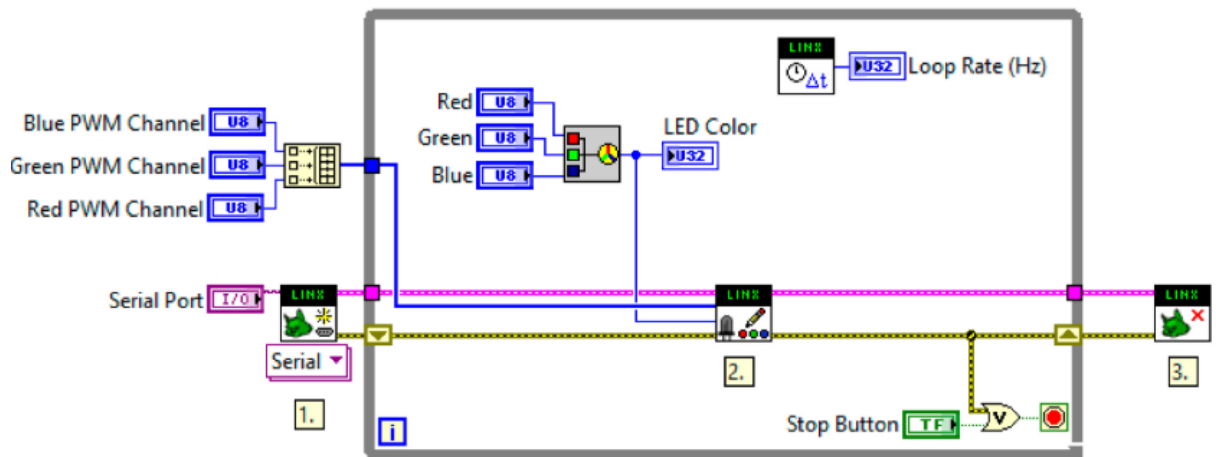


Рис.3.15 Модуль керування світлодіодним освітленням RGB

Реалізовано інтегровану систему, яка поєднує LabVIEW, Raspberry Pi та Z-Wave. Всі прилади і датчики підключаються до всієї системи. Система безпеки, керування освітленням, газовим вогнем і захистом від води активуються, як показано на рис.3.16. Система розроблена по-новому, щоб заощаджувати час, зусилля та енергію на додаток до управління енергією.

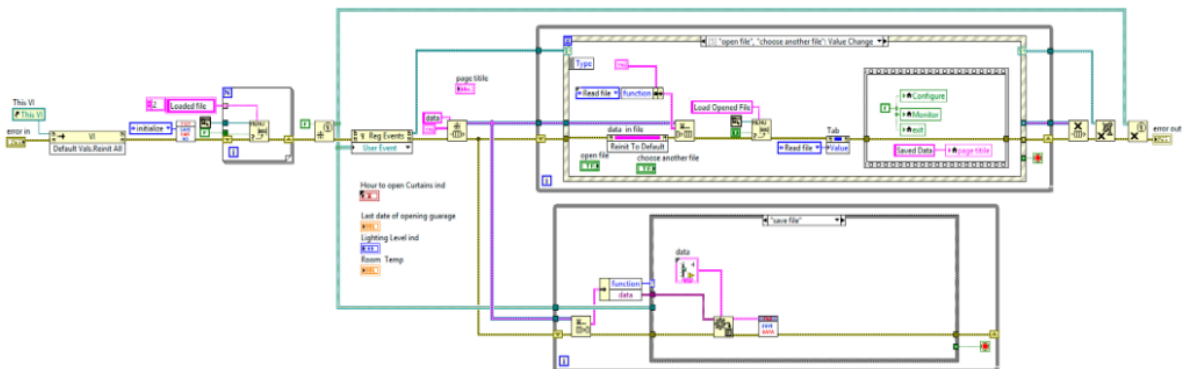


Рис.3.16 Блок-схема віртуального інструментарію збору даних LabVIEW

Реалізовано графічний інтерфейс користувача, за допомогою якого створюються апаратні конфігураційні пристрої, де визначаються мінімальна та максимальна температури, регулюється інтенсивність освітлення, а також визначається відповідний час для відкривання та закривання жалюзі та вікон. Було реалізовано систему, яка працює за допомогою обробки зображень, щоб зчитувати

номер автомобіля власника місця, оскільки гараж відкривається автоматично, щойно номер автомобіля визначається. За допомогою графічного інтерфейсу ми можемо зберігати більше одного сценарію роботи системи, і будь-який сценарій, який потрібно активувати клієнту, викликається через збережений і відкритий файл, як на рис.3.17 та рис.3.18.

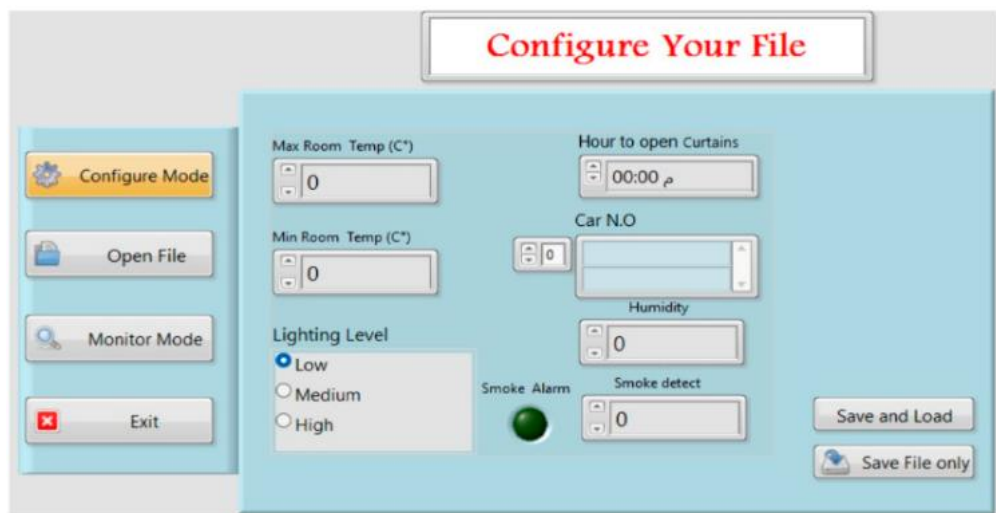


Рис.3.17 Конфігурація LabVIEW GUI

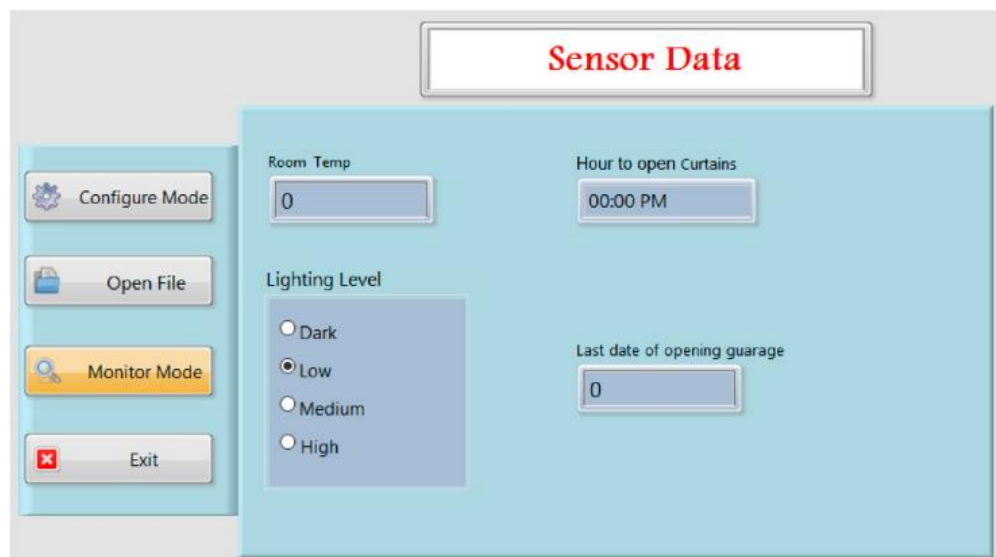


Рис.3.18 Моніторинг даних датчиків за допомогою конфігурації LabVIEW GUI

З випробувань, які були проведені на запропонованій системі, стає зрозуміло, що запропонована HAMS проста у використанні, високонадійна та має низьку вартість порівняно з іншими системами. Методика контролю полягає в

вимірюванні температури, тиску повітря та вологості всередині будинку та контролі всіх побутових приладів. Вологість і температура в графічному виведенні показані на рис.3.19 і рис.3.20 відповідно. Крім того, датчики PIR реалізовані та підключені до Raspberry Pi Cam, що дозволяє власнику перевіряти стан будинку в прямому ефірі в разі виявлення будь-якого руху. Дверний замок також управляється дистанційно.

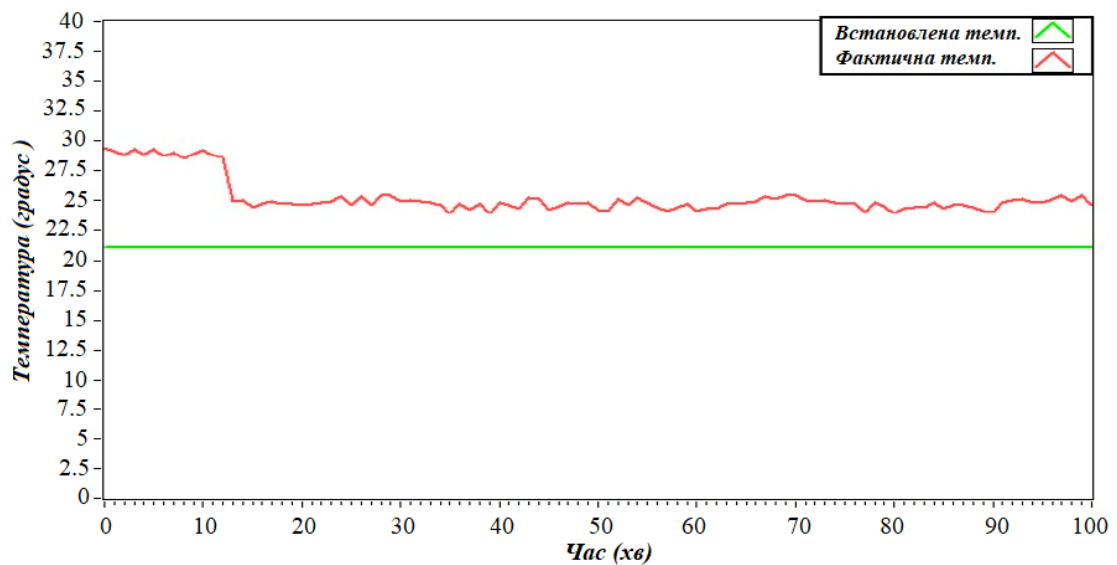


Рис.3.19 Температура в графічному виведенні

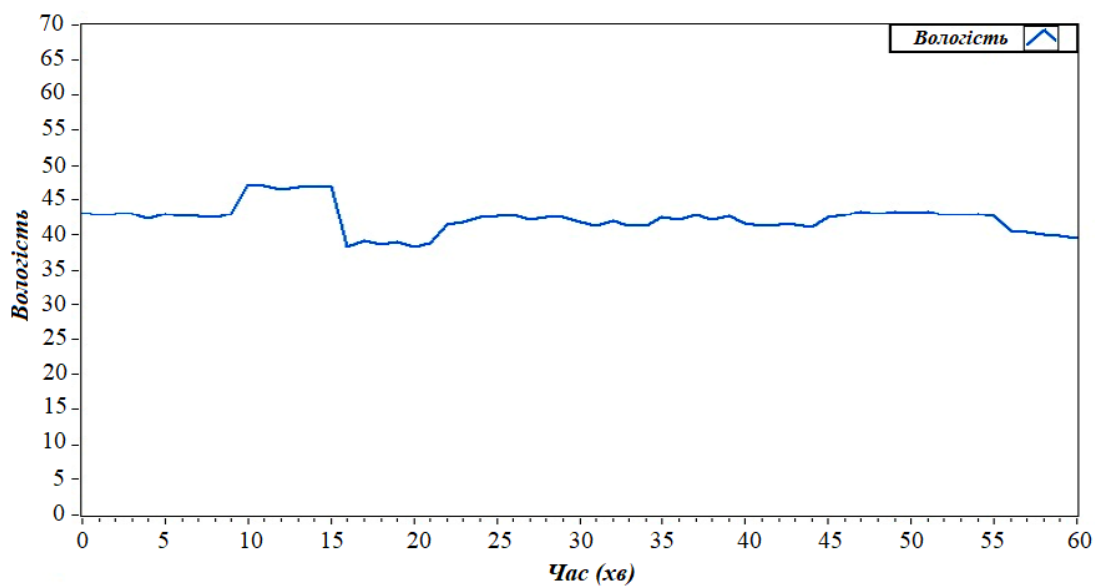


Рис.3.20 Вологість у графічному виведенні

3.4 Методи оптимізації та мінімізації витрат на електроенергію

Постановка проблеми. У даному підрозділі мною виконано дослідження, яке передбачає мінімізацію витрат на електроенергію за рахунок використання методів оптимізації. Проведено більш детальне дослідження будинку, який живиться від фотоелектричної системи, що підтримується ESS, із поясненням припущень, використаних для моделювання проблеми. Загальна площа будинку близько 500 м². Результати брали протягом квітня за цілий місяць, а середнє брали за цілу добу. Мета дослідження полягає в тому, щоб знайти оптимальну експлуатаційну вартість шляхом використання оптимальної системи управління енергією в будинку.

Пропонована система. Метою використовуваної системи є збереження бюджету електроенергії при збереженні прийняттого рівня комфорту, тому основною метою при проектуванні HAMS є зниження витрат на електроенергію. Побутову техніку зазвичай класифікують відповідно до її характеристик і пріоритетів. Пристрої, які використовуються в розумному будинку, поділяються на три основні категорії. Пропонований розумний дім складається з трьох типів навантажень: вирішальних, відкладених і контрольованих.

Будинок живиться через фотоелектричну систему. Крім того, ESS використовується в побуті. Він виконує дві функції. Перший – забезпечити будинок електроенергією як резервним джерелом. Друга функція полягає в зниженні експлуатаційних витрат за рахунок операцій заряджання та розряджання, оскільки він заряджається, коли є надлишок виробництва сонячної енергії, і розряджається, коли є дефіцит вночі або в періоди, коли сонячне опромінення зменшується через хмари чи інші фактори. Це призводить до відсутності потреби в мережі або використання дизель-генераторів, таким чином знижуючи експлуатаційні витрати. Основною метою запропонованої системи є зниження експлуатаційних витрат на електроенергію будинку, що також означає оптимальну та ефективну роботу системи виробництва електроенергії в будинку для забезпечення безперервності постачання. Було використано кілька методів оптимізації, і лінійне програмування

(ЛП) було визнано найкращим з точки зору отримання найнижчої вартості. Знаючи сонячне опромінення $I[\text{Ватт}/\text{м}^2]$, поверхню сонячної панелі $APV[\text{м}^2]$ і загальну ефективність фотоелектричної панелі K_T , кількість енергії, виробленої панелями $P[\text{Ватт}]$, можна визначити за допомогою наступного рівняння [34]:

$$P[\text{Watt}] = I[\text{Watt}/\text{m}^2] \times A_{PV}[\text{m}^2] \times K_T \quad (3.2)$$

Цільова функція. Для вирішення проблеми оптимізації у дослідженні дипломної роботи береться ряд міркувань: (3.1) Втрати потужності в кабелях нехтують; (3.2) рівень напруги в усіх точках; (3.3) Потіки реактивної потужності нехтується. Основною метою використаної оптимізаційної моделі є зниження операційних витрат:

$$\min \sum_{i=1}^N (C_{source}(i) \times P_{source}(i) \times t_i \forall source \in E$$

$$E = \{PV \text{ Масив, Банк батарей}\}$$

$$C_{source}(i) \left[\frac{EUR}{kWh} \right]: \text{вартість експлуатації кожного джерела інтервалу } i \quad (3.3)$$

$$C_{PV} = 100 \text{ EUR}/MWh$$

$$C_{Batt} = 300 \text{ EUR}/MW$$

$$P_{source}(i)[kW] \text{ потужність кожного джерела інтервалу } i$$

$$t_i: \text{час інтервалу}$$

Огляд обмежень. Існує набір обмежень, які враховуються, найважливішим з яких є баланс потужності згідно з наступним рівнянням:

$$P_D = P_{PV} + b * P_{Batt} \quad (3.4)$$

Де

$$P_D = \text{Попит на навантаження [Вт]}$$

$$P_{PV} = PV \text{ потужність [Вт]}$$

$$P_{Batt} = \text{Живлення акумулятора [Вт]}$$

Коли

$$b = \begin{cases} b = 1 & \text{Розряд батареї} \\ b = 0 & \text{Заряд акумулятора залишається постійним} \\ b = -1 & \text{Заряд акумулятора} \end{cases} \quad (3.5)$$

Обмеження сонячної системи наступні:

$$0 \leq P_{PV} \leq P_{max} \quad (3.6)$$

$$asP_{max} = A_{PV}(total) \times I \times K_T \quad (3.7)$$

Оскільки сонячне опромінення залежить від зовнішніх входів і K_T є постійним, змінна, яка враховується в фотоелектричній системі, це поверхня сонячних панелей. Після досягнення оптимальної площі поверхні встановлюється кількість панелей протягом усього процесу вдосконалення.

ESS є незамінною в автономній системі, незважаючи на високі експлуатаційні витрати батареї, щоб зберігати сонячну енергію, коли є надлишок. Використовується повна ємність акумулятора, оскільки глибина розряду становить близько 100%. Отже, обмеження Сонячної системи такі:

$$0 \leq P_{Batt} \leq C_{max} \quad (3.8)$$

C_{max} : *maximum capacity* [Wh]

Техніка для дому. У цьому дослідженні споживач є основною стороною, відповідальною за контроль навантажень, оскільки він є особою, відповідальною за програмування HAMS, щоб воно було сумісним з ним і його особистим комфортом. Контролер запрограмований на вмикання або вимикання пристроїв, коли температура, вологість або інші фактори досягають певного значення, яке він сам визначає. Побутові навантаження поділяються на три категорії: фіксовані

прилади, рухомі прилади та еластичні прилади [31]. Ця класифікація базується на пріоритетності кожного пристрою та зручності користувача. Прилади, що використовуються в будинку, де досліджується випадок, і їх класифікація наведені в табл.3.2.

Таблиця 3.2

Техніка, що використовується в побуті досліджуваного прикладу

Прилад	Тип приладу	Числа	Спожи . потуж. (Вт)	Час роботи на день	Спожив . енергії на день	Попередньо визначений графік роботи		
						Всередині	Ззовні	Сон
Водяний насос	Еластичний прилад	1	200	3	600	За бажанням	Викл.	Викл.
Холодильник		1	100	24	1800 рік	Вкл.	Вкл.	Вкл.
Кондиціонер		2	1500	7		За бажанням	Викл.	За бажанням
Пилосос		1	700	2	1400	За бажанням	Викл.	Викл.
Водонагрівач		1	1200	3	3600	За бажанням	Викл.	Викл.
Обігрів приміщення		1	1500	6	9000	За бажанням	Викл.	Викл.
Пральна машина	Пересувний прилад	1	700	3	2100	За бажанням	За бажанням	Викл.
Сушарка для тканини		1	2000 рік	2	2000 рік	За бажанням	За бажанням	Викл.
Посудомийна машина		1	1800 рік	1	3600	За бажанням	За бажанням	Викл.
Вентилятор	Стационар. прилад	4	80	21	6700	За бажанням	Викл.	За бажанням
Телевізор		2	100	10	2000 рік	За бажанням	Викл.	Викл.
Світло		20	11	16	3520	За бажанням	Викл.	Викл.
Мікрохвил.		1	800	3	2400	За бажанням	Викл.	Викл.

Прилади можна класифікувати в інший спосіб, як показано нижче, де є пристрої, які працюють безперервно, якщо мешканець перебуває всередині або поза ним, і є інші прилади, які працюють, коли людина перебуває лише всередині будинку, і третій тип - це прилади, які працюють лише за запитом, як показано в

таблиці. Крім того, коли люди знаходяться всередині будинку. Вдома HAMS керує приладами та освітленням відповідно до показань датчиків.

Результати та їх обговорення. Це дослідження пропонує HAMS для оптимізації роботи будинку. HAMS допомагає виробляти зручні задані точки для джерел таким чином, що економічно оптимізоване розподілення потужності підтримується для задоволення певного навантаження. Було розроблено HAMS на основі IoT, який дозволяє пристроям підключатися без проводів. Запропонована система допомагає економити енергію, відстежуючи стан навколишнього середовища та відповідно контролюючи використання обладнання. Це дозволяє бездротово керувати такими приладами, як вентилятори, обігрівачі, кондиціонери та лампи, на основі інформації про вологість, кімнатну температуру та інтенсивність світла. Згідно з показаннями кожного датчика, Raspberry Pi програмується на контроль використання пристрою відповідним чином. Ці дані допомагають розумно керувати пристроями, а не просто вмикати та вимикати їх, що сприяє зменшенню споживання, оскільки скорочується час роботи приладів. Крім того, запропонований HAMS зберігає щоденне споживання пристроїв, що допомагає домовласнику знати щоденне споживання пристроїв. Ці дані оновлюються автоматично, і це допомагає досягти низьких експлуатаційних витрат. Використання HAMS допомагає зменшити експлуатаційні витрати, оскільки зменшує кількість споживаної енергії. Споживання знизилося після використання запропонованої системи на 18,161 кВт/год. На рис.3.21 показано навантаження протягом цілої доби до та після використання запропонованої системи. Операційні витрати за день становили приблизно 20,866 євро до використання HAMS, тоді як їх вартість становила приблизно 16,039 євро після використання HAMS. Відбулося зниження операційних витрат приблизно на 23,13%. На рис.3.22 показано навантаження, яке необхідно покрити, а також потужність, вироблена з кожного джерела. Під час пікового навантаження будинок живиться через фотоелектричну систему. Фотоелектрична система починає виробляти енергію в період з 6 ранку до 6 вечора. У цей період домівка живиться, а надлишки спрямовуються на зарядку акумуляторів. До цього періоду і після нього

за процес електроживлення відповідають батареї. Площа поверхні, необхідна для генерації достатньої енергії для живлення навантажень від сонячних батарей за найменших витрат, становить $118,1039 \text{ м}^2$, що становить приблизно 23,62% від загальної площі поверхні будинку. Кількість виробленої енергії залежить від сонячного опромінення та площі поверхні, і оскільки площа поверхні постійна протягом дня, основна залежність залежить від опромінення.

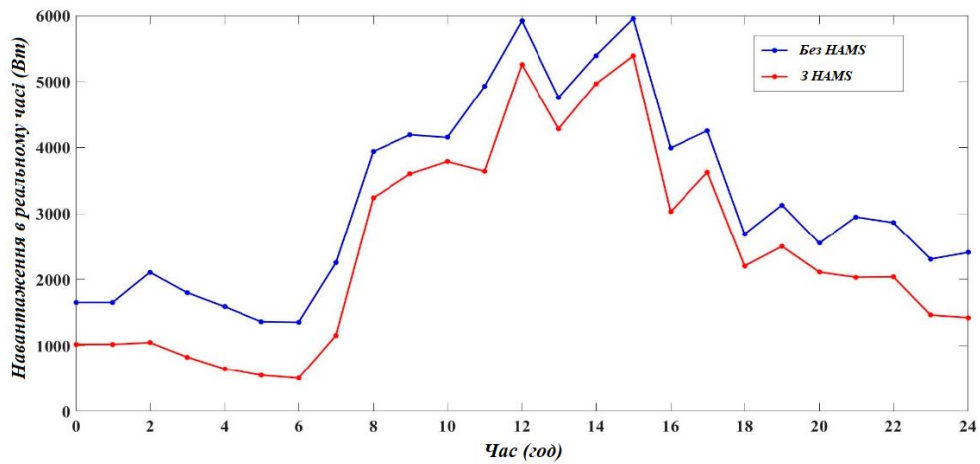


Рис.3.21 Навантаження в реальному часі протягом цілого дня з і без використання HAMS

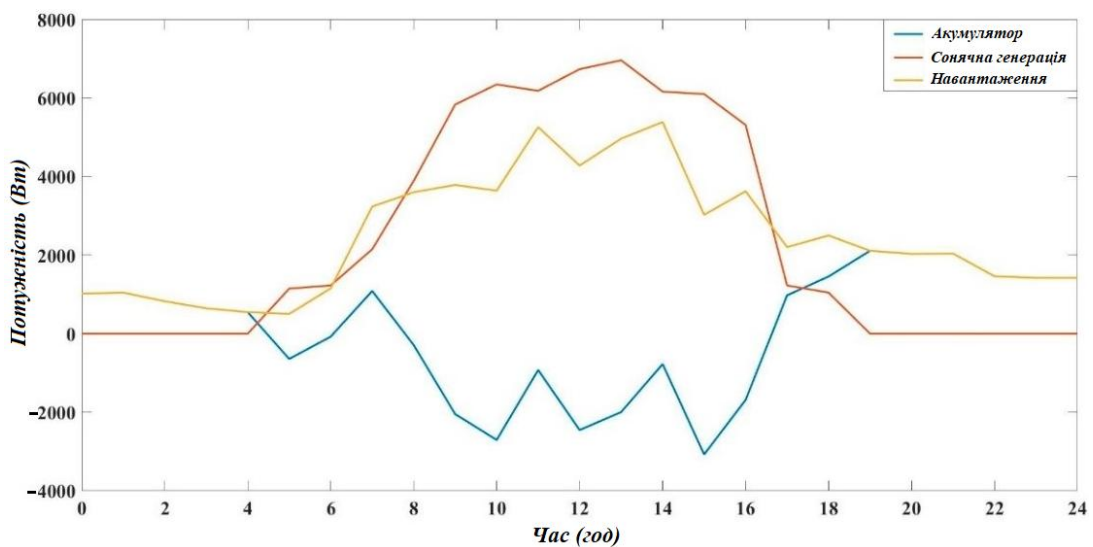


Рис.3.22 Оптимальна робота та керування гібридними PV та ESS

ВИСНОВКИ

Отже, в ході виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було досліджено сучасні тенденції розвитку технологій «Розумного будинку». Аналіз показав, що ця галузь демонструє стрімке зростання та має значний потенціал для подальшого розвитку як у короткостроковій, так і в довгостроковій перспективі.

Також було проведено детальне дослідження факторів, що впливають на масове впровадження технологій домашньої автоматизації. Визначено основні бар'єри та стимулюючі чинники, які сприяють їхньому поширенню. Окрім цього, розглянуто ключових виробників та постачальників рішень у цій сфері, що дозволяє оцінити ринок та його основні тренди.

У другому розділі детально проаналізовано основні компоненти системи «Розумний будинок» та їхні функціональні особливості. Розглянуто основні комунікаційні протоколи, які забезпечують взаємодію між пристроями, що дозволяє зрозуміти принципи роботи та можливості інтеграції різних елементів системи.

Загалом проведене дослідження підтвердило актуальність і перспективність розвитку технологій «Розумного будинку» та окреслило ключові напрямки їхнього вдосконалення в майбутньому.

У практичних дослідженнях розглянуто ефективний підхід до оптимального управління енергією в розумному будинку, що базується на технологіях IoT та методах оптимізації. Запропонована система автоматизації дозволяє здійснювати моніторинг у реальному часі, керувати роботою домашніх пристроїв та оптимізувати їх енергоспоживання з мінімальними експлуатаційними витратами. Голосове керування, реалізоване через Alexa, підвищує доступність системи для людей похилого віку та осіб з обмеженими можливостями.

Експериментальні результати демонструють значне зниження енергоспоживання та експлуатаційних витрат. Зокрема, операційні витрати скоротилися на 23,13%, а денне споживання електроенергії зменшилося з 78,5 кВт·год до 60,34 кВт·год. Оптимізація роботи системи забезпечила баланс між

витратами та комфортом користувачів. Для перевірки ефективності модель було реалізовано у програмному середовищі LabVIEW, а також протестовано в реальному будинку, що підтвердило її надійність.

Впровадження відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячних панелей, дозволило забезпечити автономну роботу системи, використовуючи лише 118,1039 м² площі для їх встановлення. Крім того, застосування акумуляторного блоку сприяло стабільності енергопостачання та запобігало глибокому розряду або перезаряду системи збереження енергії (ESS).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Harper R. Inside the Smart Home, ISBN-13: 978-1852336882, 2018. – 263с.
2. Carlini. Measuring a building IQ / J.A. Bernaden, et al (Ed.) // The Intelligent Building Sourcebook, Prentice-Hall, London, 2016, pp. 427 – 438.
3. W.F.E. Preiser, U. Schramm. Intelligent office building performance evaluation, Facilities 20 (7/8), 2017, pp. 279 – 287.
4. F.M. Lima, Intelligent building and its influence on the design process, Paper presented to the International Conference Sao Paulo, Oct. 25 – 26, 2021, Brazil: High Technology Buildings, Council on Tall Buildings and Urban Habitat, Brazil, 2021, pp. 139 – 149.
5. W.L. Chan, A.T.P. So, Intelligent Building Systems, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2020.
6. W.M. Kroner. An intelligent and responsive architecture, Automation in Construction 6, 2019, pp. 381 – 393.
7. M. Füchtenhans, E. H. Grosse, and C. H. Glock, "Smart lighting systems: State-of-the-art and potential applications in warehouse order picking," Int. J. Prod. Res., vol. 59, no. 12, pp. 3817-3839, Jun. 2021.
8. L. Cui, S. Yang, F. Chen, Z. Ming, N. Lu, and J. Qin, "A survey on application of machine learning for Internet of Things," Int. J. Mach. Learn. Cybern., vol. 9, no. 8, pp. 1399-1417, Aug. 2018.
9. W. Wang, Q. Wang, J. Zhang, and M. Zuniga, "PassiveVLP: Leveraging smart lights for passive positioning," ACM Trans. Internet Things, vol. 1, no. 1, pp. 1-24, Feb. 2020.
10. Kang, J.; Kim, J.; Kim, M.; Sohn, M. Machine learning-based energy-saving framework for environmental states-adaptive wireless sensor network. IEEE Access 2020, 8, 69359–69367.
11. Machorro-Cano, I.; Alor-Hernández, G.; Paredes-Valverde, M.A.; Rodríguez-Mazahua, L.; Sánchez-Cervantes, J.L.; Olmedo-Aguirre, J.O. HEMS-IoT: A big data and machine learning-based smart home system for energy saving. Energies 2020, 13, 1097.

12. Wang, S.; Yang, S. Research on Smart Home Assistance Control Model Based on Machine Learning. In Proceedings of the 2020 Asia-Pacific Conference on Image Processing, Electronics and Computers (IPEC), Dalian, China, 14–16 April 2020; pp. 466–469.
13. Filipe, L.; Peres, R.S.; Tavares, R.M. Voice-activated smart home controller using machine learning. *IEEE Access* 2021, 9, 66852–66863.
14. Jmila, H.; Blanc, G.; Shahid, M.R.; Lazrag, M. A survey of smart home iot device classification using machine learning-based network traffic analysis. *IEEE Access* 2022, 10, 97117–97141.
15. Huang, J.; Koroteev, D.D.; Rynkovskaya, M. Machine learning-based demand response in PV-based smart home considering energy management in digital twin. *Sol. Energy* 2023, 252, 8–19.
16. Kabir, M.H.; Hoque, M.R.; Seo, H.; Yang, S.-H. Machine learning based adaptive context-aware system for smart home environment. *Int. J. Smart Home* 2015, 9, 55–62.
17. Lee, S.; Choi, D.-H. Reinforcement learning-based energy management of smart home with rooftop solar photovoltaic system, energy storage system, and home appliances. *Sensors* 2019, 19, 3937.
18. Li, T.; Hong, Z.; Yu, L. Machine learning-based intrusion detection for iot devices in smart home. In Proceedings of the 2020 IEEE16th International Conference on Control & Automation (ICCA), Sapporo, Japan, 9–11 October 2020; pp. 277–282.
19. Kasaraneni, P.P.; Venkata Pavan Kumar, Y.; Moganti, G.L.K.; Kannan, R. Machine Learning-Based Ensemble Classifiers for Anomaly Handling in Smart Home Energy Consumption Data. *Sensors* 2022, 22, 9323.
20. Popa, D.; Pop, F.; Serbanescu, C.; Castiglione, A. Deep learning model for home automation and energy reduction in a smart home environment platform. *Neural Comput. Appl.* 2019, 31, 1317–1337.
21. Dey, N.; Fong, S.; Song, W.; Cho, K. Forecasting energy consumption from smart home sensor network by deep learning. In Proceedings of the Smart Trends in Information Technology and Computer Communications: Second International

Conference, SmartCom 2017, Pune, India, 18–19 August 2017; Revised Selected Papers 2. pp. 255–265.

22. Rahman, S.; Alam, M.G.R.; Rahman, M.M. Deep learning based ensemble method for household energy demand forecasting of smart home. In Proceedings of the 2019 22nd International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT), Dhaka, Bangladesh, 18–20 December 2019; pp. 1–6.

23. Uddin, M.Z.; Kim, M.R. A deep learning-based gait posture recognition from depth information for smart home applications. In Advances in Computer Science and Ubiquitous Computing: CSA-CUTE2016 8; Springer: Singapore; pp. 407–413.

24. Sundaravadivel, P.; Kesavan, K.; Kesavan, L.; Mohanty, S.P.; Kougianos, E. Smart-log: A deep-learning based automated nutrition monitoring system in the iot. *IEEE Trans. Consum. Electron.* 2018, 64, 390–398.

25. Solatidehkordi, Z.; Ramesh, J.; Al-Ali, A.; Osman, A.; Shaaban, M. An IoT deep learning-based home appliances management and classification system. *Energy Rep.* 2023, 9, 503–509.

26. Alkar, A., & Buhur, U. An Internet based wireless home automation system for multifunctional devices. *Consumer Electronics, IEEE Transactions on*, 2018, 51(4), pp.1169-1174.

27. Xu, M.; Watanachaturaporn, P.; Varshney, P.K.; Arora, M.K. Decision tree regression for soft classification of remote sensing data. *Remote Sens. Environ.* 2015, p.322–336.

28. El Mrabet, Z.; Sugunaraj, N.; Ranganathan, P.; Abhyankar, S. Random forest regressor-based approach for detecting fault location and duration in power systems. *Sensors* 2022, p. 458.

29. Breiman, L. Random forests. *Mach. Learn.* 2001, 45, p. 5–32.

30. John, V.; Liu, Z.; Guo, C.; Mita, S.; Kidono, K. Real-time lane estimation using deep features and extra trees regression. In Proceedings of the Image and Video Technology: 7th Pacific-Rim Symposium, PSIVT 2015, Auckland, New Zealand, 25–27 November 2015; Revised Selected Papers 7. pp. 721–733.

31. Kumar, S. Ubiquitous Smart Home System using Android Application. International Journal of Computer Networks & Communications, 2019, 6(1), pp.33-43.

32. Hargreaves, T. Who uses smart home technologies? Representations of users by the smart home industry. ECEEE Summer Study – Rethin K, Renew, Restart, 2019, pp. 1769-1780.

33. Boyanov, L., & Minchev, Z. Cyber Security Challenges in Smart Homes. Institute for Information and Communication Technologies –Bulgarian Academy of Sciences, 2018, pp.99-114.

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (Презентація)

Мета роботи – оптимізація схеми управління енергією розумного будинку.

Об'єкт дослідження – процес автоматизації система управління розумним будинком

Предмет дослідження – автоматизована система управління розумним будинком.

Завдання бакалаврської роботи:

- Аналіз особливостей реалізації, поширення та перспективи розвитку технології «розумний будинок».
- Дослідження технічних та програмних складових технології «розумний будинок».
- Практична реалізація системи домашньої автоматизації.

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

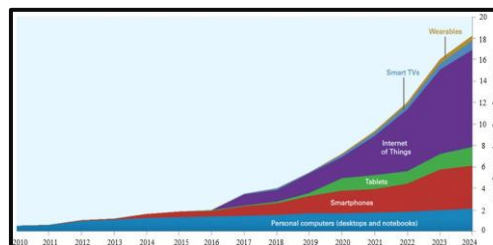


Рис.1.1. Зростання кількості пристроїв IoT у світі

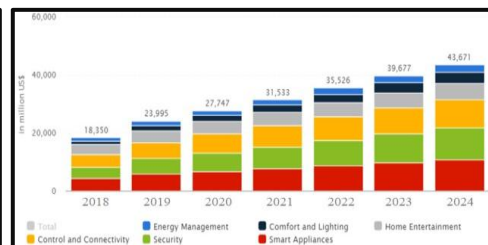


Рис.1.2. Зростання доходів технологій «Розумний будинок»

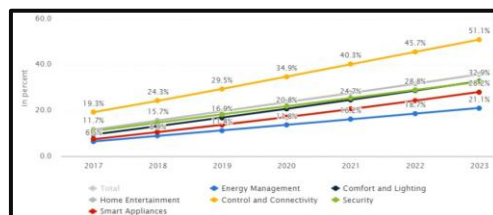


Рис.1.3. Ріст проникнення технологій розумного будинку у сегменті

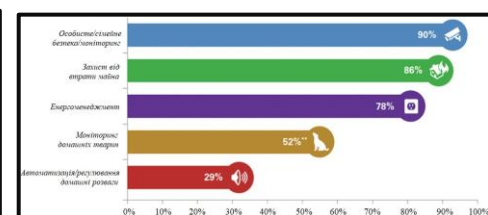


Рис.1.4. Причини використання системи Smart-Home

ПРИКЛАД ЗАСТОСУВАННЯ ТА КЛЮЧОВІ ГРАВЦІ РИНКУ



Рис.1.5. Приклад застосування та можливості



Рис.1.6. Ключові гравці



Рис. 1.8. Структурная схема системы «Умный дом»

1. Компоненти нижнього рівня



2. Компоненти середнього рівня



3. Компоненти верхнього рівня

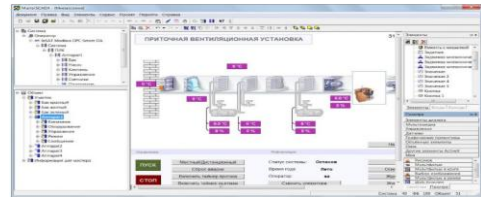


Табл. 1.1. Порівняння характеристик протоколів IoT

	Wifi (Tuya)	Bluetooth (BLE, MESH)	Zigbee (3.0)	Z-Wave
Частота	2,4 - 5 ГГц	2,4 ГГц	2,4 ГГц, 915 МГц	908,24 МГц
Швидкість передачі даних	висока	середній	середній, низький	низький
Споживання енергії	висока	середній	середній, низький	низький
Відстань	середній	короткий	великий	великий



Рис. 1.9. Інтерфейс програми SmartThings

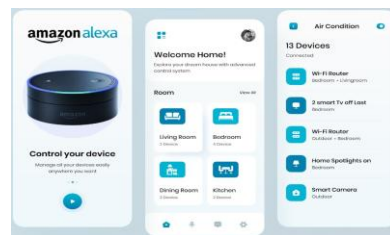


Рис. 1.10. Інтерфейс програми Alexa від Amazon



Рис. 1.11. Інтерфейс програми Apple Home

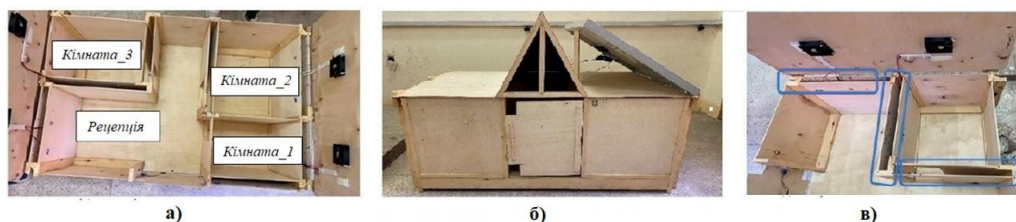


Рис. 1.12. Прототип кімнати розумного будинку



Рис. 1.13. Raspberry Pi 4 Model B

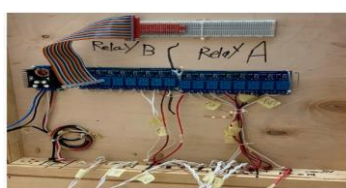


Рис. 1.14. Два восьмиканальних реле

Табл. 1.2. Порівняння між Raspberry Pi 4 і попередніми моделями

Класифікація	ОЗУ	Частота процесора
Raspberry Pi	1 GB	700 MHz
Raspberry Pi 4 B	4 GB	AMD ARM v8, 1.5 GHz
Raspberry Pi 2 B	1 GB	Чотирьохрядний ARM Cortex-A7, 900 MHz
Raspberry Pi 3 B	1 GB	Чотирьохрядний 64-розрядний ARM Cortex A53, 1.2 GHz
Raspberry Pi 3 B+	1 GB	64-розрядний ARM Cortex A53, 1.4 GHz
Raspberry Pi Zero	512 MB	двохрядний ARM11, 1 GHz

ОПИС КОМПОНЕНТІВ ДОСЛІДЖУВАНОЇ СИСТЕМИ

Слайд 8



Рис.1.15. камера Raspberry Pi

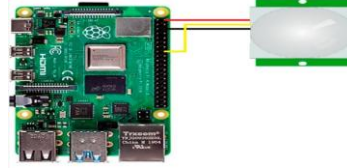


Рис.1.16 Інтерфейс PIR-датчика з Raspberry Pi

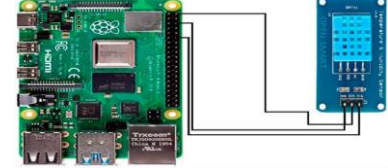


Рис.1.17. Інтерфейс датчика DHT11 із Raspberry Pi



Рис.1.18 100-ватна сонячна панель

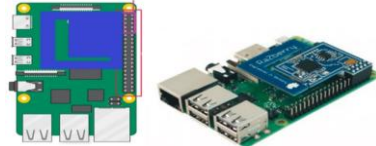


Рис.1.19 Модуль шлюзу Z-Wave для Raspberry Pi



Рис.1.20 Свинцево-кислотна батарея з сонячним контролером

ПОСТАНОВКА ЕКСПЕРЕМЕНТУ ТА ЗБІР ДАНИХ

Слайд 9

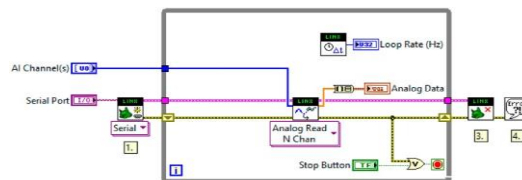


Рис.1.21 Аналоговий канал читання N для всіх аналогових датчиків.

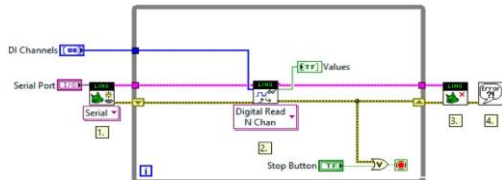


Рис.1.21. Цифровий канал читання N для всіх цифрових датчиків

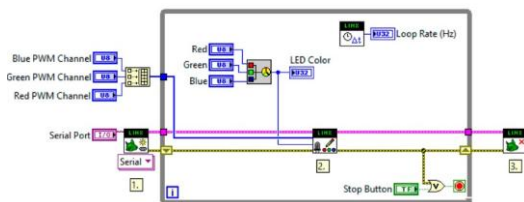


Рис.1.23. Модуль керування світлодіодним освітленням RGB

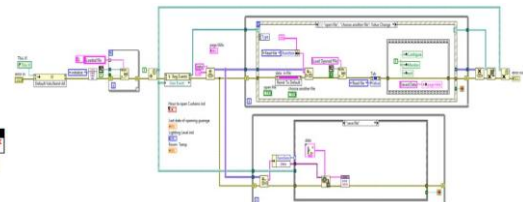


Рис.1.24. Блок-схема віртуального інструментарію збору даних LabVIEW

ПОСТАНОВКА ЕКСПЕРЕМЕНТУ ТА ЗБІР ДАНИХ

Слайд 10

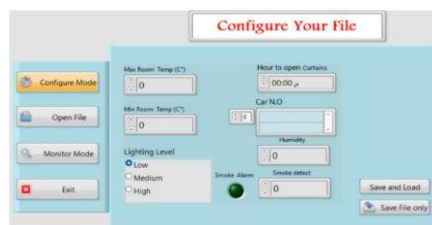


Рис.1.25. Конфігурація LabVIEW GUI

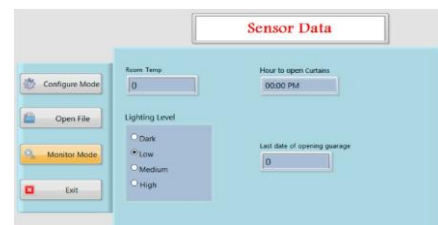


Рис.1.26. Моніторинг даних датчиків за допомогою конфігурації LabVIEW GUI

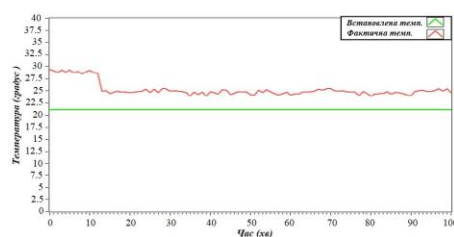


Рис.1.27. Температура в графічному виведенні

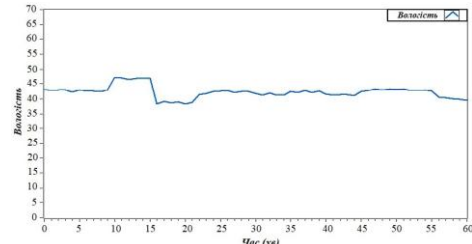


Рис.1.28. Вологість у графічному виведенні

Табл.1.3. Техніка, що використовується в побуті досліджуваного прикладу

Прилад	Тип приладу	Числа	Спож. потуж. (Вт)	Час роботи на день	Спож. енергії на день	Попередньо визначений графік роботи		
						Всередині	Ззовні	Сон
Водяний насос	Еластичний прилад	1	200	3	600	За бажанням	Викл.	Викл.
Холодильник		1	100	24	1800 рік	Вкл.	Вкл.	Вкл.
Кондиціонер		2	1500	7		За бажанням	Викл.	За бажанням
Пилосос		1	700	2	1400	За бажанням	Викл.	Викл.
Водонагрівач		1	1200	3	3600	За бажанням	Викл.	Викл.
Обігрів приміщення		1	1500	6	9000	За бажанням	Викл.	Викл.
Пральна машина	Пересувний прилад	1	700	3	2100	За бажанням	За бажанням	Викл.
Сушарка для тканини		1	2000 рік	2	2000 рік	За бажанням	За бажанням	Викл.
Посудомийна машина		1	1800 рік	1	3600	За бажанням	За бажанням	Викл.
Вентилятор	Стационар. прилад	4	80	21	6700	За бажанням	Викл.	За бажанням
Телевізор		2	100	10	2000 рік	За бажанням	Викл.	Викл.
Світло		20	11	16	3520	За бажанням	Викл.	Викл.
Мікрохвיל.		1	800	3	2400	За бажанням	Викл.	Викл.

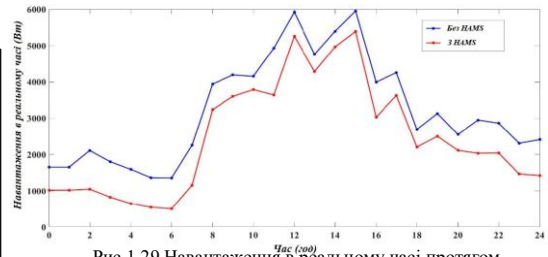


Рис.1.29 Навантаження в реальному часі протягом цілого дня з і без використання HAMS

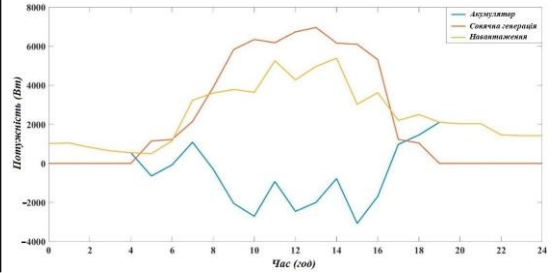


Рис.1.30 Оптимальна робота та керування гібридними PV та ESS

Висновки

Слайд 11

В ході виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було проведено комплексне дослідження технологій «Розумного будинку», що підтвердило їхню актуальність та перспективність.

- Галузь демонструє стрімке зростання та значний потенціал для розвитку.
- Запропонована система автоматизації на базі IoT дозволяє ефективно керувати енергоспоживанням та знижувати експлуатаційні витрати.
- Реалізація голосового управління (Алеха) підвищує доступність для різних категорій користувачів.
- Експериментальні результати показали зменшення енергоспоживання з 78,5 кВт·год до 60,34 кВт·год та скорочення операційних витрат на 23,13%.
- Інтеграція сонячних панелей та акумуляторних блоків забезпечила автономну та стабільну роботу системи.

Отже, дослідження підтвердило ефективність підходів до оптимізації розумного будинку, що сприяє розвитку енергоефективних технологій та їх масовому впровадженню.