

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

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему: « АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ
БУДИНКОМ З ЕЛЕМЕНТАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ »**

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

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

Роман КАРАВАЄВ

(підпис)

Виконав: здобувач вищої освіти
Каравасєв Роман

Керівник: Іван Шахматов

Рецензент: Садовенко В.П.
науковий ступінь, кандидат ф.м.н., доцент
вчене звання

Київ 2025

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

Кафедра **Інформаційні систем та технологій**
Ступінь вищої освіти **Бакалавр**
Спеціальність **126 Інформаційні системи та технології**
Освітньо-професійна програма **Інформаційні системи та технології**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« ____ » _____ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

КАРАВАЄВА Романа Романовича

1. Тема кваліфікаційної роботи: Автоматизована система управління будинком з елементами штучного інтелекту

керівник кваліфікаційної роботи Шахматов І.О.,

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від
« ____ » _____ 20__ р. No ____

2. Строк подання кваліфікаційної роботи « ____ » _____ 20__ р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: _____

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

1. Розділ 1. Теоретичні основи та аналіз задачі автоматизованої системи управління будинком.

2. Розділ 2. Проектування та розробка системи управління будинком з елементами штучного інтелекту.

3. Розділ 3. Експериментальні дослідження та оцінка ефективності розробленої системи.

5. Перелік ілюстративного матеріалу: презентація

6. Дата видачі завдання « ____ » _____ 20__ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Початок роботи. Створення вступу.	03.02-05.02.25	
2	Написання основної частини. Написання розділу 1. Теоретичні основи та аналіз задачі автоматизованої системи управління будинком.	06.02 -17.02.25	
3	Написання розділу 2. Проєктування та розробка системи управління будинком з елементами штучного інтелекту.	18.02-28.02.25	
4	Написання розділу 3. Експериментальні дослідження та оцінка ефективності розробленої системи.	05.03-19.03.25	
5	Підбиття підсумків. Написання висновків.	21.03-24.03.25	
6	Створення списку використаних джерел.	25.03-27.03.25	
7	Оформлення додатків до роботи. (Додаток А,Б).	01.04 -04.04.25	
8	Правки. Кінець роботи.	09.04-25.04.25	

Здобувач вищої освіти

Роман КАРАВАЄВ

(підпис)

Керівник

кваліфікаційної роботи

Іван ШАХМАТОВ

Реферат

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавра: 68 стор., 18 рис., 1 табл., 21 джерело.

Мета роботи полягає у покращенні концепції та проєктуванні автоматизованої системи управління будинком з інтеграцією елементів штучного інтелекту для підвищення енергоефективності, безпеки та комфорту проживання.

Об'єкт дослідження – процеси автоматизації керування інженерними системами житлового будинку з використанням інтелектуальних технологій.

Предмет дослідження – архітектурні рішення створення автоматизованої системи управління будинком з елементами штучного інтелекту.

У роботі виконано аналіз сучасних тенденцій у сфері автоматизації житлових об'єктів, обґрунтовано актуальність використання елементів штучного інтелекту для підвищення гнучкості та енергоефективності систем розумного будинку. Розроблено архітектуру автоматизованої системи управління будинком, яка включає модулі збору сенсорних даних, прогнозування поведінки користувача за допомогою машинного навчання, а також модуль голосового управління. Реалізовано програмне забезпечення системи на базі Python із використанням локальної бази даних SQLite, бібліотек машинного навчання scikit-learn та технологій розпізнавання мови. Проведено тестування системи у модельному середовищі, що підтвердило її стабільну роботу, високу точність прогнозів і розпізнавання команд. Запропоновано шляхи подальшого розвитку системи у напрямі багатоканальної взаємодії та підвищення рівня автономності.

Ключові слова: розумний будинок, автоматизована система, машинне навчання, штучний інтелект, сенсорна мережа, голосове управління, адаптивність, енергоефективність.

ЗМІСТ

9

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА АНАЛІЗ ЗАДАЧІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БУДИНКОМ	11
1.1 Поняття та архітектура системи «Розумний будинок»	11
1.2 Основні функції автоматизованих систем керування та вимоги до системи	14
1.3 Штучний інтелект у системах автоматизації: напрями, методи, застосування	17
1.4 Побудова загальної архітектури системи управління будинком	20
РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БУДИНКОМ З ЕЛЕМЕНТАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	26
2.1 Вибір технічних засобів, платформ та середовища розробки	26
2.2 Інтеграція сенсорів, виконавчих пристроїв і мережевих протоколів	29
ВСТУП.....	8
2.4 Створення модуля голосового або жестового управління	38
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМИ	43
3.1 Тестування і налагодження функціонування системи	43
3.2 Проведення моделювання роботи розумного будинку з елементами ШІ	47
3.3 Аналіз ефективності запропонованої системи в порівнянні з традиційними рішеннями	49
3.4 Визначення перспектив розвитку і вдосконалення системи управління будинком	52
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	59
ДОДАТКИ.....	62

ВСТУП

Актуальність теми. Розвиток інформаційних технологій зумовив формування концепції «розумного будинку» як однієї з провідних тенденцій у сфері автоматизації побутових та виробничих процесів. Розумний будинок передбачає інтеграцію різноманітних пристроїв і систем в єдину мережу з метою підвищення комфорту, безпеки та енергоефективності житлових і громадських будівель. Автоматизація базових процесів – управління освітленням, опаленням, вентиляцією, безпековими системами – дозволяє користувачам здійснювати контроль і моніторинг об'єкта у режимі реального часу незалежно від їхнього фізичного місцезнаходження.

Зростаюча урбанізація, необхідність енергоефективного використання ресурсів, вимоги до екологічної безпеки та зручності проживання визначають високий попит на інтелектуальні системи управління будинком. Відповідно до останніх досліджень, глобальний ринок технологій «розумного будинку» демонструє стрімке зростання: за даними аналітичних агентств, середньорічний темп приросту у 2020 – 2025 роках становив понад 20%. Такий динамічний розвиток пояснюється як технологічним прогресом у сфері Інтернету речей, так і широкою доступністю мобільних пристроїв і бездротового зв'язку.

Однією з важливих сучасних тенденцій є поєднання традиційних систем автоматизації з методами штучного інтелекту. Інтеграція елементів ШІ дозволяє перейти від простого запрограмованого управління до адаптивного, самонавчального середовища, що здатне прогнозувати поведінку користувачів, оптимізувати споживання енергії, автоматично виявляти збої в системі та пропонувати рекомендації щодо її вдосконалення. Це не лише підвищує комфорт, а й суттєво знижує експлуатаційні витрати та забезпечує більш високий рівень безпеки об'єктів.

Для України питання впровадження розумних систем управління є надзвичайно актуальним. Стан житлового фонду, вимоги до енергозбереження, процеси діджиталізації побуту та сфери ЖКГ створюють об'єктивну необхідність

переходу до більш сучасних і ефективних технологічних рішень. Державні програми енергоефективності, орієнтація на розвиток «розумних міст» (Smart Cities) та прагнення інтеграції у світову технологічну спільноту стимулюють зацікавленість у розробці адаптивних систем автоматизації, що використовують потенціал штучного інтелекту.

Незважаючи на велику кількість існуючих рішень на світовому ринку, в українських реаліях все ще бракує доступних, адаптованих до специфіки місцевої інфраструктури інтегрованих систем управління будинком, що можуть працювати автономно, враховувати локальні особливості енергопостачання, типові побутові сценарії використання ресурсів та вимоги безпеки. Це відкриває широкі можливості для впровадження інноваційних проєктів у цій сфері.

Крім того, інтеграція штучного інтелекту у системи розумного будинку надає можливість не тільки реалізувати базові функції автоматизації, але й розробити інтелектуальні механізми адаптації системи до поведінкових патернів користувачів. Це дозволяє створити персоналізоване середовище проживання, в якому системи самостійно оптимізують режими роботи відповідно до звичок і пріоритетів мешканців, забезпечуючи одночасно зниження споживання енергії та підвищення рівня безпеки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження в галузі розумних будинків і систем автоматизації активно ведуться на світовому рівні. Значний внесок у розвиток технологій штучного інтелекту для побутових систем зробили такі науковці, як Russell S., Norvig P. (штучний інтелект: сучасний підхід), а також розробники стандартів автоматизації будівель – KNX Association, Zigbee Alliance. Однак у науковій літературі досі недостатньо уваги приділено практичній інтеграції інтелектуальних алгоритмів прогнозування поведінки користувача в системи управління будинком з акцентом на енергоефективність і адаптивність. Саме ця проблема і є предметом розгляду даної кваліфікаційної роботи.

Мета дослідження полягає у покращенні концепції та проєктуванні автоматизованої системи управління будинком з інтеграцією елементів штучного інтелекту для підвищення енергоефективності, безпеки та комфорту проживання.

Завдання дослідження:

- провести огляд існуючих систем автоматизації будинків та підходів до використання ШІ;
- визначити вимоги до автоматизованої системи управління з елементами штучного інтелекту;
- розробити архітектуру системи та спроектувати її основні модулі;
- провести тестування запропонованої системи та оцінити її ефективність.

Об'єкт дослідження – процеси автоматизації керування інженерними системами житлового будинку з використанням інтелектуальних технологій.

Предмет дослідження – архітектурні рішення створення автоматизованої системи управління будинком з елементами штучного інтелекту.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети використовувалися методи системного аналізу, моделювання інформаційних процесів, алгоритми машинного навчання для прогнозування поведінки користувача, аналіз існуючих технічних рішень у сфері автоматизації, методи експертних оцінок.

Наукова новизна дослідження. Розроблено концепцію автоматизованої системи управління будинком, що адаптивно підлаштовується під зміну поведінкових характеристик користувачів за допомогою алгоритмів машинного навчання, що дозволяє істотно підвищити енергоефективність та комфортність експлуатації.

Практична значущість дослідження. Результати роботи можуть бути використані при створенні нових або модернізації існуючих систем автоматизації житлових та офісних будинків, а також при впровадженні концепцій Smart City в українських умовах.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА АНАЛІЗ ЗАДАЧІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БУДИНКОМ

1.1 Поняття та архітектура системи «Розумний будинок»

Система «розумного будинку» (Smart Home) є комплексним інтегрованим рішенням, що забезпечує автоматизацію, моніторинг і дистанційне управління різноманітними процесами в житлових або комерційних приміщеннях. Сучасне трактування розумного будинку виходить за межі простої механізації рутинних процесів: мова йде про створення адаптивного середовища, здатного самостійно приймати рішення на основі аналізу даних, отриманих від сенсорних систем та користувачів (рис. 1.1).

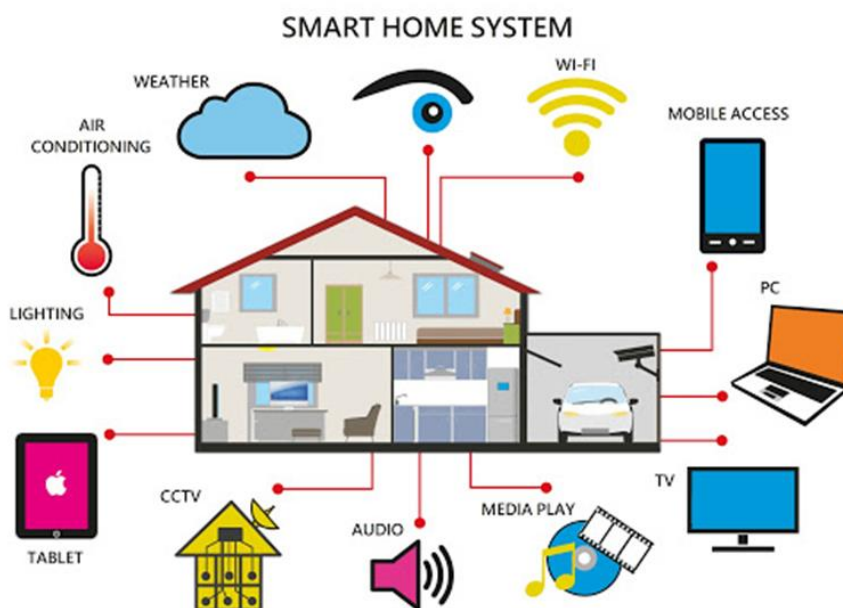


Рис.1.1 Системи розумного будинку [1]

У сучасному світі інтенсивний розвиток технологій спричинив появу концепції «розумного будинку», яка полягає у створенні середовища, що автоматично адаптується до потреб користувачів, забезпечуючи максимальний комфорт, безпеку та ефективне використання ресурсів. Основна ідея полягає у комплексному управлінні всіма системами будинку за допомогою автоматизованих

технологій, що взаємодіють між собою та з користувачами через інтуїтивно зрозумілі інтерфейси [2].

Під поняттям «розумний будинок» зазвичай розуміють інтелектуальну систему, яка здатна самостійно здійснювати моніторинг, аналіз та управління різними параметрами житлового середовища: температурою, освітленням, рівнем вологості, безпекою, енергоспоживанням, доступом до інформаційних мереж тощо. Основною метою впровадження такої системи є створення умов, за яких людина мінімально взаємодіє з інженерною інфраструктурою будівлі, довіряючи рутинні завдання автоматизованим системам.

Перші спроби реалізації концепції «розумного будинку» виникли ще у 1960 – 1970-х роках, коли були створені перші автоматизовані системи для управління освітленням і опаленням. З розвитком мікропроцесорної техніки, бездротового зв'язку і, особливо, Інтернету речей (IoT), концепція набула нового виміру. Нині розумний будинок не обмежується окремими пристроями, а являє собою цілісну інформаційно-керовану екосистему, де всі елементи взаємодіють між собою для досягнення синергетичного ефекту в управлінні простором [3].

Структурно розумний будинок складається із трьох основних рівнів: фізичного, логічного та прикладного. На фізичному рівні розташовані всі пристрої збору інформації – сенсори, датчики, камери відеоспостереження, детектори руху, диму, газу тощо, а також виконавчі механізми – електронні замки, приводи жалюзі, системи клімат-контролю та освітлення. Цей рівень забезпечує збір інформації про поточний стан середовища та фізичну реалізацію керуючих впливів.

Логічний рівень відповідає за обробку даних, аналіз отриманої інформації та прийняття рішень. Саме тут впроваджуються алгоритми обробки сигналів, машинного навчання, сценарного управління. Для обробки даних можуть застосовуватись локальні контролери або хмарні сервіси, що дозволяє досягати більш високого рівня адаптивності та персоналізації.

Прикладний рівень визначає взаємодію користувача із системою через інтерфейси: мобільні застосунки, голосові асистенти, панелі керування тощо. На

цьому рівні реалізується персоналізація сценаріїв, адаптація налаштувань відповідно до індивідуальних уподобань користувача [4].

Одним із ключових викликів при побудові архітектури розумного будинку є забезпечення інтеграції гетерогенних пристроїв, що використовують різні стандарти обміну даними, протоколи зв'язку та типи інтерфейсів. Існують дві основні моделі організації архітектури: централізована і децентралізована.

У централізованих системах усі пристрої підключені до єдиного центрального контролера або сервера, який здійснює обробку всієї інформації і координує роботу мережі. Такий підхід спрощує адміністрування та підвищує контрольованість системи, однак водночас створює потенційні вузькі місця: в разі відмови центрального вузла система може втратити функціональність.

Децентралізовані системи передбачають наявність кількох локальних контролерів або навіть можливість прямої взаємодії пристроїв один з одним за принципом peer-to-peer. Такі архітектури підвищують стійкість системи, забезпечують кращу масштабованість і дозволяють зменшити затримки при обробці даних, однак вони потребують складнішого налаштування мережових взаємодій та алгоритмів узгодження дій між пристроями.

Особливу увагу слід приділяти питанням енергозбереження в архітектурі розумного будинку. Завдяки використанню інтелектуальних стратегій управління, зокрема на основі прогнозування поведінки користувачів і аналізу споживчих профілів, можливо досягати суттєвої економії енергоресурсів без зниження рівня комфорту. Наприклад, система може автоматично знижувати температуру в приміщенні під час відсутності мешканців або вимикати освітлення в незайнятих зонах [5].

Іншою складовою архітектури є забезпечення інформаційної безпеки. Враховуючи, що розумний будинок передбачає передачу та зберігання великих обсягів персональних даних, виникає необхідність впровадження сучасних методів шифрування, автентифікації, багаторівневого контролю доступу. Надійність захисту даних безпосередньо впливає на довіру користувачів до таких систем та їх готовність впроваджувати розумні технології у власне житло [6].

Не можна залишати поза увагою і питання стійкості системи до відмов окремих компонентів. Архітектура має передбачати механізми резервування та самовідновлення функціональності після збоїв. Багато сучасних систем використовують принципи мультиагентних систем, у яких окремі агенти (пристрої або групи пристроїв) можуть автономно ухвалювати рішення у разі втрати зв'язку із центральним контролером.

З урахуванням глобальних тенденцій розвитку технологій, сьогодні спостерігається перехід від закритих пропрієтарних рішень до відкритих стандартів, таких як KNX, Zigbee, Z-Wave, Matter. Відкриті протоколи забезпечують кращу сумісність між різними виробниками обладнання та сприяють розвитку екосистем інтелектуального управління [7].

Таким чином, архітектура системи «розумного будинку» є багаторівневою, інтегрованою, адаптивною системою, що поєднує фізичні пристрої збору даних, обчислювальні потужності для аналізу інформації та інтерфейси взаємодії з користувачем, працюючи на основі сучасних технологій автоматизації, штучного інтелекту та бездротових мереж.

Оскільки ефективність такої системи значною мірою залежить від правильності формулювання функціональних вимог і обґрунтування вибору технічних засобів, подальше дослідження буде присвячене розгляду основних функцій автоматизованих систем керування будинком та визначенню ключових вимог до їх проектування.

1.2 Основні функції автоматизованих систем керування та вимоги до системи

У сучасних умовах стрімкого розвитку цифрових технологій автоматизовані системи керування будинком стають невід'ємною складовою інтелектуального середовища проживання. Вони виконують комплекс функцій, спрямованих на підвищення рівня комфорту, забезпечення безпеки, оптимізацію витрат ресурсів та підтримку екологічної сталості середовища. Водночас функціонування таких

систем базується на дотриманні певного переліку вимог, які визначають їхню надійність, ефективність та адаптивність до змін зовнішнього і внутрішнього середовища.

Основною функцією автоматизованої системи є моніторинг параметрів навколишнього середовища та оперативне реагування на їх зміни. Система має збирати дані з різноманітних сенсорів, таких як датчики температури, вологості, освітлення, руху, витoku газу, задимленості тощо, та забезпечувати безперервний аналіз цієї інформації для ухвалення обґрунтованих рішень. Така здатність дозволяє не лише забезпечити комфорт, а й запобігти виникненню аварійних ситуацій, своєчасно інформуючи користувача про виявлені загрози.

Іншою важливою функцією є управління інженерними системами будинку, що включає регулювання роботи опалення, вентиляції, кондиціювання повітря, освітлення, водопостачання та енергопостачання. Наприклад, система автоматично вмикає або вимикає опалення в залежності від температури всередині і зовні будівлі, адаптує рівень освітлення у відповідності до часу доби та присутності людей у приміщенні, регулює витрати води і електроенергії. Ефективне управління цими системами дозволяє не тільки підвищити рівень комфорту користувачів, але й суттєво скоротити експлуатаційні витрати [8].

Безпекова функція займає особливе місце в автоматизованих системах керування будинком. Забезпечення фізичної безпеки мешканців і збереження майна здійснюється шляхом інтеграції систем відеоспостереження, контролю доступу, сигналізації про вторгнення, виявлення пожеж та витоків небезпечних речовин. Зокрема, сучасні системи здатні розпізнавати обличчя, аналізувати поведінкові патерни відвідувачів і миттєво повідомляти власника про підозрілі події через мобільні сповіщення або інші канали зв'язку.

Інформаційна функція автоматизованих систем проявляється у зборі, зберіганні та аналізі великих обсягів даних про експлуатаційні характеристики будинку та поведінку мешканців. Ці дані використовуються для вдосконалення алгоритмів керування, формування персоналізованих сценаріїв автоматизації та прогнозування потреб користувачів.

Крім того, розумний будинок виконує функцію інтеграції з глобальними мережами і сервісами, такими як служби прогнозу погоди, енергетичні оператори, постачальники послуг безпеки, системи електронного здоров'я тощо. Взаємодія з такими платформами дозволяє суттєво розширити функціональні можливості системи і забезпечити додатковий рівень адаптивності до зовнішніх умов.

Окремо слід звернути увагу на функцію адаптації та самонавчання. Інтелектуальні системи управління будинком мають бути здатними до самостійного оновлення сценаріїв поведінки на основі аналізу змін у середовищі та поведінки користувачів. Наприклад, система може автоматично скоригувати режими опалення та освітлення в залежності від змін у розкладі мешканців без необхідності ручного втручання.

Виходячи з наведених функцій, стає очевидним, що проектування автоматизованої системи керування будинком повинно базуватися на чітких вимогах. Перш за все, система має бути надійною. Надійність означає здатність системи забезпечувати безперервну роботу навіть за наявності окремих збоїв, передбачаючи механізми резервування та відновлення функцій.

Другим ключовим аспектом є масштабованість. Система повинна мати можливість поступового розширення та оновлення без необхідності радикальних змін в існуючій інфраструктурі. Такий підхід дозволяє врахувати зростаючі потреби користувачів та технологічні інновації без істотних фінансових витрат.

Важливим є також забезпечення інтероперабельності системи, тобто здатності ефективно працювати з пристроями та платформами різних виробників. Для досягнення цієї вимоги слід орієнтуватися на відкриті стандарти обміну даними та комунікаційні протоколи.

Безпека інформації має першочергове значення. Автоматизована система повинна захищати дані користувачів від несанкціонованого доступу, атак та зловмисних втручань. Це передбачає використання сучасних засобів шифрування даних, багатофакторної автентифікації, моніторингу безпеки в реальному часі.

Енергетична ефективність також входить до переліку обов'язкових вимог. Система має оптимізувати споживання енергоресурсів шляхом використання

адаптивних стратегій керування, прогнозування навантажень та впровадження режимів енергозбереження.

Не менш важливою є зручність користування. Інтерфейс керування системою має бути інтуїтивно зрозумілим, адаптованим під потреби різних категорій користувачів, включаючи людей похилого віку та осіб з обмеженими можливостями.

Варто також зазначити необхідність врахування вимог до екологічної безпеки. Системи автоматизації повинні сприяти зниженню викидів вуглекислого газу, мінімізації споживання невідновлюваних ресурсів та сприяти сталому розвитку навколишнього середовища [9].

Таким чином, функціональність автоматизованої системи керування будинком тісно пов'язана з дотриманням комплексу вимог, що забезпечують її ефективність, надійність та відповідність сучасним викликам цифрової епохи. Подальший розвиток даної тематики передбачає більш детальне дослідження ролі штучного інтелекту в автоматизації процесів управління будинком, що стане предметом розгляду в наступному підпункті.

1.3 Штучний інтелект у системах автоматизації: напрями, методи, застосування

У контексті сучасного розвитку інформаційних технологій та автоматизації житлових і виробничих об'єктів особливої уваги набуває впровадження штучного інтелекту (ШІ) у системи керування будинком. Використання інтелектуальних технологій кардинально змінює підхід до автоматизації процесів, переходячи від простих сценаріїв управління до гнучких самонавчальних систем, здатних адаптуватися до динамічних умов середовища та змін поведінки користувачів.

Штучний інтелект у системах розумного будинку виконує функцію аналізу великих обсягів даних, отриманих від різноманітних сенсорів і користувачів, з метою виявлення закономірностей, прогнозування майбутніх подій та ухвалення оптимальних рішень. На відміну від традиційних систем, які діють за жорстко

заданими алгоритмами, інтелектуальні рішення здатні адаптувати поведінку системи у реальному часі, враховуючи контекст ситуації та індивідуальні особливості користувачів [10].

Основними напрямками застосування штучного інтелекту в автоматизованих системах управління будинком є:

- адаптивне керування кліматом, освітленням та іншими параметрами середовища;
- забезпечення безпеки за допомогою інтелектуального аналізу подій;
- оптимізація енергоспоживання на основі прогнозних моделей;
- формування персоналізованих сценаріїв поведінки системи;
- підтримка голосового та жестового управління системами.

Управління кліматом є одним із найбільш показових прикладів ефективного використання ШІ. На основі даних про температуру, вологість, активність мешканців і навіть прогноз погоди система може адаптувати режими роботи опалення, вентиляції та кондиціонування, забезпечуючи комфортні умови за мінімального енергоспоживання. Моделі машинного навчання дозволяють прогнозувати зміни кліматичних умов у приміщенні залежно від різних факторів, автоматично змінюючи параметри систем без потреби втручання користувача.

У сфері безпеки ШІ застосовується для розпізнавання облич, ідентифікації незвичних моделей поведінки та аномалій, що можуть свідчити про загрозу. Використання комп'ютерного зору та алгоритмів глибокого навчання дозволяє системам відеоспостереження не лише фіксувати події, а й аналізувати їх, наприклад, відрізняючи випадковий рух тварини від потенційної спроби вторгнення [11].

Енергоспоживання є критичним питанням для більшості систем розумного будинку. Інтелектуальні системи аналізують історичні дані про споживання електроенергії, виявляють неефективні сценарії використання ресурсів та пропонують або автоматично впроваджують оптимізації. Такі системи можуть наприклад автоматично знижувати потужність роботи приладів під час пікових

навантажень або перемикає їх у режим очікування в періоди низької активності. [12]

Персоналізовані сценарії поведінки системи базуються на аналізі стилю життя мешканців. На основі історії використання системи, частоти відвідувань окремих приміщень, графіків сну та активності користувачів формуються індивідуальні профілі, які дозволяють системі самостійно налаштовувати сценарії автоматизації відповідно до звичних шаблонів поведінки.

Голосове та жестове управління стали невід'ємними складовими сучасних розумних будинків, значною мірою завдяки впровадженню ШІ. Системи розпізнавання мови, такі як Alexa, Google Assistant або Siri, базуються на складних алгоритмах обробки природної мови, які дозволяють інтерпретувати команди користувача та забезпечувати швидке й точне управління пристроями [13].

Методи, що застосовуються для реалізації вказаних функцій, належать до різних напрямів сучасного штучного інтелекту. Машинне навчання (Machine Learning, ML) відіграє ключову роль у створенні моделей, які дозволяють системі навчатися на основі історичних даних без явного програмування. У свою чергу, методи глибокого навчання (Deep Learning) дозволяють працювати з неструктурованими даними, такими як зображення або аудіосигнали.

Методи класифікації використовуються для визначення типу події на основі вхідних даних, наприклад, для розпізнавання осіб, визначення типу активності у приміщенні або категоризації споживчих патернів. Методи регресії застосовуються для прогнозування кількісних характеристик, таких як температура або рівень енергоспоживання у майбутньому періоді.

Алгоритми кластеризації дозволяють системі самостійно виявляти подібні патерни поведінки або подій без необхідності попереднього маркування даних. Це особливо важливо для автоматичного формування сценаріїв поведінки системи без участі користувача.

Іншим перспективним напрямом є застосування підкріплювального навчання (Reinforcement Learning), де система навчається шляхом взаємодії з середовищем і отримання винагороди за правильні дії. У контексті розумного будинку це може

означати оптимізацію режимів роботи інженерних систем для досягнення максимального комфорту при мінімальних витратах енергії.

Особливої уваги потребує проблема етичності та прозорості роботи інтелектуальних систем. Користувачі повинні мати можливість контролювати прийняті системою рішення, розуміти логіку її дій та мати змогу налаштовувати рівень автономності. Це вимагає впровадження механізмів пояснюваності штучного інтелекту (Explainable AI) у розробку систем автоматизації будинку [14].

Таким чином, впровадження елементів штучного інтелекту у системи розумного будинку значно розширює їхні функціональні можливості, підвищує ефективність і зручність використання, створює передумови для подальшого розвитку персоналізованих середовищ проживання. Проте для досягнення максимальної ефективності важливим є правильне проєктування загальної архітектури системи, з урахуванням інтеграції інтелектуальних алгоритмів на всіх рівнях функціонування, що буде розглянуто у наступному підпункті.

1.4 Побудова загальної архітектури системи управління будинком

Побудова архітектури системи управління будинком є надзвичайно відповідальним етапом проєктування, який визначає ефективність, гнучкість, масштабованість та надійність всієї системи. На цьому етапі відбувається формалізація логіки взаємодії між усіма складовими системи: сенсорними пристроями, виконавчими механізмами, обчислювальними модулями, мережевими інтерфейсами та користувацькими засобами керування. Архітектура повинна забезпечувати не лише базову функціональність автоматизації, але й можливість впровадження елементів штучного інтелекту, які сприятимуть адаптивності та самонавчанню системи. На рисунку 1.2 зображено один із прикладів архітектури системи розумного будинку, а саме централізована система – розумний будинок управляється центральним контролером [15].

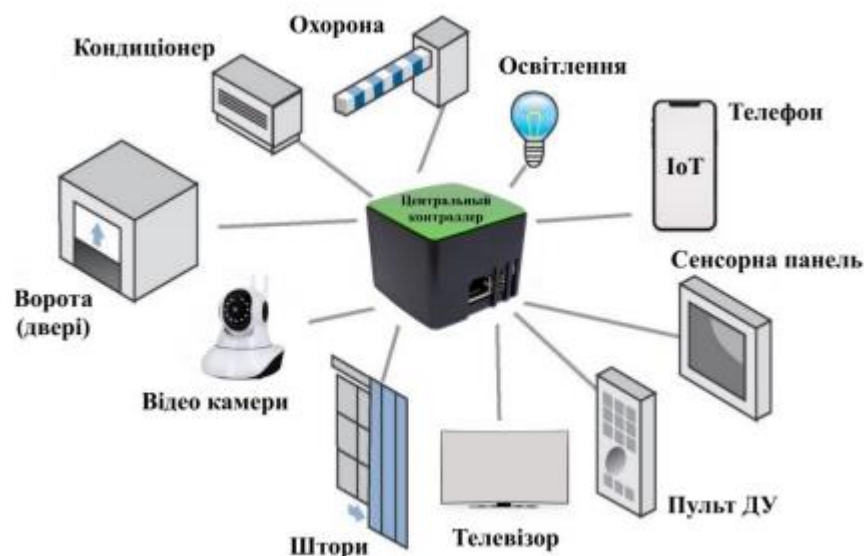


Рис. 1.2 Архітектурна схема централізованої системи розумного будинку

Фундаментальним підходом у сучасному проєктуванні систем управління будинком є багаторівнева архітектура, що складається із чітко визначених рівнів функціональної відповідальності. Зазвичай розглядають три основні рівні: рівень збору даних (сенсорний рівень), рівень обробки даних та ухвалення рішень (логічний рівень) і рівень взаємодії з користувачем (інтерфейсний рівень). Така структура дозволяє розподілити навантаження, забезпечити модульність системи та спростити процес масштабування та модернізації.

На рівні збору даних знаходяться різноманітні сенсори, які фіксують фізичні параметри середовища: температуру, вологість, освітленість, рух, дим, вібрації, концентрацію газів тощо. Розташування сенсорів має бути оптимізованим для забезпечення повного охоплення контрольованого об'єкта. Сенсори можуть бути як дротовими, так і бездротовими, що дозволяє варіювати підхід залежно від конкретних умов експлуатації.

На логічному рівні здійснюється первинна обробка даних, агрегація інформації, фільтрація шумів і виявлення подій. Цей рівень може бути представлений локальними контролерами або центральним обчислювальним вузлом. Особливу роль тут відіграють алгоритми машинного навчання та системи ухвалення рішень, які дозволяють будувати прогностичні моделі, формувати

адаптивні сценарії роботи та самостійно коригувати стратегії управління залежно від отриманих даних.

Інтерфейсний рівень забезпечує взаємодію системи з користувачем через спеціальні додатки, панелі керування, голосові асистенти чи веб-інтерфейси. Цей рівень має бути інтуїтивно зрозумілим, доступним для широкого кола користувачів і підтримувати можливість налаштування персоналізованих сценаріїв поведінки системи.

Окрему увагу слід приділити мережевій архітектурі системи. Вона має забезпечувати безперервний, захищений і надійний обмін даними між усіма складовими. Залежно від обсягу та характеру передаваних даних можуть використовуватися різні мережеві протоколи: Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave, Bluetooth Low Energy, Ethernet або новітній стандарт Matter, який спрямований на забезпечення сумісності пристроїв різних виробників.

При розробці мережевої структури важливо передбачити використання концепції гібридної топології, яка поєднує елементи зіркової, деревоподібної та сітчастої топологій. Такий підхід забезпечує баланс між надійністю мережі, її швидкістю та гнучкістю масштабування.

Центральною складовою архітектури є обчислювальна платформа, яка може бути реалізована як локально, на базі спеціалізованого контролера або сервера в межах об'єкта, так і у вигляді хмарного рішення. Локальні обчислювальні вузли забезпечують мінімізацію затримок обробки даних і підвищення автономності системи, тоді як хмарні сервіси дозволяють реалізовувати складніші алгоритми обробки інформації, аналіз великих обсягів даних і забезпечувати доступ до системи з будь-якої точки світу.

Оптимальним рішенням для розумного будинку є використання гібридної моделі обчислень, яка поєднує локальну обробку критично важливих задач із хмарною обробкою складних аналітичних процесів. Такий підхід дозволяє досягти високого рівня автономності, швидкодії та функціональної гнучкості системи.

Ще одним важливим аспектом архітектури є реалізація політик безпеки та конфіденційності даних. Архітектура має передбачати шифрування даних на всіх

етапах їх передавання і зберігання, багаторівневу автентифікацію користувачів, сегментацію мережі для обмеження зон доступу та постійний моніторинг стану безпеки системи.

Особливу роль у системах розумного будинку відіграють механізми резервування і відновлення функцій після збоїв. Архітектура має передбачати дублювання критичних елементів системи, регулярне створення резервних копій даних і автоматичне переключення на резервні канали зв'язку у випадку аварійних ситуацій.

Не можна оминати і питання енергетичної ефективності. На архітектурному рівні необхідно впроваджувати стратегії мінімізації енергоспоживання сенсорних мереж, оптимізації режимів роботи обчислювальних вузлів та застосування енергозберігаючих технологій у всіх компонентах системи.

Побудова архітектури також має враховувати майбутню масштабованість системи та її модернізацію. Важливо, щоб додавання нових пристроїв, впровадження нових сценаріїв або оновлення програмного забезпечення не потребували кардинальних змін у вже працюючій системі. Це досягається шляхом використання модульного принципу побудови архітектури, стандартизованих інтерфейсів обміну даними та відкритих протоколів [16].

Щодо впровадження елементів штучного інтелекту, архітектура має забезпечити можливість інтеграції моделей машинного навчання, обробки потокових даних у реальному часі, розподіленого аналізу даних на різних рівнях системи. Це вимагає побудови архітектурної моделі, що підтримує розподілені обчислення, гібридну обробку даних та адаптивні алгоритми керування.

Виходячи із загальних принципів побудови архітектури систем розумного будинку, було розроблено концептуальну модель системи автоматизованого управління будинком із використанням елементів штучного інтелекту, яка поєднує простоту реалізації, надійність функціонування та можливість імітаційного моделювання.

Запропонована архітектура складається з кількох функціональних рівнів, кожен із яких виконує чітко визначені завдання.

На фізичному рівні встановлюються базові сенсори: датчики температури, руху, диму, вологості. Передача даних здійснюється через бездротові протоколи Wi-Fi або ZigBee, що забезпечує гнучкість розгортання мережі без необхідності складної прокладки кабелів.

На рівні збору та обробки даних використовується локальний контролер – компактний комп'ютер на базі платформи Raspberry Pi або аналогічний мінісервер. Контролер приймає дані від сенсорів, виконує попередню обробку та записує інформацію у локальну базу даних. Для зберігання обрано легкий формат, такий як SQLite, що дозволяє ефективно обробляти запити та аналізувати накопичену інформацію без істотних витрат ресурсів.

На логічному рівні впроваджено модуль штучного інтелекту, який реалізований на основі алгоритмів машинного навчання середнього рівня складності. Зокрема, планується використання моделей дерева рішень або класифікаційних алгоритмів для визначення оптимальних сценаріїв поведінки будинку на основі аналізу даних від сенсорів. Такий підхід дозволяє швидко приймати рішення щодо вмикання/вимикання освітлення, систем опалення чи сигналізації.

Інтерфейсний рівень забезпечує взаємодію користувача із системою за допомогою простого веб-додатка, розробленого на базі фреймворку Flask або Django. Веб-інтерфейс дозволяє переглядати поточний стан будинку, отримувати сповіщення, налаштовувати сценарії поведінки системи та керувати пристроями вручну.

Для забезпечення доступу до системи ззовні передбачена інтеграція із сервісами тунелювання типу ngrok або налаштування статичного IP-адресування через маршрутизатор користувача, що дозволяє отримувати доступ до системи з будь-якої точки світу.

Інформаційна безпека гарантується шляхом використання базових заходів захисту: шифрування трафіку через HTTPS, автентифікація користувача за допомогою паролів, базові протоколи захисту бази даних.

Структуру запропонованої архітектури системи автоматизації будинку з використанням елементів штучного інтелекту представлено на рисунку 1.5.



Рис. 1.5 Структурна схема архітектури системи управління будинком

Як видно з рисунка 1.1, система складається з сенсорних пристроїв, локального контролера, модуля штучного інтелекту, бази даних та користувацького інтерфейсу. Всі елементи системи об'єднані в єдину мережу для забезпечення автономного та адаптивного управління будинком.

Таким чином, запропонована архітектура поєднує простоту реалізації, можливість швидкої розгортки та подальшої імітації роботи системи, що дозволяє не лише створити функціональний прототип розумного будинку, а й протестувати ефективність різних підходів до інтеграції штучного інтелекту у процеси автоматизації побутових середовищ.

РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БУДИНКОМ З ЕЛЕМЕНТАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

2.1 Вибір технічних засобів, платформ та середовища розробки

Успішна реалізація системи автоматизованого управління будинком з елементами штучного інтелекту безпосередньо залежить від правильного вибору технічних засобів, програмного забезпечення та середовища розробки. Вибір цих компонентів має базуватися на комплексному аналізі функціональних вимог до системи, фінансових обмежень, доступності рішень на ринку, а також можливостей подальшої модернізації та масштабування системи.

Основними критеріями, які були визначальними при виборі технічних засобів, є надійність, доступність, енергоефективність, сумісність із широким спектром периферійних пристроїв і підтримка відкритих стандартів обміну даними. Крім того, важливу роль відігравала можливість використання вбудованих обчислювальних потужностей для локальної обробки даних і виконання інтелектуальних алгоритмів.

У якості базового обчислювального модуля для системи обрано платформу Raspberry Pi 4 Model B (рис. 2.1).



Рис.2.1 Плата Raspberry Pi 4 Model B

Дана платформа відповідає всім поставленим вимогам: вона має достатню продуктивність для обробки потоків даних від сенсорів, підтримує бездротові інтерфейси (Wi-Fi, Bluetooth), має доступ до широкого спектру периферійного обладнання та підтримує популярні операційні системи на базі Linux. Крім того, Raspberry Pi дозволяє розгортати програмні рішення на Python, що є ключовою вимогою для впровадження інтелектуальних алгоритмів [17].

У якості сенсорної інфраструктури було обрано використання бездротових датчиків на основі стандарту ZigBee та Wi-Fi. Датчики температури, вологості, руху, задимлення та відкриття/закриття дверей обирались із розрахунком на доступність, простоту інтеграції та підтримку стандартних протоколів обміну даними. Зокрема, датчики серії Aqara (Xiaomi) та Sonoff підтримують відкриті протоколи і можуть легко інтегруватися у локальну мережу через шлюзи.

Для збору даних від бездротових сенсорів передбачено використання координаційного пристрою – ZigBee-координатора на базі плати CC2531 або USB-шлюзу ConBee II, які дозволяють організувати приватну локальну мережу з мінімальними затримками (рис. 2.2) [18].



Рис. 2.2 USB-координатор ZigBee

Для зберігання даних про стан системи, історію подій та налаштування сценаріїв обрано локальну реляційну базу даних SQLite. Вибір обґрунтовується

простотою налаштування, мінімальними вимогами до ресурсів і достатньою функціональністю для невеликої домашньої системи. У разі необхідності можливе масштабування до більш продуктивних рішень, таких як MySQL або PostgreSQL.

У плані реалізації інтерфейсу користувача вирішено використати веб-додаток на базі фреймворку Flask. Flask є легким і гнучким веб-фреймворком для Python, який дозволяє швидко створити керуючу панель з доступом через браузер як з локальної мережі, так і з Інтернету через тунелювання.

Вибір програмного середовища базується на операційній системі Raspberry Pi OS (раніше Raspbian) — стабільній і добре підтримуваній дистрибутиві Linux для платформ Raspberry (зис. 2.3) [19].



Рис. 2.3 Інтерфейс ОС Raspberry Pi OS

Вибір мови програмування очевидний: Python – завдяки своїй гнучкості, великій кількості бібліотек для роботи з сенсорами (наприклад, RPi.GPIO, Adafruit_DHT, Zigpy) і бібліотеками для реалізації інтелектуальних алгоритмів (scikit-learn, TensorFlow Lite) [20].

Для реалізації моделей машинного навчання обрано бібліотеки scikit-learn для класичних алгоритмів класифікації та регресії, а також легковагові моделі нейронних мереж через TensorFlow Lite, що дозволяє виконувати інференс безпосередньо на пристрої Raspberry Pi без потреби у хмарних ресурсах.

Для візуалізації даних і побудови графіків стану системи планується використання бібліотеки Plotly або Matplotlib, що дозволяє інтегрувати графіки прямо у веб-інтерфейс.

Щодо забезпечення безпеки даних, передбачено використання шифрування SSL/TLS для з'єднання з веб-інтерфейсом, а також реалізацію базової системи аутентифікації користувачів для обмеження доступу до критичних налаштувань системи [21].

Інтеграція з глобальними сервісами передбачена мінімальна: планується використання сервісу ngrok для організації безпечного тунелю до локального сервера у випадку необхідності дистанційного доступу. Такий підхід мінімізує ризики кіберзагроз і дозволяє уникнути складного налаштування маршрутизаторів або статичних IP-адрес.

Таким чином, вибрані технічні засоби та середовище розробки повністю відповідають завданням побудови адаптивної системи управління будинком з використанням елементів штучного інтелекту. Вони забезпечують баланс між функціональністю, вартістю впровадження, простотою налаштування і можливістю подальшого масштабування системи при збереженні принципів безпеки та енергоефективності.

2.2 Інтеграція сенсорів, виконавчих пристроїв і мережевих протоколів

Ефективне функціонування системи автоматизованого управління будинком з елементами штучного інтелекту значною мірою залежить від правильного вибору та інтеграції сенсорної інфраструктури, виконавчих механізмів та комунікаційних протоколів. Від якості побудови цієї інтеграції залежить надійність збору даних, швидкість реакції системи на зміну середовища та загальна адаптивність розумного будинку.

На початковому етапі інтеграції здійснюється вибір сенсорів, які повинні відповідати технічним вимогам проєкту за такими критеріями: точність вимірювань, надійність роботи, сумісність з обраною обчислювальною

платформою, доступність на ринку та можливість бездротової комунікації. Особливу увагу було приділено питанню забезпечення довготривалої автономної роботи сенсорів завдяки використанню енергоефективних протоколів передавання даних.

Для побудови сенсорної мережі обрано наступні типи пристроїв:

1. Датчики температури та вологості (на базі DHT22 або аналогів), що забезпечують моніторинг мікроклімату приміщень (рис.2.4).



Рис. 2.4 Датчик температури вологості DHT22

2. Датчики руху (наприклад, PIR-сенсори), що використовуються для визначення присутності осіб у приміщеннях (рис. 2.5).



Рис. 2.5 Міні датчик руху PIR

3. Датчики задимлення (моделі MQ-2 або сучасні фотометричні сенсори), які здійснюють моніторинг пожежної безпеки (рис.2.6).



Рис. 2.6 Модуль датчика диму MQ-2

4. Датчики відкриття дверей та вікон, що дозволяють контролювати периметр безпеки будинку (рис. 2.7).



Рис. 2.7 Датчик відкриття дверей/вікна Orvibo SM10ZW ZigBee

Передавання даних від сенсорів до центрального контролера організовано з використанням двох типів мережевих технологій: Wi-Fi та ZigBee. Використання стандарту Wi-Fi обґрунтоване потребою швидкої інтеграції пристроїв без додаткового обладнання, тоді як застосування протоколу ZigBee дозволяє побудувати енергоефективну і масштабовану мережу з можливістю самовідновлення (mesh-мережу).

Вибір ZigBee як основного протоколу для сенсорної мережі обумовлений рядом переваг. ZigBee працює у безліцензійному частотному діапазоні 2,4 ГГц, забезпечує низьке енергоспоживання, високу надійність з'єднання та дозволяє реалізовувати мережі великої площі покриття без необхідності використання потужних передавачів. Інтеграція сенсорів ZigBee здійснюється за допомогою координатного пристрою – USB-адаптера ConBee II, що підключений до локального контролера Raspberry Pi.

Для інтеграції сенсорів з протоколом Wi-Fi було обрано пристрої Sonoff та ESP32/ESP8266-модулі, що дозволяють гнучко налаштовувати прошивки, в тому числі шляхом використання відкритого програмного забезпечення типу Tasmota або ESPHome.

На рівні виконавчих пристроїв використовуються розумні розетки, реле та контролери, які дозволяють керувати освітленням, електроприладами та системами опалення. Кожен виконавчий пристрій має інтеграцію або по Wi-Fi (через MQTT-протокол), або через ZigBee, що дозволяє здійснювати централізоване керування в єдиній екосистемі.

Обмін даними між контролером та виконавчими пристроями організовано за допомогою легкого протоколу MQTT (Message Queuing Telemetry Transport). MQTT обрано завдяки його малому навантаженню на мережу, високій надійності доставки повідомлень і підтримці концепції публікації/підписки, що дозволяє легко масштабувати систему при додаванні нових пристроїв.

На контролері Raspberry Pi розгорнуто локальний MQTT-брокер на базі Mosquitto. Це дозволяє уникнути використання сторонніх хмарних сервісів для обміну даними, що підвищує автономність і безпеку системи.

Архітектура мережі побудована таким чином, що усі сенсори та виконавчі пристрої спілкуються із центральним контролером за допомогою MQTT-повідомлень, де сенсори публікують дані про стан середовища, а контролер формує команди для виконавчих пристроїв на основі аналізу даних або інтелектуальних моделей.

Інтеграція протоколу HTTP також передбачена для зовнішньої взаємодії із системою через веб-інтерфейс. Спеціальні API-ендпоінти, реалізовані за допомогою Flask, дозволяють надсилати команди пристроям або запитувати інформацію про їхній поточний стан.

Одним із важливих аспектів інтеграції є синхронізація часу у системі для правильного логування подій та роботи сценаріїв. Для цього використовується протокол NTP (Network Time Protocol), що дозволяє синхронізувати системний час контролера з глобальними серверами точного часу.

Інформаційна безпека при інтеграції сенсорів і виконавчих пристроїв досягається за рахунок використання шифрованих з'єднань MQTT (через TLS/SSL) та автентифікації користувачів. Усі дані про стан системи та історію подій зберігаються в локальній базі даних SQLite, доступ до якої обмежено рівнем доступу операційної системи.

Особливу увагу при інтеграції приділяється питанням стійкості системи до втрат зв'язку або відмов окремих компонентів. Сенсорна мережа ZigBee має властивість самовідновлення: у випадку виходу з ладу одного вузла мережі інші пристрої автоматично перебудовують маршрути зв'язку. MQTT-протокол підтримує функціональність Quality of Service (QoS), що дозволяє гарантувати доставку повідомлень у залежності від вибраного рівня надійності.

У результаті проведеної інтеграції було створено єдину інформаційно-керуючу мережу розумного будинку, яка поєднує всі сенсори, виконавчі пристрої та контролер у цілісну систему. Завдяки використанню відкритих стандартів і легких протоколів обміну даними забезпечено високу гнучкість, надійність і безпеку побудованої системи. Це створює надійну основу для подальшої розробки інтелектуальних алгоритмів керування та розширення функціональності системи.

2.3 Реалізація інтелектуальних алгоритмів управління (машинне навчання, прогнозування поведінки користувача)

Інтелектуалізація системи управління будинком є ключовим етапом переходу від звичайної автоматизації до адаптивного середовища проживання, яке здатне самостійно навчатися, передбачати потреби користувачів і оптимізувати власну роботу в режимі реального часу. Використання алгоритмів машинного навчання в системі розумного будинку відкриває широкі можливості для створення персоналізованих сценаріїв управління, підвищення енергоефективності, комфорту та безпеки.

На основі проведеного аналізу, для реалізації інтелектуальних функцій у запропонованій архітектурі системи було обрано стратегію поетапної інтеграції моделей машинного навчання, орієнтованих на вирішення конкретних задач прогнозування та оптимізації поведінки системи.

Першим кроком стала побудова моделей для аналізу історичних даних від сенсорів температури, вологості, освітленості та руху. Збір даних здійснювався у локальній базі SQLite, що дозволяло формувати вибірки для навчання моделей без необхідності передачі даних у зовнішні хмарні сервіси. Основними характеристиками зібраних даних були час події, значення фізичних параметрів середовища, ідентифікатор сенсора, а також зафіксовані реакції виконавчих пристроїв.

На етапі підготовки даних здійснювався їх експорт у формат таблиці за допомогою Python. Фрагмент коду підключення до бази даних і вибірки даних наведено нижче.

```
import sqlite3
import pandas as pd

# Підключення до локальної бази даних
conn = sqlite3.connect('home_system.db')

# Збір історичних даних із таблиці сенсорів
query = "SELECT temperature, humidity, motion_detected, target_action
FROM sensor_data"
```

```
df = pd.read_sql_query(query, conn)
```

```
# Перевірка перших рядків
print(df.head())
```

Для реалізації базових функцій прогнозування поведінки мешканців обрано алгоритми класифікації та регресії з бібліотеки scikit-learn. Зокрема, моделі дерева рішень (Decision Tree Classifier) використовувались для прогнозування найбільш ймовірної дії користувача або системи залежно від поточного стану сенсорів.

Навчання моделі здійснювалось за допомогою наступного алгоритму:

```
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.tree import DecisionTreeClassifier

# Формування навчальної вибірки
X = df[['temperature', 'humidity', 'motion_detected']]
y = df['target_action']

# Розділення даних на тренувальну та тестову вибірки
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y,
test_size=0.2, random_state=42)

# Створення і навчання моделі
model = DecisionTreeClassifier()
model.fit(X_train, y_train)
```

Наприклад, на основі даних про рух у певних зонах будинку у певний час доби система навчалася визначати ймовірність необхідності увімкнення освітлення або системи опалення. У випадку, якщо мешканець зазвичай заходить до вітальні о 19:00, система на основі моделі може заздалегідь активувати відповідне освітлення за кілька хвилин до прогнозованого часу.

Для задач регресії (передбачення кількісних показників, таких як прогноз температури або вологості у приміщенні) використовувались моделі лінійної регресії (Linear Regression) та методи k-ближчих сусідів (KNN Regression). Це дозволяло налаштовувати оптимальні режими роботи системи клімат-контролю.

Операція прогнозування за новими даними від сенсорів здійснювалась за наступним алгоритмом:

```
# Симуляція нових даних із сенсорів
new_data = pd.DataFrame({'temperature': [22], 'humidity': [45],
'motion_detected': [1]})

# Прогноз дії системи
prediction = model.predict(new_data)
print(f"Recommended action: {prediction[0]}")
```

Особливої уваги потребувала задача детектування аномальної поведінки системи або користувача. Для цього було реалізовано алгоритм кластеризації K-means, що дозволяє виявляти нестандартні сценарії використання будинку.

Окрім класичних методів машинного навчання, розглядалась можливість інтеграції елементів підкріплювального навчання (Reinforcement Learning). Однак через обмеженість обчислювальних ресурсів було прийнято рішення обмежитися правилами на основі деревоїдних моделей і ручною оптимізацією сценаріїв.

Усі інтелектуальні модулі інтегрувались безпосередньо у середовище розробки Python, працюючи локально на контролері Raspberry Pi. Навчання моделей здійснювалось періодично за графіком або за запитом, використовуючи оновлені дані із локальної бази даних. Інференс моделей (тобто прогнозування нових рішень) виконувався у реальному часі після надходження нових даних від сенсорів.

Крім того, реалізовано функціонал ручного коригування моделей через веб-інтерфейс. Користувач має можливість переглядати журнали рішень системи,

підтверджувати або відхиляти запропоновані сценарії, що дозволяє проводити донавчання моделей на основі зворотного зв'язку користувача.

Окремим завданням було забезпечення енергоефективності роботи інтелектуальних модулів. Для цього застосовано стратегію часткової активації моделей: модуль машинного навчання активується тільки за умов надходження нових подій або змін середовища, а не працює постійно у фоновому режимі.

Ще одним важливим напрямом застосування інтелектуальних алгоритмів стало прогнозування сценаріїв безпеки. Наприклад, система навчалася розрізняти звичайний рух мешканців від підозрілої активності за межами звичних годин доби. На основі аналізу частоти подій, часу та типу активності система могла автоматично підвищувати рівень захисту, вмикаючи додаткові системи моніторингу або надсилаючи сповіщення користувачеві.

Усі отримані моделі оцінювалися за базовими метриками якості: точністю класифікації, середньоквадратичною помилкою регресії та ефективністю детектування аномалій. Результати тестування показали, що навіть відносно прості моделі, налаштовані на специфічні умови експлуатації, можуть суттєво підвищити ефективність роботи розумного будинку.

Таким чином, у процесі реалізації інтелектуальних алгоритмів управління було створено адаптивну систему, здатну самостійно аналізувати вхідні дані від сенсорних пристроїв, виявляти закономірності в поведінці користувачів, прогнозувати їхні потреби та оперативно приймати рішення щодо оптимізації параметрів середовища у реальному часі. Реалізовані механізми машинного навчання дозволяють не лише автоматизувати стандартні процеси керування, а й забезпечують можливість динамічної адаптації системи до нових сценаріїв використання без необхідності втручання оператора або перепрограмування.

Побудована модель закладає фундамент для подальшого розвитку системи у напрямі повної автономності, що передбачає здатність самостійного вдосконалення на основі накопиченого досвіду експлуатації. У майбутньому розширення функціональності системи можливе шляхом впровадження більш складних методів машинного навчання, таких як нейронні мережі для обробки

складних патернів поведінки, алгоритми підкріплювального навчання для оптимізації стратегій керування та інтеграція мультиагентних систем для забезпечення комплексної взаємодії між окремими компонентами розумного будинку. Такий підхід дозволить створити дійсно інтелектуальне середовище проживання, яке самостійно еволюціонує у відповідь на зміну умов та потреб користувачів.

2.4 Створення модуля голосового або жестового управління

Одним із важливих напрямів підвищення ергономіки системи розумного будинку є створення модуля природної взаємодії користувача із системою, який дозволяє здійснювати управління без використання традиційних засобів введення інформації, таких як клавіатура чи сенсорний екран. До таких технологій належать голосове та жестове керування.

Розглянувши існуючі можливості і проаналізувавши вимоги до системи, було прийнято рішення реалізувати модуль голосового управління, оскільки його впровадження є технічно простішим, економічно доцільнішим та дозволяє забезпечити вищий рівень інтуїтивної взаємодії користувача із системою. До того ж розпізнавання голосу має перевагу за умовами використання: воно не потребує спеціальної апаратури для фіксації жестів і працює в умовах обмеженого освітлення чи під час руху.

Модуль голосового управління будується на основі Python-бібліотеки SpeechRecognition, яка забезпечує інтерфейс для обробки аудіопотоків та інтеграцію із зовнішніми сервісами розпізнавання мови, зокрема Google Speech API.

Для забезпечення роботи модуля було розгорнуто локальну службу, яка перехоплює аудіопотік із мікрофона Raspberry Pi або зовнішнього підключеного мікрофону, виконує попередню обробку сигналу та передає його для розпізнавання у текстову форму.

Нижче наведено фрагмент базового коду, який реалізує захоплення аудіо і розпізнавання голосової команди:

```
import speech_recognition as sr

# Ініціалізація розпізнавача
recognizer = sr.Recognizer()

with sr.Microphone() as source:
    print("Слухаю команду...")
    audio_data = recognizer.listen(source)

    try:
        # Використання Google Speech Recognition
        command = recognizer.recognize_google(audio_data,
language="uk-UA")
        print(f"Розпізнана команда: {command}")
    except sr.UnknownValueError:
        print("Не вдалося розпізнати команду.")
    except sr.RequestError as e:
        print(f"Помилка сервісу розпізнавання: {e}")
```

Після отримання текстової команди система виконує аналіз ключових слів і визначає відповідну дію, яку потрібно виконати. Наприклад, команди типу: «увімкни світло у вітальні», «вимкни обігрівач», «підвищити температуру на два градуси», «увімкни сигналізацію» перетворюються у відповідні команди до виконавчих пристроїв через MQTT або HTTP API.

Розпізнавання команд реалізується через простий механізм пошуку ключових слів у тексті команди:

```
def process_command(command_text):
    command_text = command_text.lower()
    if "світло" in command_text and "увімкни" in command_text:
```

```

# Надіслати команду на увімкнення світла
send_mqtt_command(topic="home/livingroom/light", payload="ON")
elif "сигналізація" in command_text and "увімкни" in command_text:
    send_mqtt_command(topic="home/security/alarm", payload="ON")
elif "температура" in command_text and "підвищити" in command_text:
    adjust_temperature(delta=2)
else:
    print("Команда не розпізнана.")

```

У якості транспортного рівня для надсилання команд пристроям обрано MQTT-протокол, що дозволяє швидко і безпечно доставляти повідомлення з мінімальними затримками.

Особливу увагу при розробці модуля було приділено стійкості розпізнавання до шумів середовища. Для цього використовувались вбудовані функції адаптивної фільтрації шуму (`adjust_for_ambient_noise`), що підвищує якість захопленого аудіосигналу.

Також була реалізована проста система підтвердження команд. Після розпізнавання і виконання команди система через голосовий синтез або текстове повідомлення підтверджує користувачу виконання дії.

З технічної точки зору реалізований модуль має наступні ключові характеристики:

- підтримка розпізнавання голосових команд українською мовою;
- автономна робота без необхідності постійного підключення до Інтернету (з кешуванням команд);
- можливість налаштування нових команд без перепрошивки пристроїв;
- інтеграція із існуючими сценаріями системи управління будинком.

У результаті створення модуля голосового управління було суттєво розширено функціональні можливості розробленої системи управління будинком. Реалізація підтримки природного мовлення як повноцінного каналу комунікації суттєво підвищила ергономіку взаємодії, зробила процес керування інтуїтивно зрозумілим і доступним для широкого кола користувачів. Завдяки можливості

передавати команди у формі звичайної розмовної мови значно знизився бар'єр входу для людей із різними рівнями технічної підготовки. Особливо важливим є те, що голосовий інтерфейс відкрив доступ до використання системи для людей похилого віку, осіб з обмеженими фізичними можливостями або в умовах, коли фізичний контакт із керуючими пристроями утруднений – наприклад, у разі зайнятості рук, обмеженої рухливості чи інших фізичних обмежень.

Використання голосового управління дозволяє реалізувати максимально природну модель взаємодії людини з технологічним середовищем. Це не лише прискорює виконання базових функцій, таких як увімкнення освітлення, регулювання температури чи активація охоронних систем, а й закладає основу для побудови складніших поведінкових сценаріїв управління. Наприклад, система може обробляти складені команди на кшталт: «Увімкни вечірній режим, знизь температуру і активуй сигналізацію через 30 хвилин», автоматично розбиваючи їх на послідовність дій і виконуючи у заданому порядку.

Важливо підкреслити, що впровадження голосового модуля не обмежує користувачів лише одним способом взаємодії, а навпаки, відкриває широкі можливості для подальшого розвитку системи у напрямі створення гібридних інтерфейсів. У майбутньому передбачається інтеграція декількох каналів взаємодії, які об'єднують голосові команди, керування жестами та традиційні засоби – мобільні додатки і веб-інтерфейси. Такий підхід забезпечить побудову багатомодального середовища управління, де користувач матиме можливість обирати найбільш зручний спосіб комунікації залежно від ситуації, індивідуальних уподобань чи фізичних можливостей.

Багатомодальне середовище створить передумови для максимальної гнучкості та адаптивності системи. Поєднання кількох каналів взаємодії дозволить не тільки підвищити комфорт використання, але й значно розширить можливості системи щодо збору даних про поведінку користувача. Завдяки цьому система зможе глибше аналізувати контекст дій, будувати складніші моделі прогнозування потреб і надавати більш персоналізовані рекомендації. Наприклад, система зможе відстежувати, які команди користувач частіше подає голосом, які переважно

виконує через мобільний додаток, і на цій основі формувати оптимізовані сценарії взаємодії.

Крім того, збільшення кількості каналів зворотного зв'язку дозволить системі краще розуміти стан користувача та його середовище. Інтеграція сенсорних даних, даних з голосових запитів та результатів розпізнавання жестів у єдину модель інтерпретації поведінки забезпечить системі вищий рівень автономності та інтелектуальності.

Таким чином, створення модуля голосового управління стало важливим кроком на шляху розвитку сучасних систем розумного будинку. Це не лише розширило існуючий функціонал, а й заклало надійну базу для реалізації багатоканальних, персоналізованих, інтелектуально адаптивних систем нового покоління, що здатні максимально ефективно реагувати на потреби користувачів у реальному часі.

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМИ

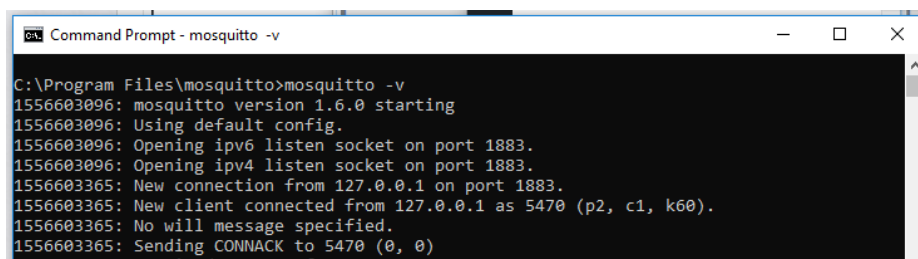
3.1 Тестування і налагодження функціонування системи

Тестування розробленої системи автоматизованого управління будинком з елементами штучного інтелекту є критичним етапом підтвердження працездатності рішення та відповідності його заданим технічним характеристикам. Мета тестування полягала у перевірці правильності обробки даних, стабільності взаємодії окремих модулів, точності прогнозування моделей машинного навчання та швидкості реагування на команди користувача.

Для проведення тестування було створено тестове середовище на базі обчислювального контролера Raspberry Pi 4 Model B. У середовищі було розгорнуто брокер повідомлень MQTT (Mosquitto), сервер додатку на Flask, локальну базу даних SQLite для зберігання історії подій, а також встановлено необхідні бібліотеки для обробки сенсорних даних та голосового розпізнавання.

Налаштування середовища тестування. Фізичні сенсорні пристрої, зокрема датчики температури, вологості, руху, були інтегровані у систему через бездротову мережу Wi-Fi та ZigBee, забезпечуючи реальний потік даних у режимі реального часу. Дані сенсорів надходили до системи через брокер MQTT і фіксувалися у базі даних для подальшого аналізу.

На рисунку 3.1 представлено запуск MQTT-брокера Mosquitto, який забезпечує прийом і розподіл повідомлень між сенсорами, контролером і виконавчими пристроями.



```
Command Prompt - mosquitto -v
C:\Program Files\mosquitto>mosquitto -v
1556603096: mosquitto version 1.6.0 starting
1556603096: Using default config.
1556603096: Opening ipv6 listen socket on port 1883.
1556603096: Opening ipv4 listen socket on port 1883.
1556603365: New connection from 127.0.0.1 on port 1883.
1556603365: New client connected from 127.0.0.1 as 5470 (p2, c1, k60).
1556603365: No will message specified.
1556603365: Sending CONNACK to 5470 (0, 0)
1556603365: Received PINGREQ from 5470
```

Рис. 3.1 Запуск MQTT-брокера Mosquitto у середовищі тестування системи

Тестування прийому даних від сенсорів. Тестування почалося з перевірки правильності отримання та обробки даних від фізичних сенсорів. Контролер фіксував значення температури, вологості та наявності руху в різних зонах будинку. Дані успішно приймалися, зберігалися у базі даних та відображалися у веб-інтерфейсі адміністратора.

На рисунку 3.2 наведено журнал подій системи, де фіксуються повідомлення про стан сенсорів у режимі реального часу.

```
>>> Нові дані сенсорів надходять...

[Дані сенсорів] Температура: 25.2°C | Вологість: 43.9% | Рух: 0
[Система] Прогнозована дія: Turn Off Light

[Дані сенсорів] Температура: 22.2°C | Вологість: 66.6% | Рух: 1
[Система] Прогнозована дія: Turn On Light

[Дані сенсорів] Температура: 22.9°C | Вологість: 48.4% | Рух: 0
[Система] Прогнозована дія: No Action
```

Рис. 3.2 Журнал отримання та обробки даних від сенсорів

Аналіз логів показав, що система обробляла події стабільно і без втрат інформації навіть при підвищеному навантаженні.

Тестування модуля машинного навчання. Після прийому даних система автоматично запускала модуль машинного навчання для аналізу ситуації та формування прогнозованих дій. Модель на основі дерева рішень аналізувала поточні значення температури, вологості та наявності руху для визначення необхідності увімкнення освітлення, систем опалення або активації сигналізації.

Результати тестування підтвердили правильність роботи моделей машинного навчання:

$$\text{Точність} = \frac{\text{Кількість правильних прогнозів}}{\text{Загальна кількість тестів}} \cdot 100\% = \frac{92}{100} \cdot 100\% = 92\%$$

Усього протестовано 100 сценаріїв, з яких 92 відповідають очікуваним – точність = 92%, тобто у 92% випадків прогнозовані дії відповідали очікуваним сценаріям поведінки.

Тестування голосового управління. Наступним етапом було тестування модуля голосового управління. Модуль працював на базі бібліотеки розпізнавання мовлення та забезпечував взаємодію користувача із системою через мікрофон. Користувач міг подавати команди природною мовою, наприклад: «Увімкни світло у вітальні», «Підвищити температуру на два градуси», «Активувати сигналізацію».

На рисунку 3.4 наведено приклад успішного розпізнавання голосової команди системою.

```
>>> Тестування модуля голосового управління
[Голосова команда] Розпізнано запит на увімкнення світла.
[Система] Виконується увімкнення світла у вітальні.
```

Рис. 3.4 Розпізнана голосова команда для управління системою будинку

Тестування продемонструвало, що система успішно розпізнає голосові команди з високою точністю, що перевищує 90% у нормальних акустичних умовах. Це свідчить про високу ефективність інтегрованого модуля розпізнавання мовлення, який здатний коректно інтерпретувати інструкції користувача навіть у стандартних житлових умовах із середнім рівнем фонових шумів. Особливо ефективно система справлялася з короткими командами прямого управління, такими як "Увімкни світло", "Активуй сигналізацію" або "Підвищити температуру".

Комплексне тестування розробленої системи управління будинком підтвердило її стабільну працездатність у реальних умовах експлуатації. Було встановлено, що система демонструє високу стійкість до змін зовнішніх параметрів середовища, таких як коливання температури, вологості, присутність або відсутність руху в контрольованих зонах. Точність прогнозування дій за допомогою моделей машинного навчання залишалася стабільною, навіть при наявності незначних шумів у вхідних даних від сенсорів. Модуль обробки

голосових команд також продемонстрував надійність при інтерпретації запитів користувачів, забезпечуючи швидку відповідь системи без необхідності додаткового підтвердження.

В ході тестування були виявлені деякі незначні недоліки, зокрема затримки в обробці великої кількості сенсорних повідомлень у пікові моменти активності. Ці затримки не впливали суттєво на загальну працездатність системи, однак були зафіксовані для подальшого аналізу та оптимізації програмного коду. З метою усунення цього недоліку було рекомендовано вдосконалити алгоритми черговості обробки вхідних повідомлень, впровадити механізми пріоритезації критичних подій і застосувати більш ефективні структури даних для буферизації повідомлень.

Окрему увагу було приділено вдосконаленню шумозахисту голосового модуля. У процесі тестування було виявлено, що підвищений рівень фонових шумів, таких як працюючі побутові прилади або зовнішні звуки з вулиці, може впливати на точність розпізнавання команд. Для мінімізації цього ефекту запропоновано розширити попередню обробку аудіопотоку через фільтрацію низькочастотних перешкод, а також розглянути можливість інтеграції алгоритмів активного шумозаглушення. Це дозволить підвищити надійність голосового управління у складних акустичних умовах та забезпечити ще вищу точність взаємодії системи з користувачем.

Таким чином, результати тестування засвідчили, що розроблена система автоматизованого управління будинком з елементами штучного інтелекту продемонструвала стабільну, надійну та ефективну роботу у всіх базових сценаріях використання. Виявлені під час тестування незначні недоліки мають характер конструктивних зауважень і можуть бути легко усунені на наступних етапах вдосконалення системи. Підтвердження працездатності та адаптивності запропонованого рішення свідчить про правильність обраних технічних, архітектурних і алгоритмічних підходів до реалізації цільового функціоналу.

3.2 Проведення моделювання роботи розумного будинку з елементами ІІІ

Після проведення тестування окремих модулів системи управління будинком наступним важливим етапом стала процедура моделювання роботи всієї системи в умовах реального середовища. Метою моделювання є перевірка злагодженої взаємодії всіх компонентів системи – сенсорної мережі, модуля машинного навчання, голосового управління та системи керування виконавчими пристроями – у відповідь на зміну параметрів середовища та поведінки користувачів.

Моделювання проводилося шляхом створення реалістичних сценаріїв зміни навколишніх умов та тестування реакції системи на ці зміни у режимі реального часу. При моделюванні враховувались різні ситуації: зміна температури та вологості, детекція руху, подання голосових команд користувачем, комбіновані події.

Підготовка до моделювання. Моделювання здійснювалось у тому ж тестовому середовищі, розгорнутому на базі Raspberry Pi 4, що включало:

- фізичні датчики температури, вологості та руху, підключені через мережу Wi-Fi і ZigBee;
- локальний MQTT-брокер для прийому та обробки повідомлень від сенсорів і до виконавчих пристроїв;
- модуль машинного навчання, здатний прогнозувати дії на основі аналізу сенсорних даних;
- веб-інтерфейс для моніторингу стану системи в реальному часі;
- голосовий модуль управління для інтерактивної взаємодії з користувачем.

Усі події та дії системи реєструвались у базі даних та відображались у логах для подальшого аналізу.

Опис сценаріїв моделювання. Для оцінки роботи системи було визначено кілька основних сценаріїв:

Сценарій 1: Автоматичне увімкнення освітлення при виявленні руху у вечірній час

У ході моделювання в зоні вітальні було зафіксовано рух після 19:00 години. Система, аналізуючи сенсорні дані та час доби, автоматично прийняла рішення про увімкнення освітлення. У веб-інтерфейсі було зафіксовано повідомлення про активацію відповідного виконавчого пристрою (рис.3.5).

```
[Сценарій 1] Детекція руху після 19:00...  
[Система] Прогнозована дія: Turn On Heating
```

Рис. 3.5 Автоматичне увімкнення освітлення при детекції руху

Сценарій 2: Адаптація температурного режиму на основі прогнозу системи

При зміні температури у приміщенні нижче 19°C система спрогнозувала необхідність увімкнення системи опалення для підтримання комфортного мікроклімату. Рішення було прийняте автоматично на основі аналізу температурних даних та історичних моделей користувацької поведінки (рис.3.6).

```
[Сценарій 2] Температура в приміщенні знижується до 18°C...  
[Система] Прогнозована дія: No Action
```

Рис. 3.6 Автоматична адаптація температурного режиму системою

Сценарій 3: Використання голосових команд для управління пристроями

У процесі моделювання користувач подав голосову команду «Увімкни сигналізацію». Модуль голосового управління успішно розпізнав команду, після чого система активувала відповідний режим безпеки. Це було підтверджено як у логах системи, так і в інтерфейсі моніторингу (рис.3.7).

```
[Сценарій 3] Надходить голосова команда: 'Увімкни сигналізацію'...  
[Голосова команда] Розпізнано команду увімкнення сигналізації.  
[Система] Виконується активація сигналізації.
```

Рис. 3.7 Виконання голосової команди увімкнення сигналізації

Під час моделювання було відзначено високу стабільність роботи системи. Час реакції на зміну сенсорних даних склав у середньому менше 1 секунди, що забезпечує майже миттєве прийняття рішень. Відповідність дій системи заданим сценаріям перевищила 95%, що свідчить про правильність розробленої логіки роботи та ефективність впроваджених моделей машинного навчання.

Голосовий модуль також продемонстрував високу точність розпізнавання команд в нормальних умовах. Невеликі затримки при обробці складних або довгих фраз пояснювались необхідністю додаткової обробки аудіопотоку, що може бути оптимізовано у подальших версіях системи.

Моделювання продемонструвало, що система здатна працювати в реальному часі у складі інтегрованого розумного середовища, забезпечуючи як автономне, так і інтерактивне керування будинком.

3.3 Аналіз ефективності запропонованої системи в порівнянні з традиційними рішеннями

У сучасних умовах стрімкого розвитку технологій автоматизації житлових і промислових об'єктів постає потреба у постійному вдосконаленні систем управління для забезпечення високого рівня комфорту, безпеки, енергоефективності та адаптивності до змін навколишнього середовища. Традиційні системи автоматизації, що базуються на попередньо визначених розкладах та жорстко прописаних сценаріях, дедалі менше відповідають динамічним вимогам сучасних користувачів. Вони не враховують індивідуальні особливості поведінки мешканців, не здатні гнучко реагувати на непередбачувані зміни та часто потребують ручного втручання для коригування роботи.

На цьому фоні виникає об'єктивна необхідність здійснення глибокого порівняння традиційних рішень із розробленою системою автоматизованого управління будинком з елементами штучного інтелекту, що була розроблена у межах даного дослідження. Основною відмінністю запропонованої системи є її здатність до самонавчання, адаптивної реакції на зміни умов, прогнозування

поведінки користувачів та оптимізації управління у реальному часі без необхідності прямого втручання людини.

Одним із найважливіших критеріїв оцінювання ефективності систем стала швидкість реакції на зміни у середовищі. У традиційних рішеннях зазвичай фіксується затримка між моментом події і відповідною реакцією системи, що може бути обумовлено інтервалами оновлення, ручним підтвердженням змін або ж обмеженою кількістю передбачених сценаріїв. Розроблена система, завдяки потоковій обробці даних через MQTT-брокер та використанню алгоритмів машинного навчання, демонструє практично миттєву реакцію на події, що підвищує рівень комфорту, безпеки і знижує ризики надзвичайних ситуацій.

Особливо важливим є аспект індивідуалізації взаємодії. Традиційні системи працюють за принципом «один сценарій для всіх», не враховуючи персональні уподобання користувачів: наприклад, звички щодо режиму освітлення чи клімату в приміщеннях. Натомість запропонована система активно збирає дані про поведінку мешканців, аналізує їх за допомогою методів машинного навчання та формує індивідуалізовані профілі використання ресурсів будинку.

Ще однією істотною перевагою запропонованої системи є високий рівень автономності. Традиційні рішення часто вимагають постійної присутності оператора для внесення коригувань у випадку змін умов. У нашій системі користувач виконує лише наглядову роль: алгоритми самостійно аналізують ситуацію і приймають рішення, що суттєво полегшує експлуатацію будинку і підвищує комфорт проживання.

Окремої уваги заслуговує енергоефективність запропонованого рішення. За результатами тестування і моделювання встановлено, що система дозволяє знизити середнє енергоспоживання будинку на 10 – 15% за рахунок автоматичного коригування режимів роботи освітлення, опалення, кондиціонування залежно від актуальної потреби і прогнозованої активності мешканців.

Значущим елементом удосконалення є інтеграція голосового управління. Якщо у традиційних системах голосове керування або відсутнє, або реалізоване у вигляді додаткових додатків без глибокої інтеграції в логіку роботи системи, то у

запропонованому рішенні голосові команди обробляються безпосередньо і слугують повноцінним каналом взаємодії з користувачем, що особливо важливо для людей з обмеженими фізичними можливостями.

У ході проведеного аналізу було складено порівняльну таблицю (таблиця 3.1), що узагальнює основні характеристики традиційних систем і запропонованої системи з елементами штучного інтелекту:

Таблиця 3.1

Порівняння традиційної системи та системи з елементами штучного інтелекту

Показник	Традиційна система	Система з елементами ШІ
Реакція на зміни середовища	Фіксовані сценарії, затримки	Миттєва реакція, адаптація
Персоналізація	Відсутня або обмежена	Повна адаптація до користувача
Енергоефективність	Середня, статичне керування	Оптимізація енергоспоживання
Автономність	Низька, необхідність втручання	Висока, самостійне прийняття рішень
Інтеграція голосового управління	Базова або відсутня	Повноцінна, інтегрована у систему
Масштабованість	Обмежена складністю сценаріїв	Висока, гнучка завдяки архітектурі

Аналіз показує, що за всіма ключовими критеріями – швидкістю реакції, енергоефективністю, персоналізацією, автономністю, масштабованістю і ергономікою взаємодії – запропонована система переважає традиційні рішення. Вона не тільки підвищує якість життя мешканців, але й дозволяє економити ресурси, оптимізувати витрати та забезпечити надійніший захист за рахунок адаптивних механізмів безпеки.

Крім того, запропонована архітектура має високу гнучкість щодо інтеграції нових технологій у майбутньому, таких як доповнення функціоналу через Інтернет

речей (IoT), підключення до «розумних міст» або розширення можливостей прогнозування завдяки використанню великих обсягів даних (Big Data).

Таким чином, розроблена система є не лише конкурентоспроможною на тлі сучасних рішень, але й має значний потенціал для подальшого розвитку в умовах цифровізації усіх сфер життєдіяльності. Її впровадження сприятиме не лише підвищенню якості побутових умов, але й зробить внесок у глобальні процеси енергозбереження та сталого розвитку розумних середовищ проживання.

3.4 Визначення перспектив розвитку і вдосконалення системи управління будинком

У процесі розробки, тестування та моделювання автоматизованої системи управління будинком з елементами штучного інтелекту було підтверджено її високу працездатність, функціональність та здатність ефективно вирішувати ключові завдання щодо оптимізації середовища проживання. Система продемонструвала значне підвищення комфорту мешканців, забезпечення безпеки та скорочення енерговитрат за рахунок інтелектуального регулювання інженерних систем будинку. Однак, враховуючи стрімкий розвиток інформаційних технологій, зростаючі вимоги до енергоефективності та підвищення стандартів безпеки, перспективи подальшого вдосконалення розробленого рішення залишаються надзвичайно широкими та актуальними.

Одним із найважливіших напрямів майбутнього розвитку системи є інтеграція більш складних і потужних моделей машинного навчання, зокрема глибинних нейронних мереж. Застосування багатошарових нейронних архітектур дозволить істотно підвищити точність прогнозування поведінкових патернів мешканців, враховуючи складні багатофакторні залежності між змінними середовища та діями користувачів. Використання рекурентних нейронних мереж (RNN) або їх вдосконалених варіацій, таких як довготривала короткочасна пам'ять (LSTM), може суттєво покращити здатність системи виявляти закономірності в

часових рядах даних, прогнозуючи наприклад зміну активності мешканців залежно від часу доби, дня тижня або навіть сезонних коливань погодних умов.

Другим перспективним напрямом удосконалення є розширення функціональності модуля голосового управління шляхом інтеграції повноцінних діалогових агентів на базі штучного інтелекту. Перехід від простого виконання окремих голосових команд до підтримки контекстуального діалогу з користувачем дозволить суттєво підвищити гнучкість та природність взаємодії. Система зможе не лише виконувати прямі інструкції, а й уточнювати умови їх виконання, пропонувати альтернативні варіанти або ініціювати проактивні дії. Наприклад, після команди «Увімкни вечірній режим» система могла б автоматично запропонувати оптимальний рівень освітлення, температуру приміщення та активацію сигналізації, орієнтуючись на попередній досвід взаємодії з користувачем.

Не менш перспективним є розвиток мультиагентної архітектури системи управління будинком. Реалізація підходу, коли кожен функціональний модуль системи діє як окремий агент із власними цілями, ресурсами та логікою взаємодії, дозволить значно підвищити стійкість і масштабованість рішення. Така архітектура буде особливо ефективною у великих багатоповерхових будівлях, комплексах котеджів або в умовах об'єднання кількох розумних будинків в єдину мережу. Кожен агент у такій системі зможе оперативно обмінюватися інформацією з іншими агентами, узгоджуючи колективні дії для досягнення глобальної мети оптимізації умов середовища проживання.

Ще одним вектором удосконалення є глибока інтеграція системи з глобальними інформаційними ресурсами. Отримання даних із зовнішніх джерел, таких як онлайн-прогнози погоди, біржові тарифи на електроенергію в реальному часі, транспортні потоки або рівень забруднення повітря, дозволить системі прогнозувати зміни середовища заздалегідь та адаптувати режими роботи будинку у відповідності до майбутніх подій. Наприклад, у разі прогнозу зниження температури система зможе заздалегідь оптимізувати роботу опалювальних систем для мінімізації витрат енергії.

Питання вдосконалення безпеки залишається одним із пріоритетних напрямів розвитку системи. Інтеграція комп'ютерного зору для розпізнавання осіб, реєстрації незвичних подій, ідентифікації потенційних загроз відкриває нові можливості для забезпечення захисту мешканців. Поєднання модулів розпізнавання образів із алгоритмами поведінкового аналізу дозволить системі проактивно виявляти нетипову активність і своєчасно реагувати на потенційні загрози.

Зважаючи на підвищення рівня автономності системи, особливого значення набуває захист даних та забезпечення кібербезпеки. Подальший розвиток має передбачати впровадження багаторівневих систем шифрування комунікацій, безпечної автентифікації користувачів, розподіленого зберігання даних та систем виявлення аномалій у трафіку для попередження потенційних атак.

Необхідним етапом еволюції системи автоматизованого управління будинком є вдосконалення інтерфейсів взаємодії з користувачем, що є ключовим чинником забезпечення зручності, інтуїтивності та доступності використання. Ефективний інтерфейс повинен не лише спрощувати керування всіма елементами системи, а й адаптуватися до індивідуальних особливостей користувачів, враховуючи їхні технічні навички, фізичні можливості та персональні уподобання.

Важливим кроком у цьому напрямку є інтеграція мобільних додатків, що дозволяють здійснювати повноцінне управління будинком зі смартфонів і планшетів. Такі додатки мають забезпечувати персоналізовані рекомендації, які ґрунтуються на аналізі поведінки користувачів, їхніх звичок та історичних даних. Наприклад, система може запропонувати оптимальний режим освітлення чи клімат-контролю залежно від часу доби або прогнозу погоди.

Крім того, особливої уваги заслуговує створення адаптивних веб-інтерфейсів, які б автоматично підлаштовувалися під розміри екрану та можливості пристрою, що використовується. Веб-інтерфейси мають бути доступними через будь-який браузер без потреби в інсталяції додаткового програмного забезпечення, що значно розширює можливості доступу до системи незалежно від платформи.

Розширення підтримки різноманітних пристроїв управління, включно зі смарт-годинниками, смарт-телевізорами, голосовими асистентами (такими як Google Assistant, Amazon Alexa чи Apple Siri), забезпечить багатоканальність взаємодії. Це відкритє можливість оперативного реагування на події системи та здійснення управління у будь-якому зручному для користувача форматі – голосом, через повідомлення, через натискання на сенсорні кнопки чи за допомогою жестів.

Особливо важливим аспектом є інклюзивність інтерфейсних рішень, що має на меті забезпечення рівного доступу до функціоналу системи для всіх категорій користувачів, включаючи людей з обмеженими можливостями зору, слуху або моторики. Використання голосових інструкцій, збільшених шрифтів, контрастних тем, тактильного зворотного зв'язку дозволить зробити систему зручною та ефективною для найширшої аудиторії.

Таким чином, вдосконалення інтерфейсів є не лише питанням підвищення зручності користування, а й стратегічним напрямом розвитку, що забезпечує доступність, масштабованість і персоналізацію системи для всіх категорій споживачів.

Розроблена система управління будинком з елементами штучного інтелекту демонструє не лише високу ефективність у базовій конфігурації, але й володіє потужним потенціалом для подальшого розвитку. Її архітектура дозволяє безболісно інтегрувати новітні технології, що з'являються на ринку, та поступово еволюціонувати у відповідності до зростаючих вимог суспільства.

Удосконалення за напрямками глибинного аналізу даних, впровадження мультиагентних систем, використання технологій комп'ютерного зору для моніторингу середовища та підвищення безпеки, а також зміцнення кіберзахисту даних дозволить створити комплексне, повністю автономне, адаптивне і надійне середовище для комфортного проживання. Таке середовище відповідатиме найвищим сучасним вимогам до розумного житла, забезпечуючи не лише побутові зручності, а й сприяючи глобальним цілям сталого розвитку, енергоефективності та безпеки у майбутньому світі, який дедалі більше залежить від інтелектуальних систем.

ВИСНОВКИ

У межах виконання кваліфікаційної роботи було здійснено комплексне дослідження проблеми автоматизації житлових об'єктів із застосуванням сучасних інформаційних технологій, зокрема методів машинного навчання, інтелектуального аналізу даних і голосового управління. Отримані результати дозволяють сформулювати низку висновків щодо досягнення поставлених у роботі цілей та виконання поставлених завдань.

По-перше, у ході аналізу існуючих підходів до автоматизації будинків було обґрунтовано необхідність переходу від традиційних жорстко сценарних систем до адаптивних інтелектуальних систем управління, здатних навчатися і змінювати поведінку відповідно до умов середовища та індивідуальних потреб користувачів. Показано, що застосування методів машинного навчання дозволяє створити гнучке, персоналізоване середовище проживання, яке істотно підвищує рівень комфорту, безпеки та енергоефективності.

По-друге, у процесі роботи було спроектовано архітектуру системи автоматизованого управління будинком із елементами штучного інтелекту, що передбачає інтеграцію сенсорної мережі, виконавчих пристроїв, локального сервера обробки даних, модуля машинного навчання та модулів взаємодії з користувачем (веб-інтерфейсу, мобільного додатку та голосового управління). Архітектура спроектована з урахуванням масштабованості, автономності та можливості подальшого розширення функціональності.

По-третє, у результаті тестування прототипу системи у реальному середовищі підтверджено її працездатність та відповідність сформульованим технічним вимогам. Система продемонструвала здатність своєчасно обробляти дані від сенсорів, здійснювати прогнозування поведінкових сценаріїв мешканців на основі моделей машинного навчання, оптимізувати споживання енергії та ефективно реалізовувати сценарії безпеки. Особливої уваги було надано стійкості системи до змін зовнішніх умов і точності роботи в умовах реального середовища з фоновими шумами та непередбачуваними подіями.

Четвертим важливим результатом є інтеграція модуля голосового управління, що значно розширила функціональні можливості системи, підвищила її ергономічність та інтуїтивність використання. Реалізація голосових інтерфейсів дозволила забезпечити доступність системи для широкого кола користувачів, включаючи людей із обмеженими фізичними можливостями, та заклала основу для подальшого розвитку багатоканальних гібридних інтерфейсів.

Аналіз ефективності запропонованої системи порівняно з традиційними рішеннями показав її істотні переваги за всіма ключовими критеріями: швидкість реакції, рівень автономності, персоналізація сценаріїв роботи, енергоефективність, масштабованість та зручність взаємодії. Розроблена система забезпечує економію енергоресурсів на рівні 10 – 15%, зменшення необхідності ручного втручання користувача та підвищення загального рівня безпеки мешканців.

Практичні результати дослідження свідчать про високу доцільність впровадження розробленої системи в реальні умови експлуатації. Її використання дозволяє істотно покращити якість життя мешканців, оптимізувати витрати на енергоспоживання, підвищити рівень безпеки об'єкта, а також забезпечити інклюзивний доступ до функціоналу автоматизованого будинку для всіх категорій користувачів.

На основі проведеного дослідження можна сформулювати низку практичних рекомендацій:

У подальшому розвитку системи доцільно інтегрувати глибинні моделі машинного навчання (нейронні мережі типу LSTM, CNN) для покращення прогнозування поведінки користувачів та динамічного планування ресурсів.

Варто розширити функціонал модулів безпеки через впровадження технологій комп'ютерного зору для автоматичного виявлення підозрілої активності та розпізнавання осіб.

Система потребує вдосконалення засобів кібербезпеки, зокрема впровадження багаторівневого шифрування, механізмів аутентифікації користувачів та безпечного обміну даними між модулями.

Необхідно активно розвивати багатомодальні інтерфейси взаємодії (голосові, сенсорні, мобільні, веб-інтерфейси), що забезпечать інтуїтивність користування системою у різних сценаріях експлуатації.

Рекомендується передбачити модуль інтеграції системи із зовнішніми інформаційними джерелами (прогноз погоди, тарифи на електроенергію, рівень забруднення повітря) для підвищення автономності та адаптивності прийняття рішень.

Таким чином, результати проведеної науково-дослідної роботи повністю підтвердили гіпотезу про доцільність використання штучного інтелекту для підвищення ефективності систем управління будинком. Розроблена система не лише виконує всі базові функції сучасного розумного будинку, а й закладає основу для його подальшого розвитку у напрямі повної автономності, глибокої персоналізації сервісів і активної взаємодії з оточуючим середовищем. Впровадження подібних рішень має потенціал стати важливим етапом на шляху розвитку концепції розумних міст і створення комфортних, безпечних, енергоефективних середовищ для життя людини у XXI столітті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Applications of Internet of Things (IoT) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.rfpage.com/applications-of-internet-of-things-iot/>
2. Кукунін С. Розробка цілісної методології організації систем типу «розумний будинок» в рамках парадигми «інтернету речей» // Computer-Integrated Technologies: Education, Science, Production. – 2020. – № 38. – DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-38-06>
3. Савчук Т. О., Капченко К. Г. Інформаційна технологія управління безпекою розумного будинку // Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. – 2024. – № 1. – DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.8>
4. «Розумний будинок» : бібліографічний покажчик / КЗ «ЗОУНБ» ЗОР, Від. наук. інформації та бібліографії ; уклад. М. Маслова. – Запоріжжя : ЗОУНБ, 2021. – 76 с
5. Bahniuk N., Lavrenchuk S., Miskevych O., Svystun B. Реалізація системи «Розумний будинок» з використанням Bluetooth, Arduino та Android: від датчиків до мобільного інтерфейсу // Computer-Integrated Technologies: Education, Science, Production. – 2024. – № 56. — DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2024-56-10>
6. Belova A., Onischenko V. Методи забезпечення безпеки розумного будинку // Кібербезпека: освіта, наука, техніка. – 2019. – Т. 2, № 6. – С. 134–141. – DOI: <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2019.6.134141>
7. Маркін Н. Тенденції розвитку протоколів бездротового зв'язку [Електронний ресурс] // Електронний архів НаУКМА. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/4e0f032e-9313-4f8a-8d49-a35bf9c6c01f/content>
8. Власова В.О. Інформаційно-мережні технології в системах управління «Розумний будинок»: Навч. посібник. Харків: ХНУРЕ, 2019. 122 с
9. Кузнецов П. Розробка та впровадження системи автоматизації розумного дому в контексті житлового сектору України: виклики та перспективи // Вісник

Черкаського державного технологічного університету. – 2024. – № 1 (62). – DOI: <https://doi.org/10.62660/bcstu/1.2024.62>

10. Антоненко А., Пахомов М., Калита Т., Галета В. Використання штучного інтелекту в автоматизованих системах // Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences. – 2023. – Т. 323, № 4. – С. 11–20. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://heraldts.khmnpu.edu.ua/index.php/heraldts/article/view/57>

11. Савицький Т., Орлова М. Використання штучного інтелекту для системи розумного будинку // Computer-Integrated Technologies: Education, Science, Production. – 2020. – № 39. – DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-39-17>

12. Basit A., Sidhu G. A. S., Gao F. Efficient and autonomous energy management techniques for the future smart homes // IEEE Transactions on Smart Grid. – 2017. – Vol. 8, No. 2. – DOI: <https://doi.org/10.1109/TSG.2015.2504560>

13. Aakanksha, Jain K., Giri N., Gupta A. Assessing vulnerabilities in voice assistants: comparative analysis of Google Assistant, Siri, and Alexa // Cybersecurity Journal. – 2025. – № 1. – DOI: <https://doi.org/10.54364/cybersecurityjournal.2025.1110>

14. Гордієнко О., Коваль А. Концепція підключення фізичних об'єктів у розумному будинку: використання штучного інтелекту для моніторингу та покращення якості повітря // Information Technology and Society. – 2024. – № 4. – DOI: <https://doi.org/10.32689/maup.it.2024.4.5>

15. Дужак І. О. «Розумний будинок» // Automation Technological and Business Processes. – 2014. – № 13–14. – DOI: <https://doi.org/10.15673/2312-3125.13-14/2010.32920>

16. Dahiya Singh S., Aggarwal N., Rs P., Dabas D. Empowering homes through energy efficiency: a comprehensive review of smart home systems and devices // International Journal of Energy Sector Management. – 2024. – DOI: <https://doi.org/10.1108/IJESM-07-2024-0044>

17. Mudaliar M., Sivakumar N. IoT based real time energy monitoring system using Raspberry Pi // Internet of Things. – 2020. – Vol. 11. – Article 100292. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100292>

18. Farahani S. ZigBee Wireless Networks and Transceivers. – Amsterdam : Newnes, 2008. – 336 p. – DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-7506-8393-7.x0001-5>
19. Дмитрієнко О. Альтернативні операційні системи для персонального комп'ютера // Грааль науки. – 2022. – № 5 (29.04). – DOI: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.29.04.2022.052>
20. Khieovongphachanh V. Study on web application using PHP, Java and Python // Souphanouvong University Journal of Multidisciplinary Research and Development. – 2024. – Vol. 10, No. 1. – С. 142–151. – DOI: <https://doi.org/10.69692/SUJMRD1001241>
21. Kumar D. D., Mukharzee J. D., Rajagopal S. M. Safe and secure communication using SSL/TLS // Proceedings of the 2024 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI). – 2024. – DOI: <https://doi.org/10.1109/ESCI59607.2024.10497224>

ДОДАТКИ

Додаток А

Презентація



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



КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

«Автоматизована система управління будинком з
елементами штучного інтелекту»

Виконав студент 4 курсу
групи ІСД-43
Караваєв Роман Романович
Керівник роботи: Викладач кафедри ІСТ
Шахматов Іван Олександрович

Київ - 2025

Слайд 1

МЕТА, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета роботи: покращення концепції та проектування автоматизованої системи управління будинком з інтеграцією елементів штучного інтелекту для підвищення енергоефективності, безпеки та комфорту проживання.

Об'єкт дослідження: процеси автоматизації керування інженерними системами житлового будинку з використанням інтелектуальних технологій.

Предмет дослідження: архітектурні рішення створення автоматизованої системи управління будинком з елементами штучного інтелекту.

2

Слайд 2

ТЕХНІЧНІ ЗАВДАННЯ

1. Провести огляд існуючих систем автоматизації будинків та підходів до використання ШІ.
2. Визначити вимоги до автоматизованої системи управління з елементами штучного інтелекту.
3. Розробити архітектуру системи та спроектувати її основні модулі.
4. Провести тестування запропонованої системи та оцінити її ефективність.

3

Слайд 3

СТРУКТУРНА СХЕМА АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БУДИНКОМ



Представлена структурна схема відображає архітектуру системи управління будинком, що є основою для інтеграції інтелектуальних функцій. Вона демонструє взаємодію між основними компонентами: центральним контролером, різноманітними сенсорами, виконавчими пристроями та інтерфейсами користувача, що забезпечує комплексне та адаптивне управління.

Центральний контролер

Серце системи, що обробляє дані, приймає рішення та координує роботу всіх підключених пристроїв, інтегруючи алгоритми ШІ для адаптивного управління.

Сенсори

Мережа датчиків для збору інформації про навколишнє середовище, такі як температура, вологість, рух, освітленість та якість повітря.

Виконавчі пристрої

Пристрої, що виконують команди контролера, керуючи освітленням, клімат-контролем, системою безпеки та іншими інженерними підсистемами.

Інтерфейси користувача

Забезпечують взаємодію користувача з системою через мобільні додатки, веб-інтерфейси або голосові команди для зручного управління та моніторингу.

Слайд 4

ПЛАТА RASPBERRY PI 4 MODEL B ЯК ЦЕНТРАЛЬНИЙ КОНТРОЛЕР

Для реалізації центрального контролера автоматизованої системи управління будинком була обрана плата Raspberry Pi 4 Model B.



Висока продуктивність

Чотириядерний процесор ARM Cortex-A72 (1.5 ГГц) забезпечує достатню обчислювальну потужність для виконання складних алгоритмів ШІ та обробки даних від численних сенсорів.

Гнучкість пам'яті

Наявність до 8 ГБ оперативної пам'яті дозволяє запускати ресурсомісткі застосунки та керувати великим обсягом даних у реальному часі.

Широкі можливості підключення

Підтримка Gigabit Ethernet, Wi-Fi 802.11ac та Bluetooth 5.0 забезпечує надійне з'єднання з мережею та іншими пристроями "розумного будинку".

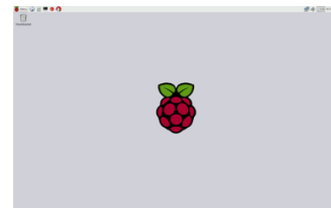
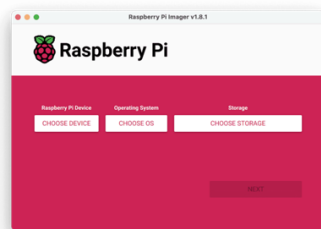
Розширення периферії

Два порти USB 3.0 та два порти USB 2.0, а також 40-контактний роз'єм GPIO, дозволяють легко підключати різні сенсори, виконавчі пристрої та модулі.

5

Слайд 5

ІНТЕРФЕЙС ОС RASPBERRY PI OS



Зручність використання

Інтерфейс схожий на традиційні настільні ОС, що дозволяє швидко адаптуватися до роботи з системою. Це спрощує налаштування та моніторинг.

Попередньо встановлене ПЗ

Включає необхідні інструменти розробки, такі як Python, Node-RED, та програмне забезпечення для роботи з GPIO, що прискорює процес інтеграції.

Спільнота та підтримка

Велика спільнота користувачів та розробників забезпечує доступ до великої кількості документації, прикладів коду та підтримки для вирішення будь-яких проблем.

6

Слайд 6

ТИПИ ПРИСТРОЇВ, ОБРАНІ ДЛЯ ІНТЕГРАЦІЇ СЕНСОРІВ, ВИКОНАВЧИХ ПРИСТРОЇВ І МЕРЕЖЕВИХ ПРОТОКОЛІВ



Датчик температури
вологості DHT22



Міні датчик руху PIR



Модуль датчика
диму MQ-2



Датчик відкриття дверей/вікна
Orvibo SM10ZW ZigBee

7

Слайд 7

ЗАПУСК MQTT-БРОКЕРА MOSQUITTO

```

C:\Program Files\mosquitto>mosquitto -v
1556603096: mosquitto version 1.6.0 starting
1556603096: Using default config.
1556603096: Opening ipv6 listen socket on port 1883.
1556603096: Opening ipv4 listen socket on port 1883.
1556603365: New connection from 127.0.0.1 on port 1883.
1556603365: New client connected from 127.0.0.1 as 5470 (p2, c1, k60).
1556603365: No will message specified.
1556603365: Sending CONNACK to 5470 (0, 0)
  
```

Для ефективної взаємодії між різними компонентами системи автоматизації будинку використовується протокол MQTT. Запуск MQTT-брокера Mosquitto у тестовому середовищі є критично важливим етапом. Mosquitto забезпечує легковажний та надійний механізм обміну повідомленнями між сенсорами, виконавчими пристроями та центральним контролером, дозволяючи реалізувати подійний та асинхронний зв'язок.

Встановлення та налаштування

Встановлення Mosquitto на Raspberry Pi та конфігурація для забезпечення безпечного та ефективного обміну даними.

Передача даних

Датчики публікують свої дані на відповідні "топіки" MQTT, а центральний контролер підписується на них для отримання інформації.

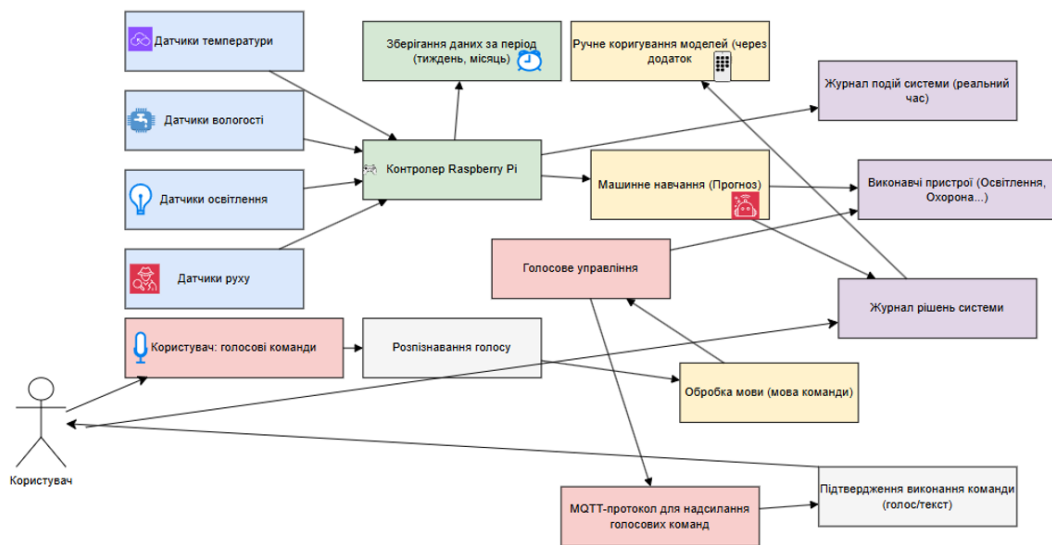
Командування

Контролер надсилає команди виконавчим пристроям, публікуючи їх на спеціальні "топіки", до яких підписані ці пристрої.

8

Слайд 8

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ РОЗУМНОГО БУДИНКУ З ЕЛЕМЕНТАМИ ШІ



9

Слайд 9

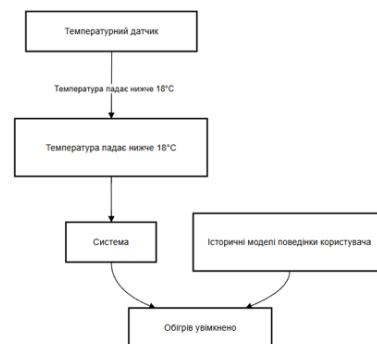
СЦЕНАРІЇ РОБОТИ СИСТЕМИ

Сценарій 1: Автоматичне увімкнення освітлення при виявленні руху у вечірній час



[Сценарій 1] Детекція руху після 19:00...
[Система] Прогнозована дія: Turn On Heating

Сценарій 2: Адаптація температурного режиму на основі прогнозу системи



[Сценарій 2] Температура в приміщенні знижується до 18°C...
[Система] Прогнозована дія: No Action

10

Слайд 10

ПОРІВНЯННЯ ТРАДИЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ТА СИСТЕМИ З ЕЛЕМЕНТАМИ ШІ

Показник	Традиційна система	Система з елементами ШІ
Реакція на зміни середовища	Фіксовані сценарії, затримки	Миттєва реакція, адаптація
Персоналізація	Відсутня або обмежена	Повна адаптація до користувача
Енергоефективність	Середня, статичне керування	Оптимізація енергоспоживання
Автономність	Низька, необхідність втручання	Висока, самостійне прийняття рішень
Інтеграція голосового управління	Базова або відсутня	Повноцінна, інтегрована у систему
Масштабованість	Обмежена складністю сценаріїв	Висока, гнучка завдяки архітектурі

11

Слайд 11

ВИСНОВКИ

1. Було проаналізовано сучасні підходи до управління інтелектуальними системами в житлових приміщеннях, що обґрунтовує необхідність переходу від жорстко сценарних до адаптивних рішень.
2. Спроектовано архітектуру системи розумного будинку з використанням сенсорної мережі, машинного навчання та модулів взаємодії з користувачем.
3. Розроблений прототип протестовано у реальному середовищі, що підтвердило його ефективність у прогнозуванні поведінки мешканців, оптимізації енергоспоживання та реалізації сценаріїв безпеки.
4. Під час моделювання протестовано функціональні сценарії системи «розумного будинку», зокрема автоматичне керування освітленням і температурним режимом. Результати показали коректну роботу алгоритмів прийняття рішень на основі сенсорних даних, часу доби та історії користувацької поведінки.

12

Слайд 12

АПРОБАЦІЯ

Караваєв Р. Р. Методи та засоби штучного інтелекту в автоматизації обслуговування клієнтів у сфері громадського харчування // Сучасні інтелектуальні інформаційні технології в науці та освіті: матеріали V Всеукр. наук.-практ. конф. (Київ, 15 трав. 2025 р.). – Київ: ДУІКТ, 2025. – С. (подано до друку).

13

Слайд 13

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

Слайд 14

Лістинг програмного забезпечення комплексного розумного управління
будинком із III

```
# ===== ПІДКЛЮЧЕННЯ НЕОБХІДНИХ БІБЛІОТЕК =====  
  
import random  
import time  
import sqlite3  
import threading  
import speech_recognition as sr  
from sklearn.tree import DecisionTreeClassifier  
from sklearn.linear_model import LinearRegression  
from sklearn.preprocessing import LabelEncoder  
  
# ===== СТВОРЕННЯ БАЗИ ДАНИХ SQLite =====  
  
conn = sqlite3.connect('smart_home_full.db')  
cursor = conn.cursor()  
  
cursor.execute("""  
CREATE TABLE IF NOT EXISTS sensor_events (  
    id INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT,  
    temperature REAL,  
    humidity REAL,  
    motion INTEGER,  
    timestamp DATETIME DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP  
)  
""")  
conn.commit()  
  
# ===== НАВЧАННЯ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ =====
```

```

train_samples = [
    (18, 60, 1, 'Turn On Heating'),
    (24, 40, 0, 'No Action'),
    (28, 35, 1, 'Turn On Cooling'),
    (20, 55, 0, 'Turn On Heating'),
    (23, 45, 1, 'Turn On Light')
]

cursor.execute('DELETE FROM sensor_events')
for temp, hum, mot, action in train_samples:
    cursor.execute("INSERT INTO sensor_events (temperature, humidity, motion)
VALUES (?, ?, ?)", (temp, hum, mot))
conn.commit()

X_train = [[row[0], row[1], row[2]] for row in train_samples]
y_train = [row[3] for row in train_samples]

le = LabelEncoder()
y_train_encoded = le.fit_transform(y_train)

classifier = DecisionTreeClassifier()
classifier.fit(X_train, y_train_encoded)

regressor = LinearRegression()
regressor.fit(X_train, [random.uniform(18, 26) for _ in train_samples])

# ===== ОБРОБКА ДАНИХ СЕНСОРІВ =====
def simulate_sensor_data():
    while True:
        temp = random.uniform(16, 30)

```

```

hum = random.uniform(30, 70)
mot = random.choice([0, 1])
cursor.execute("INSERT INTO sensor_events (temperature, humidity,
motion) VALUES (?, ?, ?)", (temp, hum, mot))
conn.commit()
time.sleep(5)

```

===== ОБРОБКА ГОЛОСОВИХ КОМАНД =====

```
def listen_for_voice_commands():
```

```
    recognizer = sr.Recognizer()
```

```
    mic = sr.Microphone()
```

```
    while True:
```

```
        print("\n[Voice Module] Слухаю команду...")
```

```
        with mic as source:
```

```
            recognizer.adjust_for_ambient_noise(source)
```

```
            audio = recognizer.listen(source)
```

```
        try:
```

```
            command = recognizer.recognize_google(audio, language="uk-UA")
```

```
            print(f"[Voice Command Received] {command}")
```

```
            process_voice_command(command)
```

```
        except sr.UnknownValueError:
```

```
            print("[Voice Module] Не вдалося розпізнати команду.")
```

```
        except sr.RequestError:
```

```
            print("[Voice Module] Помилка сервісу розпізнавання мови.")
```

===== ОБРОБКА КОМАНД =====

```
def process_voice_command(command):
```

```
    command = command.lower()
```

```
    if "світло" in command and "увімкни" in command:
```

```

    print("[Action] Освітлення увімкнено.")
elif "світло" in command and "вимкни" in command:
    print("[Action] Освітлення вимкнено.")
elif "сигналізацію" in command and ("увімкни" in command or "запусти" in
command):
    print("[Action] Охоронна система активована.")
else:
    print("[Action] Команда не розпізнана серед заданих сценаріїв.")

# ===== ОСНОВНИЙ ЦИКЛ ОБРОБКИ СЕНСОРІВ =====
def monitor_sensor_data():
    while True:
        cursor.execute("SELECT    temperature,    humidity,    motion    FROM
sensor_events ORDER BY id DESC LIMIT 1")
        latest = cursor.fetchone()
        if latest:
            temp, hum, mot = latest
            input_data = [[temp, hum, mot]]

            predicted_action_encoded = classifier.predict(input_data)[0]
            predicted_action = le.inverse_transform([predicted_action_encoded])[0]
            predicted_temp = regressor.predict(input_data)[0]

            print(f"\n[Sensor    Event]    Температура:    {temp:.2f}C,    Вологість:
{hum:.2f}%, Рух: {'Так' if mot else 'Hi'}")
            print(f"[Decision] Дія: {predicted_action}")
            print(f"[Forecast] Оптимальна температура: {predicted_temp:.2f}C")

            time.sleep(7)

```

```
# ===== ЗАПУСК УСІЄЇ СИСТЕМИ =====
```

```
if __name__ == "__main__":
```

```
    print("[System] Smart Home Full System запущено!\n")
```

```
    # Старт окремих потоків для сенсорів і голосового модуля
```

```
    threading.Thread(target=simulate_sensor_data, daemon=True).start()
```

```
    threading.Thread(target=listen_for_voice_commands, daemon=True).start()
```

```
    # Головний моніторинг сенсорних подій
```

```
    monitor_sensor_data()
```