



Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Тарасенко М.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«    »      2022 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Красіцька Софія Богданівна  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Впровадження електронних систем розумного будинку з підвищеною ефективністю**

Керівник роботи **Д.т.н., професор Тарасенко Микола Григорович**  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «9» листопада 2022 року № 4/7-883

2. Термін подання студентом завершеної роботи 10 грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи Відомості про систему розумного будинку.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Огляд системи розумного будинку, функції які виконує система розумного будинку, сфери застосування, покращення енергоефективності розумного будинку, оцінка системи.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Архітектура тестового стенда, блок схема системи, принципова схема системи, діаграма результатів прогнозів, діаграма споживання електроенергії в розумному будинку порівняно з класичним будинком.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Гурик О.Я., к.т.н., доцент кафедри МТ		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Клепчик В.М., старший викладач каф ОХ		
Нормоконтроль	Мовчан Л.Т., к.т.н., доцент каф. ЕІ		

7. Дата видачі завдання 9.11.2022 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз літератури за тематикою кваліфікаційної роботи. Обґрунтування актуальності, поставка завдань	13.11.2022 р.	
2.	Аналітичний розділ огляд системи розумного будинку	20.11.2022 р.	
3.	Проектно-конструкційний розділ	24.11.2022 р.	
4.	Розбір структури тестового стенда	07.12.2022 р.	
5.	Дослідження різних систем розумних будинків і вплив на енергоефективність	10.12.2022 р.	
6.	Формулювання загальних висновків роботи	15.12.2022 р.	
7.	Розробка заходів з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	17.12.2022 р.	
8.	Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	19.12.2022 р.	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Красіцька С. Б.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Тарасенко М. Г.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

**Красіцька С. Б.** Впровадження електронних системи розумного будинку з підвищеною ефективністю. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТм-61.- Тернопіль ТНТУ, 2022 рік.

Стор. - 54; рис. - 20; джерел - 30; додатків - 1.

У кваліфікаційній роботі розглянуто систему розумного будинку та показано наскільки актуальна зараз ця тема.

Розглянуто, що таке система розумного будинку, які функції вона виконує та які бази використовує для своєї роботи. Класифікацію розумних будинків. Сфери їх застосування та управління ресурсами.

Також висвітлено структуру роботи, щодо пристроїв які використовуються для того, щоб система працювала надійно, Які програми використовуються для програмування системи розумного будинку. Проведена оцінка продуктивності системи.

На основі дослідницьких даних порівняно споживання електричної енергії в класичному та розумному будинках.

Ключові слова: інтернет розумних речей IoT, розумний будинок, енергоефективність, прогноз споживання енергії.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП .....	9
1.АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	11
1.1. Огляд систем розумного будинку .....	11
1.1. Що таке розумний будинок.....	11
1.2. Функції, які виконує система розумного будинку .....	14
1.2.1.Освітлення.....	14
1.2.2. Опалення.....	17
1.2.3.Система безпеки.....	18
1.2.4. Симуляція присутності.....	19
1.2.5. Енергоефективність.....	20
1.2.6. Дистанційне керування будинком.....	21
1.3.Постановка проблеми.....	21
2.ПРОЕКТНО-КОНСТРКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	22
2.1.Огляд.....	21
2.2. Сфера застосування розумного будинку.....	23
2.3.Управління ресурсами.....	23
2.4. Моделі розумного будинку на основі класифікації.....	27
2.5. Безпека.....	28
2.6 GatorTech Smart House .....	29

2.7. Адаптивний будинок.....	31
2.8. MavHome (керування інтелектуальним багатофункціональним будинком).....	32
3. РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ.....	33
3.1. Архітектура тестового розумного будинку.....	33
3.1.2. Опис компонентів.....	35
3.1.3. Робота системи.....	39
3.1.4. Вибір машинного навчання та експериментальна установка.....	40
3.2. Оцінка продуктивності системи.....	42
3.2.1. Оцінка ефективності, результати та обговорення.....	42
3.2.1.1. Середньоквадратична помилка.....	42
3.2.1.2. Коефіцієнт варіації.....	42
3.3. Узагальнення.....	44
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	45
4.1. Аналіз можливих небезпечних і шкідливих виробничих чинників електробезпеки, пожежної безпеки певного об'єкта дослідження.....	45
4.1.1. Основні поняття про охорону праці.....	45
4.1.2. Вимоги з електробезпеки.....	47
4.1.3. Які є групи допуску.....	48
4.1.4. Періодичність навчання з електробезпеки.....	50
4.1.5. Система попередження пожеж. Протипожежний захист.....	51
4.2. Захист персоналу та навколишнього середовища від небезпечних виробничих факторів.....	54

4.2.1. Вимоги до працівників під час обслуговування електроустановок.....	54
4.2.3 Організація безпечної експлуатації електроустановок.....	56
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	57
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	58
ДОДАТОК 1 .....	1

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

IoT (Internet of Things) або Інтернет речей – система фізичних об'єктів («речей»), взаємопов'язаних між собою за допомогою вбудованих датчиків, програмного забезпечення та/або інших технологій. Цей зв'язок потрібний для того, щоб передавати дані на інші пристрої в системі або в інші системи через Інтернет.

ІКТ,- Інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ, від англ. Information and communications technology, ICT) синонім до інформаційних технологій (ІТ).

RGB - скорочено від англ. Red, Green, Blue - червоний, зелений, синій.

Gator-Tech SmartHouse визначає місцезнаходження та положення фізичних осіб, що в ньому перебувають, а його «розумні двері» з використанням технології радіочастотної ідентифікації розпізнають осіб, доступ яким дозволено, та відчиняють перед ними двері без використання ключа.

ZigBee - бездротовий стандарт передачі даних. Підтримується і розвивається однойменним альянсом ZigBee™, який був створений в 2002 році з метою об'єднання зусиль з розроблення найефективніших протоколів і забезпечення сумісності пристроїв різних виробників.

GSM - Глобальна система мобільного зв'язку - міжнародний стандарт для мобільного цифрового стільникового зв'язку з розділенням каналу за принципом TDMA та високим рівнем безпеки за рахунок шифрування з відкритим ключем.

TDMA англ. Time division multiple access - це метод часового поділу одного фізичного каналу зв'язку. Є додатком мультиплексування каналу з поділом за часом до радіозв'язку. Він дозволяє кільком користувачам використовувати цю саму частоту, але лише в певні інтервали часу.

HVAC - Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря, (скор. ОВК, або HVAC від англ. Heating, Ventilation, & Air Conditioning), це сукупність інженерних систем, метою яких є створення необхідних чи оптимальних умов мікроклімату, потрібних для перебування людей чи протікання технологічних процесів в приміщеннях будинків та споруд, засобах пересування тощо.

LeZi Update - Лінійні обчислення (англ. lazy evaluation, також відкладені



обчислення) — стратегія обчислення, що застосовується в деяких мовах програмування, згідно з якою обчислення слід відкладати доти, доки не знадобиться їх результат.

Arduino Uno - це пристрій на основі мікроконтролера ATmega328.

PIR - passive infrared sensors - пасивні інфрачервоні датчики.

АЦП - (англ ADC. Analog-to-digital converter) - аналого-цифровий перетворювач - пристрій, що перетворює вхідний аналоговий сигнал на дискретний код (цифровий сигнал).

RMSE - Root Mean Square Error

CV - coefficient of variation

SVM - support vector machines - метод опорних векторів

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Кожній людині хочеться жити в комфорті, тому технології розвиваються дуже швидко, щоб забезпечити нас бажаним результатом. Споживання електроенергії стало великою проблемою через неефективне використання приладів і ненадійне визначення зайнятості. Використання Інтернету речей змінює вигляд розвитку в усіх сферах людського життя, і його можна використовувати для успішного впровадження енергоефективних будівель і, отже, призвести до зниження споживання електроенергії. Тому, щоб забезпечити вказане рішення, у будинку встановлюються різні інтелектуальні датчики для автоматизації будинку та виявлення руху у кімнаті/будинку, щоб забезпечити енергоефективність. Наявності та розширенню технологій розумного дому призвело до збільшення потреби в інтелектуальному навчанні мешканців і виявленні їх дій, таких як безпека, енергоефективна автоматизація, управління ресурсами.

**Мета і завдання дослідження.** Мета полягає в тому, щоб запропонувати підвищення енергоефективності для розумних будинків. Дослідження охопило огляд існуючих розумних будинків та їх застосування, а також перегляд існуючих енергоефективних алгоритмів. У дослідження використано алгоритм, щоб переконатися, що «розумний будинок» є автоматизованим, а також спостерігає за енергоефективністю. Для збору даних використано деякі датчики, а для отримання інформації від користувачів було використано анкету. Цю роботу можна використовувати у всіх існуючих розумних будинках для підвищення енергоефективності.

Цілі дослідження:

1 Загальна мета

- Запропонувати енергоефективний алгоритм для розумних будинків.

2 Конкретні цілі

- Ознайомитися зі споживанням енергії та витратами в будинках.

- Ознайомитися з існуючими енергоефективними алгоритмами та структурою розумного будинку в системі IoT.

-Спроекувати покращену енергоефективну систему для будинку.

-Передбачити майбутнє споживання енергії в будинках і як можна забезпечити енергоефективність за допомогою алгоритму.

**Об'єкт дослідження** - процес підвищення енергетичної ефективності шляхом впровадження систем розумного будинку.

**Предмет дослідження** - характеристики сучасного обладнання для контролю споживання електроенергії.

**Наукова новизна отриманих результатів.**

-Отримало подальший розвиток застосування алгоритмів системи розумного будинку

– Запропонована для подальшого дослідження модель розумного будинку.

**Практичне значення отриманих результатів.**

Впровадження результатів досліджень системи розумного будинку дозволяє раціонально споживати електроенергію .

**Апробація.** Результати досліджень за темою кваліфікаційної роботи були представлені на (XI Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій»).



Основна мета розумного будинку полягає в тому, щоб використовувати технології для забезпечення мешканцям комфорту та зручності, безпеки, ефективності в управлінні різноманітними домашніми ресурсами, такими як електрика вода, опалення та усунення повторюваних дій.

Нещодавнє відкриття інших напрямків досліджень у сфері інформаційно-комунікаційних технологій призвело до використання IoT як інструменту, який можна застосувати для реалізації важливих проектів, таких як ефективне енергопостачання, обробка великої кількості даних, автоматизація, а також використовувати для безпеки та конфіденційності даних.

Відповідно IoT - це аспект ІКТ, який використовує різноманітні алгоритми разом із методами для досягнення зв'язку в різних речах (фізичних пристроях) для досягнення кількох цілей [2]. Технологія IoT передбачає використання кількох датчиків, комунікаційної інфраструктури та фізичного обладнання, такого як побутова техніка та промислове обладнання, для надання цінних даних, які дозволяють професіоналам у цій галузі пропонувати різні види послуг людям у багатьох формах. Завдяки зростанню Інтернету речей з'являється велика кількість розумних будинків, у яких енергоефективність є ключовою. Розумний будинок описується як будинок, який є автоматизованим і яким можна керувати дистанційно [3].

Спостерігається значне збільшення електроприладів, що викликає надзвичайну стурбованість в енергетичному секторі та, як наслідок, приносить нерівність у співвідношенні попиту на енергію та її постачання [4]. Щоб впоратися зі збільшенням попиту на енергію, необхідно уважніше стежити за управлінням споживання енергії. Більша увага приділяється управлінню енергією з метою мінімізації загальних витрат на електроенергію без впливу на споживання, вирішуючи зменшити споживання електроенергії в години напруженої роботи. Постачальники енергії прагнуть проектувати та розробляти змінні та портативні структури, щоб забезпечити широкий спектр споживачів для гармонізації всієї системи. Алгоритми скорочення витрат на період попиту та рівень комфортності користувача з функціями тілесної інформації вбудовані в різні середовища IoT.

Останнім часом Інтернет речей широко застосовується в сферах розумних будинків, розумних міст, систем моніторингу навколишнього середовища, систем і послуг охорони здоров'я, послуг на базі безпілотних літаків, і ефективного управління енергією будівель. Це змінює парадигму щодо споживання енергії на основі людських потреб і стійкості. Очікується, що в найближчі роки попит на енергію значно зросте через зростання чисельності населення, зростання економіки, а також потреби в комфорті. За даними, споживання енергії в усьому світі зросло до 2,3% у 2018 році, що подвоїлося з 2010 року. В Україні за січень 2022 року спостерігається збільшення електроспоживання, яке склало 15299,0 млн кВт·год, що на 786,9 млн кВт·год або на 5,4% більше, ніж за січень 2021 року[5].

Метою розумних будинків є максимізація комфорту та безпеки, оптимізація використання енергії та усунення напруженої повторюваної діяльності. Власникам будинків настав час правильно використовувати наявну електричну енергію ефективним чином, щоб зменшити витрати та підвищити комфорт користувачів. Тому в цій роботі розглянуто систему, яка забезпечить енергоефективність в розумних будинках.

Значною мірою кількість даних зростає завдяки збільшенню використання інтелектуальних пристроїв, які збирають, з'єднують, передають і обмінюються великою кількістю даних. У цю технологічну еру (четверта промислова революція) інновації неминучі. З розвитком технологій розумний будинок став потребою, а не вибором. Колись розумні будинки були для багатих людей або, можна сказати, це було престижем, але зараз вони стали більш поширеними та важливими через те, що це переваги для життя людей.

Завдяки цьому розвитку нових технологій, таких як: хмарні обчислення, Інтернет речей, наука про дані, штучний інтелект, виграє велика кількість секторів. Поєднуючи ці технології, ми отримуємо кращі результати. Що стосується моєї роботи, я також використала алгоритми для прогнозування в Інтернеті речей, щоб отримати активний розумний будинок. У цьому випадку я використала алгоритм методів опорних векторів щоб покращити ефективність розумного будинку шляхом прогнозування майбутнього споживання електроенергії.

## 1.2. Функції, які виконує система розумного будинку

### 1.2.1. Освітлення

Освітлення є найважливішим і найчастіше використовуваним елементом електричної енергії у будинку. Більшість людей основну частину дня працюють за межами дому а повертаються лише ввечері. Оскільки в цей час природного світла недостатньо, ми замінюємо його штучним.

У деяких приміщеннях будинку рекомендується використовувати освітлення з можливістю затемнення або навіть зміни температури кольору освітлення. Це ви можете побачити на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2. Освітлення тепле біле, класичне біле, холодне біле.

Такі кімнати – це не тільки вітальні та спальні, де хочеться створити різноманітні світлові сцени, але й передпокій між спальнею та ванною або дитячою кімнатою.

Подумайте про необхідність відвідування туалету вночі. Щоб не поранитися, не зламати щось і не наступити випадково на гостру іграшку, яку малюк залишив посеред коридору, варто освітлити собі шлях. Щоб вас не сліпило від зайвого світла, приємніше, якщо вночі світло в передпокої буде світити зі зниженою інтенсивністю.

Подібна ситуація може статися, якщо ваша дитина прокидається серед ночі через погані сни, а ви намагаєтеся її заспокоїти і якомога швидше вкласти спати. Якщо увімкнути світло, зайшовши в кімнату дитини, вона може подумати, що вже ранок, і зрадіє, що до нього в кімнату прийшли пограти тато чи мама.

З іншого боку, багатьом дітям важко заснути в непроглядній темряві. Тьмяне світло в дитячій кімнаті може допомогти вам повільно вкласти її спати при все меншій і нижчій інтенсивності світла

Розумні будинки зазвичай також мають зовнішнє освітлення, рисунок 1.3 За допомогою різних джерел світла ви можете створити різні сцени та атмосферу перед своїм домом. Якщо мова йде про те, що ви знаходитесь на вулиці, то бажано скористатися опцією дистанційного ввімкнення вуличного освітлення. Це дозволить вам за потреби керувати вуличними ліхтарями за допомогою пульта дистанційного керування (або смартфона), не заходячи кожного разу в будинок.



Рисунок 1.3. Зовнішнє освітлення.

За допомогою системи розумного будинку можна керувати всіма джерелами світла у режимі ввімкнення/вимкнення або затемнення, вибираючи найкращий для



вас інтерфейс (просту кнопку чи віддалений інтерфейс, наприклад, за допомогою смартфона чи пульта дистанційного керування). Я можу вирішити, яке джерело чи групу джерел увімкнути чи вимкнути, можу встановити певний час доби, коли я хочу, щоб певна лампа увімкнулася. Крім того можу вибрати деякі «сцени» включання джерел освітлення наприклад: перша лампа буде світити на 100% своєї інтенсивності, друга на 50% і третя на 20%. Також можу застосувати інший режим освітлення: на 1 годину джерело світла включити на 70%, потім 25 хв на 40%, та 5 хв на 15%).

Є можливість використовувати іншу функцію так як домашня бездротова мережа завжди знає, де ви перебуваєте, оскільки ваш смартфон завжди з вами. Таким чином під'їзна дорога до будинку засвітиться, щойно ви під'їдете досить близько до свого дому, без необхідності самостійно вмикати його по телефону.

Вночі встановіть автоматичне відключення зовнішнього освітлення, щоб воно не світилося всю ніч. Світло знову увімкнеться, якщо на прибудинковій території з'являться гості

### **1.2.2. Опалення**

Опалення є однією з підсистем, які завжди присутні в оселі. Деякі користувачі, живуть у квартирах та мають центральне опалення з радіаторами. У цьому випадку можна встановити термостатичні вентиля (дивитись на рисунок 1.4) підключені до системи розумного будинку, і контролювати їх по кімнатах, встановлюючи різні температури. Інші мають індивідуальне опалення і теплу підлогу з гідравлічним колектором, і можуть встановити більше зонних клапанів з приводами, підключеними до системи розумного будинку.



Рисунок 1.4. Термостатичний вентиль.

З цими пристроями ви можете контролювати опалення вдома навіть за допомогою смартфона. Додаткова перевага полягає в тому, що за допомогою термостатичного вентиля навіть можна заощадити на опаленні, нагріваючи лише тоді і там, де потрібно.

### **1.2.3. Система безпеки**

Більшість виробників систем розумного будинку продають пристрої, які забезпечують протиугінні функції, від найнижчого рівня (просто датчики руху та сирена) до найвищого (зв'язок з поліцією або службою безпеки на випадок спрацювання). Якщо грабіжник проникає у будинок, система розумного будинку також може викликати швидке мигання всіх ламп у квартирі, щоб якомога більше заплутати грабіжника.

Також система безпеки розумного будинку оснащена різними датчиками. До сигналізації можна підключити датчики руху, диму, CO<sub>2</sub>, розливу води, відкритих вікон і дверей, вимірювання споживання енергії. З їх допомогою можна захистити свій будинок від пошкоджень і зменшити побічні ефекти через випадкові події.

Детальніше про ці датчики можна розглянути на рисунку 1.5. Це доволі розповсюджена система безпеки AJAX.



Рисунок 1.5. Датчики системи безпеки AJAX

#### 1.2.4. Симуляція присутності

Навіть найкраща система безпеки в світі не відверне рішучого грабіжника. Але система розумного будинку може дещо зробити.

Коли бачу як працює симуляція присутності то одразу згадується фільм «Сам удома», коли грабіжники зупинились перед будинком, щоб впевнитись, що господарі поїхали, а застали вечірку, яку зробив Кевін, щоб захистити себе та будинок.

Система «розумний будинок» може забезпечити функцію симуляції присутності, яка є набагато досконалішою, ніж у згаданому вище фільмі. Вона записує команди протягом будь-якого дня, наприклад:

- коли в будинку вмикалися та вимикалися окремі джерела світла,
- підняття та опущення жалюзі в кожній кімнаті,

- змінене освітлення кімнат,
- змінення кольору світлодіодних ламп RGB і.

Коли ви йдете з дому на тривалий час, ви можете активувати функцію імітації присутності, натиснувши одну кнопку, перш ніж вийти з дому. Штучний інтелект відтворюватиме всі збережені команди, так що ззовні буде виглядати так, ніби ви все ще фізично вдома.

Таким чином можна записувати те, що відбувається протягом дня, тижня чи навіть місяця, щоб відтворення запису виглядало якомога реалістичніше.

Описана операція є великою перевагою з точки зору безпеки порівняно з простими таймерами, які вмикають і вимикають освітлення щодня в один і той же час. Потенційний грабіжник може спостерігати за будинком перед пограбуванням і виявити, що жалюзі піднімаються і опускаються, світло вмикається і вимикається в абсолютно різний час протягом дня або тижня. Це може вплинути на його наміри.

### 1.2.5. Енергоефективність

Сучасні будинки напряму залежать від електроенергії. Освітлення, опалення водопостачання залежать від електрики. У більшості випадків людина не знає яку кількість електроенергії споживає її той чи інший прилад (приблизні відсотки споживання електроенергії приладами можна переглянути на рисунку 1.6) і в цьому випадку лише можливість контролювати це може зменшити витрати енергії..



Рисунок 1.6. Споживання енергії в домогосподарствах

Система розумного будинку може вимірювати та відображати споживання енергії всіма пристроями, підключеними до електричної системи, може встановлювати поріг потужності, який не можна перевищувати, щоб запобігти спрацьовуванню загального вимикача, може активувати прилад, коли тариф на енергію знижується, може вимкнути світло і опалення, коли в кімнаті нікого немає. Крім того, його можна з'єднати з усіма видами систем виробництва відновлюваної енергії. Системи розумного будинку із їхніми інтелектуальними термостатами, датчиками присутності та пристроями моніторингу енергії допомагають розумно використовувати електроенергію і заощаджувати гроші.

### 1.2.6. Дистанційне керування вашим будинком

Щоб керувати всіма пристроями та функціями, можна використовувати перемикачі, кнопки, сенсорні екрани та навіть інтерфейс голосового керування. Але якщо ви дуже поспішаєте з дому і лише пізніше в дорозі чи на роботі згадуєте, що не натиснули кнопку «Вимкнути все світло», коли виходили, можна просто увійти в систему розумного будинку за допомогою смартфон рисунок 1.7, планшет або комп'ютер і зробіть це. Більшість виробників систем розумного будинку сьогодні надають можливість мати інтерфейс дистанційного керування, і в більшості випадків він складається з веб-сторінки, куди можна увійти за допомогою свого імені та пароля і перевірити стан кожного обладнання і всієї системи.



Рисунок 1.7. Керування системою розумного будинку з смартфоном

### 1.3. Постановка проблеми

Використання енергії в різних формах стало одним із головних предметів обговорення в сучасному світі, тоді як споживання електроенергії є великою проблемою через збільшення кількості пристроїв IoT, неефективне використання приладів і відсутність прогнозування зайнятості. Тому вкрай важливо, розробити покращений алгоритм для енергоефективності в розумних будинках, оскільки результати прогнозування, отримані за допомогою алгоритму прогнозування, можна використовувати для автоматизації взаємодії з будинком. Багато електричної енергії витрачається даремно, залишаючи освітлення в кімнаті/будинку ввімкненим. Телевізори залишаються ввімкненими, коли вони не використовуються, та інші побутові прилади. Враховуючи те, що енергоефективність є одним із ключових факторів, цілей сталого розвитку, було встановлено, що використання сенсорних пристроїв в енергетичному секторі значною мірою покращує діагностику, прийняття рішень, аналітику, процесу оптимізації та інтегрує показники ефективності. Щоб вирішити проблему, виявлену вище, у цьому дослідженні пропонуємо використовувати алгоритм прогнозування для керування та моніторингу приладів у розумному будинку .

Це дослідження дало змогу зібрати дані та провести оцінку запропонованого енергоефективного алгоритму, спроектувати інтелектуальні системи розумного будинку та прогнозувати майбутнє споживання енергії в розумних будинках, що допоможе підтримувати ефективне використання пристроїв.

## 2. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 2.1. Огляд

В останні роки спостерігалось зростання вартості енергії через такі фактори, як погодні умови, попит і пропозиція, економічні проблеми та інші. Незважаючи на це, користувачі не аналізують свого енергоспоживання, щоб переконатися в енергоефективності та заощадити кошти[6].

Наприклад, у Сполучених Штатах у будь-якому випадку 30% енергії, яку споживають приватні та бізнес-клієнти, витрачається даремно[7]. Це спонукає науковців та енергетичну галузь зосередитися на створенні рішень, які допомагають клієнтам аналізувати, контролювати та економити енергію вдома, так само, як відкривати вибіркові джерела енергії, наприклад, вітру та сонця.[8].

Як відомо, метою розробки розумного будинку є надання мешканцям кращого досвіду домашнього життя. Досягти більш стійкого розумного будинку можна за допомогою динамічних та адаптивних обчислювальних алгоритмів і технологій, які відповідають потребам мешканців. Завдяки широкомасштабним датчикам, встановлених у розумних будинках для моніторингу дій мешканців, поведінки щодо використання ресурсів, які зберігаються, деякі дослідницькі зусилля зосереджені на аналізі зібраних даних для розробки розпізнавання та прогнозування шаблонів зайнятості та використання, а також адаптивної розробки алгоритму для реагування на потреби активних мешканців. У цьому розділі я зосередилася на наступному;

- області застосування розумного будинку,
- прогнозу зайнятості,
- адаптивних алгоритмах.

## **2.2. Сфери застосування розумного будинку**

Один із способів класифікації дослідницьких зусиль розумного будинку базується на послугах або області застосування технології розумного будинку. Ці роботи зосереджені на вдосконаленні або оптимізації таких послуг на основі сфер застосування. На цьому етапі я коротко переглянула три основні сфери застосування розумних будинків, включаючи управління ресурсами, безпеку та охорону здоров'я.

## **2.3. Управління ресурсами розумного будинку**

Основні ресурси в середовищі розумного будинку включають в себе воду, газ і електроенергію[9]. Ефективне управління такими ресурсами має важливе значення для створення більш стійких і економічно ефективних розумних будинків. Таким чином, багато дослідницьких зусиль у сфері розумних будинків зосереджені на аналізі потреб мешканців у ресурсах, прогнозуванні потреб і пропонуванні нових алгоритмів для покращення використання ресурсів у розумних будинках. Зовсім недавно дослідники запропонували використовувати накопичення енергії за наявності цін на електроенергію в реальному часі, щоб скоротити витрати. Основна ідея більшості цих робіт полягає в тому, щоб накопичувати дешеву електроенергію в періоди низького навантаження, а потім використовувати її в піковий період, тим самим скорочуючи витрати [10].

Значна частина таких робіт стосується автоматизації та оптимізації систем опалення/охолодження та систем освітлення для розумних будинків.[11, 12]. Крім згаданих систем з'являється великий обсяг робіт із загального управління споживанням електроенергії для розумних будинків, враховуючи статус розумної мережі, доступність відновлюваної енергії та планування зарядки електромобілів у розумних будинках[13, 15]. Зокрема, енергія є важливим ресурсом, який є ключовим чинником усіх інших послуг і технологій розумного будинку. Електроприлади, наприклад: холодильник, пральна/сушильна машина, розважальні системи, системи



HVAC (опалення, вентиляції та кондиціонування повітря), використання датчики та комунікаційні пристрої, призводять до високого споживання енергії в домашніх умовах. Багато розумних будинків використовують відновлювані джерела енергії щоб зменшити витрати на енергію розумних будинків, а також підвищити їх стійкість і зменшити викиди вуглецю. Включення прогнозу погоди в управління ресурсами розумних будинків також розглядалося у вивчених мною роботах. У матеріалі «Доводи для ефективного управління відновлюваною енергією в розумних будинках» наводиться кілька прикладів конкретних підходів, які стосуються різних аспектів системи управління ресурсами, запропоновано гетерогенну ієрархічну архітектуру сенсорної мережі для моніторингу поведінки мешканців[14]. Дані, зібрані датчиками, використовувалися для створення профілів користувачів [16]. На їх основі, а також даних у реальному часі, наданих системою, розроблено модель прогнозу поведінки мешканців у споживанні енергії, яку потім використовували для оптимізації енергії споживання розумного будинку за допомогою середовища віртуалізації пристроїв (DVE) для автоматичного встановлення параметрів системи. Одним із способів покращення енергоефективним будинку запропоновано керувати освітленням[17]. Ідея «розумного будинку» полягає в тому, щоб використовувати технології для отримання комфорту, безпеки, зручності, автоматизації та ефективного використання енергії та інших комунальних послуг[18].

### Провід і з'єднання

Напруга, яка використовується в усій Європі (включаючи Великобританію), була узгоджена з січня 2003 року на рівні 230 В 50 Гц. Він розподіляється за допомогою двох провідників, які називаються Лінія (літера L, колір коричневий або чорний) і Нейтраль (літера N, колір синій). Між ними виникає змінна напруга (АС) синусоїдальної форми.

Кажуть, що струм тече від провідника лінії (кабелю) через навантаження (наприклад, лампу або прилад), а потім повертається до джерела живлення за допомогою нейтрального провідника. Це не зовсім вірно, оскільки лінія електропередачі в наших будинках є змінним струмом, тому кожен півперіоду напрямок струму змінюється. У будь-якому випадку, для зручності ми можемо

розглядати лінійний кабель як «подачу», а нейтраль як «зворотний». Правильний вибір провідника визначається призначенням кінцевого пристрою, тобто його потужністю.

Найважливішим фактором при виборі правильного кабелю є сила струму, яку він може витримувати постійно. Наприклад, для освітлення найчастіше використовується провід 1,5 мм<sup>2</sup> і захист 10 А, а для розеток – провід 2,5 мм<sup>2</sup> і захист 16 А або більше, в залежності від споживача.

При розрахунку провідника також розраховується падіння напруги від розподільчої шафи до вимірювальної шафи домашнього підключення. Допустимий перепад напруги, який не повинен перевищувати провідник, становить 4%. Усі навантаження на нашій електростанції підключені, як показано на малюнку нижче. Існує також третій дріт, який називається «Захисне заземлення» (літери РЕ, колір зелений/жовтий). Цей дріт забезпечує підведення потенціалу заземлення до всіх електричних розеток з міркувань безпеки. Прилади з металевим корпусом під'єднані до заземлюючого дроту, тому в разі пошкодження будь-якої ізоляції в приладі струм буде закорочено на землю, таким чином спрацьовуючи вимикач або розплавляючи запобіжник у цьому ланцюзі та захищаючи життя людини.

У стандартній електричній системі перемикач є точкою, де користувач вирішує увімкнути або вимкнути навантаження (це команда), а також точкою, де лінія під'єднана чи ні до навантаження (тобто виконавчий механізм).

### Захисні пристрої

Захисні пристрої встановлюються в будівлях з метою захисту виконаної електроустановки від виходу з ладу через надмірне нагрівання і струму короткого замикання, а також захисту людей від ураження електричним струмом.

Деякі приклади захисних пристроїв:

1. Автоматичний вимикач: служить для захисту провідників від надструму від місця їх установки до навантаження, але не самого навантаження
2. Автоматичний вимикач залишкового струму: також називається «диференційним вимикачем», оскільки він контролює вхідний і вихідний струм, і

якщо створюється різниця, ланцюг розривається (відсутній струм може потрапити в тіло людини).

3. Комбінований автоматичний вимикач: це пристрій, який поєднує в собі функції автоматичного вимикача та пристрою захисного відключення і тому є практичним елементом, якщо у нас є проблема з браком місця в розподільнику. .

4. Вимикачі-роз'єднувачі: це пристрій, який використовується для складання та ізоляції електричних ланцюгів і характеризується високим ступенем сумісності та великими величинами короточасних витримуваних струмів.

5. Запобіжник: це пристрій, що захищає від короткого замикання. У більшості випадків він складається з нитки певного діаметру, відкаліброваної для підтримки певної величини струму. Коли струм перевищує цю величину, нитка розривається і ланцюг розривається. Перемикачі та кнопки Перемикаючі елементи використовуються для вмикання та вимкнення електричного обладнання та пристроїв. Деякі приклади таких елементів:

1. Вимикачі: бістабільні пристрої, які використовуються для вмикання та вимкнення навантаження (лампи або приладу). У них немає, скажімо так, положення «відпочинок»: при натисканні вони залишаються в тому положенні, на яке їх перемістили, доки наступне натискання не змінить це положення. Одна позиція відповідає стану ON, а інша - стану OFF, з фіксованим призначенням.

2. Кнопки: моностабільні пристрої, що використовуються для вмикання та вимкнення навантаження. Вони мають лише одне стабільне положення, і коли їх відпускають, вони автоматично повертаються в це стабільне положення. У стандартній електричній системі, якщо ми хочемо використовувати кнопку для керування навантаженням, ми також повинні використовувати реле, яке одним спусковим механізмом може змінювати та підтримувати свій стан

3. Кнопка шторки: має функцію підняття та опускання жалюзі.

4. Імпульсний вимикач: електронний дистанційний вимикач з функцією енергозбереження. Якщо ми не вимкнемо світло протягом встановленого часу, натиснувши кнопку, воно вимкнеться автоматично і дозволить підключення з 3-4 провідниками.

## Реле

Реле - це електромагнітні пристрої, що складаються з котушки та одного або кількох контактів. Коли котушка живиться струмом, вона стає магнітом і притягує металевий рухомий елемент, з'єднаний з контактом, який змінює положення та переходить з одного стану (наприклад, УВІМКНЕНО) в інший (наприклад, ВИМКНЕНО) або навпаки. Зазвичай котушка підключається до кнопки, а контакти розташовані між лінією живлення та навантаженням, тому при натисканні кнопки навантаження підключається до лінії живлення.

## 2.4. Моделі розумного будинку на основі класифікації

Класифікація - це завдання прогнозування мітки класу для тестового набору даних, заданого навчальним набором даних із визначеними мітками класу. Алгоритм класифікації обробляє навчальний набір атрибутів і намагається виявити зв'язки між ними. Наприклад, деякі розробники використовували виділення ознак і класифікацію для прогнозування контексту користувача на основі минулої поведінки. Деякими прикладами методів класифікації є нейронні мережі, класифікатори дерева рішень, класифікатори на основі правил і опорні векторні машини. У додатках для розумного будинку нейронні мережі можна використовувати для прогнозування дій на основі значень кожного датчика. Це також можна використовувати для виявлення будь-якої аномальної поведінки, подібним чином дерево рішень можна використовувати для моніторингу серії подій у розумному домі та дозволити системі моніторингу реагувати послідовно. Дерево рішень - це керований алгоритм навчання, який працює як для дискретних, так і для неперервних змінних. Він розділяє набір даних на підмножини на основі найважливішого атрибута в наборі даних. Як дерево рішень ідентифікує цей атрибут і як відбувається це розбиття, визначається алгоритмами. Інша техніка класифікації, яка називається опорними векторними машинами (ОПМ), може бути придатною для програм, де навчальна вибірка менша. Наприклад, застосування ОПМ для класифікації повсякденної діяльності, використовує інформацію, зібрану з різних

датчиків і пристроїв розумного будинку. Як видно з різних методів, розглянутих вище, загалом модель класифікації навчається на кількох атрибутах навчальних даних та їхніх відповідних класах, і надається поточний стан атрибутів як тестові дані. Таким чином, вони більше підходять для прогнозування активності чи поведінки, коли необхідно враховувати кілька функцій.

Отже, у додатку розумного будинку моделі на основі класифікації можна використовувати для прогнозування активності, коли враховуються такі атрибути як стан пристрою, шаблони використання пристрою тощо. У цій роботі модель, заснована на класифікації, для прогнозування не підходить, оскільки ми розглядаємо лише одну характеристику, якою є зайнятість або мобільність мешканця розумного будинку.

## 2.5. Безпека

Безпека - це ще одна важлива послуга, яку технологія розумного будинку може запропонувати своїм мешканцям. Звичайні системи домашньої безпеки допомагають убезпечити будинок від зловмисників, тоді як розумні системи безпеки для дому пропонують більше переваг, таких як виявлення вогню та диму, виявлення зловмисників, а також моніторинг і спостереження за домом. Тут я коротко оглядаю деякі роботи, пов'язані з безпекою розумного будинку. У матеріалі «Огляд безпеки в розробці розумного будинку» автори обговорюють програму безпеки розумного будинку та оглядають інструменти та технології для надання послуг безпеки для мешканців розумного будинку [19]. Такі пристрої, як датчики пожежі, диму та сигналізація, можуть захистити мешканців, сповістивши їх у разі надзвичайної ситуації.

Детектори руху, камери, коди безпеки тощо забезпечують захист приміщень розумного будинку, визначаючи, чи є особа мешканцем чи зловмисником. Ці пасивні датчики також можуть вивчати нормальні рухи мешканців, наприклад людей похилого віку, і таким чином, сповіщати користувачів або членів сім'ї про надзвичайні ситуації або дивні моделі рухів. Інші роботи, такі як запровадження та

перегляд технологій, таких як ZigBee, GSM (Глобальна система мобільного зв'язку), WLAN (Бездротова локальна мережа) і бездротова радіочастота для забезпечення спостереження для додатків безпеки [20, 21, 22]. Було проведено кілька досліджень щоб забезпечити конфіденційність даних у цих поширених обчислювальних середовищах. У той час як люди хочуть скористатися послугами розумного дому, конфіденційність виявляється серйозною проблемою, оскільки мешканці не впевнені в непомітності своїх дій, пересувань тощо.

## **2.6. GatorTech Smart House**

Лабораторія Mobile and Pervasive Computing Laboratory при Університеті Флориди розробила проект розумного будинку, відомий як GatorTech Smart Home [23]. Він складається з ряду інтелектуальних пристроїв, таких як розумна поштова скринька, розумні входні двері, розумне дзеркало, розумне ліжко тощо. Головна мета цього розумного середовища - допомогти людям похилого віку та людям з обмеженими можливостями зробити їх життя комфортнішим. Щоб створити цей розумний дім, розробили архітектуру, як показано на рисунку 2.1 нижче.

Зокрема, він був розроблений для допомоги людям похилого віку та людям з обмеженими можливостями.

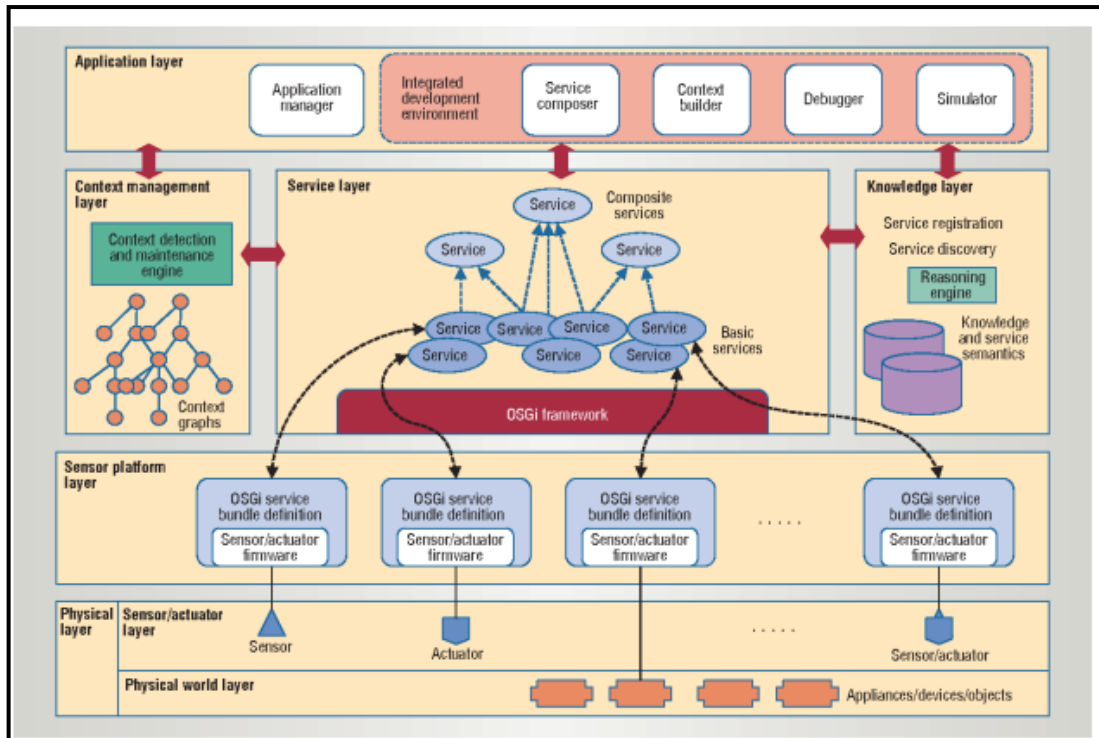


Рисунок 2.1. GatorTech Smart Home

Метою цього проекту є створення допоміжних технологій за допомогою розумних пристроїв, які можуть відчувати себе та мешканців, а також створювати відображення між фізичним простором, дистанційним моніторингом і службами втручання.

## 2.7. Адаптивний будинок

М. Мозер та ін. в Університеті Колорадо, побудували адаптивний розумний будинок, який може самостійно програмуватися на основі способу життя мешканців. Будинок для експерименту був обраний у штаті Колорадо, облаштований таким необхідним обладнанням, як система HVAC, різноманітні датчики, системи освітлення тощо [24]. Будинок веде моніторинг параметрів навколишнього середовища та спостерігає за діями мешканців. Він вивчає вподобання мешканців, графіки та моделі заповнюваності та використовує цю інформацію, щоб передбачити їхні потреби. Будинок також дізнається їхній рівень

комфарту, використовуючи контрольні значення, встановлені вручну мешканцями. Використовуючи інформацію про графіки та рівень комфорту мешканців, він може приймати рішення щодо економії енергії та скорочення витрат, не викликаючи жодних занепокоєнь. Загальна архітектурна модель керування для цього будинку містить такі модулі, як модель розміщення, предиктори (прогнозуючий пристрій) перетворення стану та регулятори пристроїв. Зокрема, модель прогнозування, яка використовується в цьому тестовому будинку, базується на нейронних мережах, навчених за допомогою самоконтрольованого навчання.

## 2.8. MavHome (керування інтелектуальним багатофункціональним будинком)

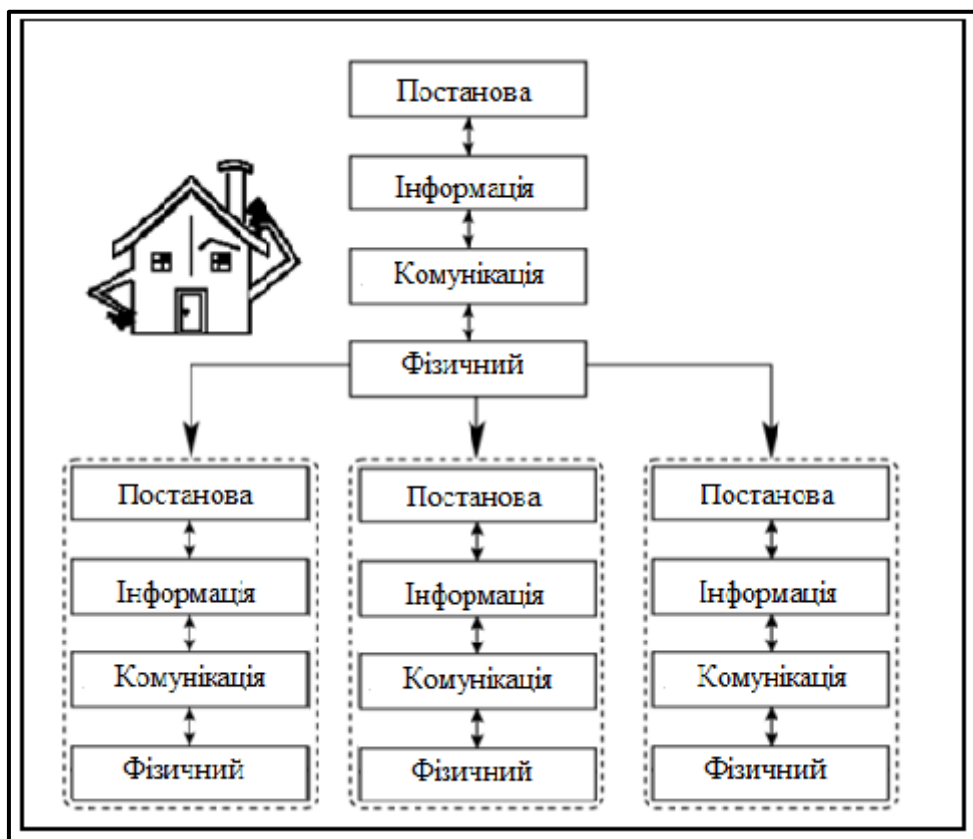


Рисунок 2.2. Структура MavHome



Розумний будинок MavHome - це дослідницький проект Техаського університету в Арлінгтоні, спрямований на створення розумного будинку, який діє як раціональний інтелектуальний агент з метою максимізації комфорту мешканців і мінімізації експлуатаційних витрат [25].

MavHome має чотири рівні роботи ( дивитися на рисунку 2.2) для досягнення своєї мети. Таким чином, розумне середовище MavHome використовує цю ієрархічну архітектуру, як показано на рисунку 2.2, для збору інформації та використання цих знань для покращення досвіду мешканців. Як частина структури MavHome, вони вводять алгоритми прогнозування, такі як алгоритм LeZi Update для керування місцеположенням, яке можна використовувати для визначення.

## 3 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

### 3.1. Структура тестового стенду розумного будинку

Ця робота присвячена отриманню більш енергоефективної системи для розумних будинків. Я розглянула різні конструкції та структури розумних будинків, розроблені декількома дослідниками, і застосування їхніх підходів до різних аспектів цих середовищ.

Для цього дослідження я використала чотирискладову структуру, дивіться рисунок 3.1 нижче:

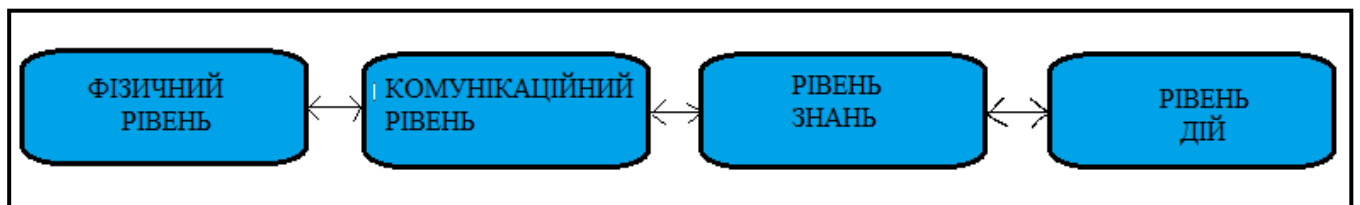


Рисунок 3.1. Архітектура тестового стенду для розумного будинку

Він працює за методом справа наліво. Датчики генерують дані через певний проміжок часу. Аналогові показання проходять через комунікаційний рівень до мікроконтролера, а потім до програмного модуля. Тут виконується попередня обробка даних, а потім перетворюються на часові ряди подій, надані для обробки рівня знань.

Перетворені дані мають форму рядка послідовних символів із мітками часу, що підходить, зокрема, для алгоритмів прогнозування, що використовуються в моделі. Для оптимізації різних операцій у розумному будинку в знаннях прогнозування використовуються різні алгоритми, залежно від програм. Рішення, прийняті на рівні дії, перетворюються на дії за допомогою координатора, який надсилає необхідні керуючі сигнали через рівень зв'язку до виконавчих механізмів, таких як система освітлення та вентилятори. Використовуються так

пристрої/обладнання на рисунку 3.2 Arduino uno, PIR, датчик струму та напруги, реле та інші.

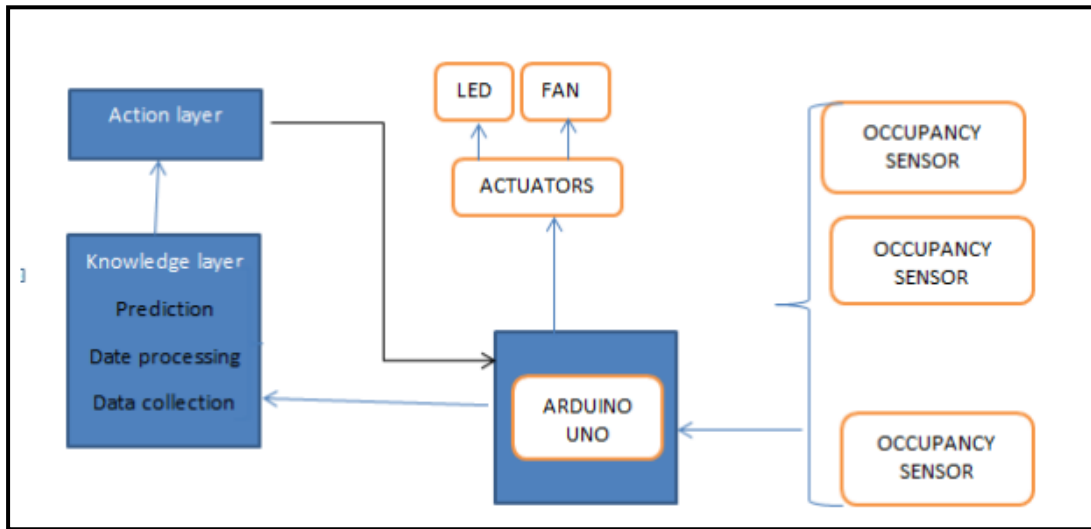


Рисунок 3.2. Робоча модель розумного будинку

### 3.1.2. Опис компонентів блок схеми системи розумного будинку

Основною цільовою функцією запропонованого прототипу системи є контроль споживання електроенергії шляхом автоматичного відключення приладів і світла, коли в кімнаті немає людей.

Система складається з різних пристроїв, як показано на рисунку 3.3

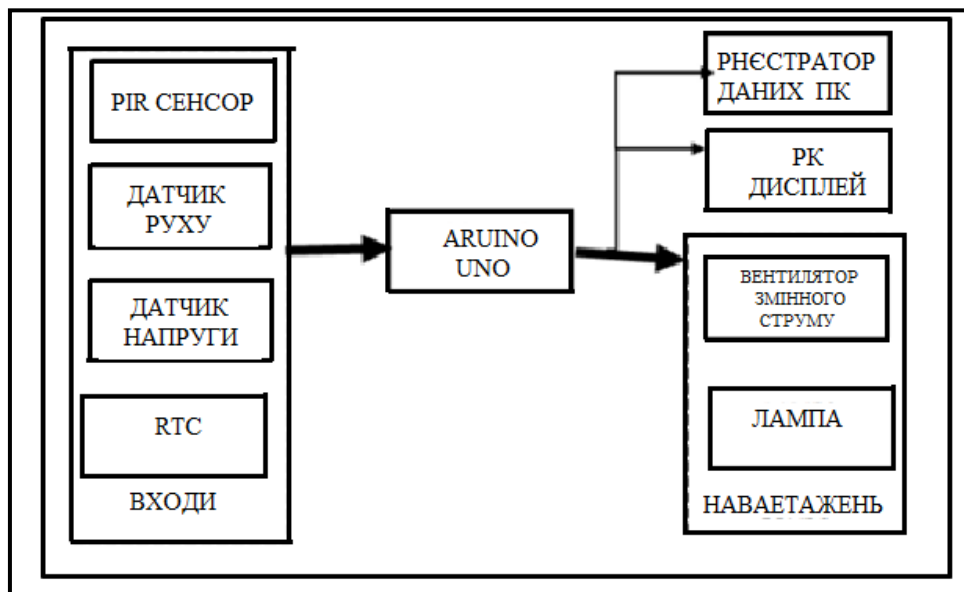


Рисунок 3.3. Блок-схема системи

- Вхідні компоненти
- Вхідні датчики
- PIR-датчик: пасивний інфрачервоний датчик використовується для визначення присутності людини в кімнаті.
- Датчик струму: модуль ACS712 використовує ефект Холла для визначення споживання струму навантаженням. Його вихідний сигнал подається на висновок АЦП Arduino. Дивіться датчик струму нижче на рисунку 3.4.

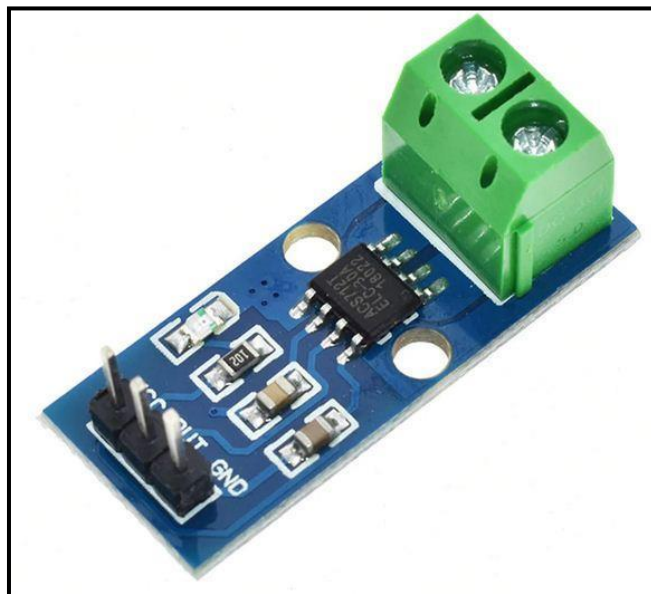


Рисунок 3.4: Датчик струму

- Датчик напруги на рисунку 3.5 показує комбінацію понижувального трансформатора, діода та резисторів дільника напруги, які формують частину системи, що визначає напругу змінного струму.

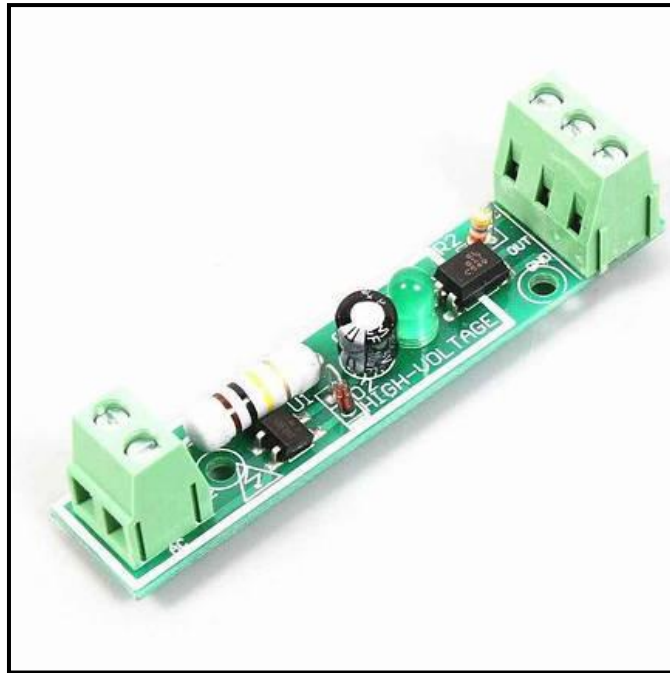


Рисунок 3.5. Датчик напруги

-Годинник реального часу (RTC): забезпечує точний час для різних подій і завдань у мікроконтролері. Нижче на рисунку 3.6 наведено діаграму для RTC.

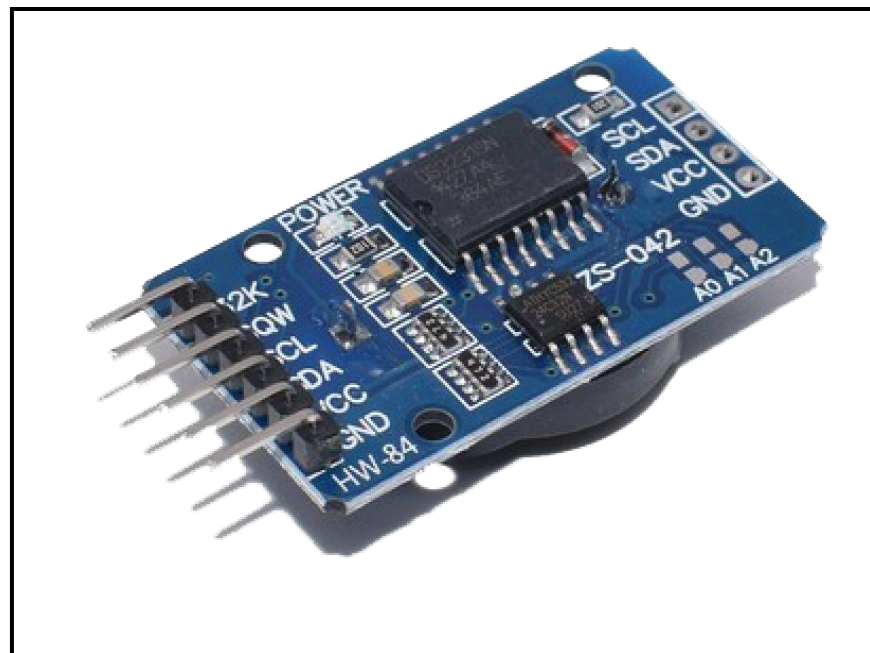


Рисунок 3.6. Годинник реального часу

- Мікроконтролер

- Мікроконтролер Arduino uno: це мозок системи, він виконує різні рішення та обчислення на основі вхідного сигналу від датчиків. Arduino також взаємодіє з ПК для реєстрації даних. Рисунок 3.7

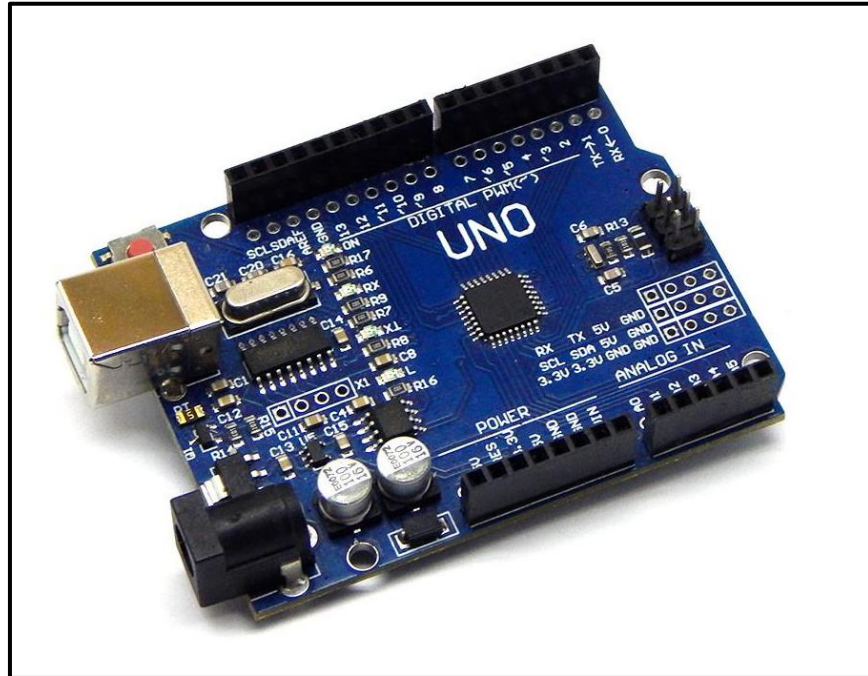


Рисунок 3.7. Мікроконтролер Arduino uno

- Вихідні компоненти

- РК-дисплей: надає візуальну інформацію про стан системи. Коли PIR виявляє рух, він відображається на РК-дисплеї разом із рівнями напруги та струму.

Дивіться рисунок 3.8 нижче:

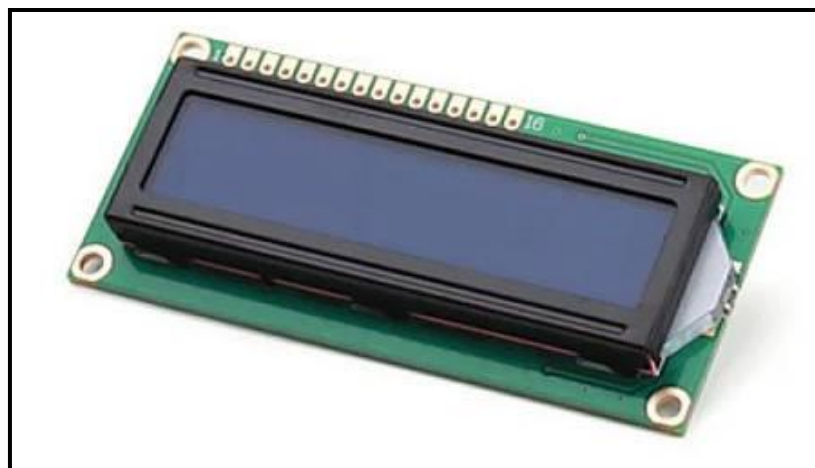


Рисунок 3.8. РК-дисплей

- Електричні навантаження: представлені в системі лампами та вентилятором змінного струму. Вони використовуються для представлення приладів, які можна знайти в домогосподарстві, і для полегшення вивчення того, як система може підвищити енергоефективність при використанні.

- Реєстратор даних ПК: системна плата Arduino також підключена до комп'ютера для функції реєстрації даних, за допомогою якої системні дані, такі як напруга, струм, потужність, стан присутності людини, реєструються в електронній таблиці Excel разом із міткою часу кожного зразка даних.

На рисунку 3.9 показано принципову схему системи розумного будинку.

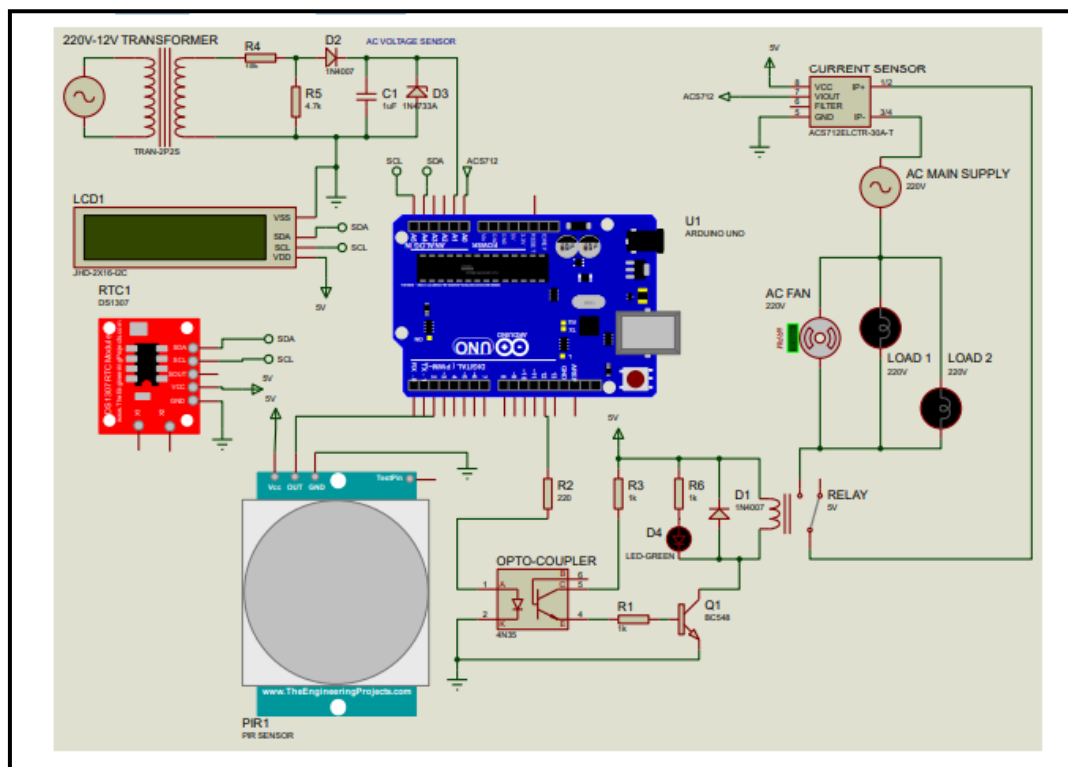


Рисунок 3.9. Принципова схема системи

### 3.1.3. Робота системи

Мікроконтролер Arduino uno отримує сигнали (високі вольти або 5В) від PIR-датчика щоразу, коли PIR-модуль виявляє рух у кімнаті. В іншому випадку Arduino отримує низький сингнал (0В) від модуля PIR за відсутності людей у кімнаті. Коли

кімната зайнята і PIR виявив присутність людини, Arduino вмикає навантаження через ізолятор оптопари та релейний модуль 5В. Модуль датчика струму ACS712 дає зчитування струму через ефект Холла. Він фактично посилає сигнали напруги на Arduino, що відповідає споживаному струму. Модуль ACS712 підключається до Arduino через контакт A0, який виконує аналого-цифрове перетворення (АЦП).

Напруга менше 5В від датчика напруги виявляється Arduino з контакту A1.

Схема датчика напруги має стабілітрон 5,1 В, який захищає вхідний контакт A1 Arduino від будь-якої перенапруги, яка може пошкодити модуль. Понижуючий трансформатор 12 В використовується для зниження напруги змінного струму від типового значення 220 В приблизно до 12 В. Після цього сигнал проходить через ділянку напруги 18k і 4,7k перед тим, як випрямлятися діодом у сигнал постійного струму. Потім Arduino обчислює відповідну напругу змінного струму, враховуючи значення АЦП, отримане з контакту A1.

### **3.1.4. Вибір машинного навчання та експериментальна установка**

У цьому дослідженні було використано приклад розумного будинку. У будинку було 3 кімнати, де були встановлені різні датчики, прилади та реєстратор даних для збору експериментальних даних. Збираються два типи даних: дані про загальне споживання енергії за допомогою датчика струму та датчика напруги та рух людини за допомогою датчика PIR. Дані, зібрані з датчиків через мікроконтролер, зберігаються в таблиці Excel кожні 15 секунд для подальшої обробки. Пізніше дані з таблиці Excel щогодини аналізуються для подальшої інтерпретації.

Зв'язок між Arduino та електронною таблицею журналу даних здійснюється через USB-кабель програмування Arduino для ПК, який за своєю суттю надсилає дані до програми Excel через послідовний порт комп'ютера. Для цієї роботи використовувалися лише дані, пов'язані з використанням енергії освітлення та вентилятором для представлення інших приладів. Таким чином, використаний набір



даних складався з використання енергії освітлення та вентилятора за 15-секундний інтервал і пізніше перетворено на погодинну основу з метою аналізу даних.

Для споживання енергії та системних експериментів у цьому дослідженні використовуються дані про енергію, зібрані протягом 3 місяців (92 днів), як показано в таблиці нижче. Споживання енергії для розумних годин у звичайному будинку було зібрано з метою перевірки запропонованого алгоритму прогнозування енергії. На рисунку нижче представлено споживання електроенергії в розумному будинку порівняно з класичним за весь період експерименту. Результати показують, що спостерігається значне зниження споживання електроенергії за умови ефективного використання приладів. Набір даних за 55 днів був випадковим чином обраний із даних за 92 днів і використовувався для навчання моделі. Решту даних використовували для тестування. Модель запрограмована за допомогою мови програмування R. Автори випробували різні параметри алгоритмів, щоб підвищити ефективність передбачення. Як результат були використані такі параметри SVMType: nu-regression, SVM-Kernel: linear, cost: 150, gamma: 1, nu: 0.5, Number of Support

Векторів: 33.

Дані розділені на два набори:

1. Навчальний набір із 55 (вибраних випадковим чином з даних, зібраних за 92 днів)

2. Набір тестів 27

Використана модель: опорна векторна машина (регресія nu-SVM)

Резюме (модель)

Телефонуйте:

`svm.default(x = x, y = Training_set, type = "nu-regression", kernel = "linear",  
вартість = 150)`

Багато дослідницьких груп розробили моделі розумних будинків, щоб вивчати їх аспекти, розробили нові алгоритми та технології, а також оцінили ефективність запропонованих ними методів. У цьому розділі розглянуто деякі з відомих академічних випробувальних стендів розумного будинку та їх структури. Для моїх

дослідницьких цілей висвітлила структуру та деякі фізичні компоненти цієї реалізації.

## **3.2. Оцінка продуктивності системи**

### **3.2.1. Оцінка ефективності, результати та обговорення**

#### **3.2.1.1 Середньоквадратична помилка**

Я оцінюю ефективність цієї моделі за допомогою середньоквадратичної помилки (RMSE) і коефіцієнта варіації (CV). Середньоквадратична помилка (RMSE) – це квадратний корінь із середнього квадрата всієї помилки. RMSE є хорошим показником точності, але лише для порівняння помилок передбачення різних моделей або конфігурацій моделі для конкретної змінної, а не між змінними, оскільки воно залежить від масштабу. З моделі ми отримали RMSE 176,87. Нижчі значення RMSE вказують на кращу відповідність, оскільки RMSE є хорошим показником того, наскільки точно модель прогнозує відповідь, і це найважливіший критерій відповідності, якщо основною метою моделі є передбачення.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_i^N (x_i - \hat{x}_i)^2}{N}}$$

#### **3.2.1.2. Коефіцієнт варіації**

Коефіцієнт варіації (CV) - це відношення стандартного відхилення до середнього значення, де, чим вищий коефіцієнт варіації, тим більший рівень дисперсії навколо середнього. Зазвичай виражається у відсотках. Чим менше значення коефіцієнта варіації, тим точніша оцінка. Згідно з цим дослідженням, модель має архівний коефіцієнт варіації (CV) = 1,8%.

$$CV (\%) = (SD / \text{середнє}) * 100$$

$$CV(\%) = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{predict,i} - X_{data,i})^2}{n - p}}}{X_{data}} \times 100$$

де:

$X_{predict,i}$  = прогнозоване споживання енергії

$X_{data,i}$  = фактичне споживання енергії

$X_{data}$  (середнє) = середнє споживання енергії

$n$  = кількість днів, обраних випадковим чином

$p$  = загальна кількість днів

На рисунку 3.10 нижче показано споживання енергії в розумному будинку порівняно з простим будинком. Як бачимо, в розумному будинку енергія використовується ефективно, що призводить до низького споживання

У цій роботі я передбачила споживання енергії за період 29 днів. Потім його порівняла із фактичним енергоспоживанням для розумного будинку, як показано на рисунку 3.10. Результати прогнозу, зображено на рисунку 3.11, продемонстрували, що модель SVM, можливо, може ефективно використовуватися для прогнозування енергоспоживання.

Для майбутньої роботи його можна покращити, враховуючи поведінку мешканців, оскільки вони мають дуже великий вплив на споживання енергії, а також можна використовувати дані з різних будинків. Поведінка та дії мешканців дійсно можуть впливати на споживання енергії [26].

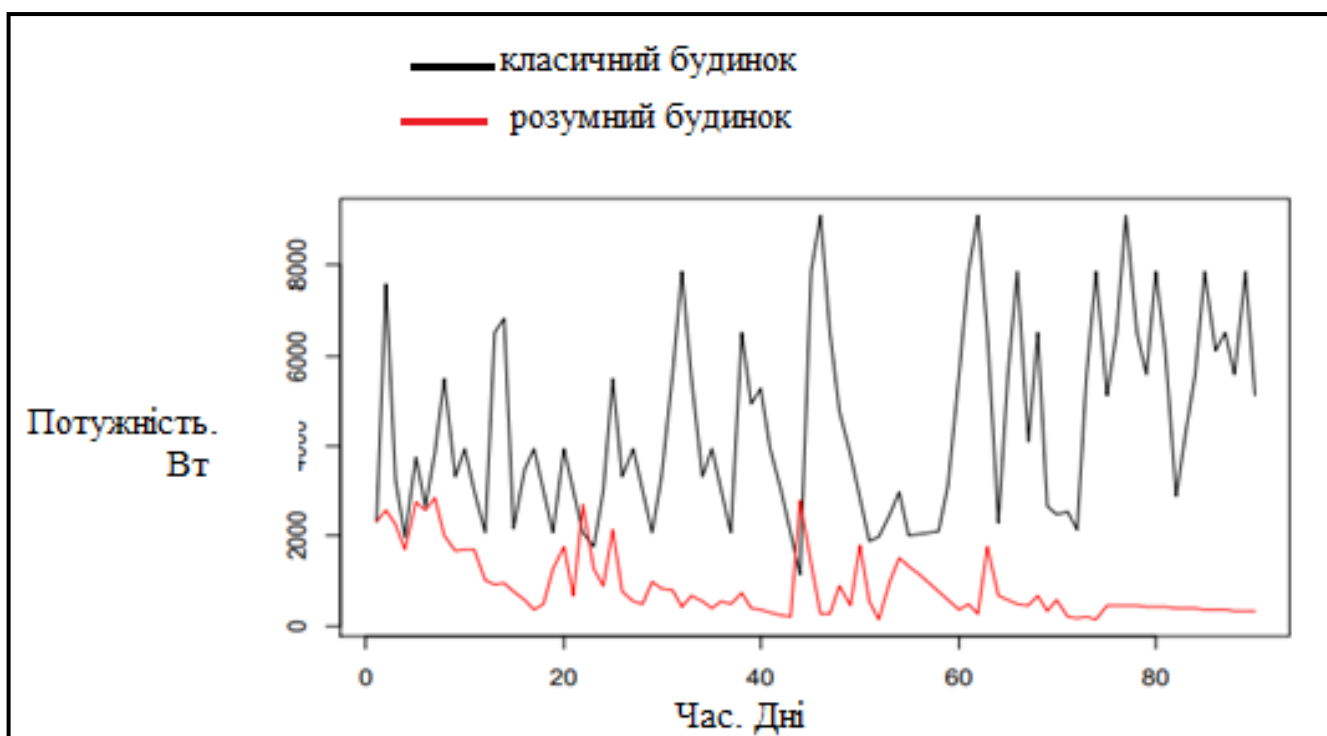


Рисунок 3.10. Споживання електроенергії в розумному будинку порівняно з класичним будинком



Рисунок 3.10. Результати прогнозування

### **3.3. Узагальнення**

У цьому розділі представлено результати оцінки продуктивності для порівняння розумного та класичного будинку, і результати показують, що розумний будинок може значно зменшити споживання енергії.

## **4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **4.1. Аналіз можливих небезпечних і шкідливих виробничих чинників, електробезпеки, пожежної безпеки певного об'єкта дослідження**

#### **4.1.1. Основні поняття про охорону праці.**

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. (Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 №2694-12.)

Роботодавець - власник підприємства, установи, організації або уповноважений ним орган, незалежно від форм власності, виду діяльності, господарювання, і фізична особа, яка використовує найману працю.

Працівник - особа, яка працює на підприємстві, в організації, установі та виконує обов'язки або функції згідно з трудовим договором (контрактом).

Керівники підприємств організовують, забезпечують і контролюють трудову діяльність працівників у відповідності з вимогами Закону України «Про охорону праці» і забезпечують безпечні методи праці на кожному робочому місці.

Працівники під час прийняття на роботу і в процесі роботи повинні проходити за рахунок роботодавця інструктаж, навчання з питань охорони праці, з надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків і правил поведінки у разі виникнення аварії.

Працівники, зайняті на роботах з підвищеною небезпекою або там, де є потреба у професійному доборі, повинні щороку проходити за рахунок роботодавця спеціальне навчання і перевірку знань відповідних нормативно-правових актів з охорони праці

Посадові особи, діяльність яких пов'язана з організацією безпечного ведення робіт, під час прийняття на роботу і періодично, один раз на три роки, проходять навчання, а також перевірку знань з питань охорони праці.

Порядок проведення навчання та перевірки знань посадових осіб з питань охорони праці визначається типовим положенням, що затверджується спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з нагляду за охороною праці.

Не допускаються до роботи працівники, у тому числі посадові особи, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з охорони праці. У разі виявлення у працівників, у тому числі посадових осіб, незадовільних знань з питань охорони праці, вони повинні у місячний строк пройти повторне навчання і перевірку знань.

Відповідальність за організацію, здійснення навчання, перевірку знань працівників і проведення інструктажів з питань охорони праці покладається на керівника підприємства.

Після проходження навчання працівникам видаються посвідчення де зазначено коли і де вони пройшли навчання, зазначено термін дії посвідчення, а також усі потрібні НПАОП для допуску до роботи на підприємстві.

НПАОП — це правила, норми, регламенти, положення, стандарти, інструкції та інші документи, обов'язкові для виконання.

#### **4.1.2. Вимоги електробезпеки**

Електробезпека - система організаційних і технічних засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого і небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики. Робота персоналу на підприємстві щодня пов'язана з використанням обладнання, що живиться від електромережі.

Навчання з електробезпеки необхідно проходити не тільки електрикам, а й роботодавцям, керівництву підприємства на якому працює сам робітник.

- НПАОП 40.1-1.28-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕЕС);
- НПАОП 40.1-1.07-01. Правила експлуатації електрозахисних засобів (ПЕЕЗ);
- Правила улаштування електроустановок (ПУЕ);

- Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів ) (ПТЕЕС);

Щоб не допустити випадків електротравматизму і не спровокувати санкцій за несумлінне дотримання нормативних вимог, роботодавцям важливо занотувати категорії працівників, яким потрібно проводити навчання та перевірку знань з присвоєнням групи допуску.

Навчання зобов'язані проходити:

- Керівники компаній, фахівці, які відповідають за організацію роботи, тісно пов'язаної з електроенергією;
- Штатні співробітники, діяльність яких пов'язана з роботою на електроустановках різних типів та потужностей;
- Фахівці з охорони праці, які здійснюють інспектування електрообладнання та контролюють дотримання нормативно-правових актів під час організації та виконання робіт

Група з електробезпеки (“кваліфікаційна група“, “група допуску“) дає дозвіл персоналу компанії до виконання робіт в електроустановках, а також свідчить про рівень його підготовки. Некваліфікований працівник – це завжди ризик. Штрафи при перевірці, нещасні випадки, псування дорогого устаткування, збій роботи всього підприємства, неможливість впровадження нових технологій.

#### 4.1.3. Групи допуску

**I група** з електробезпеки присвоюється всьому неелектричному персоналу, який в процесі своєї роботи на підприємстві стикається з електричними приладами та офісною технікою.

Група присвоюється співробітнику після проходження відповідного інструктажу, під розпис в журналі реєстрації інструктажів на I кваліфікаційну групу.

Інструктаж з електробезпеки на I групу має проводити особа відповідальна за електрогосподарство, або, за її письмовим розпорядженням, - особа зі складу електротехнічних працівників з III групою.



Мінімальний стаж роботи в електроустановках і видання посвідчень працівникам з I групою не вимагаються.

**II група** з електробезпеки присвоюється співробітникам, що працюють в електроустановках, але не мають права самостійно підключати їх в мережу.

Особам молодшим за 18 років не дозволяється присвоювати вище ніж II групу

**III група** з електробезпеки дає можливість працівникам самостійно виконувати роботи в електроустановках. З цією групою співробітники можуть проводити огляд і обслуговування електроустаткування, а також бути спостерігачами або керівниками робіт в електроустановках до 1000 В.

Для присвоєння II і III групи працівники мають:

- а) чітко усвідомлювати небезпеку, пов'язану з роботою в електроустановках;
- б) знати та уміти застосовувати на практиці ці та інші правила в обсязі, потрібному для роботи, яка виконується;
- в) знати будову і улаштування електроустановок;
- г) уміти практично надавати першу допомогу потерпілим в разі нещасних випадків, в тому числі застосувати способи штучного дихання і зовнішнього масажу серця.

**IV група** з електробезпеки присвоюється керівним посадовим особам, з великим професійним стажем, наприклад бригадиру, начальнику підрозділу, головному енергетику. Ця група буває до 1000 В та понад.

**V група** з електробезпеки присвоюється відповідальним співробітникам, які працюють з потужними електроустановками (до та понад 1000 В), а також випробовують обладнання підвищеною напругою.

Особи, які несуть відповідальність за електрогосподарство і їх заступники повинні мати IV або V групу допуску.

Для одержання груп IV-V додатково необхідно знати компонування електроустановок і уміти організувати безпечне проведення робіт, уміти навчати працівників інших груп правилам безпеки і надання першої допомоги потерпілим від електричного струму.

Для одержання групи V необхідно також розуміти, чим викликані вимоги пунктів правил безпечної експлуатації електроустановок.

За недотримання встановлених вимог з електробезпеки передбачені штрафи.

Навчання з електробезпеки проводиться як для організацій, що використовують електроенергію в своїх потребах, так і для постачальників електроенергії

Працівнику, який пройшов перевірку знань Правил, видається витяг з проколу та посвідчення встановленої форми, яке він зобов'язаний мати при собі під час роботи.

Посвідчення про перевірку знань працівника є документом, який засвідчує право на самостійну роботу в електроустановках на зазначеній посаді за фахом. Воно видається працівникові комісією з перевірки знань підприємства, організації після перевірки знань і є дійсним тільки після внесення відповідних записів. За відсутності посвідчення або за наявності посвідчення з простроченими термінами перевірки знань працівник до роботи не допускається. Посвідчення про перевірку знань підлягає заміні у випадку зміни посади або за відсутності місця для записів.

#### **4.1.4 Періодичність навчання з електробезпеки**

Періодичність проходження курсів з електробезпеки безпосередньо залежить від трудових обов'язків, покладених на співробітника. Раз на рік курси навчання проходять співробітники, які безпосередньо працюють, обслуговують або проводять випробування в електроустановках. Інженери з охорони праці та співробітники, непрацюючі з електричним обладнанням, курси навчання з електробезпеки проходять один раз в три роки.

Позапланове проходження навчання з електробезпеки проводиться в таких випадках:

- внутрішнє переведення працівника компанії на іншу посаду;
- зміна місця роботи;
- перерва в робочому стажі, терміном від трьох років;
- оновлення обладнання компанії;

- для виконання посадових обов'язків співробітнику необхідна більш висока група допуску;

- зміна нормативних актів і правил охорони праці.

- 

#### **4.1.5. Система попередження пожеж. Протипожежний захист**

Система попередження пожеж – це пожежна профілактика та пожежна безпека.

Пожежна профілактика - це комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на гарантування безпеки людей, запобігання пожежам, обмеження їх поширення, а також створення умов для успішного гасіння пожежі.

У процесі розробки профілактичних заходів запобігання пожежам враховується протипожежний стан об'єкта, тобто кількість пожеж та збитки від них, кількість займань, а також травм, отруєнь і загиблих людей, рівень реалізації вимог пожежної безпеки, рівень боєготовності пожежних підрозділів, а також стан протипожежної агітації і пропаганди.

Пожежна безпека - стан об'єкта, за якого виключається можливість пожежі, а у випадку її виникнення унеможлиблюється дія на людей небезпечних факторів пожежі і забезпечується захист матеріальних цінностей. Одним із основних факторів забезпечення пожежної безпеки є пожежна профілактика.

Забезпечення пожежної безпеки об'єкта передбачає створення системи попередження пожеж та протипожежного захисту. Велике значення при цьому мають організаційно-технічні заходи, які умовно можна поділити на:

- організаційні (організація пожежної охорони, навчань, інструктажів та ін.);

- технічні (суворе дотримання правил і норм, визначених чинними нормативними документами, при реконструкції приміщень,

технічному переоснащенні виробництва, експлуатації електромереж, опалення, освітлення та ін.);

- заходи режимного характеру (заборона паління та застосування відкритого вогню в недозволених місцях та ін.);

- експлуатаційні (своєчасне проведення профілактичних оглядів, ремонтів устаткування тощо).

З метою попередження пожеж, їх поширення та боротьби з ними усі працівники підприємств, установ й організацій проходять навчання та інструктажі з питань пожежної безпеки. На об'єктах з підвищеною пожежною небезпечністю обов'язковим є навчання.

Система попередження пожеж – це комплекс організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання виникненню та розвитку пожежі. Вона передбачає виявлення початкової стадії пожежі, своєчасну інформацію й, у разі необхідності, включення автоматичних систем пожежогасіння.

Як відомо, основною умовою горіння є наявність трьох чинників: горючої речовини, окиснювача та джерела вогню. Для того щоб сталося горіння, горюча речовина, окиснювач та джерело запалювання повинні мати певні критичні рівні (температуру, концентрацію, енергію).

Оскільки в умовах виробництва завжди є горючі речовини, а у повітрі - достатня кількість кисню, то для виникнення горіння бракує лише джерела займання.

До джерела запалювання належать відкрите полум'я, розжарені предмети, іскри від ударів і тертя, сонячна радіація та ін.

Горюча речовина з окиснювачем утворює так зване горюче середовище, яке здатне горіти при наявності джерела запалювання.

Тому заходи системи попередження пожежі спрямовані на дотримання безпечної поведінки з джерелом запалювання та запобігання утворенню горючого середовища.

Запобігання появі у горючому середовищі джерела запалювання можна досягти дотриманням «Правил пожежної безпеки», використанням електроустаткування, що відповідає вимогам класу пожежовибухонебезпечних приміщень та зон, ліквідацією умов для самозаймання речовин (матеріалів) тощо.

Запобігання утворенню горючого середовища досягається дотриманням таких вимог:

- заміна, по можливості, у технологічних процесах горючих речовин (матеріалів) на негорючі;
- ізоляція горючого та вибухонебезпечного середовища;
- використанням інгібіторних та флегматизаційних добавок;
- застосуванням в установках з горючими речовинами пристроїв захисту від пошкоджень та аварій;
- жорстким контролем за станом повітря в приміщеннях та якістю вентиляції тощо.

Система попередження пожеж також передбачає зниження пального навантаження в приміщеннях, проведення пожежотехнічних обстежень, використання знаків безпеки, своєчасне виявлення початкової стадії пожежі, передачу інформації про місце і час її виникнення й, у разі необхідності, включення автоматичних засобів пожежогасіння. Засобами протипожежної автоматики забезпечуються виробничі приміщення категорій А, Б і В.

Установки автоматичної електричної пожежної сигналізації монтують на складах, базах та інших пожежовибухонебезпечних об'єктах. Основними складовими частинами цих установок є: датчики (оповісники), що монтуються в будівлях або на території об'єктів і призначені для подання сигналу про пожежу; приймальні апарати (станції), що забезпечують приймання сигналів від датчиків, а також автоматичні системи пожежогасіння.

Датчики можуть бути тепловими, димовими, світловими. Принципи роботи їх будуються на дії тепла, продуктів згоряння й ультрафіолетових променів.

Теплові датчики спрацьовують при температурі на 20–40 °С вище від можливої максимальної температури за звичайних умов. Серед них найбільш поширеними є біметалеві датчики, принцип дії яких базується на явищі термоелектрики. У провідниках, виконаних із різнорідних матеріалів, виникає термоелектрорушійна сила, якщо місця їх з'єднання тримати при різних температурах.

Для сигналізації про пожежу у вибухонебезпечних приміщеннях застосовують напівпровідникові датчики максимальної дії.

Димові датчики працюють на принципі дії продуктів горіння (диму) на електричний струм іонізаційної камери, що використовується як сповіщувач. Живлення датчика здійснюється постійним струмом напругою 220 В.

Світлові датчики працюють на принципі перетворення електромагнітного випромінювання відкритого полум'я в електричну енергію.

Теплові датчики контролюють 10-25м<sup>2</sup> площі приміщення; димові – 30-100м<sup>2</sup>; світлові - 400-600 м<sup>2</sup>. Їх закріплюють на стелі або підвішують на висоті 6–10 м.

## **4.2. Захист персоналу та навколишнього середовища від небезпечних виробничих факторів**

### **4.2.1. Вимоги до працівників під час обслуговування електроустановок**

Порядок навчання і перевірки знань працівників має бути відповідним до галузевого положення про навчання, інструктаж і перевірку знань з питань охорони праці, узгодженого з Держнаглядом охорони праці, а також до вимог до електротехнічної обслуги, які містять ПТЕ ( Правила технічної експлуатації)

Первинний (під час прийому на роботу) та періодичний медичний огляд працівників проводиться згідно з Положенням про медичний огляд працівників певних категорій затвердженим наказом Міністерства охорони здоров'я України від 31.03.94 №45, зареєстрований в Міністерстві юстиції України 12.05.94 за № 136/345.

Працівники, що обслуговують електроустановки, зобов'язані знати ці правила відповідно до займаної посади чи роботи, яку вони виконують, і мати відповідну групу з електробезпеки згідно з вимогами.

Працівнику, який пройшов перевірку знань правил, видається посвідчення, яке він зобов'язаний мати при собі під час роботи.

Посвідчення про перевірку знань працівника є документом, який засвідчує право на самостійну роботу в електроустановках на зазначеній посаді за фахом.

Посвідчення про перевірку знань видається працівникові комісією з перевірки знань підприємства, організації після перевірки знань і є дійсним тільки після внесення відповідних записів.

Під час виконання службових обов'язків працівник повинен мати з собою посвідчення про перевірку знань. За відсутності посвідчень, або за наявності посвідчень з простроченими термінами перевірки знань працівник не допускається до роботи.

Посвідчення про перевірку знань підлягає заміні у випадку зміни посади або відсутності місця для записів.

Посвідчення вилучається у працівника комісією у разі незадовільних знань і керівником структурного підрозділу – в разі протермінування дії медичного огляду.

Посвідчення про перевірку знань складається з твердої обкладинки і блоку сторінок.

Забороняється допускати до роботи осіб, які не пройшли навчання і перевірку знань з електробезпеки.

Працівники, які зайняті виконанням спеціальних видів робіт, до яких висуваються додаткові вимоги безпеки, мають бути навчені безпечному виконанню таких робіт і мати відповідний запис у посвідченні з перевірки знань х питань охорони праці.

Перелік робіт з підвищеною небезпекою затверджуються керівництвом підприємства.

Результати перевірки знань фіксуються в журнал. Сторінки журналу мають бути пронумеровані, прошнуровані і скріплені печаткою підприємства на аркушах формату А4.

Під час перевірки знань груп працівників в один день і за незмінного складу комісії допускається підписувати протокол один раз після перевірки усієї групи екзаменованих у цей день, перевірка знань яких проведено.

Працівники допускаються до роботи в електроустановках до 1000 В, або до і вище 1000 В.

Для інспектувальних працівників і фахівців з охорони праці зазначається робиться запис у протоколі: «допускається як інспектувальна особа».

Відповідальність за оформлення, стан і цілісність журналу перевірки знань покладається на особу, відповідальну за електрогосподарство.

Термін зберігання журналу – 3 роки після останнього запису.

Перевірка знань з технології робіт ( правила експлуатації, виробничі інструкції) може проводитися Держенергоспоживнаглядом окремо від перевірки знань з безпечної експлуатації електроустановок, в цьому разі окремий запис в журналі.

Забороняється допускати до роботи працівників з ознаками алкогольного або наркотичного сп'яніння, а також з явними ознаками захворювання.

Забороняється виконання розпоряджень та завдань, що суперечить вимогам правил.

Кожен працівник особисто відповідає за свої дії в частині дотримання вимог правил.

У випадку, якщо працівник самостійно не може вжити потрібних заходів з усунення виявлених ним порушень правил, він зобов'язаний негайно повідомити про це безпосереднього керівника, а у випадку його відсутності – керівника вищого рівня.

В разі нещасних випадків з людьми зняття напруги, для звільнення потерпілого від дії електричного струму має бути виконано негайно, без попереднього дозволу.

Працівники, що порушили вимоги правил, усуваються від роботи і несуть відповідальність (дисциплінарну, адміністративну, кримінальну) згідно з чинним законодавством.

Працівники, що порушили вимоги правил, без позачергової перевірки знань до роботи з електроустановками не допускаються.

#### **4.2.2. Організація безпечної експлуатації електроустановок**

Керівник підприємства зобов'язаний забезпечувати утримання, експлуатацію і обслуговування електроустановок відповідно до вимог чинних нормативних документів.

Для цього він повинен:



- призначити відповідального за справний стан і безпечну експлуатацію електрогосподарство з числа інженерно-технічних працівників , які мають електротехнічну підготовку і пройшли перевірку знань у встановленому порядку;
- забезпечити достатньою кількістю електротехнічних працівників;
- затвердити Положення про електротехнічну службу підприємства, а також посадові інструкції і інструкції з охорони праці;
- встановити такий порядок, щоб працівники , на яких покладено обов'язки з обслуговування електроустановок, вели ретельні спостереження за дорученим їм обладнанням і мережами – оглядом, перевіркою, випробування і вимірювання;
- забезпечити перевірку знань працівників у встановленні строки згідно з вимогами цих Правил;
- забезпечити проведення протиаварійних, приймально-здавальних і профілактичних випробувань та вимірювань електроустановок згідно з правилами і нормами;
- забезпечити проведення технічного огляду електроустановок.

Фахівці служб охорони праці зобов'язані контролювати безпечну експлуатацію і повинні мати IV групу з електробезпеки.

Забороняється покладати на енергослужбу обов'язки, що не входять до її професійної компетенції.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Це дослідження було спрямоване на виявлення ефективного рішення шляхом впровадження пристроїв Інтернету речей, які враховують рухи мешканців, для вирішення проблеми більшого споживання енергії, яка виникає через неефективне використання приладів і відсутність виявлення зайнятості, а також прогнозування споживання електроенергії. Що стосується контекстуального дослідження, представленого в цій роботі, виявлено значне зниження споживання електроенергії в розумному будинку за допомогою запропонованого методу. Це мотивуватиме інших людей щодо концепції розумного дому та інтелектуальної будівлі, яка є більш екологічною та, таким чином, економить енергію для майбутнього покоління.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] К. Чайтра та С. Падмасрі, «Алгоритми прогнозування для мультимедійних комунікаційних мереж».
- [2] «Інтернет-звіти ІТУ 2005 Інтернет речей». [Онлайн]. Доступно-  
<https://www.itu.int/osg/spu/publications/internetofthings/> . [Дата публікування 25 лютого 2020].
- [3] «Що таке розумний будинок | БТ». [Онлайн]. Доступно-  
[https://home.bt.com/tech\\_gadgets/internet/connected-home/what-is-a-smart-home-11364214165664](https://home.bt.com/tech_gadgets/internet/connected-home/what-is-a-smart-home-11364214165664) . Дата публікування- 22 квітня 2020.
- [4] П. Павар і П. Віттал К, «Проектування та розробка вдосконаленої інтелектуальної системи управління енергією, інтегрованої з IoT структура в середовищі розумної мережі», J. Energy Storage, - том. 25, випущено - Серпень, 2019.
- [5] «Звіт про стан глобальної енергетики та CO2 за 2019 рік – Аналіз – МЕА». [Онлайн]. Доступно - <https://www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report> -2019. Дата публікування - 25 лютого 2020.
- [6] А. Фарукі та С. Серджічі, «Реакція домогосподарств на динамічне ціноутворення на електроенергії» - огляд 15 експериментів, том. 38, випущено - 2. 2010 рік.
- [7] М. А. Паредес-Вальверде, Г. Алор-Ернандес, J. Л. Гарсія-Алькарас, М. дель П. Салас-Сарате, Л. О. Коломбо-Мендоса та Х. Л. Санчес-Сервантес, “IntelliHome-система на основі Інтернету речей для Енергозбереження в розумному домі», Комп., стор. 203–224, 2020.
- [8] О. Абедінія, Н. Амджаді та Н. Гадімі, «Прогнозування сонячної енергії на основі гібридної нейронної мережі та вдосконаленого метаевристичного алгоритму», стор.- 241–260, 2018.
- [9] Дж. К. Бредселл, К. Еон і Г. М. Моррісон, «Розуміння споживання ресурсів у домі, громаді та суспільстві через теорії поведінки та соціальної практики», Sustain., т. 11, № 22, 2019.

[10] А. Бхаті, М. Хансен і К. М. Чан, «Енергозбереження за допомогою розумних будинків у розумному місті: урок для домогосподарств Сінгапуру. Енергозбереження за допомогою розумних будинків у розумному місті: урок для домогосподарств Сінгапуру», Енергетична політика, т.104, Лютий, стор. 230–239, 2017.

[11] Дж. Скотт та ін., «Попередній нагрів», стор. 281, 2011.

[12] Y. Wang і P. Dasgupta, «Проектування адаптивних алгоритмів керування освітленням для розумних будівель і будинків», Proc. 11-й IEEE Int. конф. Мережа, сенсорний контроль. ICNSC 2014, стор. 279–284, 2014.

[13] А. Р. Аль-Алі, А. Ель-Хаг, М. Бахадірі, М. Харбаджі та Ю. Алі Ель Хадж, «Система управління відновлюваною енергією в розумному будинку», Енергетичний процес, вип. №12, Грудень 2013, С. 120–126, 2011.

[14] Т. Чжу, А. Мішра, Д. Ірвін, Н. Шарма, П. Шеной і Д. Тоуслі, «Доводи для ефективного управління відновлюваною енергією в розумних будинках» BuildSys 2011 – Proc. 3-й ACM Робота. Вставити. Sens. Syst. Енергоефективна будівля. Спільно з ACM SenSys 2011, стор. 67–72, 2011.

[15] С. Баркер, А. Мішра, Д. Ірвін, П. Шеной та Дж. Альбрехт, «SmartCap: зменшення пікового попиту на електроенергію в розумних будинках», 2012 IEEE Int. конф. Всепроникний обчис.Комун. PerCom 2012, № Березень 2015.

[16] А. Барбато, Л. Борсані, А. Капоне та С. Мельці, «Енергозбереження будинку за допомогою системи профілювання користувачів на основі бездротових датчиків», BUILDSYS 2009 - Proc. 1-а робота ACM.

Вставити. Sens. Syst. Енергоефективна будівля. Проведено спільно з ACM SenSys 2009, С. 49–54, 2009.

[17] Дж. Ши, Н. Ю та В. Яо, «Алгоритм управління енергоефективною системою опалення, вентиляції та кондиціонування повітря в будівлі з прогнозуванням зайнятості в реальному часі», Energy Procedia, том. 111, вип. Вересень 2016, стор. 267–276, 2017.

[18] М. К. Хайдер, А. К. Ісмаїл та І. А. Казі, «Марковські моделі для прогнозування електричного навантаження в розумних будівлях», у Конспектах

лекцій з інформатики (включаючи підсерії Конспекти лекцій зі штучного інтелекту та Конспекти лекцій з біоінформатики), 2012, том. 7664 LNCS, № ЧАСТИНА 2, С. 632–639.

[19] Дж. Кім, М. Чой, Р. Дж. Роблес, Е. Чо та Т. Кім, «Огляд безпеки в розробці розумного будинку», *Security*, vol. 15, стор. 13–22, 2010.

[20] Дж. Бангалі та А. Шаліграм, «Проектування та впровадження систем безпеки для розумного дому на основі технології GSM», *Int. J. Розумний дім*, вип. 7, № 2013, № 6, С. 201–208.

[21] С. Ейза та А. Морейра, «Система моніторингу поведінки (BMS) для життя з допоміжним середовищем», *Sensors (Switzerland)*, vol. 17, вип. 9, 2017.

[22] П. Вігнесварі, В. Індху, Р. Р. Нармата, А. Сатініша та Дж. М. Субашіні «Автоматизована система безпеки з використанням спостереження», *Міжн. J. Curr. інж. техн.*, вип. 55, вип. 22, стор. 2277–4106, 2015.

[23] С. Хелал і К. Чен, «Розумний будинок Gator Tech», стор. 1, 2009.

[24] С. Стенудд, Використання машинного навчання в адаптивному управлінні розумним середовищем, №.751. 2010 рік.

[25] С. К. Сама та М. Рахнамай-Наїні, «Дослідження методів послідовного прогнозування на основі стиснення для прогнозування зайнятості в розумних будинках», 2016 IEEE 7th Annu. Усюдисущий комп'ютер. Електрон. моб. Комуна. конф. UEMCON 2016, 2016.

[26] А. Cibinskiene, D. Dumciuviene, and M. Andrijauskiene, «Споживання енергії в громадських будівлях: детермінанти поведінки мешканців», *Енергія*, том. 13, № 14, 2020.

# ДОДАТКИ

## Додаток 1

## Споживання енергії у Ватах протягом 92 днів

Дата	Класичний будинок	Розумний будинок
01.05.2021	2329.578	2329.578
02.05.2021	7589.281	2589.281
03.05.2021	3260.204	2260.204
04.05.2021	1997.135	1697.135
05.05.2021	3747.577	2747.577
06.05.2021	2664.067	2564.067
07.05.2021	3847.241	2847.241
08.05.2021	5496.792	2017.015
09.05.2021	3320.759	1681.461
10.05.2021	3935.138	1698.04
11.05.2021	3001.515	1710.236
12.05.2021	2067.892	1022.431
13.05.2021	6516.737	934.6269
14.05.2021	6840.74	946.8225
15.05.2021	2164.742	759.0182
16.05.2021	3488.745	571.2138
17.05.2021	3935.138	383.4094
18.05.2021	3001.514	495.605
19.05.2021	2067.892	1267.801
20.05.2021	3935.138	1781.461
21.05.2021	3001.515	688.0401
22.05.2021	2667.892	2089.281
23.05.2021	1756.764	1260.204
24.05.2021	3088.767	907.1346

25.05.2021	5496.792	2147.577
26.05.2021	3320.795	784.0669
27.05.2021	3935.138	547.2407
28.05.2021	3001.415	500.0147
29.05.2021	2067.892	989.0266
30.05.2021	3320.795	840.2528
31.05.2021	5589.281	791.4791
01.06.2021	7848.956	442.7054
02.06.2021	5496.792	693.9317
03.06.2021	3320.795	545.158
04.06.2021	3935.138	396.3842
05.06.2021	3001.515	547.6105
06.06.2021	2067.892	498.8368
07.06.2021	6516.737	750.0631
08.06.2021	4940.808	401.2894
09.06.2021	5264.811	382.5156
10.06.2021	3935.138	303.7419
11.06.2021	3001.515	254.9682
12.06.2021	2067.892	206.1945
13.06.2021	1134.27	2781.461
14.06.2021	7848.985	1388.04
15.06.2021	9108.688	289.2813
16.06..2021	6516.737	260.2041
17.06.2021	4785.833	907.1346
18.06.2021	3818.833	447.5765
19.06.2021	2850.839	1784.067
20.06.2021	3140.863	571.2138
21.06.2021	1888.841	547.2407
22.06.2021	1995.844	150.0147



23.06.2021	2476.847	989.0266
24.06.2021	2980.85	1510.236
25.06.2021	2024.852	1322.431
26.06.2021	2044.855	1134.627
27.06.2021	2077.858	964.8225
28.06.2021	2096.86	759.0182
29.06.2021	3140.863	571.2138
30.06.2021	5589.281	383.4094
01.07.2021	7848.985	495.605
02.07.2021	9108.688	267.8006
03.07.2021	6516.737	1781.461
04.07.2021	2304.877	688.0401
05.07.2021	5589.281	590.785
06.07.2021	7848.985	504.8451
07.07.2021	4108.688	448.9053
08.07.2021	6516.737	692.9655
09.07.2021	2660.891	337.0256
10.07.2021	2484.893	581.0858
11.07.2021	2530.896	225.1459
12.07.2021	2132.899	169.2061
13.07.2021	5589.281	203.2663
14.07.2021	7848.985	157.3264
15.07.2021	5108.688	477.3804
16.07.2021	6516.737	467.3726
17.07.2021	9108.688	457.3647
18.07.2021	6516.737	447.3572
19.07.2021	5589.281	437.3495
20.07.2021	7848.985	427.3418
21.07.2021	6108.688	417.3341

22.07.2021	2872.926	407.3263
23.07.2021	4299.929	397.3186
24.07.2021	5589.281	387.3109
25.07.2021	7848.985	377.3032
26.07.2021	6108.688	367.2955
27.07.2021	6516.737	257.2878
28.07.2021	5589.281	347.2801
29.07.2021	7848.985	337.2723
30.07.2021	5108.688	327.2646
31.07.2021	9108.688	457.3647