

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «ПРОЕКТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ  
РОЗУМНОГО БУДИНКУ З ЕЛЕМЕНТАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ»

на здобуття освітнього ступеня магістр  
за спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія

(код, найменування спеціальності)

освітньо-професійної програми Комп'ютерні системи та мережі  
(назва)

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

(підпис)

Максим КУЗЬМЕНКО

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Виконав: здобувач вищої освіти гр.КСДМ-61

Максим КУЗЬМЕНКО

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:

доктор філософії  
(PhD)

Андрій ЛЕМЕШКО

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент:

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Київ 2023

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Навчально-науковий інститут інформаційних технологій**

Кафедра Комп'ютерної інженерії

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

Освітньо-професійна програма Комп'ютерні системи та мережі

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедру Комп'ютерної інженерії

Наталія ЛАЦЕВСЬКА

*(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

“      ”        2023 року

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

Кузьменку Максиму Володимировичу

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

1. Тема кваліфікаційної роботи: Проектування інтелектуальної системи  
розумного будинку з елементами штучного інтелекту

керівник роботи Андрій ЛЕМЕШКО доктор філософії (PhD)

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

затверджені наказом Державного університету інформаційно-

комунікаційних технологій від “19” 10 2023 р. №145

2. Строк подання кваліфікаційної роботи 28.12.23 р.

3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи:

3.1. Методи машинного навчання.

3.2. Штучний інтелект.

3.3. Науково-технічна література.

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

4.1. Аналіз тенденцій розвитку системи «Розумний будинок».

4.2. Доослідження складових системи розумний будинок та його особливості функціонування.

4.3. Реалізація моделі інтелектуального сервісу для прогнозування споживання електроенергії.

5. Перелік ілюстраційного матеріалу: *презентація*

6. Дата видачі завдання “19” жовтня 2023р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Підбір технічної літератури	19.10.2023р. 29.10.2023р.	Виконано
2.	Аналіз тенденцій розвитку системи «Розумний будинок»	29.10.2023р. 11.11.2023р.	Виконано
3.	Дослідження складових системи розумний будинок та його особливості функціонування	11.11.2023р. 19.11.2023р.	Виконано
4.	Реалізація моделі інтелектуального сервісу для прогнозування споживання електроенергії	19.11.2023р. 25.11.2023р.	Виконано
5.	Оформлення роботи, висновки	25.11.2023р. 08.12.2023р.	Виконано
6.	Розробка демонстраційного матеріалу, доповідь	08.12.2023р. 15.12.2023р.	Виконано

Здобувач вищої освіти

*(підпис)*

Максим КУЗЬМЕНКО

*(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Керівник кваліфікаційної роботи

*(підпис)*

Андрій ЛЕМЕШКО

*(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*





## РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття ступня магістр: 65 стор., 54 рис., 7 табл., 33 джерел.

*Мета роботи* – підвищення енергозбереження в розумному будинку із застосування штучного інтелекту.

*Об'єкт дослідження* – процес енергозбереження в розумному будинку.

*Предмет дослідження* – система розумного будинку.

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

Виконуючи наступне завдання проаналізовано технічні складнові та програмне забезпечення розумного будинку, наведено приклад реалізації системи.

У практичній частині, магістерської кваліфікаційної роботи, представлена модель інтелектуального сервісу шляхом встановлення датчика IoT всередині будинку і аналіз цих даних для прогнозування майбутнього споживання енергії.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** МАШИННЕ НАВЧАННЯ, ІНТЕРЕНЕТ РЕЧЕЙ, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, РОЗУМНИЙ БУДИНОК, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ПОСЛУГИ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, НЕЙРОННА МЕРЕЖА, АЛГОРИТМ, МЕТОД.

## ABSTRACT

The text part of the qualification work for obtaining a master's degree: 65 pages, 54 figures, 7 tables, 33 sources.

The purpose of the work is to increase energy saving in a smart house using artificial intelligence.

The object of research is the process of energy saving in a smart house.

The subject of research is a smart home system.

Summary of the work: The work examines trends in the development of smart home systems, analyzes promising solutions and key manufacturers of equipment and software.

Performing the following task, technical complexity and software support of a smart house were analyzed, an example of system implementation was given.

In the practical part, the master's qualification work, a model of intelligent service is presented by installing an IoT sensor inside the building and analyzing this data to predict future energy consumption.

KEY WORDS: MACHINE LEARNING, INTERNET OF THINGS, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, SMART HOME, INTELLIGENT SERVICES, ENERGY EFFICIENCY, NEURAL NETWORK, ALGORITHM, METHOD.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1 ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗУМНОГО БУДИНКУ.....	11
1.1 Тенденції розвитку технологій розумного будинку.....	11
1.2 Огляд факторів широкого впровадження технологій розумного будинку.....	18
1.3 Гравців у галузі домашньої автоматизації.....	19
1.4 Вплив штучного інтелекту на систему «Розумний будинок».....	22
1.5 Огляд досліджень системи «Розумний будинок» на основі машинного навчання.....	25
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДОВИХ СИСТЕМИ РОЗУМНИЙ БУДИНОК ТА ЙОГО ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ.....	30
2.1 Компоненти системи розумного будинку.....	30
2.2 Огляд протоколів зв'язку для розумного будинку.....	40
2.3 Аналіз програмних рішень контролю системи «Розумний будинок»...43	
2.4 Приклад впровадження системи.....	47
РОЗДІЛ 3 ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ.....	54
3.1 Методика досліджуваної системи енергозбереження.....	55
3.2 Огляд служби обслуговування встановленої системи IoT.....	58
3.3 Реалізація системи.....	62
3.4 Моделі прогнозування розумного будинку, налаштованої на енергозбереження.....	65
ВИСНОВКИ.....	72
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	74
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (Презентація).....	78



## ВСТУП

*Актуальність теми.* Технології розумного дому та штучного інтелекту (ШІ) тепер нерозривно пов'язані. Сприйняття та розгляд цих технологій як єдиної системи дасть змогу значно спростити підхід до їх вивчення, проектування та впровадження. Впровадження штучного інтелекту в управління інфраструктурою розумного дому – це процес незворотного найближчого майбутнього на рівні персональних помічників і автопілотів. Надзвичайно важливо стандартизувати, створити та дотримуватися типових моделей збору інформації та керування пристроями в розумному домі, що в майбутньому має призвести до створення моделі аналізу даних та прийняття рішень через програмну реалізацію спеціалізованого ШІ. Такі технології штучного інтелекту, як багатоагентні системи, нейронні мережі, нечітка логіка, стануть основою для функціонування розумного будинку в майбутньому. Проблеми різноманітності даних і моделей і відсутність централізованих популярних командних рішень у цій сфері істотно гальмують подальший розвиток. Великою проблемою є низький відсоток відкритих вихідних даних і коду в розумному домі та штучному інтелекті, коли результати досліджень здебільшого не опубліковані, і їх важко відтворити та реалізувати самостійно. Запропоновані шляхи пошуку рішень для моделей і стандартів можуть значно прискорити розробку спеціалізованих ШІ для управління розумним будинком і створити середовище для появи нативних інноваційних рішень на основі аналізу даних з датчиків, зібраних системами моніторингу розумного будинку. Особливу увагу слід звернути на пошук економії ресурсів і прибутку від надлишків, які будуть стимулювати розвиток цих технологій і перехід від рівня перспективи до обміну технологіями та отримання вигод.

*Мета роботи* – підвищення енергозбереження в розумному будинку із застосування штучного інтелекту.

Для виконання поставленої мети, у магістрській роботі розроблено та виконано наступні завдання:

- аналіз тенденцій розвитку системи «Розумний будинок»;

- доослідження складових системи розумний будинок та його особливості функціонування;
- реалізація моделі інтелектуального сервісу для прогнозування споживання електроенергії.

*Об'єкт дослідження* – процес енергозбереження в розумному будинку.

*Предмет дослідження* – система розумного будинку.

*Методи дослідження.* Під час виконання завдань магістерської кваліфікаційної роботи були використані методи машинного навчання, теорії ймовірності, елементів системного аналізу, методи теоретичного дослідження.

*Джерела дослідження:*

- <https://www.digiteum.com/smart-home-trends>;
- <https://www.verisk.com/insurance/visualize>;
- <https://www.renkeer.com/iot-sensors-applications>;
- <https://www.unifiedinfotech.net/blog/top-smart-home-apps>;

*Наукова новизна одержаних результатів.* Наукова новизна магістерської кваліфікаційної роботи, полягає у розробці практичних рекомендацій щодо реалізації інтелектуальної системи, завдяки якій вдається підвищити ефективність використання електроенергії.

*Практична значущість одержаних результатів.* Практична значимість дослідження полягає у можливості практичного застосування досліджуваних технологій, які дозволяють підвищити продуктивність моделей ШІ і знизити ціну систем IoT.

*Апробація результатів магістерської роботи.* Основні положення і результати магістерської роботи доповідались і обговорювались на двох науково-практичних конференціях.

*Публікації.* За матеріалами роботи опубліковано одну статтю у науковому журналі.

## РОЗДІЛ 1 ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

### 1.1 Тенденції розвитку технологій розумного будинку

Розумний дім – ринок швидко розвивається. Згідно з даними Statista, його дохід у США в 2021 році склав майже 28 мільярдів доларів США і демонструє стабільне зростання на 12% щороку.

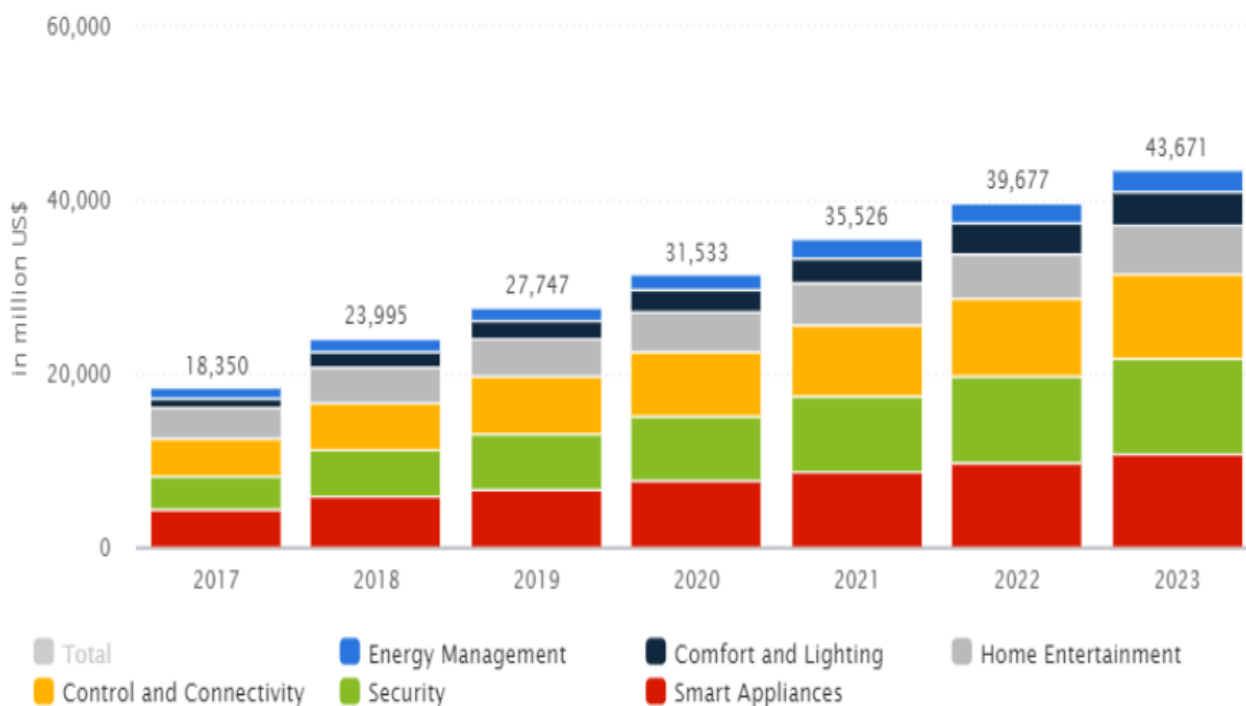


Рисунок 1.1 - Зростання доходів технології «Розумний будинок»

Рівень проникнення технології розумного будинку також зростає в кожному сегменті (перегляньте зображення нижче). Як бачите, контроль, комфорт і безпека займають лідируючі позиції серед найбільш поширених програм. Ці дані повністю відображають тенденції розумного дому, які сьогодні домінують на ринку та, ймовірно, формуватимуть його в наступні роки [1].

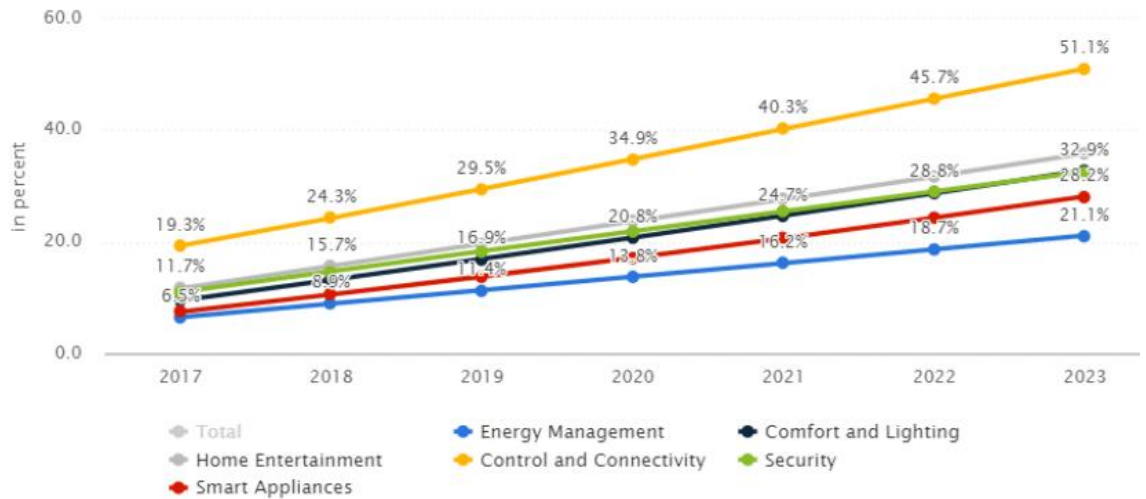


Рисунок 1.2 - Ріст проникнення технології розумного будинку у сегменті

Тенденцій розумного будинку, які формують ринок слід віднести: краще підключення, інтеграція з голосовими помічниками, зосередження на безпеці, розширення штучного інтелекту, вихідні мережі, розширена функціональність, особливості управління.

**Краще підключення.** Фрагментація технологій розумного будинку та відсутність зв'язку між різними інтелектуальними пристроями та системами є постійною проблемою. Це безпосередньо впливає на досвід користувачів і, як наслідок, перешкоджає прийняттю [2].



Рисунок 1.3 - Приклад концентратора

Компанії, які проектують і створюють системи домашньої автоматизації на основі IoT, використовують різні підходи для вирішення цієї проблеми. Однією з тенденцій домашньої автоматизації є пропозиція концентратора для підключених пристроїв, який забезпечує централізований контроль і управління рис.1.3.

Як нові, так і відомі компанії вже продають універсальні концентратори, які підтримують різні протоколи, зокрема Zigbee, Z-Wave, Wi-Fi, Bluetooth та інші технології підключення IoT . IoT Серед найпопулярніших — Samsung SmartThings Hub, Hubitat Elevation, Wink Hub 2 і, звичайно ж, Amazon Echo, Apple HomePod і Google Home.

**Інтеграція з голосовими помічниками.** Інтеграція з голосовими помічниками — ще один ефективний спосіб вирішити проблему підключення та додати функцію голосового керування до будь-якого гаджета розумного дому.



Рисунок 1.4 – Пристрій для голосового керування

Увімкнення керування Amazon Alexa або Google Assistant не входить до числа нових тенденцій у домені розумного дому, але в останні роки воно почало

розвиватися з безпрецедентною швидкістю. Насправді зараз важко знайти підключений прилад або систему, якою не можна керувати за допомогою Alexa [3].

У списку тих, хто прийняв рішення, є розумне освітлення. Сімейство Philips Hue, термостати як Ecobee, меблі, такі як журнальні столики на 37°C Smart Home, кухонна техніка, як ChefSteps Джоуль, системи безпеки, такі як камери Logitech і замки Yale, і навіть такі транспортні засоби, як Audi і Lexus.

**Зосередження на безпеці.** За даними Statista, безпека є і буде одним із секторів, що розвиваються найшвидше на ринку розумних будинків, і сектором із найшвидшим темпом впровадження. Це пояснює бум підключених пристроїв безпеки, включаючи розумні замки, дверні дзвінки та камери.



Рисунок 1.5 – Пристрій безпеки

Майбутнє розумних будинків, де кожен другий пристрій прослуховує, записує або дивиться, також створює умови для гострої необхідності додаткового рівня безпеки — безпеки для пристроїв безпеки.

Для цього дизайнери та розробники підключених систем додають розширену аутентифікацію. Хорошим прикладом є біометрична автентифікація на основі штучного інтелекту для серпневих замків. Інші компанії розробляють спеціальні хаби для захисту підключених речей. Наприклад, пропонує Avira Маршрутизатор SafeThings що забезпечує безпеку інтелектуальних систем домогосподарства від кібератак, шпигунів чи інших вторгнень.

**Розширення штучного інтелекту.** Розширена автентифікація є одним із багатьох застосувань технологій ШІ в розумному домі.



Рисунок 1.6 – Приклад застосування ШІ ідентифікації продуктів

Фактично, дехто вважає, що недодавання машинного інтелекту до сучасних систем є серйозним недоліком, який може коштувати компанії позиції на ринку або бізнесу загалом.

Це особливо актуально для систем Інтернету речей, які використовуються в розумному будинку. Робота IoT значною мірою базується на аналізі даних датчиків, і в багатьох випадках застосування машинного навчання є найкращим способом вирішення проблеми.

Таким чином, одна з головних тенденцій розвитку технології розумного дому – це все більш широке використання технології штучного інтелекту як на передній, так і на задній частині. Або це комп'ютерний зір який дозволяє сімейному центру Samsung ідентифікувати продукти в холодильнику та скласти список покупок, або розумним пристроям з голосовим керуванням, які використовують механізми NLP для розуміння мовлення — усі ці системи використовують штучний інтелект, щоб створити кращий досвід користувача для мешканців розумного будинку [4, 5].

**Вихідні мережі.** Технології та програми Smart Grid стають все більш популярними. Відключення від електромережі є однією з важливих майбутніх тенденцій розумного будинку, які обіцяють тривати. Фактично, ведення більш сталого та відповідального життя є однією з причин, чому люди в першу чергу вибирають технологію розумного будинку.



Рисунок 1.7 – Вихідні мережі для моніторингу та контролю

Омрежеві рішення, такі як Tesla Powerwall і сонячна електростанція Schneider Electric для житлових приміщень стають більш популярними та доступними, тому розумний дім пропонує підтримку цих систем.

Хорошим прикладом є платформа Lumin Energy Management, яка включає інтелектуальну панель і систему аналізу даних і управління. Система надає широкий спектр переваг для домогосподарств як є — моніторинг споживання енергії, контрольоване накопичення енергії, дистанційне керування електроприладами та ін.

Використовуючи сховище Lumin, домогосподарство може безпечно працювати в автономному режимі та покривати всі потреби в електроенергії, наприклад, у разі відключення. У поєднанні з житловою сонячною системою ця система дозволяє домогосподарству постійно працювати поза мережею.

**Розширена функціональність.** Серед інших тенденцій індустрії розумного дому розширена функціональність відіграє важливу роль, оскільки забезпечує більш широке впровадження нової технології.

Вони допомагають виробникам вивчити урок, розширити функціональність і відкрито використовувати її в наступній пропозиції. Ось чому сьогодні в роботах-пилососах встановлено систему розпізнавання об'єктів для виявлення перешкод і функцію картографування простору, щоб розпізнавати заборонені місця, де, наприклад, пилосос може застрягти.





Рисунок 1.8 – Пристрій розширеної функціональності

Подібним чином дверні дзвінки, такі як Answer by Maximus, сьогодні мають дві камери, щоб бачити як людей, так і пакунки, залишені біля дверей, а духовки мають вбудовані камери, щоб спостерігати за приготуванням їжі з програми.

**Особливості управління.** Тенденції в технології розумного дому можуть змінюватися, але ця, ймовірно, буде тільки розширюватися.



Рисунок 1.9 - Гаджети управління

На самому початку розвитку розвитку розумного дому мешканцям був наданий базовий рівень контролю над підключеною технікою. Тоді ми могли приглушити світло за допомогою програми або підвищити температуру за допомогою термостата з підтримкою Alexa.

Сьогодні техніка отримує новий рівень управління та широкий спектр функцій домашньої автоматизації. Тепер розумна система освітлення може «розмовляти» з шорами та сама створювати ідеальний баланс природного та штучного світла. І термостати люблять використовувати ШІ, щоб дізнатися звички та вподобання жителів. Він зонує навколишнє середовище та регулює температуру саме так, як це потрібно, зменшуючи марну енергію та непотрібні витрати [6].

## 1.2 Огляд факторів широкого впровадження технологій розумного будинку

Нещодавнє дослідження вказує на не такий дивовижний бум традиційних пристроїв, таких як смартфони та планшети, а також на ще швидший темп зростання багатьох інших підключених пристроїв, які підпадають під категорію Інтернету речей. Кількість пристроїв IoT у світі, швидше за все, зросте до понад 9 мільярдів протягом наступних трьох років. За деякими оцінками, до 2024 року ця цифра досягне десятків мільярдів.

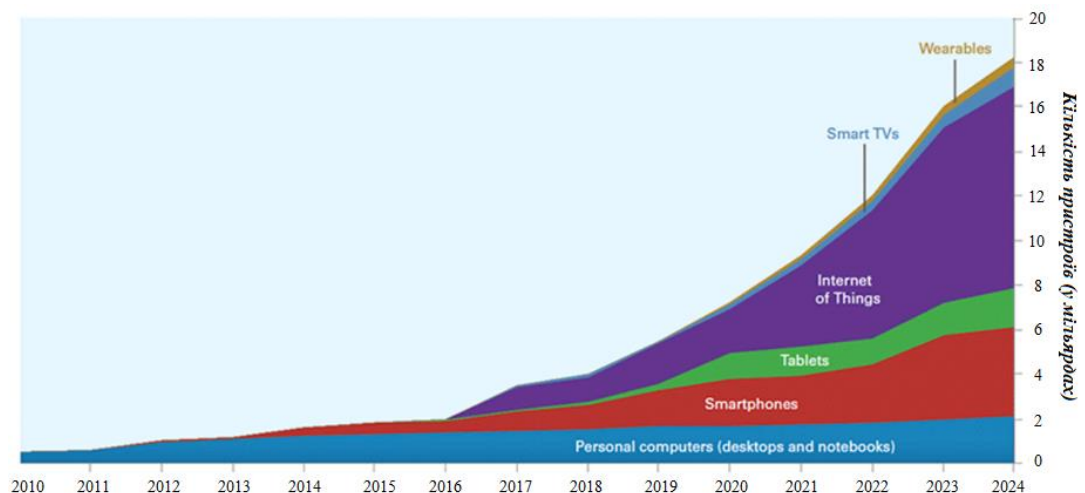


Рисунок 1.10 – Зростання кількості пристроїв IoT у світі

Глобальний дохід від цієї галузі має підскочити з 48 мільярдів доларів до 120 мільярдів доларів приблизно за той самий період часу. Частково завдяки зростанню кількості смартфонів і технологічному прогресу, який робить сенсори дешевшими

у виробництві, ці пристрої все більше переходять у мейнстрім і більше не є нішевими продуктами для ентузіастів технологій [7].

Споживачі мають різні мотиви для використання систем розумного будинку. Це може бути, щоб забезпечити безпеку будинку, заощадити на рахунках за електроенергію або запобігти пошкодженню майна. Можливо, тому що це круто. Або це може бути тому, що ці системи можуть запропонувати надзвичайну гнучкість і зручності для керування домогосподарством і моніторингу вашого будинку. Страховики повинні звернути увагу на те, що технологія покращує якість життя їхніх страхувальників. Це головна різниця, якщо порівнювати споживчі переваги автомобільної та домашньої телематики. Споживачі, ймовірно, приймуть технологію підключеного дому без запиту від страхової компанії. Переваги технології виходять далеко за рамки страхування, і це, ймовірно, буде ключовим фактором, який споживчим прийме остаточне рішення про покупку.

Причини використання системи Smart-Home представлені на рис.1.11.

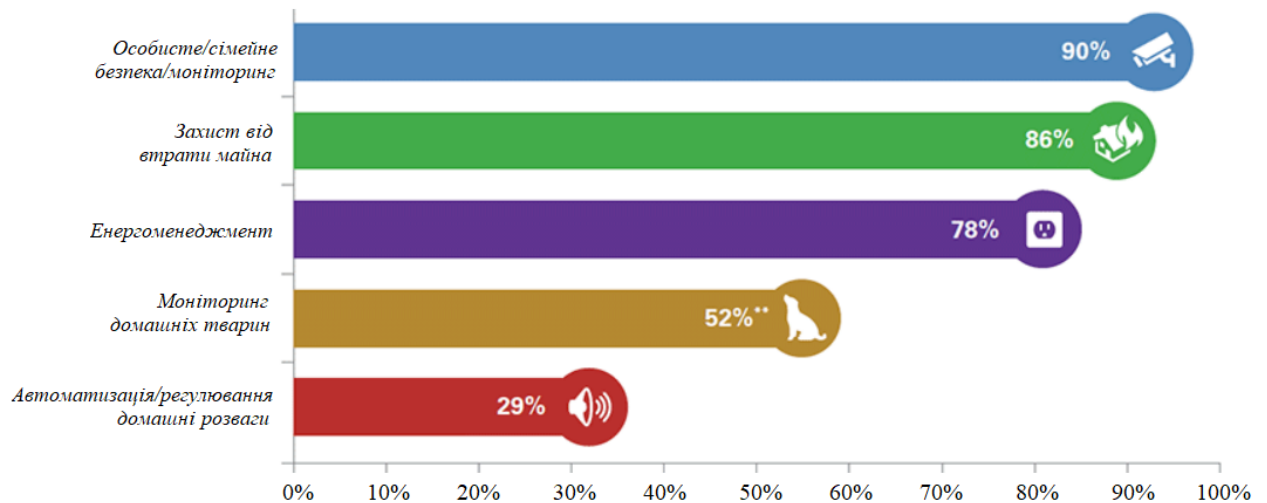


Рисунок 1.11 - Причини використання системи Smart-Home

### 1.3 Гравців у галузі домашньої автоматизації

Індустрія розумних домівок наповнена неймовірними інноваціями, які з кожним роком стають все більш швидкими. Насправді до 2025 року ринок зросте до 144 мільярдів доларів США, згідно з даними ретельного дослідження .

Це неймовірна новина для всіх і особливо для споживачів, які збираються насолоджуватися кращими технологіями та комфортом за кращими цінами [8].



Рисунок 1.12 - Компаній індустрії розумних технологій

Однак важливо розуміти, що до цього «вибуху» компанії, які проявили ініціативу, були надзвичайно важливі.

У даному підрозділі представлено деякі з найпотужніших компаній індустрії розумних технологій, справжніх лідерів, які запровадили деякі з кращих технологій, які ми сьогодні використовуємо в наших домівках.

**Crestron.** Crestron є королем усіх високоякісних рішень, розроблених для розумних будинків. Це ідеальний варіант для людей, які хочуть бездоганної інтеграції та високої продуктивності в найвимогливіших середовищах.

Crestron було засновано в 1971 році та швидко охопило галузь домашньої автоматизації, надаючи високоякісні та передові технології, які є інноваційними.

Вважайте Crestron золотим стандартом індустрії домашньої автоматизації. Вони є найбільш нагородженим брендом у галузі в таких категоріях, як:

- найкращий комерційний інтегратор;
- найбільш інноваційна нова технологія;
- техніка та навчання «Найкраще з шоу»;

- найкращі нагороди CEPro за нові технології;
- встановлення ISE Best of Show.

**Screen Innovations.** Хоча Screen Innovations точно не такий популярний, як інші бренди в цьому списку, він робить його завдяки інноваціям і креативності. Насправді ця компанія з виробництва екранних проекторів пропонує одні з найкращих рішень для власників будинків, а також для комерційної та корпоративної інтеграції.

Широкий асортимент їхніх екранів включає моторизовані, стаціонарні та внутрішні екрани, наші зовнішні екрани, які здатні відтворювати високоякісні відео навіть при яскравому сонячному світлі.

Screen Innovation дозволяє легко та комфортно подорожувати з екранами або просто встановлювати їх у вашому домі [8].

**Belkin international – linksys, wemo.** Belkin International є головною організацією, яка створила Linksys, Wemo та Belkin. Їхня технологія лежить в основі майже всіх сучасних систем домашньої автоматизації.

Крім того, Belking випустив колекцію розумних пристроїв, таких як розумні розетки, вимикачі світла та розумні диммери.

Їхня продукція сумісна з пристроями Nest, August Smart Locks, підсвічуванням Hue і розумними помічниками, такими як Alexa та Google Home.

**Samsung – smartthings.** Samsung не потребує презентації, оскільки це найпродуктивніший виробник смартфонів у світі поряд з Apple і Huawei.

Вони також є розробниками SmartThings, розумного центру, призначеного для дистанційного керування побутовою технікою та розумними пристроями.

SmartThings — це один із найуніверсальніших центрів, що надає вам доступ до тисяч розумних продуктів із найрізноманітніших категорій.

**Alphabet – google nest.** Alphabet фактично є материнською компанією Google. Вони займаються не лише пошуком і розробкою програмних продуктів, але також є головним гравцем у галузі домашньої автоматизації.

Філія, яка займається розумними домівками, називається Nest (Google Nest) і відповідає за такі чудові продукти, як Nest Smart Thermostat, Nest Cam IQ, Cam Indoor або розумний дверний дзвінок під назвою Nest Hello .

Крім того, Google є розробником розумного домашнього помічника Google Home, одного з найрозумніших на ринку.

Наразі Google Home працює з понад 5000 розумними пристроями від багатьох брендів, таких як Samsung, Apple, August, Philips, Logitech, Ecobee тощо.

**Apple – homekit.** Тут немає потреби в представленнях, можливо, iPhone від Apple зараз у вас у кишені або ви читаєте цю статтю з iPad.

Тим не менш, компанія зосереджується не лише на смартфонах і переносних пристроях, а й на системах розумного дому.

Їхній бренд HomeKit максимально спрощує домашню автоматизацію. HomeKit може допомогти вам контролювати кондиціонери, динаміки, розумні розетки та вимикачі, термостати, телевізори, маршрутизатори, датчики, системи безпеки та багато іншого.

HomePod також є досить популярним розумним помічником , розробленим Apple у відповідь на Amazon Echo та Google Home.

**Amazon – alexa та echo.** Великий роздрібний продавець завчасно помітив розмір ринку домашньої автоматизації, тож тепер він є одним із найбільших гравців. Amazon представила Echo в 2014 році разом із голосом пристрою під назвою Alexa.

Alexa зуміла вразити клієнтів своїми розумними відповідями майже на все. Згодом у розумному помічнику все пішло досить швидко, і люди почали впроваджувати Alexa як інструмент прив'язки до інших розумних пристроїв.

#### **1.4 Вплив штучного інтелекту на систему розумного будинку**

Технологія «розумний дім» має застосування в побутовій техніці, безпеці та безпеці вдома, освітленні та розвагах. Ключові галузі почали інтегрувати штучний інтелект зі смарт-пристроями, щоб забезпечити зв'язок між цими пристроями.

ШІ включає в себе здатність підключати кілька пристроїв IoT у поєднанні з чудовими можливостями обробки та навчання та використовувати їх для запобігання поведінці людини. Розумні домашні пристрої на основі ШІ можуть взаємодіяти один з одним і отримувати нові дані, які допомагають вивчати людські звички. Зібрані дані використовуються для прогнозування поведінки користувачів і розвитку ситуативної обізнаності, тобто для розуміння уподобань користувача та відповідного зміни параметрів.

Крім застосування в системах домашньої безпеки, штучний інтелект використовується для керування розумними пристроями за допомогою функції голосового керування пристроями з підтримкою ШІ, такими як Alexa, Siri та Google Assistant. Розширеними системами домашньої безпеки також можна керувати за допомогою голосових команд. Дослідники зосереджені на впровадженні інновацій у галузі технології розпізнавання голосу, що додатково підвищить цінність пристроїв голосового керування. Останні досягнення в системах домашньої автоматизації можуть дозволити власникам отримати доступ до перегляду каналів у режимі "вільні руки" та керування динаміками Bluetooth. Поява функції голосового помічника також викликає занепокоєння щодо безпеки, оскільки деяким дослідникам вдалося зламати смарт-пристрої за допомогою нечутного звуку [9].

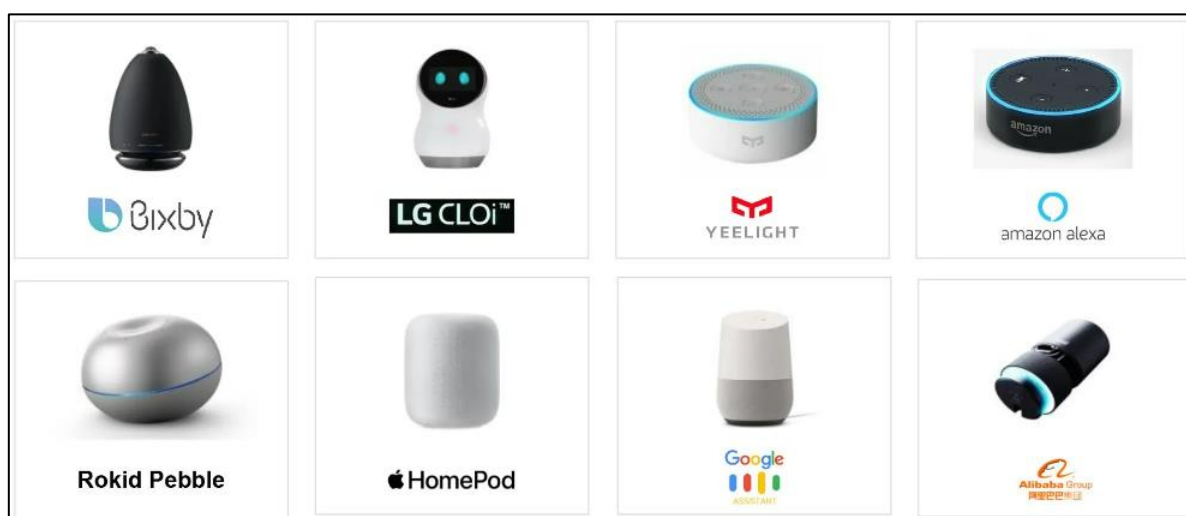


Рисунок 1.13 - Голосові помічники та системи керування на основі ШІ

Зростаюча потреба у покращенні домашньої безпеки спонукала до впровадження пристроїв на базі ШІ. Ці пристрої мають різноманітні функції, включаючи аналіз загроз, розпізнавання обличчя та інтеграцію з розумним домом, що, у свою чергу, захищає власників будинків від загроз безпеки.

Машини на основі штучного інтелекту можуть легко розпізнавати об'єкти чи обличчя завдяки функції розпізнавання шаблонів/облич. Розпізнавання обличчя може легко перевірити орієнтири обличчя, такі як вилиці, очі, підборіддя тощо, і порівняти їх з наявними даними.

Штучний інтелект також може допомогти системам домашньої безпеки нового покоління активно відстежувати та аналізувати потенційні загрози безпеці. Ці системи налаштовані за допомогою логіки штучного інтелекту, що, у свою чергу, сприяло розробці спеціального набору контрзаходів для захисту будинку. Очікується, що розумні камери зі штучним інтелектом відіграватимуть життєво важливу роль у безпеці дому. Ці камери можуть записувати HD-відео та автоматично зберігати їх у хмарі для використання в майбутньому. За допомогою розумних підключених додатків людина може мати чіткий огляд свого будинку, щоб захистити його від загроз безпеці.

ШІ також використовується в розумних замках, якими можна керувати через смартфони. Розумні замки з підтримкою штучного інтелекту пропонують численні переваги безпеки, такі як обмежена залежність від фізичних ключів для доступу, тимчасовий доступ до гостей і регулярні відеопотоки людей, які дзвонять у двері. Біометричні дверні замки, такі як Kwikset, August і Samsung, можна інтегрувати в екосистему розумного будинку Google, Samsung і Amazon.

Зараз на ринку доступні складні димові сигналізації, які можуть думати та сповіщати користувача за допомогою штучного інтелекту. Деякі з інтелектуальних функцій димової сигналізації включають сповіщення телефонів про низький рівень заряду батареї та видачу попереджень у разі витоку диму чи чадного газу, а також визначення місця, де сталася пожежа чи спалах диму. Ці будильники також можна перевести в беззвучний режим. Детектори диму використовують функцію



голосового сповіщення, щоб повідомити про перші ознаки диму, що сприяє кращому реагуванню під час надзвичайних ситуацій.

Штучний інтелект також знаходить застосування в розподіленому виробництві енергії, оскільки він об'єднує автоматичні системи зберігання енергії з розподіленими джерелами енергії для зберігання та використання електроенергії. Такі пристрої, як Tesla Powerwall, можуть накопичувати електроенергію в системах зберігання енергії, щоб її можна було використовувати вночі або під час відключення електроенергії. Це додатково заохочує розумні будинки зменшити свою залежність від електромережі [9].

Штучний інтелект можна використовувати для мінімізації рахунків за електроенергію, спожиту для заряджання електромобілів, шляхом аналізу всього попиту на навантаження зі змінною структурою тарифів комунального підприємства. Таким чином, він може порадити власникам електромобілів щодо терміну, протягом якого електромобілі можуть заряджатися за меншим тарифом. Це також допомагає комунальним компаніям керувати попитом і підтримувати частоту мережі. У майбутньому, коли комерціалізовані технології транспортного засобу до мережі будуть на місці, роль цих технологій буде ще більше посилюватися.

Штучний інтелект відіграватиме ключову роль, використовуючи дані, включаючи дані електромережі, дані інтелектуальних лічильників, дані про погоду та інформацію про споживання енергії, щоб вивчати та покращувати характеристики будівель, оптимізувати споживання ресурсів, а також підвищувати комфорт і економічну ефективність для мешканців.

### **1.5 Огляд досліджень системи «Розумний будинок» на основі машинного навчання**

**Розумний дім на основі машинного навчання.** Було опубліковано численні дослідження послуг розумного будинку на основі машинного навчання [10,11]. Розумні будинки, засновані на машинному навчанні, обробляють дані та надають

значущу інформацію користувачам, використовуючи прогнозовані значення, створені під час навчання на основі великої кількості значущих даних.

Раніше HEMS-IoT, система управління енергією розумного дому, заснована на великих даних і машинному навчанні, була представлена для домашнього комфорту, безпеки та енергозбереження. Він використовує алгоритм машинного навчання J48 і Weka API для вивчення поведінки користувачів і моделей споживання енергії та класифікації будинків за споживанням енергії [11]. В іншому дослідженні технологія машинного навчання була застосована до розумного будинку, і була запропонована допоміжна модель керування розумним будинком на основі машинного навчання [12]. Наскрізний дизайн контролера розумного дому з розпізнаванням голосу для інтелектуальних пристроїв, розгорнутих у реальному середовищі, було перевірено в експериментальній установці автоматичних жалюзі, щоб усунути недоліки розумних будинків, які не були розроблені з урахуванням частих змін у звичках користувачів і смаки [13]. посилання [14] запропонували рішення для різних загроз безпеці, які виникають у середовищі розумного будинку. Аналіз трафіку на основі машинного навчання з'явився для того, щоб демістифікувати приховані закономірності трафіку IoT і забезпечити автоматичну класифікацію пристроїв. Алгоритм реагування на попит на годину вперед (DR) [15] був запропонований для управління енергією вдома. Він представляє підхід штучної нейронної мережі (ШМН), який використовує прогнози стабільних витрат як метод для вирішення майбутніх цінових невизначеностей. Автори [16] представили контекстно-залежну систему на основі машинного навчання, яка може надавати сервіс відповідно до навченої моделі. Два ефективних алгоритми навчання, нейронна мережа зворотного поширення та часовий диференціальний клас навчання з підкріпленням, були використані для прогнозування та адаптації відповідно. Це вказує на кращу адаптацію для служби з урахуванням контексту через низький рівень помилок. посилання [17] представляє керований даними підхід, який використовує підкріплююче навчання для управління оптимальним енергоспоживанням розумного будинку з сонячною фотоелектричною системою на даху, системою зберігання енергії та розумною побутовою технікою. посилання

[18] показує систему виявлення вторгнень для захисту безпеки IoT [19]. Таким чином, у цьому документі пропонуються ансамблеві класифікатори на основі ML, які використовують випадковий ліс (RF), машину опорних векторів (SVM), дерево рішень (DT), наївний Байєс, K-найближчий сусід і нейронні мережі для обробки всіх можливих аномалій у розумному домі. дані про енергоспоживання.

**Розумний будинок на основі глибокого навчання.** У попередньому дослідженні було запропоновано модульну платформу, яка використовує потужність хмарних служб для збору, агрегування та зберігання всіх зібраних даних у розумному середовищі. Дані згодом використовуються для розробки вдосконалених моделей нейронних мереж, які, по суті, включають методи підвищення обізнаності щодо енергії шляхом консультування жителів розумних середовищ щодо способів покращення їхніх повсякденних звичок, одночасно зменшуючи споживання енергії та витрати [20].

Інше дослідження представило технологію, яка надає корисні та практичні послуги домашнім користувачам шляхом прогнозування майбутнього споживання енергії побутовими приладами. Зауважте, що, оскільки датчики Інтернету речей призначені для збору інформації в режимі реального часу з побутової техніки, як-от споживання енергії, вимірювання внутрішньої та зовнішньої температури та вимірювання відносної вологості, даних має бути багато, щоб отримати розуміння. У цьому дослідженні ці прогнози перевіряються за допомогою різних алгоритмів часових рядів, включаючи класичні алгоритми, і порівнюються з глибоким навчанням, яке з'явилося як інструмент прогнозування, придатний для вивчення дуже нелінійних і складних шаблонів [21]. У роботі [22] проаналізовано дані про споживання електроенергії домогосподарствами в одному домогосподарстві. Було проведено пошуковий аналіз даних (EDA), аналіз часових рядів і моделі прогнозування часових рядів, такі як авторегресійна інтегрована ковзаюча середня (ARIMA) і модель рекурентної нейронної мережі (RNN) з довгою короткочасною пам'яттю. (LSTM), були використані для прогнозування попиту на електроенергію.

У [23] було запропоновано новий метод для розпізнавання пози ходи, який використовує локальні шаблони спрямованості (LDP) для виділення локальних

ознак глибинних силуетів у розумному будинку. посилання [24] представили нову повністю автоматизовану систему моніторингу харчування на основі Інтернету речей (IoT), яка називається Smart-Log, щоб просувати сучасний рівень інтелектуальної охорони здоров'я.

Для реалізації Smart-Log у цій статті було представлено нову 5-шарову нейронну мережу персептрона та заснований на мережі Байєса алгоритм точного прогнозування їжі. посилання [25] запропонували класифікацію розумних побутових приладів, яка використовує архітектуру глибокого навчання довготривалої короткочасної пам'яті (LSTM), навчену на останній версії Plug-Load Appliance Identification Database (PLAID). У таблиці 1 наведено аналіз суміжних робіт із запропонованою системою.

Таблиця 1.1 - Аналіз суміжних робіт із запропонованою системою

Автор(и)	Дата	Поле застосування							Подібність
		AI	IoT	Smart Home	Енерго-менеджмент	Здоров'я Догляд	Безпека	Економіч. Ефект. Проект. систем	
Machorro-Cano, et al. [11]	2020	+	+	+	+				75%
Wang, et al. [12]	2020	+	+	+					50%
Filipe, et al. [13]	2021	+	+	+					60%
Jmila, et al. [14]	2022	+	+	+			+		30%
Huang, et al. [15]	2023	+	+	+	+				60%
Kabir, et al. [16]	2015	+	+	+	+				55%
Lee, et al. [17]	2019	+	+	+	+				60%
Li, et al. [18]	2020	+	+	+			+		40%
Kasaraneni, et al. [19]	2022	+	+	+	+		+		40%
Popa, et al. [20]	2019	+	+	+	+				65%
Dey, et al. [21]	2017	+	+	+	+				70%
Rahman, et al. [22]	2019	+	+	+	+				75%
Uddin, et al. [23]	2017	+	+	+		+			50%
Sundaravadivel, et al. [24]	2018	+	+	+		+			40%
Solatidehkordi, et al. [25]	2023	+	+	+	+				65%
Досліджувана система		+	+	+	+			+	-

**Переваги поточного дослідження.** Незважаючи на те, що було проведено численні дослідження, це дослідження є вигідним і новим, оскільки воно розробляє

економічно ефективну систему IoT на основі ШІ шляхом вилучення відповідних даних.

Новим у цьому дослідженні є те, що він пропонує розумний дім на основі штучного інтелекту, який досягає максимальної продуктивності за допомогою мінімальної кількості датчиків:

- усунення зайвих датчиків: створення економічно ефективної системи IoT розумного дому шляхом усунення зайвих датчиків;

- підвищена точність: зменшення кількості непотрібних датчиків фактично підвищує точність моделі штучного інтелекту;

- відповідь на потребу в електроенергії: прогнозування потреби в електроенергії за допомогою аналізу даних датчиків навколишнього середовища в будинку.

## РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДОВИХ СИСТЕМИ РОЗУМНИЙ БУДИНОК ТА ЙОГО ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ

### 2.1 Компоненти ситсеми розумного будинку

У технології IoT важливими є дві частини: мережі комунікацій та пристрої що підключаються. Дані пристрої відносяться до різного роду датчиків та виконавчих механізмів. На рис. 2.1 представлені напрямки застосування та типів датчиків [11].

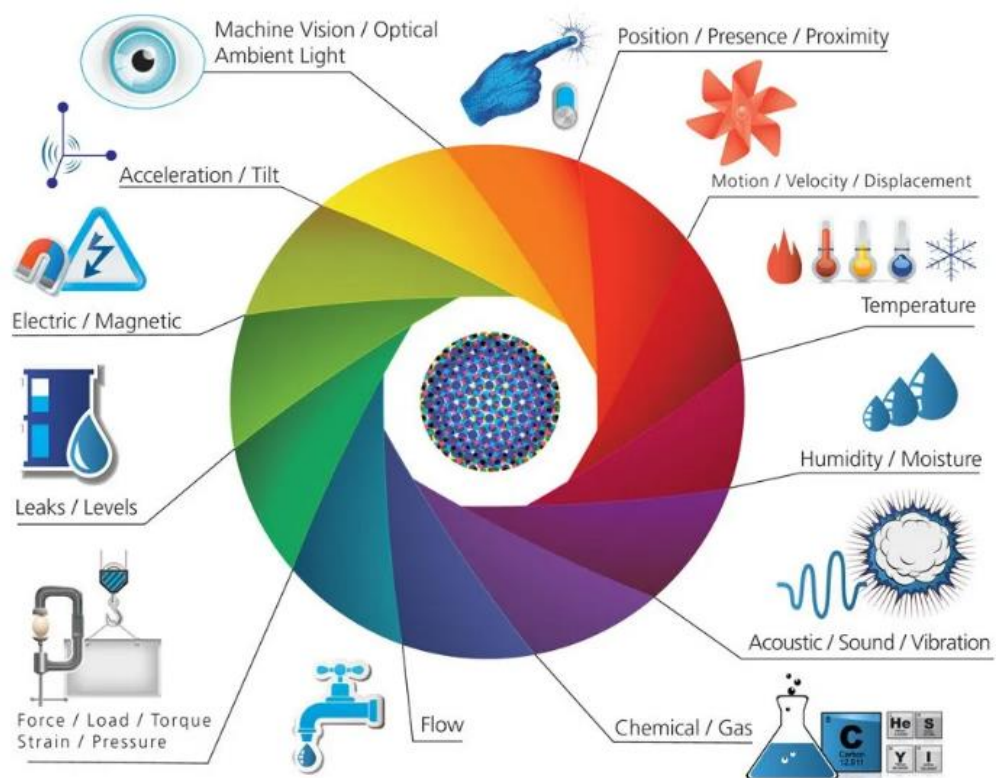


Рисунок 2.1 – Приклад застосування датчиків

Аналізуючи структуру системи IoT будівлі слід зазначити її склад, на рис.2.2 представлено три рівні: нижній рівень, який складається із з'єднань сенсорів та мереж що виконують збір даних, тобто рівень датчиків. Даний рівень є важливою частиною системи IoT, завданням яко є з'єднання рівня шлюзу з рівнем мережі.



Рисунок 2.2 - Структура системи «Розумний будинок»

Середнім рівнем «Розумного будинку» представлене обладнання контролю Arduino UNO, до даного обладнання сполучають різного роду датчики та контролюючі елементи. До верхнього рівня відноситься SCADA (у промислових системах) чи Web-додаток (випадок який розглядається у роботі), за допомогою якого виконується управління «Розумним будинком». Зараз вже активно використовуються системи SCADA у розумних будинках, але вони в більшості випадках застосовані у промислових контролерах, що має високу ціну кінцевого продукту [15].

**Компоненти нижнього рівня.** Завданням датчика є збір інформації з навколишнього середовища. Датчик є складовою частини системи Інтернет речей. Вони напряму чи опосередковано під'єднуються до мережі IoT після обробки сигналів. Але датчики є різні, для кожної з програм IoT необхідні певні типи сенсорів.

Далі мною проаналізовано сенсорні пристрої нижнього рівня, які представлено на рисунках нижче.



Рисунок 2.3 – Датчик освітлення

Даний датчик застосовується у автоматичі щоб мати змогу керувати освітленням, а також застосовують у приладах, які контролюють рівень освітлення. Від зміни освітлення міняється також і опір сенсора від сотені Ом у випадку яскравшого світла, до нуля Ом в темноті.



Рисунок 2.4 – Сенсор спрямування HC-SR04

Вимірює відстань від об'єкта, застосовуючи ультразвукову хвилю. На самій платі встановлено випромінювач ультразвуку а також мікрофон який приймає відбиту хвилю. У системі «Розумного будинку» застосовується в якості сенсора сигналізації, який працює у випадку наближення об'єкту.



Рисунок 2.5 - Сенсор вологості DHT11

Даний тип датчиків має дві складові: термістор та сенсор вологості. В даному сенсорів також вмонтовано у корпус чіп який виконує перетворення аналогового сигналу в цифровий. Інформація про температуру, вологість надходять по проводу який має вигляд цифрового сигналу. Що дозволяє надавати інформацію до 20 метрів. Такий тип датчиків необхідний для стеження та реєстрації зміни вологості а також температрного рівня у будівлі [3].





Рисунок 2.6 – Датчик PIR

Датчик руху має наступні складові: піроелектричний чутливий елемент, який фіксує рівень випромінювання. Датчик складається з двої частин, що установлені так, що одна частина фіксує більший рівень випромінювання, чим інший, вихідний сигнал генерує значення high чи low. Основною функція такого датчика є фіксація зміни рівнів PIR випромінювання для передавання сигналу, як наприклад, увімкнення світла коли людина заходить у приміщення.



Рисунок 2.7 - Сенсор газу MQ4

Такий тип сенсора застосовується для фіксування витoku газів, а саме: метан, природний газ та чималі концентрації парів алкоголю або диму. Даний сенсор має малий час відгуку та високу чутливість. Чутливість налаштовується із застосуванням потенціометра на самій платі датчика. Також застосовується для систем сигналізації.

Модуль фіксує відкриті спалахи полум'я. Світлодіод застосовується як приймаючий елемент, що отримує випромінювання (інфрачервоне).

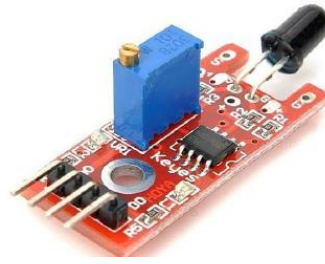


Рисунок 2.8 - Сенсор вогню KY-026

З допомогою даного датчика в системі «Розумного будинку» змонтована пожежна сигналізація.



Рисунок 2.9 - Датчик для зчитування карток (RFID RC522)

**Датчики температури.** Датчики температури вимірюють тепло в джерелі тепла. Вони можуть виявляти зміни температури та перетворювати ці зміни в дані. Машина, що використовується у виробництві, зазвичай вимагають, щоб температура навколишнього середовища та температура обладнання були на певному рівні. Подібним чином у сільському господарстві температура ґрунту є ключовим фактором росту культур [8].

Датчик температури можна умовно розділити на контактний і безконтактний тип з точки зору використання. Перше полягає в тому, що датчик температури знаходиться в прямому контакті з вимірюваним об'єктом, а зміна температури вимірюваного об'єкта визначається термочутливим елементом. В останньому датчик температури зберігає певну відстань від об'єкта вимірювання, виявляє інтенсивність інфрачервоних променів, випромінюваних об'єктом вимірювання, і обчислює температуру.



Рисунок 2.10 – Датчики температури

Датчики температури в основному використовуються в сферах, тісно пов'язаних з температурами, наприклад, для інтелектуального збереження тепла та визначення температури навколишнього середовища.

Датчики вологості.

Датчик вологості може вимірювати вміст водяної пари в повітрі або інших газах. Датчики вологості зазвичай використовуються в системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (HVAC) у промислових і житлових секторах. Їх можна знайти в багатьох інших місцях, включаючи лікарні та метеостанції, щоб повідомляти та передбачати погоду.

**Датчики тиску.** Датчик тиску є пристроєм, що фіксує сигнал тиску і перетворює сигнал тиску в такий щоб він був придатний до використанні електричним сигналом відповідно до узгодженого правила.

Даний тип датчиків найчастіше має такі складові як: чутливий до тиску елемент та пристрою обробки сигналів. У відповідності до різних типів тиску що випробується, пристрої можливо поділити на датчики з манометричним тиском, диференційного тиску і пристрій абсолютного тиску.

Датчик тиску визначає зміни в газі та рідині. Коли тиск змінюється, датчик виявляє ці зміни та повідомляє про них підключеній системі. Типові випадки використання включають тестування на витік, яке може бути результатом затухання.



Рисунок 2.11 – Датчик тиску

Датчики тиску також корисні у виробництві водяних систем, оскільки легко виявити коливання або падіння тиску [5].

**Датчик якості води.** Датчики якості води в основному використовуються для визначення якості води та моніторингу іонів у водорозподільних системах.

Вода використовується повсюдно у виробництві та побуті. Ці датчики відіграють важливу роль у моніторингу якості води для різних цілей. Вони використовуються в різних галузях промисловості.



Рисунок 2.12 – Датчики води

Поширені датчики якості води бувають наступних типів: датчик залишкового хлору, датчик розчиненого кисню, датчик провідності датчик рН, датчик потенціалу зниження кисню, датчик каламутності.

**Датчики газу.** Ці типи датчиків контролюють і виявляють зміни в якості повітря, включно з наявністю токсичних, горючих або шкідливих газів. Галузі промисловості, які використовують датчики газу, включають гірничодобувну, нафтову та газову промисловість, хімічні дослідження та виробництво. Звичайним випадком споживачів є знайомий детектор вуглекислого газу, який використовується в багатьох домогосподарствах.

**Датчик диму.** Датчик диму використовується для визначення наявності диму та концентрації диму в навколишньому середовищі, наприклад, виявлення щільного диму під час пожежі. Коли димовий зонд стикається з димом або певними специфічними газами, внутрішній опір димового зонда змінюється, і для його контролю генерується аналогове значення. Датчик диму використовує принцип, згідно з яким на зміну опору чутливого до диму елемента впливає концентрація диму (головним чином горючих часток), щоб надіслати відповідний аналоговий сигнал про концентрацію диму в хост.



Рисунок 2.13 - Датчик диму

Датчик диму - інша назва димової сигналізації. Оскільки він може виявляти дим, щ\*стовується в торгових центрах, готелях, магазинах, складах, комп'ютерних кімнатах, помешканнях та інших місцях для виявлення пожежної безпеки.

**Датчики світла.** Датчик світла зазвичай відноситься до пристрою, який може чутливо сприймати світлову енергію від ультрафіолетового до інфрачервоного світла та перетворювати світлову енергію в електричні сигнали.

Датчик світла – це свого роду сенсорний пристрій, який в основному складається з фоточутливих елементів. В основному він поділяється на чотири типи: датчик зовнішнього освітлення, датчик інфрачервоного світла, датчик сонячного світла та датчик ультрафіолетового світла . Він в основному використовується в області зміни електронного додатка тіла та інтелектуальної системи освітлення. Сучасна технологія електричних вимірювань стає все більш зрілою. Він широко використовується для вимірювання електричних і неелектричних величин завдяки високій точності та легкому підключенню мікрокомп'ютерів для реалізації автоматичної обробки в реальному часі [10].



Рисунок 2.14 - Датчик світла

**Аналіз складових середнього рівня.** *Arduino UNO*. Друкована плата, яка базується на мікроконтролері ATmega 328p з такт. частотою 16 МГц, має в наявності 6 аналогових вх. та 14 цифрових вхідів/виходів.

Застосовується у створенні різного роду пристроїв. Контролер зазвичай програмується із застосуванням USB кабелю та допомогою IDE Arduino. ДЖБ частіше всього служити USB кабель чи зовнішнє електроживлення (батарейка). Джерело обирається в автоматичному режимі. Діапазон напруги є 7 - 12 В.



Рисунок 1.15 – Arduino Uno

*Raspberry Pi*. Є невеликий комп'ютер з одноядерним процесором ARM11 з частотою такту 700 МГц і 256 Мб оперативної пам'яті. Є Micro SD, вмонтована пам'ять відсутня, ОС вантажиться на SD карту. Є 40 GPIO контактів які можуть застосовуватись для включення пристроїв. Клектроживлення здійснюється з мікро USB. Також є один USB 2.0 і Audio Jack 3.5 мм



Рисунок 1.16 - Комп'ютер Raspberry Pi

**Складові верхнього рівня.** SCADA є це програмний пакет який забезпечує чи реалізує систему роботи в реальному часі. Реалізовує функцію збору, обробки, відтворення, архівації даних об'єкту.

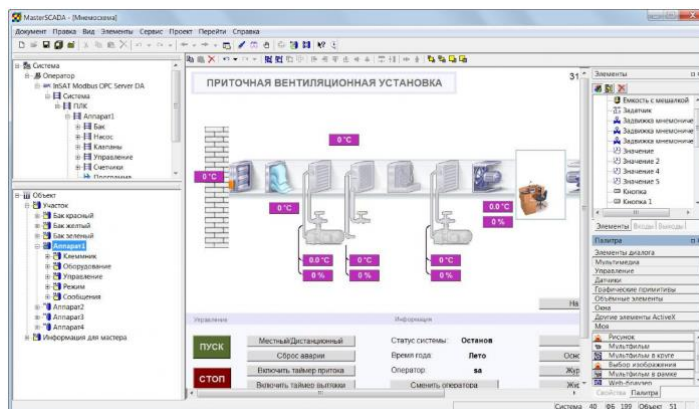


Рисунок 1.17 - Інтерфейс програмного пакету SCADA



## 2.2 Огляд протоколів зв'язку для розумного будинку

Протокол розумного дому – це набір правил, які вказують пристрої розумного дому, як спілкуватися. Іншими словами, він повідомляє пристрою, якою мовою розмовляти, щоб її могли зрозуміти інші пристрої, які розмовляють тією ж мовою. Саме протокол робить пристрій розумним. Без протоколу пристрій не зможе обмінюватися даними з іншими пристроями, включаючи ваш смартфон або планшет.

Також важливо розуміти, що кожен протокол, тобто кожна мова, має свої переваги та недоліки. Деякі протоколи мають сигнал, який поширюється дуже далеко. Інші протоколи мають сигнал, який може краще проходити крізь перешкоди, такі як стіни або шум від інших протоколів. І ще інші протоколи можуть надсилати та отримувати великий обсяг інформації.

До речі, більшість протоколів, які описані в даному підрозділі, також говорять про стандарт. Стандарт — це протокол, який має широку підтримку. Іншими словами, він використовується великою кількістю продуктів від великої кількості брендів, і тому в певному сенсі є «стандартним» протоколом.

Використовується велика кількість мережевих протоколів, але лише невелика кількість із них використовується в розумному домі. В основному це WiFi (TuYa), Bluetooth (BLE, MESH), Zigbee (3.0) і Z-Wave (Plus). Крім того, розробляється новий стандарт під назвою Matter.



Рисунок 2.18 – Протоколи IoT



**Протокол WiFi (Tiya).** Назва цього протоколу здасться знайомою більшості читачів, навіть якщо ви, можливо, ніколи не здогадувалися, що це протокол мережі та розумного будинку. Як і інші протоколи, Wi-Fi — це мова, якою пристрій може спілкуватися, і завдяки своїм властивостям це мова, яку ми зазвичай використовуємо для бездротової мережі вдома [17].

Це й не дивно, адже WiFi використовує частоту 2,4 або 5 ГГц. Ці частоти дуже високі, і чим вища частота, тим більше даних можна надіслати та отримати. Це робить WiFi дуже придатним для передачі великої кількості даних; великі файли, такі як відео, зображення та аудіо, не є проблемою. Веб-сторінки можуть не тільки швидко завантажуватися, але також можна, наприклад, переглядати живі зображення з камери безпеки.

Крім того, використання WiFi як протоколу розумного будинку робить продукти, які використовують цей протокол, дуже доступними. Зрештою, ваша бездротова мережа вдома використовує ту саму мову, тому її не потрібно перекладати, перш ніж ваш маршрутизатор зрозуміє, про що йдеться. Це дуже просто, і це гарантує, що інтелектуальними продуктами, які працюють через Wi-Fi, зазвичай можна керувати безпосередньо через програму на вашому смартфоні чи планшеті.

Недоліком WiFi є в основному висока потреба в енергії. Оскільки він використовується для надсилання та отримання великих обсягів даних, він потребує більше енергії. Це не проблема, якщо пристрій підключено до мережі, але акумулятор швидко розряджається. Ось чому Wi-Fi, наприклад, рідше буде використовуватися в таких пристроях, як датчики та детектори диму, оскільки вони повинні мати можливість працювати від акумулятора протягом тривалого часу.

Tiya може бути менш відомим, але насправді це нова версія протоколу WiFi, яка гарантує, що протокол трохи більше підходить для розумного домашнього використання, наприклад, завдяки кращому з'єднанню та стабільнішій швидкості передачі даних. Розумні пристрої, які використовують Wi-Fi, працюють за допомогою різних програм для кожної марки. У випадку з версією Tiya також є додаток від Tiya, яким можна скористатися [13].

**Протокол Bluetooth (BLE, MESH).** Як і WiFi, протокол Bluetooth знайомий більшості людей. Але в основному ми це знаємо під час короткочасного використання та на короткі відстані, наприклад, для короткого зв'язку з принтером, щоб надіслати та надрукувати документ. У цьому також полягає сила Bluetooth як протоколу; добре надсилає розумну кількість даних (частота 2,4 ГГц) з відносно невеликими витратами енергії; особливо коли йдеться про варіант BLE (Bluetooth Low Energy).

Недоліком є те, що радіус дії значно зменшується через низьке енергоспоживання.

**Протокол Zigbee (3.0).** Протокол Zigbee є хорошим прикладом протоколу, розробленого для додатків розумного будинку, а також є одним із найпопулярніших протоколів у цій галузі.

Zigbee використовує частоту 2,4 ГГц і 915 МГц. Це означає, що швидкість передачі даних зазвичай досить висока, якщо сигнал на частоті 2,4 ГГц не порушується, наприклад, мережею WiFi. І навіть тоді надсилання та отримання більшості типів даних все ще можливо завдяки частоті 915 МГц. Це робить Zigbee як протокол надзвичайно надійним, і тому він широко використовується пристроями розумного дому, які служать для цілей безпеки, такими як датчики та детектори. Крім того, протокол споживає відносно мало енергії, а це означає, що батарея цих типів пристроїв також працює довго.

Недоліком є те, що сигнал 2,4 ГГц, який має найвищу швидкість передачі даних, менш здатний долати перешкоди, а це означає, що надсилання та отримання великих обсягів даних на великі відстані може бути менш ефективним. Крім того, для використання цього протоколу потрібен пристрій, який перетворює сигнал Zigbee у сигнал WiFi, шлюз або міст, щоб ваш маршрутизатор і ваш смартфон або планшет також розуміли протокол (або мову).

Zigbee 3.0 є новою версією протоколу Zigbee і є оновленням з точки зору енергоефективності та діапазону протоколу. Тому ця версія використовується все більшою кількістю пристроїв Zigbee і значною мірою замінює звичайний протокол Zigbee.

Протокол Z-Wave (Plus). Протокол Z-Wave, як і протокол Zigbee, спеціально розроблений для використання в мережах розумного будинку. Правда, він трохи менш популярний, але має свої переваги [14].

Цей протокол в основному відрізняється нижчою частотою 908,24 МГц. Це не тільки гарантує, що сигнал розноситься дуже далеко, але також що він може дуже добре проникати крізь блоки, такі як стіни та інші об'єкти. Крім того, його унікальна частота робить його стійким до шуму від інших протоколів; вони не використовують частоту 908,24 МГц. Протокол також споживає мало енергії, що забезпечує тривалий термін служби пристроїв, що живляться від батареї.

Недоліком є те, що через нижчу частоту швидкість передачі даних також відносно низька. Тому він не підходить для надсилання відео чи зображень, але він цілком здатний надсилати й отримувати команди, наприклад, щоб увімкнути або вимкнути пристрій. Як і для Zigbee, для протоколу Z-Wave потрібен блок (міст), який перетворюється на WiFi, щоб ним можна було керувати через програму на вашому смартфоні чи планшеті. Z-Wave Plus, як і Zigbee 3.0, є новішою версією з більш ефективним використанням енергії та кращим з'єднанням.

Таблиця 2.1 – 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

### 2.3 Аналіз програмних рішень контролю системи «Розумний будинок»

Незалежно від того, яку частину будинку розглядати, існує безліч пристроїв і програм для розумного дому. Мною було проаналізовано та складено перелік програмних рішень, серед яких:

1. Alexa від Amazon. Дана програма вважається однією з найкращих програм для керування домом, вона допомагає налаштувати пристрої з підтримкою Amazon, створювати списки покупок і слухати музику. Додаток Alexa призначений не лише для пристроїв Amazon, але є також багато інших пристроїв, які мають сумісність з додатками, як приклад PHSB, Wsp, LC, Nest training thermostat, iRobot Roomba 690 та багато інших.

Він відомий інтуїтивно зрозумілим голосовим керуванням і фантастичною потужністю автоматизації через додаток Alexa. Налаштувати додаток на смартфоні дуже просто завдяки зручному інтерфейсу розумного дому. Для того щоб Alexa почав працювати, все що потрібно це вказати її ім'я. Особливість голосового керування дозволяє користувачам керувати усіма об'єктами, які підключені до Alexa, із допомогою словесних команд.

Колонки Alexa можна носити куди завгодно. Найкращий додаток для домашньої автоматизації від дому Amazon стане ідеальним першим вибором для вашого розумного дому. Alexa доступна на різних пристроях Amazon. Наприклад, пристрої Fire TV і колонки Echo. Він функціонує через Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee і, нещодавно, Matter.

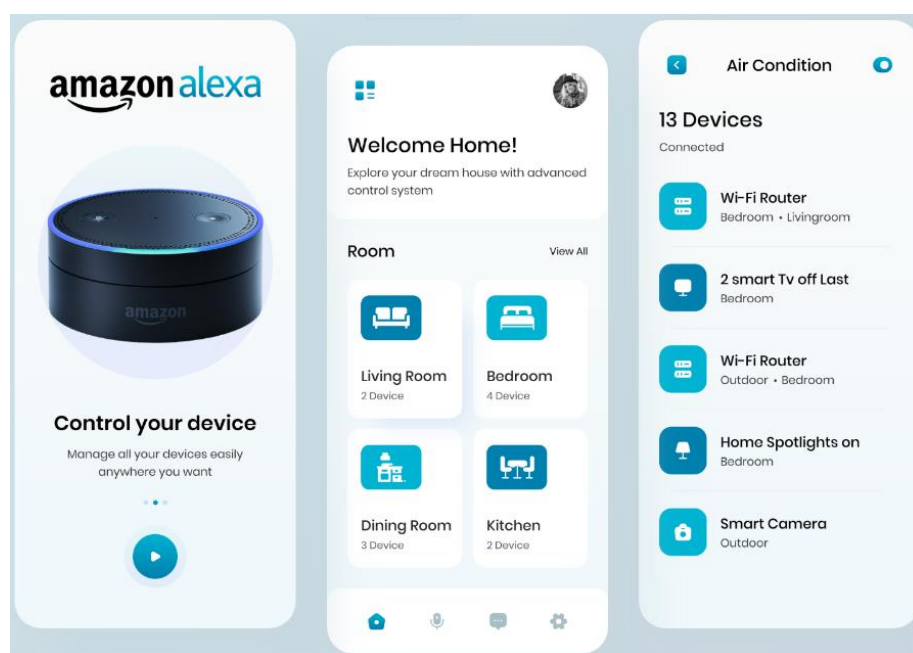


Рисунок 2.19 - Інтерфейс програми Alexa від Amazon

2. SmartThings. Південнокорейський технологічний гігант Samsung швидко наздогнав тенденцію автоматизації розумного будинку. Їхній центр SmartThings дозволяє користувачеві контролювати всі аспекти свого дому з підтримкою Інтернету речей, як-от холодильники, пральні машини, кондиціонери тощо.

Однією з головних ключових функцій цього додатка є можливість віддалено контролювати та перевіряти стан пристроїв, групувати та керувати ними одночасно, налаштовувати параметри пристрою та отримувати сповіщення про різні пристрої. Крім того, можна транслювати відео зі свого телефону на телевізор Samsung.

Сьогодні багато розумних домашніх пристроїв підтримуються пристроями Samsung SmartThings. Серед цих пристроїв – розумний термостат Ecobee, бездротова камера безпеки Netgear Arlo Pro, система домашньої безпеки Yale Assure Lock, а після 2020 року пристрої Google Nest . Це означає, що коли вдома є центр Samsung SmartThings і програма Samsung smart home на телефоні, в такому разі не потрібно використовувати кілька програм для різних пристроїв.

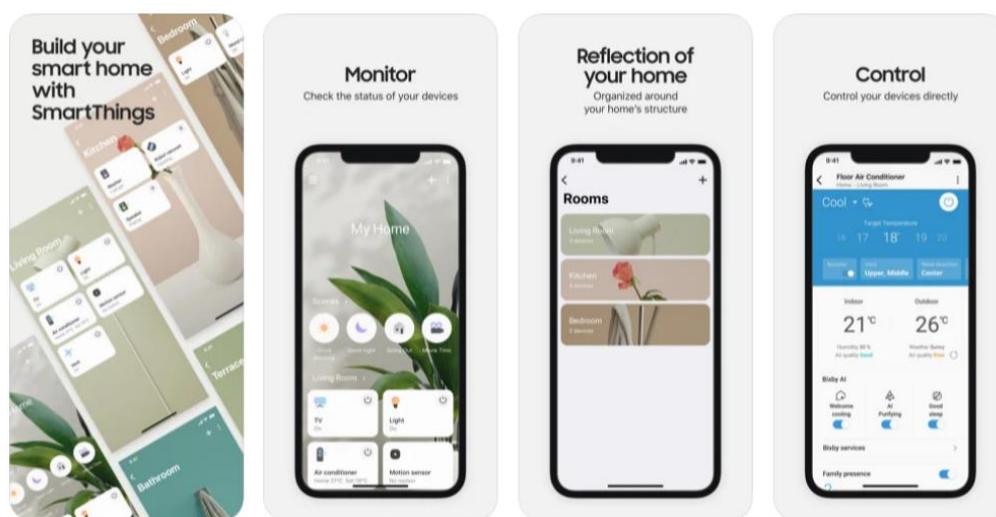


Рисунок 2.20 - Інтерфейс програми SmartThings

3. Google Home. Додаток Google Home створено самим технологічним гігантом.

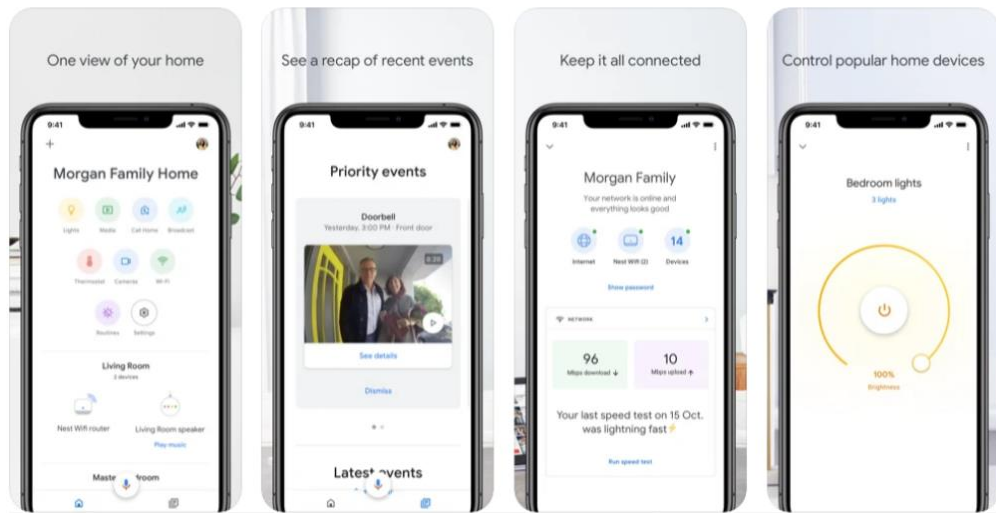


Рисунок 2.21 - Інтерфейс програми Google Home

Дана програма, популярна як розумний домашній додаток для Android та iOS, вона дає змогу налаштувати пристрої Google Home і Chromecast, а також багато інших підключених домашніх пристроїв, такі як освітлення, камери та багато іншого. Пристрої сторонніх розробників, сумісні з додатками Google Home, це термостат Nest, Philips Hue, Samsung SmartThings, Honeywell Home, WeMo тощо.

Додаток Google Home дозволяє контролювати, упорядковувати та керувати сумісними світильниками та динаміками одним або двома дотиками.

Завдяки своїй універсальності програма Google Home є однією з найкращих програм для автоматизації розумного дому на ринку.

4. Apple Home. Комплект Apple Home - одна з повних систем автоматизації розумного дому на ринку, а додаток для домашньої автоматизації iOS. Він призначений для роботи як з Apple, так і з іншими пристроями розумного будинку.

Додаток дозволяє користувачам створювати «сцени», що дозволяє їм виконувати кілька дій лише одним натисканням на своєму смартфоні. Подібно до сценарію виходу з дому: виходячи з дому, все, що вам потрібно зробити, це один раз торкнутися смартфона, щоб переконатися, що штори закриті в усьому домі, вимкнено світло, а термостат налаштований на енергоефективність.

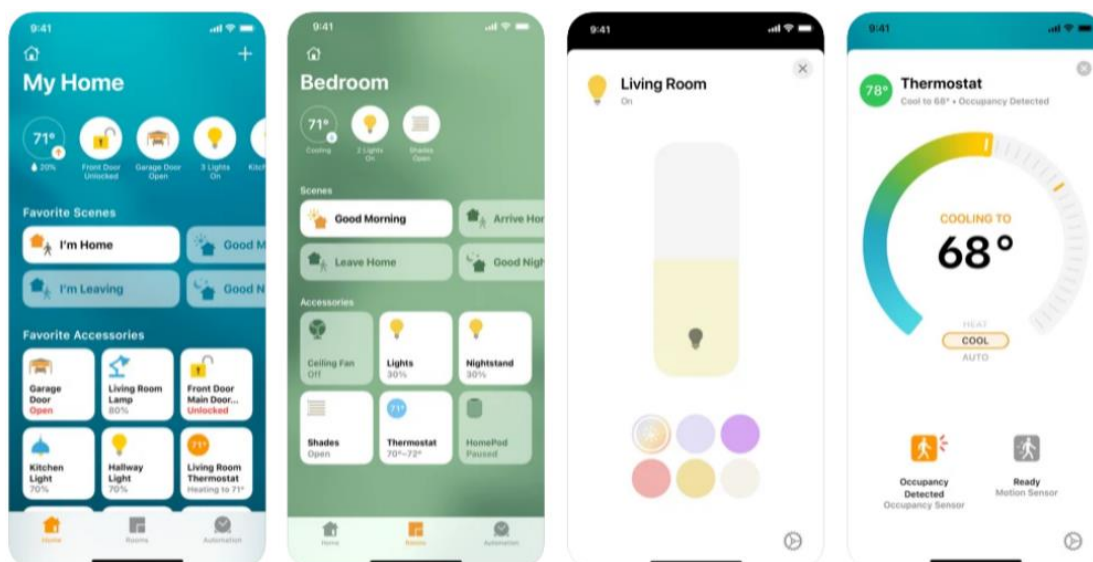


Рисунок 2.22 - Інтерфейс програми Apple Home

Наразі існує понад сотня брендів із пристроями, які підтримують HomeKit.

Додатковими факторами успіху цієї програми є безпека та ефективність. Додавати нові пристрої можна прямо з головного екрана, усуваючи потребу в навігації програмою. Це також найбезпечніша програма для розумного дому, що забезпечує повну безпеку для користувачів [21].

## 2.4 Приклад впровадження системи

Основною метою даного підрозділу є огляд особливостей реалізації розумного будинку шляхом впровадження датчиків, серводвигунів і системи освітлення в будинку та керування ними за допомогою мобільного телефону.

**Апаратна реалізація.** Проект прототипу спрямований на збірку всіх компонентів розумного будинку, включаючи серводвигуни, Arduino Uno, світлодіодні ліхтарі та датчики. Ці компоненти прототипу були встановлені на конструкції дерев'яного будинку, який був розроблений з дерева, щоб бути легким і таким чином, щоб усі частини прототипу можна було легко встановити.

Прототип проекту складається зі спальні, ванної кімнати, кухні, вітальні та коридору. Систему «Розумний дім» реалізовано шляхом встановлення датчиків, серводвигунів та системи освітлення. У цьому проекті п'ять світлодіодних ліхтарів,

два серводвигуни, датчик температури DHT11, датчик руху PIR і датчик INA219 були використані для демонстрації розумного будинку. Система освітлення складалася з п'яти світлодіодних ламп, які були встановлені в кожній кімнаті будинку; Позитивний полюс цих світлодіодів був підключений безпосередньо до контактів 2, 3, 4, 5 і 6 Arduino Uno, тоді як негативний полюс кожного з них був підключений до землі Arduino Uno.

Для вимірювання температури та вологості в будинку використовувався датчик температури та вологості DHT11. Цей датчик був встановлений у вітальні та підключений до плати Arduino. Як згадувалося в попередньому розділі, DHT11 має три контакти: заземлення, живлення та сигнал. Сигнальний провід був підключений до цифрового контакту 9 Arduino Uno, тоді як заземлення було підключено до заземлення Arduino, а дріт живлення підключено до джерела 5 В в Arduino.

Крім того, навпроти головного входу в будинок встановили PIR-датчик для виявлення будь-якого руху в будинку. Отже, датчик PIR із сигналізацією можна використовувати як детектор руху, якщо хтось рухається перед будинком. У цьому проекті зумер використовувався з датчиком PIR для позначення тривоги. Цей зумер має два дроти, один з яких був підключений до контакту 10 Arduino, а інший - до землі. Як згадувалося в попередньому розділі, вихід датчика PIR був підключений до аналогового контакту A2 Arduino Uno, а джерело 5 В Arduino Uno підключено до контакту живлення датчика.

У цьому прототипі використовувалися два сервомотора, які відповідають за закривання і відкривання дверей і вікон.

Серводвигун 1 був встановлений на дверях спальні, щоб відкривати та закривати двері, тоді як серводвигун 2 був встановлений на вікні кухні, щоб відкривати та закривати вікно, як показано на рис. 2.23.

Серводвигуни підключаються безпосередньо до Arduino Uno шляхом підключення проводів серводвигуна до Arduino Uno.



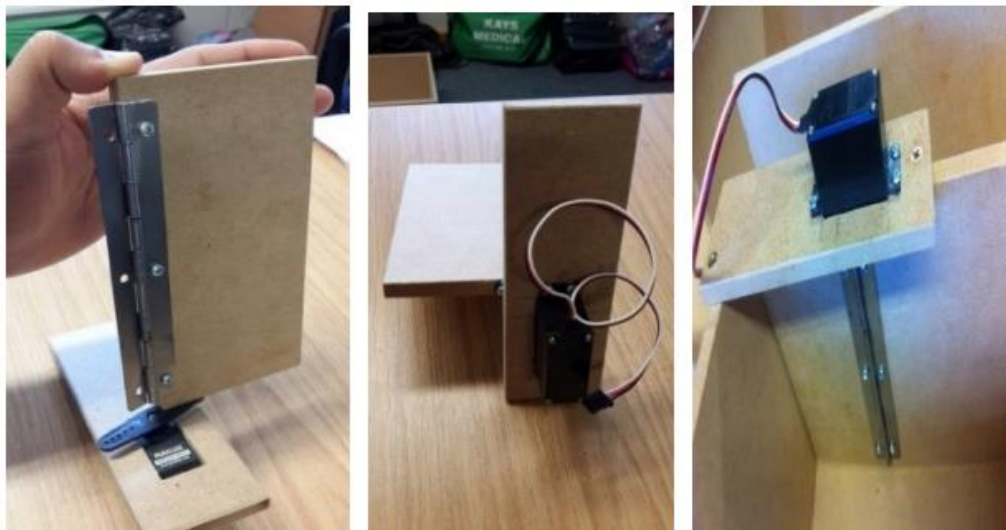


Рисунок 2.23 - Процес встановлення сервомотора на двері

Серводвигун в основному підключений до Arduino Uno трьома проводами: заземлення, живлення та сигнал. Провід заземлення був підключений до контактів заземлення плати Arduino, а провід живлення – до контакту живлення 5 вольт.

Серводвигуни підключаються безпосередньо до Arduino Uno шляхом підключення проводів серводвигуна до Arduino Uno.

Серводвигун в основному підключений до Arduino Uno трьома проводами: заземлення, живлення та сигнал. Провід заземлення був підключений до контактів заземлення плати Arduino, а провід живлення – до контакту живлення 5 вольт. Сигнальний дріт серводвигуна 1 був підключений до контактів цифрового входу/виходу, які підключені до контакту номер 7, тоді як сигнальний дріт серводвигуна 2 підключений до контакту 8.

Вся система була зібрана в прототипі розумного будинку, який був розроблений для розміщення всіх апаратних компонентів. Остаточний дизайн системи «розумного будинку» зображено на рис.2.24.

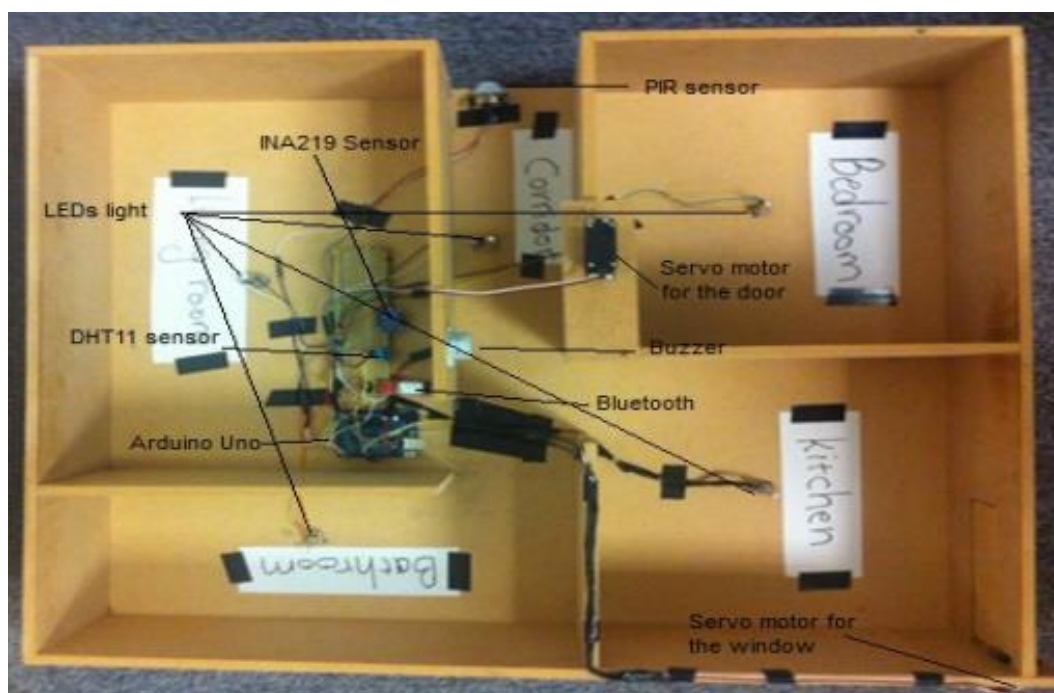


Рисунок 2.24 - Остаточний дизайн прототипу розумного будинку

**Реалізація програмного забезпечення.** Програмна реалізація досягається за допомогою програмного забезпечення Arduino для компіляції коду в апаратному забезпеченні та завантаження коду в Arduino Uno. Крім того, програмне забезпечення sweet home 3D було використано, щоб зробити дизайн прототипу більш професійним. Нарешті, була потрібна програма для Android, щоб інтерфейс мобільного телефону з апаратним забезпеченням контролювати та контролювати систему.

Програмне забезпечення Sweet home 3D. Програмне забезпечення 3D — це програма для проектування будинків, які є двовимірними на креслярській дошці; він відображає тривимірне бачення через відео або фіксовані кадри. Його було використано в цьому дослідженні, щоб показати дизайн прототипу та забезпечити більш реалістичне планування будинку. Інтерфейс користувача вікна Sweet Home 3D редагує дизайн інтер'єру будинку та розділений на чотири частини, як показано на рис.2.25.

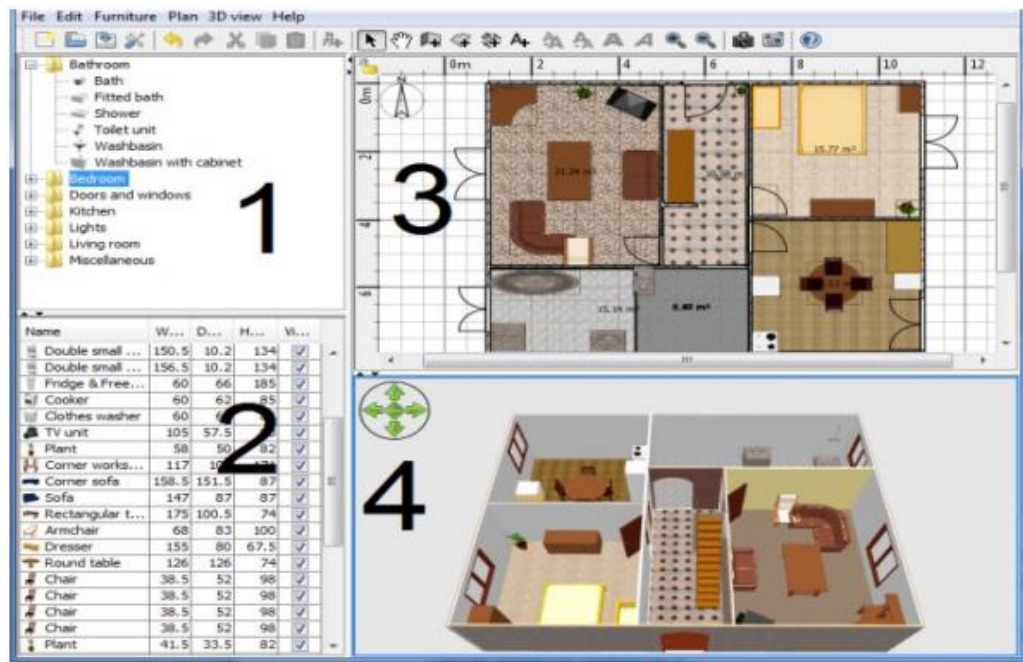


Рисунок 2.25 - Панелі Sweet Home 3D

Програмне забезпечення Arduino Uno. Програма була написана на мові C для керування та моніторингу: серводвигуна для відкриття та закриття дверей; і вмикати/вимикати світло; датчик температури для вимірювання температури будинку та споживання електроенергії; PIR-датчики для виявлення руху вдома. Основна структура мови програмування Arduino складається з двох основних частин, а саме налаштування void і цикл void для запуску програми.

**Додаток для Android.** Що стосується інтерфейсу користувача, додаток Android було створено за допомогою MIT App Inventor. Це безкоштовне програмне забезпечення, яке можна завантажити з веб-сайту App Inventor ([ai2.appinventor.mit.edu](http://ai2.appinventor.mit.edu)). MIT App Inventor — це видимий інструмент програмування перетягування для розробки та створення програм для мобільних телефонів для Android [26]. App Inventor складається з двох частин: Перший компонент — Designer, як показано на рис.2.26, який використовується для вибору компонентів для програми та ідентифікації їхніх властивостей.

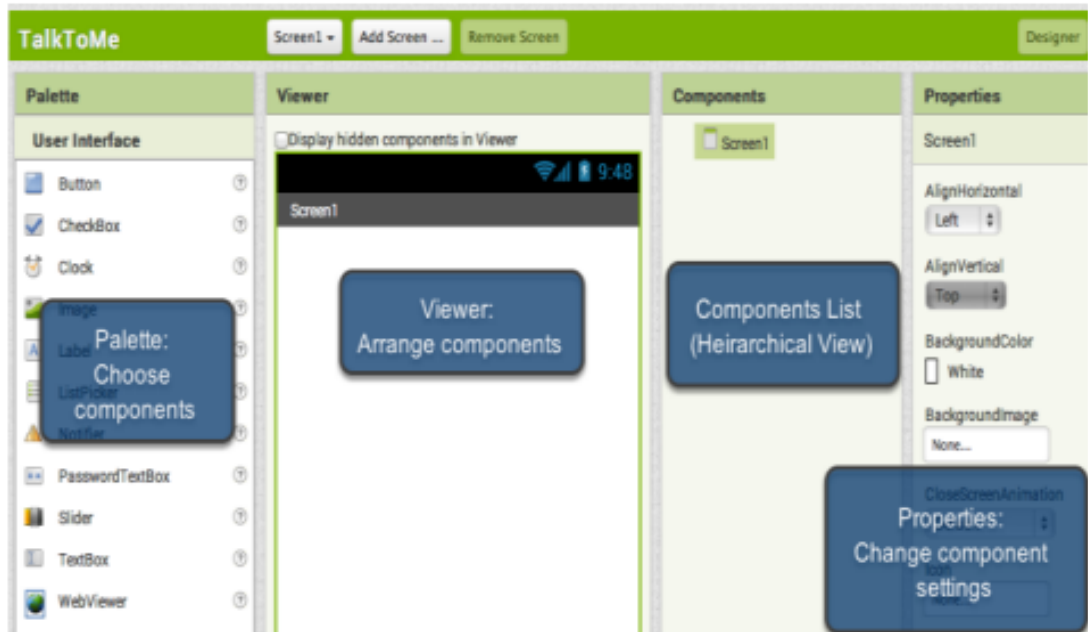


Рисунок 2.26 - Конструктор компонентів App Inventor

Другим компонентом є редактор блоків, який використовується для визначення поведінки програми, як показано на рис.2.27.

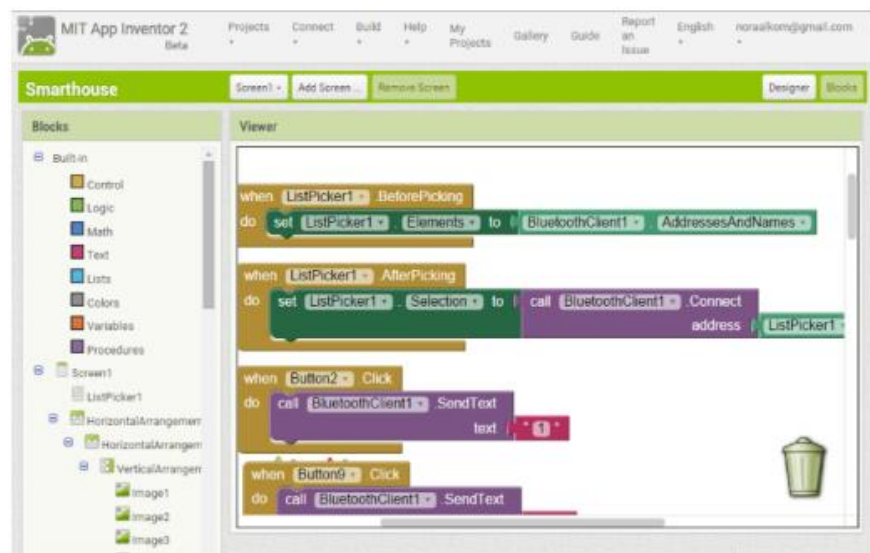


Рисунок 2.27 - Редактор блоків

У цьому вікні є вбудовані блоки, які стосуються таких речей, як математика, логіка та текст. Під цими блоками розташовано блоки, які поєднуються з кожним із компонентів, створених у конструкторі.

Після створення інтерфейсу та редактора блоків я натиснув кнопку побудови, щоб створити та зберегти проект. Проект завантажується на Android або мобільний телефон для керування системою через Bluetooth; користувач повинен підключити програму Android через Bluetooth, натиснувши кнопку підключення Bluetooth. Остаточний інтерфейс користувача для Android показаний на рис. 2.28 [27].

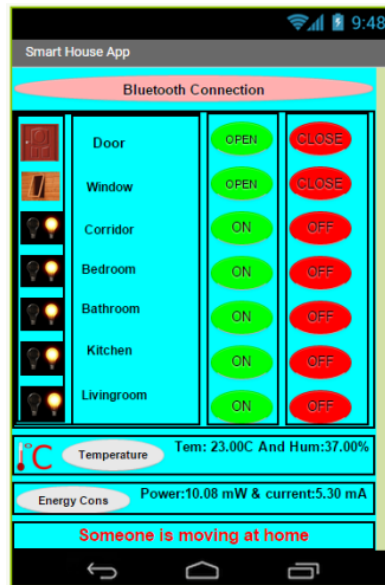


Рисунок 2.28 - Інтерфейс користувача системи «Розумний будинок»

### РОЗДІЛ 3 ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Це дослідження спрямоване на створення економічно ефективної системи Інтернету речей (IoT) шляхом видалення надлишкових датчиків IoT за допомогою кореляційного аналізу даних датчиків, зібраних у середовищі розумного дому. Представлено технологію аналізу даних і прогнозування, яка дозволяє робити значущі висновки за допомогою кореляційного аналізу даних від різних гетерогенних датчиків Інтернету речей, встановлених у розумному будинку для підвищення енергоефективності. Досліджено модель інтелектуального сервісу, яка може бути реалізована на основі алгоритму машинного навчання в середовищі розумного будинку. Збираються сім типів даних датчиків і класифікуються на набори вхідних даних (шість даних про навколишнє середовище) і цільових даних (дані про потужність HVAC). Використовуючи шість нових вхідних даних, дані про потужність можуть бути передбачені моделлю штучного інтелекту. Ефективність моделі вимірювалася за допомогою RMSE, і модель регресора з посиленням градієнта (gb) показала найкращі результати з RMSE 22,29. Крім того, важливість даних датчиків виділяється за допомогою кореляційного аналізу, а датчики з низькою важливістю видаляються відповідно до важливості значень датчиків. Цей процес може скоротити витрати на 13%, таким чином забезпечуючи керівництво з проектування економічно ефективної системи IoT.

У цьому дослідженні обговорюється застосування технології ШІ для впровадження в розумному домі. Зараз багато нових технологій використовують ШІ для побудови розумних будинків і надання інтелектуальних послуг користувачам. З'являються різноманітні послуги, такі як надання користувачам розумного середовища за допомогою технології штучного інтелекту або зниження витрат на енергоспоживання шляхом скорочення використання енергії. Хоча були проведені різні дослідження на основі штучного інтелекту, визначити оптимальний сервіс поки що неможливо.

По-перше, пропонується економічно ефективна та високопродуктивна інтелектуальна система IoT шляхом видалення та інтеграції надлишкових датчиків IoT за допомогою кореляційного аналізу даних датчиків IoT, зібраних у середовищі розумного будинку. По-друге, у цьому дослідженні представлено технологію аналізу даних і прогнозування, яка дає значущі висновки за допомогою кореляційного аналізу даних, отриманих від різних гетерогенних датчиків Інтернету речей, встановлених у розумному будинку для енергоефективності. Таким чином, пропонується модель інтелектуального сервісу, яка може бути реалізована в розумному будинку на основі машинного навчання. Наступні пункти представляють внесок у це дослідження.

- Економічно ефективний дизайн системи: економічно ефективна та високопродуктивна розумна система IoT розроблена шляхом видалення та інтеграції надлишкових датчиків IoT.

- Технологія енергоефективності на основі штучного інтелекту: технологія аналізу та прогнозування даних, яка дозволяє робити значущі висновки за допомогою кореляційного аналізу даних, отриманих від різних гетерогенних датчиків Інтернету речей, встановлених у розумному домі для енергоефективності.

### **3.1 Методика досліджуваної системи енергозбереження**

**Методологія.** На рис.3.1 показана методологія досліджуваної системи. Загалом ця система проходить через такі процедури:

1. Розпізнавання: сприймання інформації про навколишнє середовище всередині будинку за допомогою датчиків IoT.

2. Збір даних: Збір даних від датчиків IoT до шлюзу.

3. Навчання: Зберігання зібраних даних у базі даних і виконання навчання машинного навчання шляхом імпорту збережених даних. Використовувані алгоритми: регресор дерева рішень (dt), регресор випадкового лісу (rf), регресор додаткових дерев (et), регресор посилення градієнта (gb), регресор посилення градієнта історії (hgb) і глибока нейронна мережа (DNN).



4. Аналіз даних: Виведення зібраних і навчених даних на панель моніторингу для візуальної перевірки користувачів. Користувачі можуть перевіряти зібрану екологічну інформацію, а також перевіряти прогнозовані дані. Наразі прогнозовані дані – це дані про потужність HVAC.

5. Прогноз даних: завчасне передбачення втрат електроенергії в майбутньому через прогнозовану потужність HVAC. Завдяки цьому користувачі можуть запобігти зростанню своїх рахунків за електроенергію через прогресивні податки на електроенергію.

6. Управління: Виконання контролю за енергозбереженням за допомогою прогнозованих даних потужності HVAC.

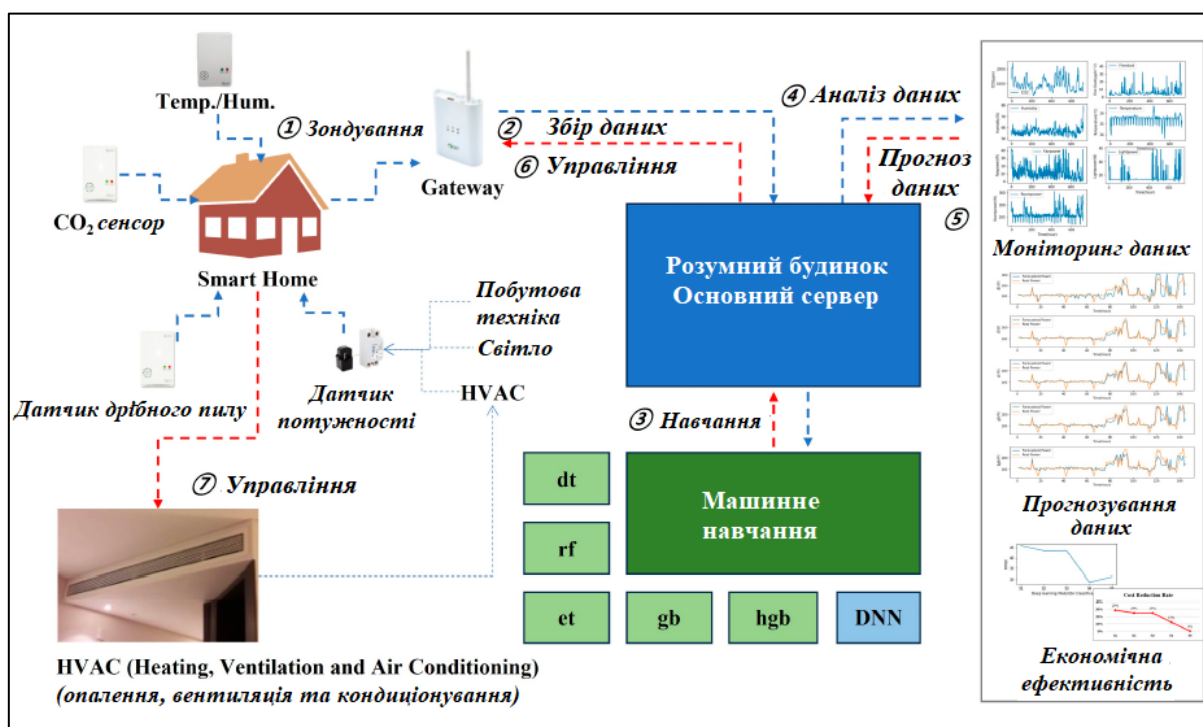


Рисунок 3.1 - Методологія досліджуваної системи

### Методи машинного навчання класифікації даних.

*Дерево рішень.* Дерево рішень базується на багаторівневій або ієрархічній системі прийняття рішень або деревоподібній структурі. Дерево складається з кореневого вузла (містить усі дані), набору внутрішніх вузлів (розділів) і набору кінцевих вузлів (листя). Кожен вузол у структурі дерева рішень становить бінарне



рішення, яке відокремлює один клас від решти. Обробка зазвичай виконується переміщенням дерева вниз до досягнення листкового вузла. Це відоме як підхід зверху вниз [27].

*Випадковий ліс.* Випадковий ліс — це ансамблевий підхід із кількома незалежними, некорельованими деревами рішень. Ці некорельовані дерева дозволяють моделі досягти точного узагальнення шляхом введення випадковості в дерево рішень [28,29].

*Додаткові дерева.* Надзвичайно рандомізоване дерево (або алгоритм додаткового дерева) — це відносно нещодавня техніка машинного навчання, яка була розроблена як розширення алгоритму випадкового лісу та менш імовірно переповнить набір даних. Додаткове дерево (ET) використовує той самий принцип, що й випадковий ліс, і використовує випадкову підмножину ознак для навчання кожного базового оцінювача. Однак він випадковим чином вибирає найкращу функцію та відповідне значення для поділу вузлів. ET використовує весь навчальний набір даних для навчання кожного дерева регресії. Навпаки, RF використовує початкову репліку для навчання моделі [30].

*Посилення градієнта.* Алгоритм посилення градієнта (GBA) — це модель прогнозування, яка може виконувати регресійний або класифікаційний аналіз і належить до сімейства методологій посилення ансамблю моделей прогнозування. GBA демонструє чудову продуктивність у прогнозуванні табличного формату та, як відомо, демонструє найкращу продуктивність прогнозування серед усіх алгоритмів машинного навчання [31].

*Посилення градієнта історії.* Основним обмеженням посилення градієнта є те, що воно затримує навчання моделі. Це проблема, особливо при використанні моделей на великих наборах даних із десятками тисяч прикладів (рядків). Дискретизація (об'єднання) безперервних вхідних змінних у сотні відмінних значень може значно прискорити навчання дерев, доданих до ансамблю.

Ансамбль посилення градієнта, який реалізує цю техніку та адаптує алгоритм навчання до вхідних змінних у цьому перетворенні, називається ансамблем посилення градієнта на основі гістограми [32].

*Глибока нейронна мережа (DNN).* DNN відноситься до методу навчання з двома або більше прихованими шарами. Комп'ютер створює класифікаційні мітки, спотворює простір і повторює процес поділу даних, щоб отримати оптимальну лінію поділу. Зараз він широко використовується з великою кількістю даних, ітераційним навчанням, попереднім навчанням і методами зворотного поширення помилок.

*Повторювана нейронна мережа (RNN).* Алгоритм RNN є типом штучної нейронної мережі, що спеціалізується на навчанні повторюваних і послідовних даних і характеризується на основі структури внутрішньої циркуляції.

Використовуючи кругову структуру, минуле навчання відображається в поточному навчанні через вагу.

Цей алгоритм долає обмеження існуючого безперервного, повторюваного та послідовного навчання даних. Це забезпечує зв'язок між поточним навчанням і минулим навчанням, а також включає в себе характеристику залежності від часу. Він використовується переважно для визначення мовних сигналів або початкових і кінцевих компонентів тексту.

*Згорткова нейронна мережа (CNN).* У той час як навчання виконується шляхом вилучення знань із даних за допомогою існуючого методу, CNN є структурою, яка витягує ознаки з даних і визначає шаблони ознак. Алгоритм CNN виконує процеси згортання та об'єднання. Алгоритм був розроблений шляхом поєднання шарів згортки та об'єднання.

### **3.2 Огляд служби обслуговування встановленої системи IoT**

На рис.3.2 представлена схема послуги. Він показує конфігурацію системи, яка збирає дані, встановлюючи датчики безпосередньо у будинку за допомогою Zigbee і протоколу MQTT. Зібрані дані аналізуються на основі штучного інтелекту, щоб забезпечити прогностичну послугу для економії споживання енергії для користувачів або менеджерів. У цьому дослідженні розглядався рівень обслуговування, а не рівень системи. По суті, зібрані дані використовувалися без

урахування апаратної частини. Припускаючи, що повнота апаратного забезпечення вже є оптимальною, система надає послуги аналізу та прогнозування на основі зібраних даних. Впроваджуючи модель сервісу на основі даних, можна реалізувати модель на основі штучного інтелекту, забезпечуючи таким чином ефективний сервіс прогнозування [33].

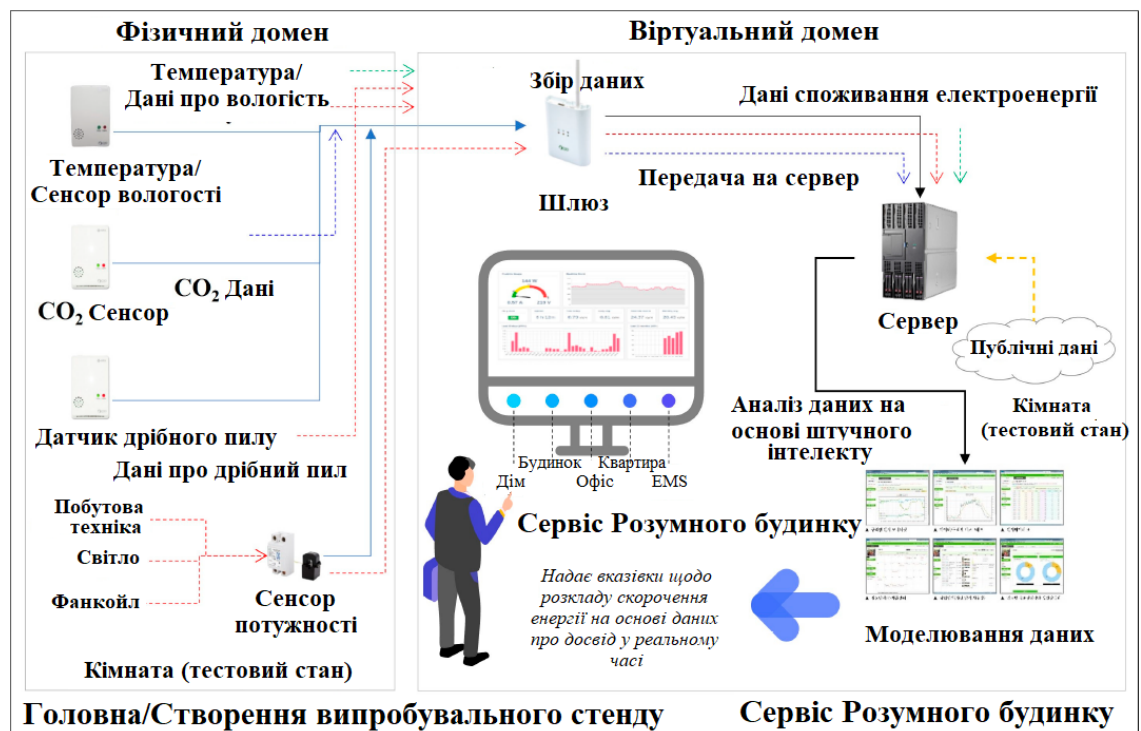


Рисунок 3.2 - Сервісна інфраструктура

Усі датчики IoT спілкуються зі шлюзом через Zigbee, технологію бездротової мережі на основі стандарту IEEE 802.15.4. Шлюз і сервер обмінюються даними на основі MQTT. У цьому випадку фактична швидкість передачі даних становила >2,5 кбіт/с. Частота дискретизації даних становила 1 зразок/хв; цей цикл піддавався змінам. Дані збирали шляхом встановлення оптимальної швидкості 1 зразок/хв, враховуючи період споживання батареї.

На рис.3.3 показана блок-схема обслуговування встановленої системи IoT. Уся система складається з датчиків (а саме, датчики температури/вологості, CO<sub>2</sub> і дрібного пилу), виконавчих механізмів (наприклад, систем HVAC і побутової техніки) і серверів. Сервер збирає дані про температуру/вологість, CO<sub>2</sub>, дрібний

пил і дані виявлення руху охолодження/нагрівання з силової частини фанкойла, освітлення та дані про енергопостачання всієї кімнати. Зібрані дані передаються на центральний сервер на основі MQTT через шлюз за допомогою протоколу бездротового зв'язку на основі Zigbee.

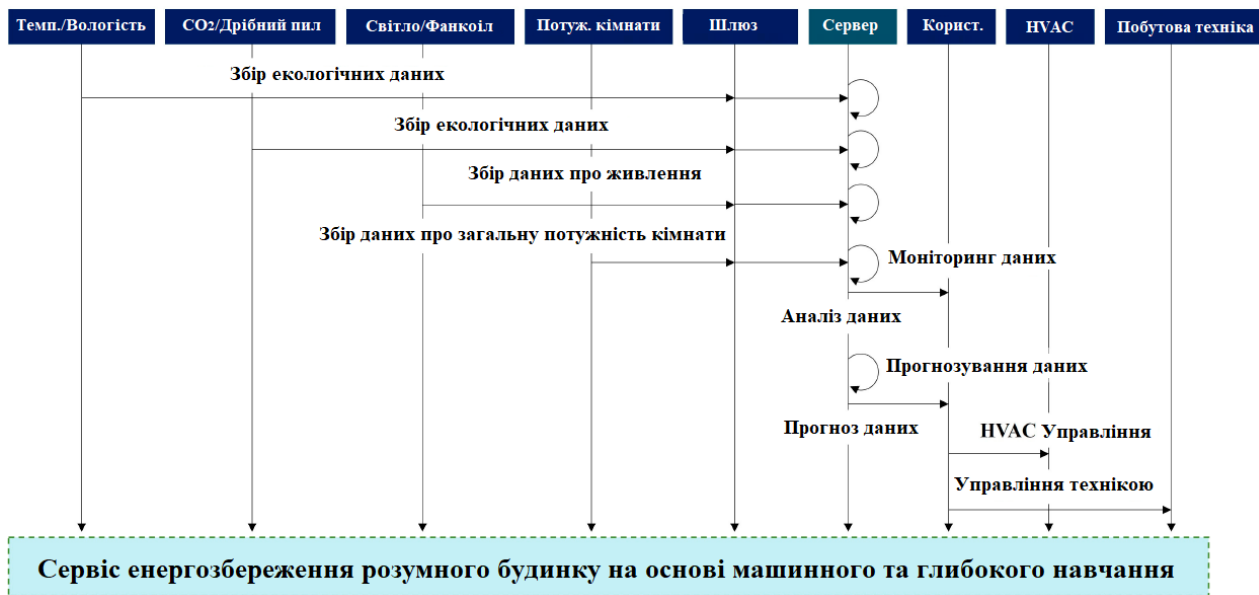


Рисунок 3.3 - Блок-схема служби

Дані про температуру та вологість передаються з кожної кімнати за допомогою датчиків температури та вологості, а дані про якість повітря в приміщенні передаються за допомогою датчиків CO<sub>2</sub> і дрібного пилу. Рух користувача в приміщенні визначається датчиком руху, а інформація про потужність збирається та передається інтелектуальним субметром, встановленим у силовій частині внутрішнього каналного фанкойла, що відповідає за охолодження та нагрівання систем ОВК. Інформацію про потужність фанкойла можна використовувати, щоб визначити, чи активна система HVAC у кімнаті. На рис.3.4 показано фактичний пристрій IoT, встановлений усередині випробувального стенду (номер готелю). У табл.3.1. наведено специфікації пристрою IoT, встановленого на тестовому стенді.

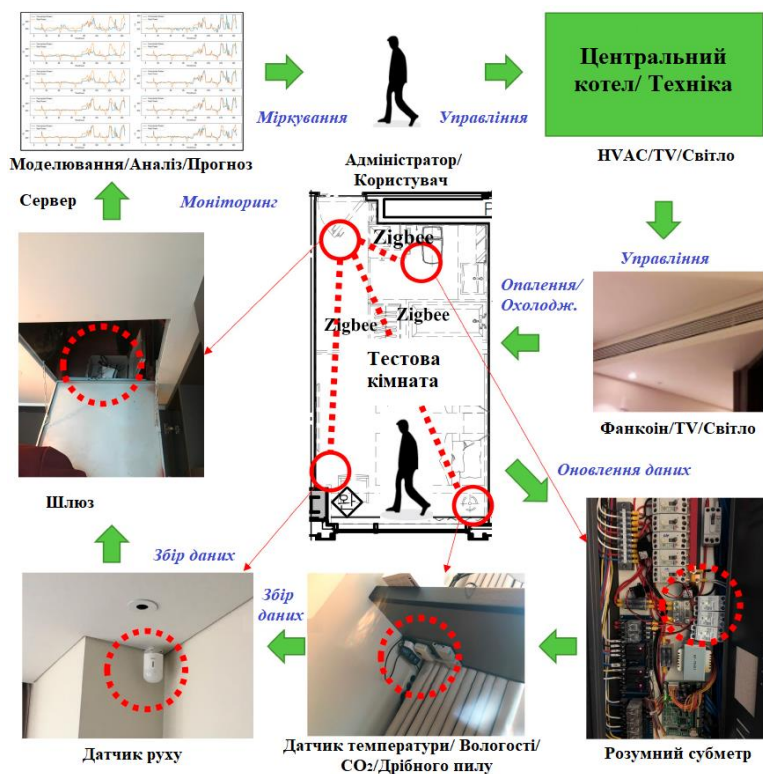


Рисунок 3.4 - Тестовий стенд

Таблиця 3.1 - Сенсорні пристрої IoT

	Прилади	Характеристики	Використання
	Датчик температури та вологості	- Робочий діапазон: від $-55^{\circ}\text{C}$ до $20^{\circ}\text{C}$ - Протокол: Zigbee	Збір даних про температуру/вологість у приміщенні
	Датчик дрібного пилу/ $\text{CO}_2$ сенсор	- Елементи вимірювання: окис вуглецю, вуглекислий газ, метан, формальдегід, VOCs, частинки; - Протокол: Zigbee.	Збір даних про $\text{CO}_2$ та дрібний пил у приміщеннях
	Розумний датчик руху	- Відстань виявлення: $10\text{ м}/84^{\circ}$ ; - Дальність зондування: $5,0\text{ м} \times 5,0\text{ м} \times 5,0\text{ м}$	Виявлення руху користувача в приміщенні
	Розумний субметр	- Тип: Сенсор; - Розмір: $7,5\text{ м} \times 7,5\text{ м} \times 3,5\text{ м}$ ; - Протокол: Zigbee.	Вимір енергоспоживання кімнати

### 3.3 Реалізація системи

Збір даних. На рис.3.5. показано стан даних, які використовуються як вхідні дані для моделі ШІ. Було розглянуто шість типів даних: температура, вологість, CO<sub>2</sub>, дрібний пил, потужність світла.

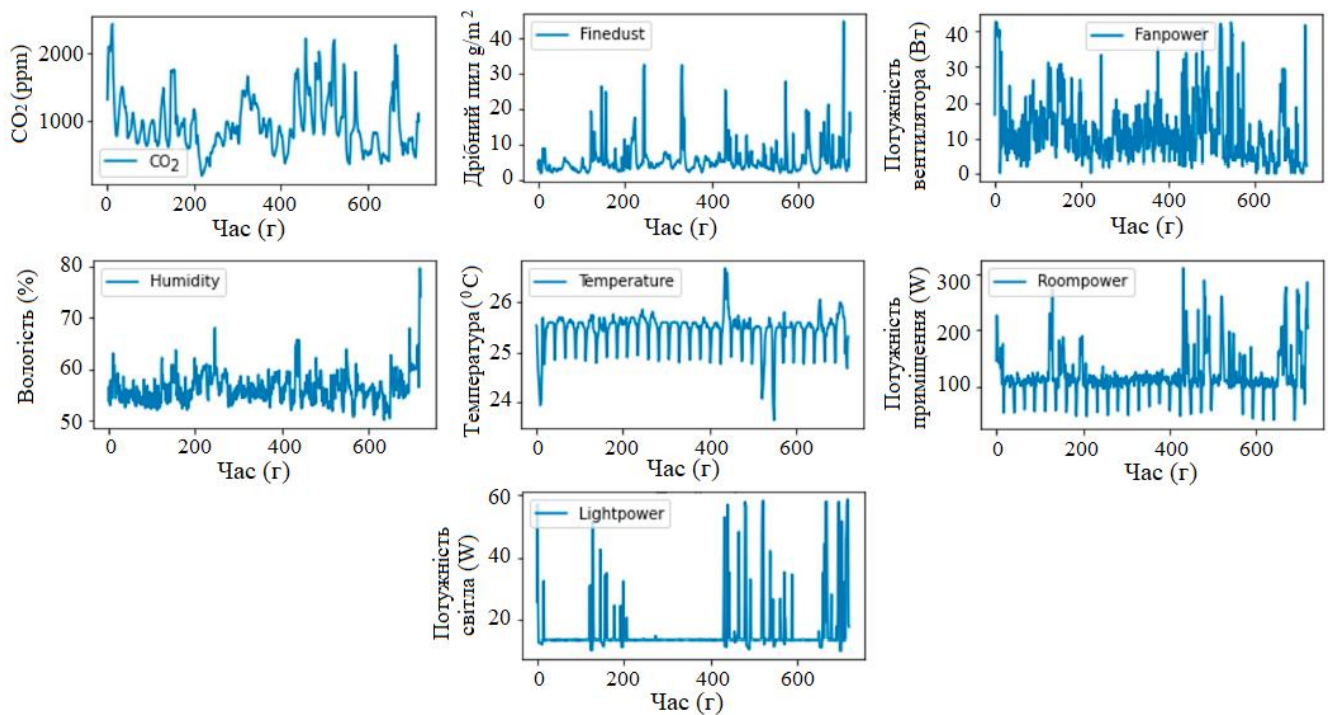


Рисунок 3.5 - Дані зондування.

Таблиця 3.2 - Описані дані зондування

Індекс	CO2 (ppm)	Дрібний пил ( $\mu\text{g}/\text{m}^2$ )	Вологість (%)	Температура (C)	Потужність світла (Вт)	Потужність вентилятора (Вт)	Потужність приміщення (Вт)
Count	721	721	721	721	721	721	721
Mean	947.2059	5.836186	56.14233	25.46187	15.7639	11.62537	119.0838
Std	420.4869	4.574005	2.96905	0.331475	8.86753	8.814615	37.96945
Min	168.15	1.92	50.03	23.64	9.87	0.12	38.99
25%	655.91	3.35	54.17	25.44	13.35	5.72	104.67
50%	839.03	4.5	55.7	25.54	13.41	9.55	111.03
75%	1186.46	6.26	57.62	25.6	13.49	14.95	119.76
Max	2441.44	44.88	79.69	26.69	58.75	42.62	311.35

Датчики були встановлені в будинку, і дані збиралися щогодини протягом 1 місяця. Потужність усієї кімнати використовувалася як цільові дані для моделі ШІ.

Сенсорні пристрої збирали дані з кроком 1 с; однак кроки в 1 годину є достатніми для аналізу даних. У табл.3.2. представлено кількість точок даних, середнє значення, стандартне відхилення, мінімальне значення та максимальне значення для зібраних даних сенсора [33].

**Аналіз релевантності даних.** На рис.3.6 і в табл.3.3. представлені зв'язки між зібраними даними. На малюнку 6 показано теплову карту, яка є методом візуалізації, який представляє розподіл або шаблон даних за допомогою кольорів. Значення виражається темнішими кольорами зі збільшенням розміру або частоти даних, що полегшує інтуїтивне бачення загального розподілу. Під час аналізу кореляції між декількома змінними використання теплової карти дозволяє легко візуально зрозуміти розподіл коефіцієнтів кореляції. Зокрема, оскільки коефіцієнт кореляції обмежений діапазоном від -1 до 1, представлення його як теплової карти забезпечує більш інтуїтивно зрозумілі результати. Змінні з коефіцієнтами кореляції, близькими до  $-1$  і  $1$ , контрастують, і розмір коефіцієнта кореляції можна легко порівняти залежно від інтенсивності кольору.

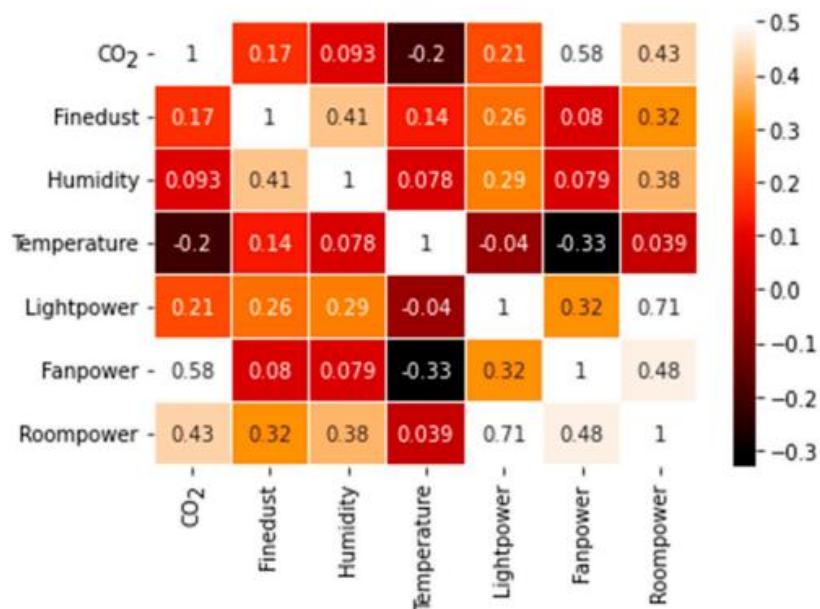


Рисунок 3.6 - Кореляція між даними екологічної інформації

Дивлячись на рис.3.6, зв'язок між CO<sub>2</sub> і CO<sub>2</sub>, природно, є однаковим значенням, тому він має найвищий коефіцієнт кореляції 1. Однак зв'язок між CO<sub>2</sub>



і температурою низький, з коефіцієнтом кореляції  $-0,2$ . Тут значення коефіцієнта кореляції  $-0,2$  можна розглядати як відносно низький коефіцієнт кореляції в категорії 3, дивлячись на табл. 3.3.

Взаємозв'язки досліджували за допомогою аналізу теплової карти даних від семи датчиків, і числові значення кожного зв'язку були отримані зі значень, наведених у табл. 3.3. У цьому дослідженні модель глибокого навчання навчалася шляхом складання навчального набору з даними про високий зв'язок і нереляційних даних, і точність вимірювалася відповідно.

Таблиця 3.3 - Аналіз зв'язку

Діапазон	Значення
Від $-1,0$ до $-0,7$	Сильна негативна лінійна залежність
Від $-0,7$ до $-0,3$	Чітка негативна лінійна залежність
Від $-0,3$ до $-0,1$	Слабка негативна лінійна залежність
Від $-0,1$ до $+0,1$	Лінійна залежність, якою можна майже знехтувати
Від $+0,1$ до $+0,3$	Слабка позитивна лінійна залежність
Від $+0,3$ до $+0,7$	Чітка позитивна лінійна залежність
Від $+0,7$ до $+1,0$	Сильна позитивна лінійна залежність

Наприклад, найбільш релевантними даними для кімнатної потужності є потужність світла, розрахована як  $0,71$ .

Це означає, що фактором, який найбільше впливає на потужність кімнати, є освітлення, яке продемонструвало найвищу кореляцію з сильною позитивною лінійною залежністю. Потужність вентилятора склала  $0,48$ ; на фанкойл, який є приладом кондиціонування та опалення, був встановлений датчик потужності, який визначав, чи працює кондиціонер.

Це ще один фактор, який впливає на потужність приміщення. Вихід даних  $CO_2$  становив  $0,43$ . Це чітка позитивна лінійна залежність із відносно високою кореляцією. Виявлено, що дані, пов'язані з потужністю приміщення, розташовані в такому порядку:



Кімнатна потужність: 1,000000 > Потужність світла: 0,705991 > Потужність вентилятора: 0,478669 > CO<sub>2</sub>: 0,430153 > Вологість: 0,380577 > Дрібний пил: 0,321560 > Температура: 0,039314

**Класифікація даних.** На рис.3.7. показано класифікацію вхідних і цільових даних. Дані, використані в цьому дослідженні, включають сім типів даних датчиків, які класифікуються на шість типів вхідних даних і один тип цільових даних. Ці сім даних були класифіковані як навчальні дані для навчання моделі та як тестові дані для тестування моделі. Із загальної кількості 721 точки даних 80% були класифіковані як дані навчання, а 20% – як дані тестування. Навчальні дані використовувалися для навчання моделі, а тестові дані використовувалися для тестування навченої моделі.

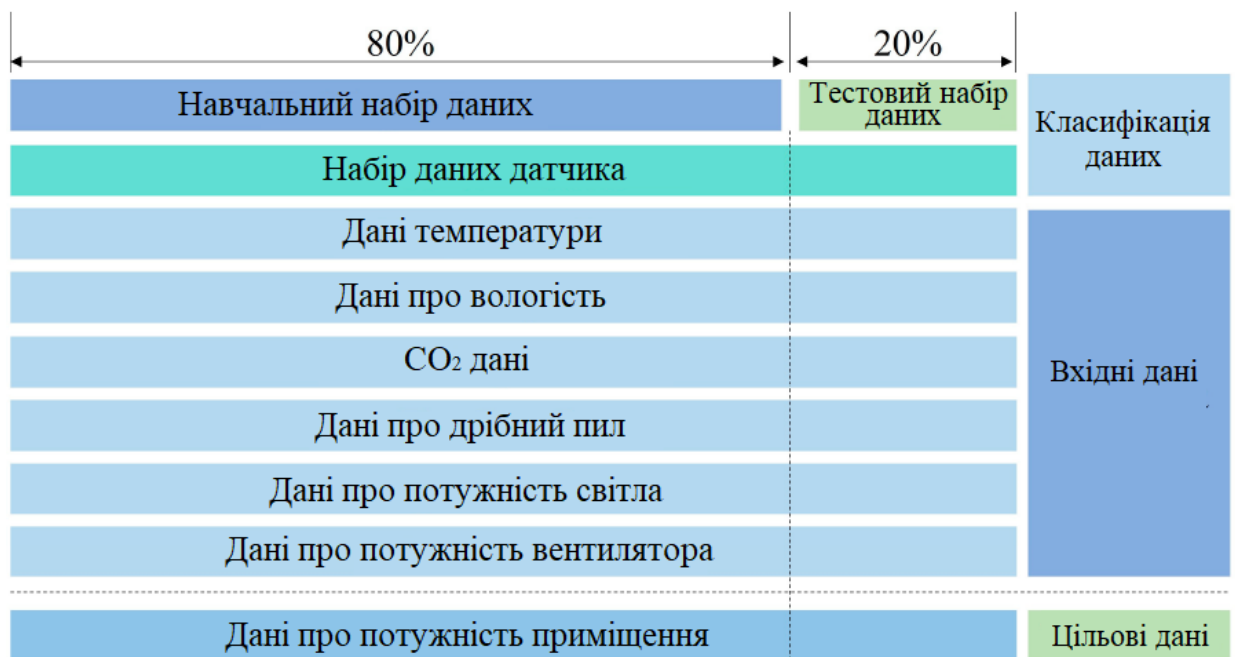


Рисунок 3.7 - Класифікація даних

### 3.4 Реалізація моделі прогнозування розумного будинку, налаштованої на енергозбереження

На рис.3.8. показано склад моделі на основі глибокого навчання, яка використовується в цьому дослідженні.

Дані датчика вводяться як вхідні дані та навчаються із загальною потужністю як цільовими даними.

Вхідні дані, тобто інформація про навколишнє середовище, навчаються під час високого та низького споживання електроенергії. Таким чином, можна передбачити значення споживання електроенергії, коли користувач перевіряє інформацію про середовище. Навпаки, енергію можна заощадити шляхом навмисного коригування значення екологічної інформації для зменшення значення споживання електроенергії протягом певного періоду часу. Однак для цього потрібна більш складна модель прогнозування на основі часових рядів, тоді як у цьому дослідженні вона представлена на основі результатів, отриманих в результаті аналізу подібності та зв'язку між датчиками та ефекту додавання або зменшення датчиків продуктивності (RMSE) моделі.

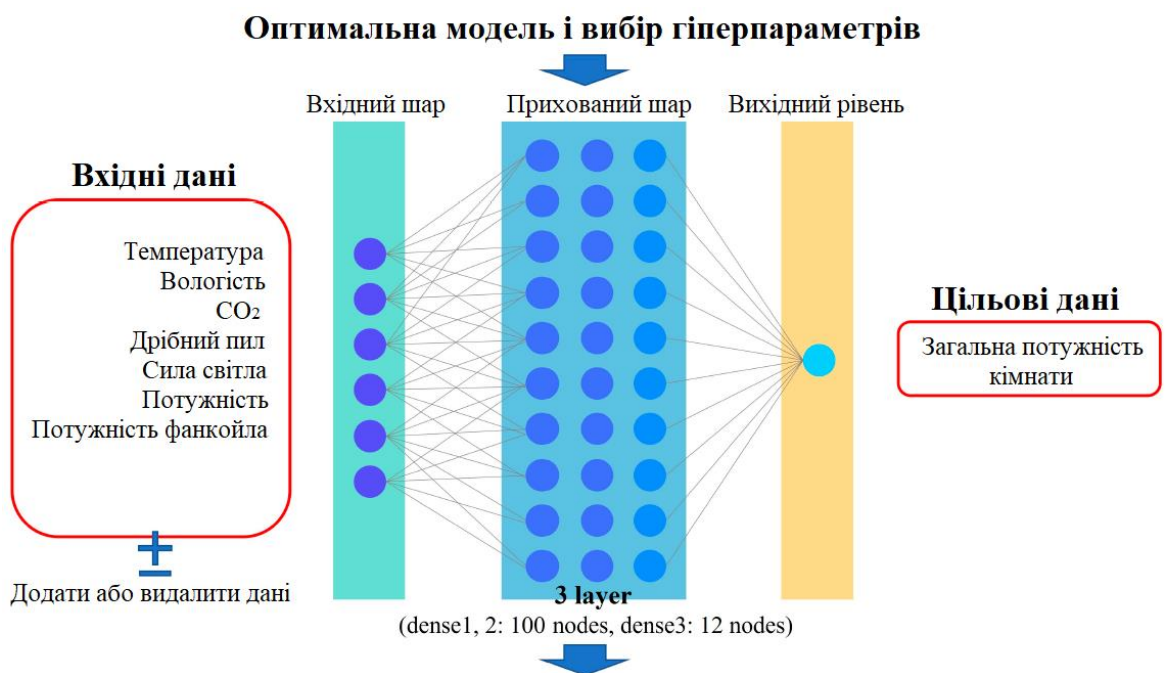


Рисунок 3.8 - Реалізація моделі оптимального прогнозування

Крім того, була реалізована модель машинного навчання. Далі показано п'ять реалізованих моделей машинного навчання:

1. Регресор дерева рішень (dt).
2. Випадковий лісовий регресор (rf).

3. Регресор додаткових дерев (et).
4. Регресор із підвищенням градієнта (gb).
5. Hist Gradient-Boosting Regressor (hgb).

*Сценарії.* На рис.3.9. показано графік прогнозу даних завдяки глибокому навчанню.

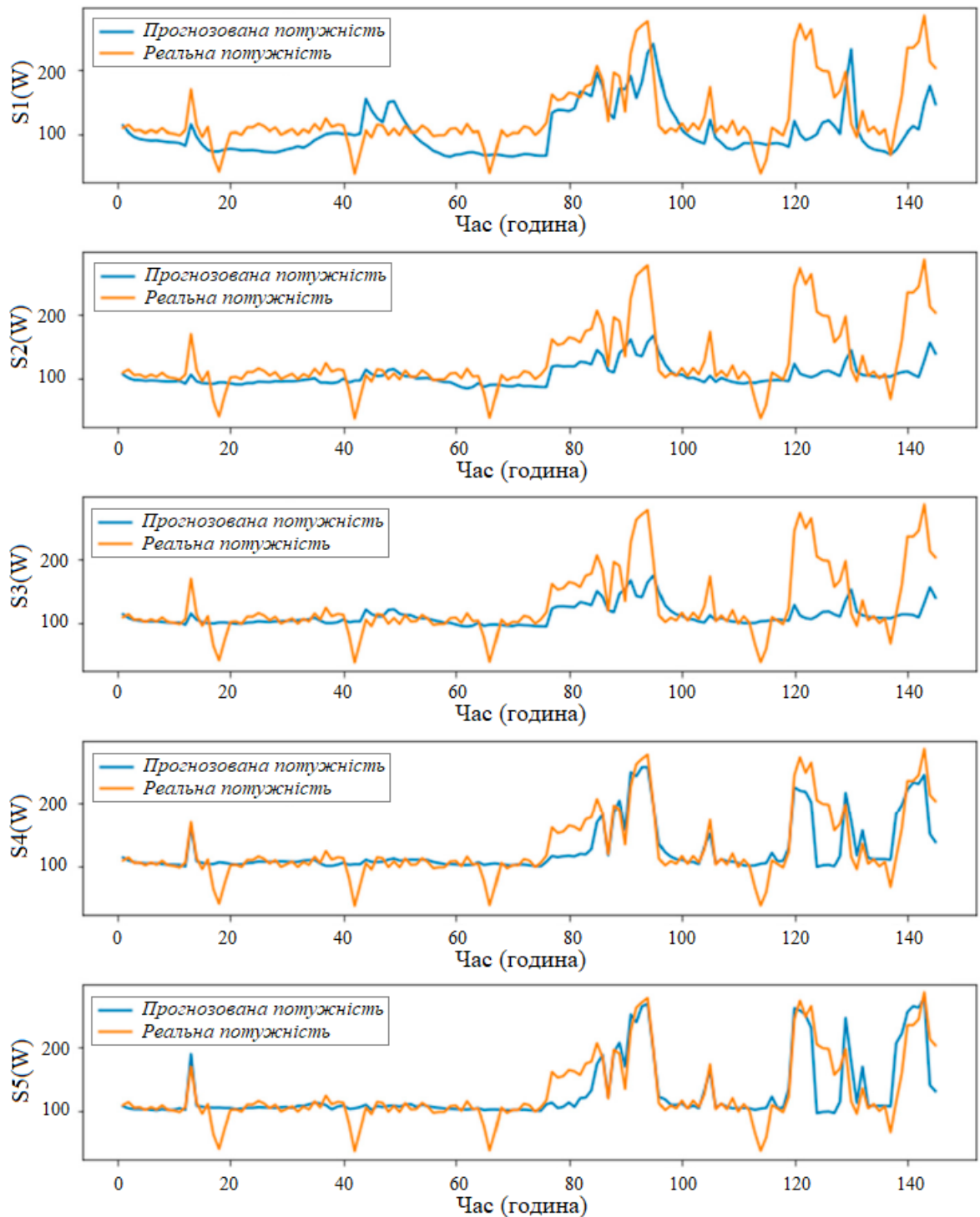


Рисунок 3.9- Графік прогнозу даних як результат глибокого навчання.

На рис.3.10. і в табл.3.4. і табл.3.5. показано, як змінюється точність моделі глибокого навчання на малюнку 8 зі зміною групи даних зондування. Ця таблиця представляє групу даних зондування. S1 складається лише з CO<sub>2</sub> і дрібного пилу. Одна частина даних датчика для кожного типу була додана до кожної групи від S1 до S5. По суті, це показує збільшення продуктивності (RMSE) моделі, коли модель навчається з даними від перших двох типів датчиків. RMSE можна розрахувати наступним чином

$$\text{Середньоквадратична помилка (RMSE)} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\text{Реальні дані} - \text{Прогнозовані дані})^2}$$

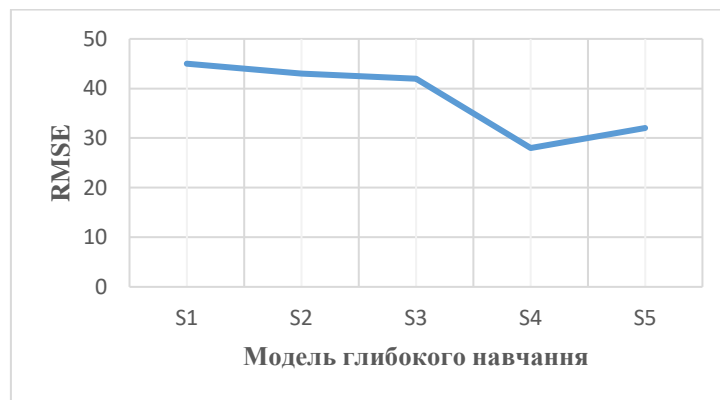


Рисунок 3.10 -Варіація ефективності моделі (RMSE) на класифікацію датчиків у моделі глибокого навчання.

Таблиця 3.4 - Продуктивність моделі за класифікацією зондування

Класифікації	S1	S2	S3	S4	S5
RMSE	45,83	43,43	43,48	28,68	31,25

Таблиця 3.5 - Класифікації датчиків

Класифікації	Список датчиків
S1	CO <sub>2</sub> , Дрібний пил
S2	S1 + Вологість
S3	S2 + Температура
S4	S3 + Light Power
S5	S4 + Потужність вентилятора

Цей сценарій було реалізовано спільно з Google Collaboratory за допомогою DNN (три прихованих шари, 200 epoch), як показано на рис.3.8. Очевидно, що на рис.3.10 продуктивність моделі зростає зі зміною типу датчика, який навчався. Однак, оскільки продуктивність S5 була нижчою, ніж продуктивність S4, дані про потужність вентилятора можна розглядати як дані, що погіршують продуктивність моделі. Тому датчик потрібно видалити, щоб підвищити продуктивність датчиків IoT і знизити витрати на системи IoT. S1 складається лише з CO<sub>2</sub> і дрібного пилу, що можна побачити в табл.3.5. Значення S1~S5 показує, що продуктивність моделі підвищується зі збільшенням різноманітності даних датчиків табл.3.4 і табл.3.5. Оскільки дані датчика стають більш різноманітними від S1 до S5, RMSE зменшується. Однак не завжди вірно, що продуктивність моделі зростає зі збільшенням кількості типів даних датчиків, а скоріше має бути відповідна кількість типів даних датчиків, тобто S4. Коли було додано потужність вентилятора, продуктивність моделі знизилася, і було підтверджено, що дані про потужність вентилятора слід видалити, щоб покращити продуктивність моделі.

Нижче показано продуктивність моделі, розробленої за допомогою моделі машинного навчання. На рис.3.11 показаний графік прогнозу даних в результаті машинного навчання.

RMSE вимірювали шляхом зміни моделі табл.3.6 з регресорної моделі дерева рішень (dt) на першу регресорну модель із посиленням градієнта (hgb). Як показано на рис.3.12 і в табл.3.7, продуктивність моделі регресора з посиленням градієнта (gb) була найкращою.

Таблиця 3.6 - Модель машинного навчання

Класифікації	Модель машинного навчання
dt	Регресор дерева рішень
rf	Випадковий лісовий регресор
et	Регресор додаткових дерев
gb	Регресор, що посилює градієнт
hgb	Регресор із підвищенням градієнта історії

Цей сценарій підтвердив, що модель з регресором, що посилює градієнт (gb), показала найкращу продуктивність. Звичайно, продуктивність моделі глибокого навчання може бути кращою, оскільки її можна реалізувати як модель з чудовою продуктивністю шляхом збільшення кількості прихованих шарів, вузлів і епох. Крім того, більш високу модель можна навчити шляхом збору різних даних або збільшення обсягу даних; однак це дослідження не обговорює цей сценарій.

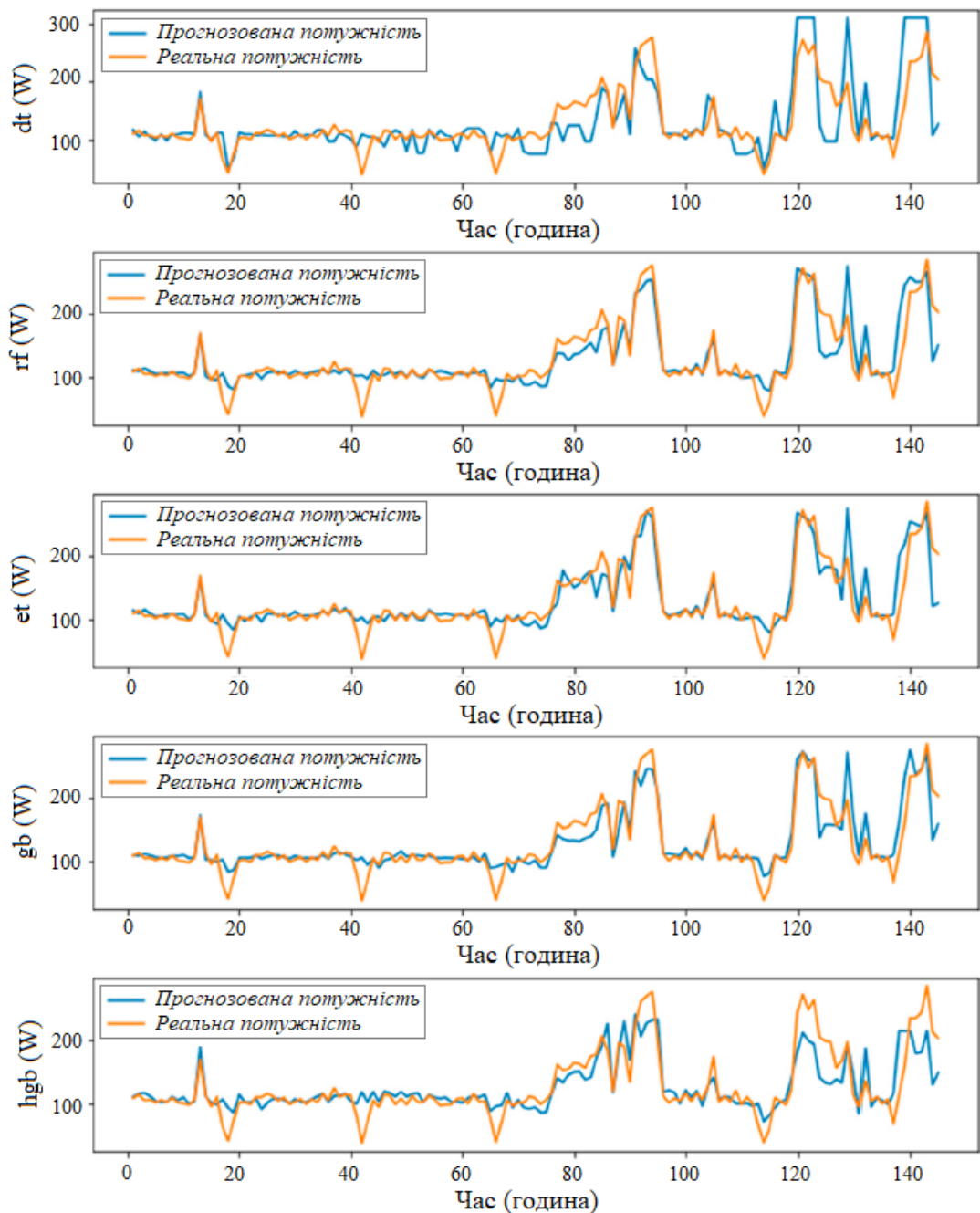


Рисунок 3.11 - Графік прогнозу даних з машинного навчання

Щоб у майбутньому розробити модель із вищою продуктивністю, необхідно провести дослідження щодо захисту відповідних даних і попередньої обробки даних.

Перш за все, це дослідження свідчить про те, що наведеної нижче економії рис.3.13 можна досягти шляхом усунення нерелевантних датчиків IoT, як показано на рис.3.10 і в табл.3.4.

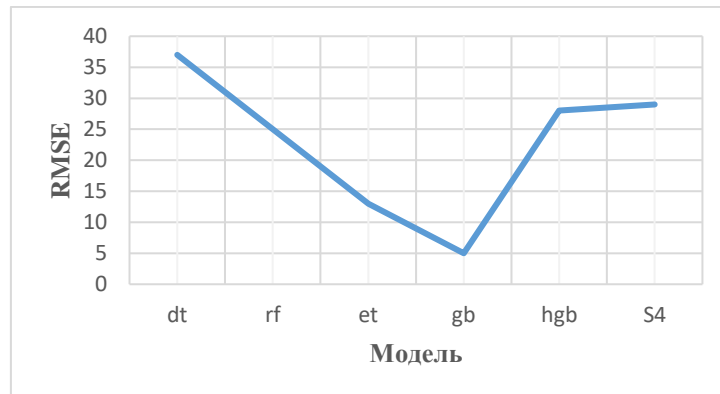


Рисунок 3.12 - Зміна продуктивності моделі (RMSE) кожної моделі машинного навчання

Таблиця 3.7 - Продуктивність моделі на модель машинного навчання

Класифікації	dt	rf	et	gb	hgb	S4
RMSE	35,50	24,48	23,35	22,29	27,95	28,68

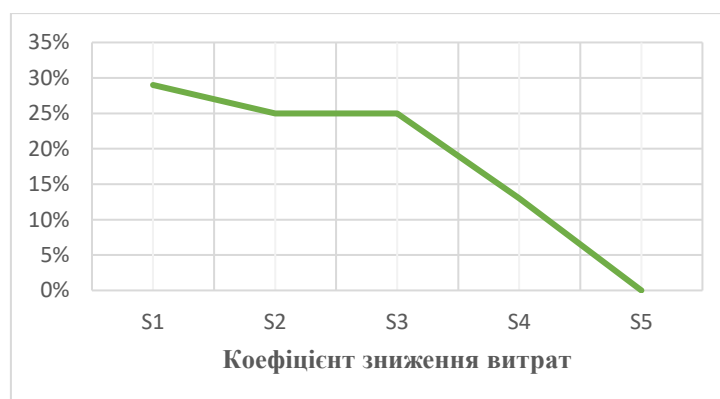


Рисунок 3.13 - Рівень зниження витрат

## ВИСНОВКИ

Таким чином, виконуючи поставлені завдання магістерської кваліфікаційної роботи, досліджено тенденції розвитку технологій розумного будинку, що показало інтенсивний розвиток даної технології зараз та у майбутньому.

Проведено аналіз факторів широкого впровадження технологій розумного будинку та наведено основних вендорів у галузі домашньої автоматизації.

На завершення, у першому розділі, досліджено вплив штучного інтелекту на систему «Розумний будинок» та виконано огляд досліджень системи на основі машинного навчання, що є одним з перспективних напрямків подальшого розвитку даного напрямку.

У другому розділі проведено аналіз складових системи «Розумний будинок», представлено протоколи на базі яких функціонує система та приведено приклад реалізації системи, мета якого полягала в реалізації системи «розумний дім» шляхом керування пристроями за допомогою Arduino Uno та мобільного телефону.

Цей дослідницький проект є прикладом реалізації системи розумного будинку, яку можна зустріти за низькою ціною, простою у використанні та надійною. Це підсилює аргумент, наведений у цьому дослідженні, що завдяки розвитку технологій можливо покращити системи за низьких витрат і багатофункціональним способом, який потребує відносно низького рівня обслуговування.

Цей прототип системи є простим, недорогим і простим у використанні. Тим не менш, прототип все ще потребує подальшої розробки та вдосконалення з точки зору функціональності системи.

Виконуючи останнє поставлене завдання, у третьому розділі представлена модель інтелектуального сервісу шляхом встановлення датчика IoT всередині будинку і аналіз цих даних для прогнозування майбутнього споживання енергії. Тут було зібрано сім типів даних датчиків і представлено сервісну модель майбутнього енергозбереження в розумному будинку шляхом аналізу кореляції між даними та навчанням і побудови моделі на основі машинного та глибокого



навчання. Виявлено, що точність моделі прогнозування розумного будинку, налаштованої на енергозбереження, залежить від актуальності зібраних даних (вхідне значення). Крім того, виявилось, що невідповідні дані є невідповідними вхідними даними для моделі, оскільки вони погіршують продуктивність моделі. Видаляючи нерелевантні дані, можна реалізувати високоточні та економічно ефективні моделі розумного будинку на основі машинного навчання.

У даному дослідженні приділяється увага значенню енергозбереження в розумних будинках:

- інтелектуальна енергетична система, керована даними: досліджувана система надає інтелектуальну енергетичну послугу на основі даних шляхом встановлення недорогих пристроїв Інтернету речей у розумному домі. Він відходить від існуючого методу керування обладнанням на основі розкладу та аналізує майбутнє споживання енергії на основі прогнозованих даних про потужність на основі штучного інтелекту для порівняння з поточними;

- висока масштабованість системи IoT: дана досліджувана система видаляє дублікати пристроїв IoT, встановлених у розумному домі, створюючи структуру, яка може досягти більшої ефективності у великих просторах, ніж у менших;

- висока продуктивність моделі та економічно ефективна побудова системи: ця система видаляє датчики IoT, які не мають кореляції, збираючи дані про навколишнє середовище з пристроїв IoT, встановлених у розумному домі, та аналізуючи кореляцію зібраних даних.

Таким чином результат дослідження показав, що використовуючи даний підхід можливо підвищити продуктивність моделей штучного інтелекту і знизити ціну систем IoT.

## 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. Fächtenhans, 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)**



Кваліфікаційна  
робота  
на тему:

«ПРОЕКТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ  
РОЗУМНОГО БУДИНКУ З ЕЛЕМЕНТАМИ  
ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ»

Студент:  
Максим КУЗЬМЕНКО

Київ 2023

МЕТА РОБОТИ

2

*Мета роботи* – підвищення енергозбереження в розумному будинку із застосування штучного інтелекту.

*Об'єкт дослідження* – процес енергозбереження в розумному будинку.

*Предмет дослідження* – система розумного будинку.

**Завдання:**

- аналіз тенденцій розвитку системи «Розумний будинок»;
- дослідження складових системи розумний будинок та його особливості функціонування;
- реалізація моделі інтелектуального сервісу для прогнозування споживання електроенергії.

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

3

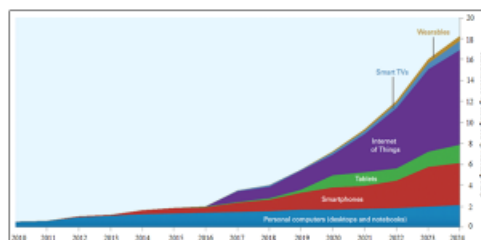


Рис.1.1. Зростання кількості пристроїв IoT у світі

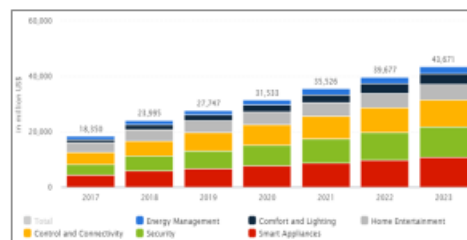


Рис.1.2. Зростання доходів технологій «Розумний будинок»

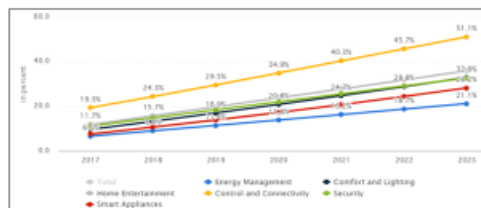


Рис.1.3. Ріст проникнення технологій розумного будинку у сегменти

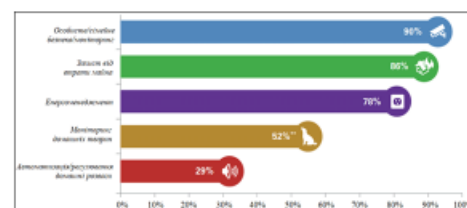


Рис.1.4. Причини використання системи Smart-Home



Рис. 1.5. Приклад застосування та можливості



Рис. 1.6. Ключові гравці

ВПЛИВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА СИСТЕМУ РОЗУМНОГО БУДИНОКУ

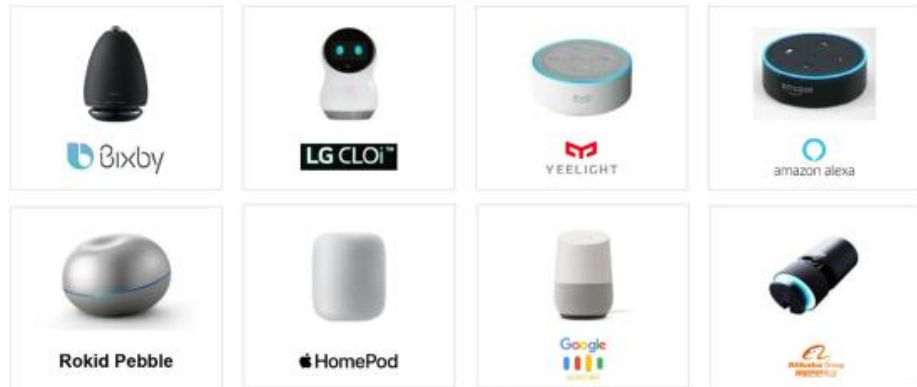


Рис. 1.7. Голосові помічники та системи керування на основі ШІ

СТРУКТУРА СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»



Рисунок 1.8. Структурна схема системи «Умный дом»

Верхній рівень

Середній рівень

Нижній рівень

1. Компоненти нижнього рівня



2. Компоненти середнього рівня



3. Компоненти верхнього рівня



Структура системи «Розумний будинок» складається з трьох рівнів, а саме нижнього, середнього і верхнього. Нижній рівень, це датчики і виконавчі елементи, такі як сервоприводи, датчики вологості і температури, ультразвукові сенсори тощо. Середній рівень системи «Розумний будинок» в нашому випадку представлений у вигляді контролера Arduino. Верхній рівень, це програмне забезпечення або ж Web-додаток через яке здійснюється управління системою «Розумний будинок».





Таблиця 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



Рисунок 1.9. Інтерфейс програми SmartThings



Рисунок 1.10. Інтерфейс програми Alexa від Amazon



Рисунок 1.11. Інтерфейс програми Apple Home

ПРИКЛАД РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ



Рисунок 1.12. Остаточний дизайн прототипу розумного будинку



Рисунок 1.13. Панелі Sweet Home 3D



Рисунок 1.14. Конструктор компонентів App Inventor



Рисунок 1.15. Редактор блоків



Рисунок 1.16. Інтерфейс користувача системи

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

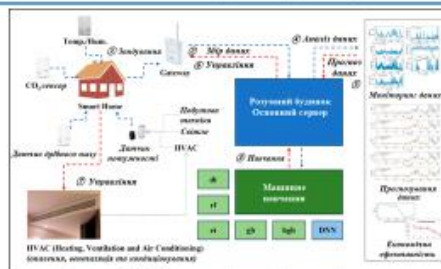


Рисунок 1.17. Методологія досліджуваної системи



Рисунок 1.18. Сервісна інфраструктура



Рисунок 1.19. Блок-схема служби

Рисунок 1.20. Тестовий стенд

Таблиця 1.2. Сенсорні пристрої IoT

Прилади	Характеристики	Використання
Датчик температури та вологості	- Робочий діапазон: від -55° С до 20°С - Протокол: Zigbee	Збір даних про температуру/вологість у приміщенні
Датчик дрібного пилу/CO <sub>2</sub> сенсор	- Елементи вимірювання: окис вуглецю, вуглекислий газ, метан, формальдегід, VOCs, частинки; - Протокол: Zigbee.	Збір даних про CO <sub>2</sub> та дрібний пил у приміщеннях
Розумний датчик руху	- Відстань виявлення: 10 м/84°; - Дальність зондування: 5,0 м × 5,0 м × 5,0 м	Виявлення руху користувача в приміщенні
Розумний субметр	- Тип: Сенсор; - Розмір: 7,5 м × 7,5 м × 3,5 м; - Протокол: Zigbee.	Вимір енергоспоживання кімнати

РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗУМНОГО БУДИНКУ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Рисунок 1.21. Реалізація моделі оптимального прогнозування

Рисунок 1.23. Варіація ефективності моделі (RMSE) на класифікацію датчиків у моделі глибокого навчання

Таблиця 1.3. Класифікації датчиків

Класифікації	Список датчиків
S1	CO <sub>2</sub> , Дрібний пил
S2	S1 + Вологість
S3	S2 + Температура
S4	S3 + Light Power
S5	S4 + Потужність вентилятора

Рисунок 1.22. Графік прогнозу даних як результат глибокого навчання.

РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗУМНОГО БУДИНКУ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Рисунок 1.24. Графік прогнозу даних з машинного навчання

Рисунок 1.25. Зміна продуктивності моделі (RMSE) кожної моделі машинного навчання

Рисунок 1.26. Рівень зниження витрат

Таблиця 1.4. Модель машинного навчання

Класифікації	Модель машинного навчання
dt	Регресор дерева рішень
rf	Випадковий лісовий регресор
et	Регресор додаткових дерев
gb	Регресор, що посилює градієнт
hgb	Регресор із підвищенням градієнта історії

Таблиця 1.5. Продуктивність моделі на модель машинного навчання

Класифікації	dt	rf	et	gb	hgb	S4
RMSE	35,50	24,48	23,35	22,29	27,95	28,68