

# ЗМІСТ

---

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ АКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТРАТЕГІЙ РОЗРОБКИ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ БУДІВЛІ.....	5
1.1 Основні принципи та унікальні риси архітектури системи розумного будинку	5
1.2 Аналіз ресурсів, необхідних для реалізації системи розумного будинку.....	7
1.3 Роль штучного інтелекту в контексті системи розумного будинку .....	9
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ТИПОВОЇ КВАРТИРИ В КОНЦЕПЦІЇ РОЗУМНОГО БУДИНКУ .....	16
2.1 Опис об'єкту .....	16
2.2 Освітлення об'єкту.....	19
2.3 Процес вибору та опис обладнання.....	25
2.4 Вибір та опис системи клімат-контролю .....	26
РОЗДІЛ 3. РОЗВИТОК АЛГОРИТМІЧНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	33
3.1 Використання двопотокової архітектури для задачі розпізнавання відео .....	33
3.2 Використання оптичного потоку в контексті згорткових нейронних мереж (CNN).....	34
3.3 Навчання з кількома задачами .....	38
3.4 Реалізація виконання деталей .....	39
3.5 Оцінка .....	44
ВИСНОВКИ.....	48
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	50

## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** Розумний дім використовує сучасні інформаційні технології для створення хмарних платформ, датчиків, комунікацій, аналітики даних і штучного інтелекту для автоматизації та керування різними системами в домі.

Однією з головних переваг розумних будинків є комфорт і зручність, які вони пропонують мешканцям. Системи автоматизації дозволяють людям керувати освітленням, опаленням, кондиціонером, аудіо-відео обладнанням, системами безпеки та іншими пристроями за допомогою смартфонів, планшетів або голосових команд. Наприклад, ви можете вимкнути світло або регулювати температуру в будинку, навіть коли вас немає.

Безпека є ще одним важливим аспектом розумних будинків. Системи безпеки можуть бути інтегровані з відеоспостереженням, датчиками руху та охоронною сигналізацією. Це дозволяє мешканцям віддалено стежити за безпекою свого будинку та отримувати сповіщення про можливі загрози чи надзвичайні ситуації.

Використовуючи штучний інтелект у розумному домі, дані збираються та аналізуються, що дає змогу прогнозувати та оптимізувати споживання енергії, прогнозувати знос пристроїв і ефективніше розподіляти ресурси. Він може навчитися враховувати звички мешканців і автоматично налаштовувати параметри системи відповідно до їхніх потреб.

Тема розумних будинків на основі штучного інтелекту є дуже актуальною та має великий потенціал для покращення якості життя людей. Штучний інтелект може впливати на різні аспекти домашнього життя, забезпечуючи ефективне споживання енергії, безпеку, комфорт і зручність.

Однією з головних переваг розумного будинку на основі штучного інтелекту є його здатність ефективно керувати споживанням енергії. Система може автоматично регулювати освітлення, опалення, кондиціонування та інші пристрої для забезпечення оптимальної енергоефективності. Наприклад, він може

самостійно регулювати температуру в будинку в залежності від погодних умов, визначати присутність людей в кімнаті і вмикати/вимикати освітлення.

Розумні будинки також можуть запропонувати високий рівень безпеки. Вони можуть мати системи відеоспостереження, датчики витоку газу, пожежі та інших небезпек, інформування власників про можливі небезпечні ситуації та надсилання екстрених повідомлень у відповідні служби.

Крім того, розумні будинки можуть забезпечити комфорт і зручність. Вони можуть мати автоматичні системи керування освітленням, шторами, дверима, аудіо- та відеосистемами, що дозволяє користувачам зручно контролювати всі аспекти дому за допомогою голосових команд або мобільного додатку.

Розробка таких систем вимагає проведення досліджень для вибору оптимальних технологій, алгоритмів і методів реалізації. Наприклад, методи машинного навчання, нейронні мережі, аналіз даних та інші технології можуть бути використані для впровадження штучного інтелекту в розумний будинок. Дослідження в цій галузі допоможуть удосконалити системи розумного дому та забезпечити їх ефективну роботу.

**Об'єктом дослідження** є розробка системи розумного будинку, яка базується на штучному інтелекті. Ця система включає в себе різноманітні пристрої, сенсори та алгоритми, що дозволяють автоматизувати роботу будинку та забезпечити його ефективне функціонування.

**Предметом дослідження** є розробка алгоритмів та програмного забезпечення системи «розумний дім» з використанням штучного інтелекту. Дослідження включають вибір оптимальних технологій, розробку алгоритмів керування, впровадження програмного забезпечення та його апробацію.

**Метою дослідження** є створення ефективної системи «розумний дім», яка дозволяє автоматизовано керувати пристроями та системами в будинку, забезпечуючи комфорт, безпеку та енергоефективність.

Для досягнення мети визначено наступні **завдання дослідження**:

1. Аналіз сучасних технологій і стратегій розвитку систем розумного будинку.

2. Розрахунок типової квартири в концепції розумного будинку.
3. Розробка алгоритмів та програмного забезпечення системи розумний дім.
4. Визнання результатів дослідження та оцінка ефективності системи.

**Методологія дослідження** включає аналіз літературних джерел, вивчення наукових публікацій, проведення експериментів і тестування розроблених алгоритмів і програмного забезпечення. У процесі дослідження використовуються методи моделювання, аналізу даних, розробки алгоритмів і програмного забезпечення.

**Наукова новизна дослідження** полягає в розробці системи «розумний дім» на основі штучного інтелекту з використанням сучасних технологій та алгоритмів. Дослідження має великий потенціал для подальшого розвитку та впровадження в реальні умови.

**Теоретична значущість дослідження** полягає у вивченні та аналізі принципів роботи систем розумного дому, а також у розробці нових методів управління та оптимізації побутових процесів за допомогою штучного інтелекту. Результати дослідження можуть бути використані в подальшій науковій роботі та при розробці нових технологій у сфері розумного будівництва.

**Практичне значення дослідження** полягає в можливості застосування розробленої системи розумний дім на основі штучного інтелекту в реальних умовах. Впровадження такої системи забезпечує зручність, комфорт та ефективне використання ресурсів у будинку.

**Апробація результатів дослідження** є експериментальні випробування та перевірка роботи системи «розумний дім» на основі штучного інтелекту в реальних умовах. Результати тесту використовуються для оцінки ефективності та вдосконалення системи.

**Структура роботи.** Робота складається з вступу, трьох розділів, висновків до розділів, висновку, списку використаних джерел

# 1 ДОСЛІДЖЕННЯ АКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТРАТЕГІЙ РОЗРОБКИ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ БУДІВЛІ

## 1.1 Основні принципи та унікальні риси архітектури системи розумного будинку

В даний час спостерігається зростання в області автоматизації розумного дому, включаючи такі пристрої, як обігрівачі, системи освітлення, вентилятори, телевізори, кондиціонери тощо. Завдяки автоматизації стає можливим спростити управління ресурсами та технічними системами будинку, що забезпечує більший комфорт і забезпечує безпеку. Доступ до системи «розумний дім» і керування нею можна віддалено за допомогою мобільного додатку або браузера. Хоча такі системи вже використовуються, вони мають певні недоліки, такі як несумісність різних пристроїв в одному середовищі та обмежені можливості автоматизації за допомогою штучного інтелекту.

Одним із основних способів об'єднання в єдину систему є використання мобільних телефонів. Вони використовуються для зручного зв'язку з мережею GSM і дозволяють відправляти команди управління і отримувати зворотний зв'язок у вигляді SMS. Однак для цього потрібна автентифікація, тому передача SMS містить пароль, який забезпечує безпечну передачу інформації. Основним недоліком такої системи є те, що вона використовує SMS, які не завжди швидкі та надійні, оскільки можуть бути затримки в доставці, а також існує можлива вразливість безпеки, оскільки паролі відкрито передаються через мережу[1,с.136-143]

Цей метод використовує для зв'язку мобільний телефон і технологію Bluetooth. Технологія Bluetooth є економічно ефективною та захищеною паролем, що підвищує безпеку системи та запобігає несанкціонованому доступу. Зазвичай для зв'язку використовується плата Bluetooth Arduino. Bluetooth працює на відстані від 10 до 100 метрів, має частотний діапазон 2,4 ГГц і забезпечує швидкість передачі даних до 3 Мбіт/с. Основним недоліком цієї системи є те, що

потрібен час для виявлення та доступу до пристроїв у безпосередній близькості. Зв'язок у режимі реального часу з будь-якої точки світу неможливий і також обмежений відстанню, встановленою параметрами Bluetooth.

Для автоматизації по телефону використовується набір тональних сигналів, який містить аналоговий багаточастотний сигнал, який представляє символи в системі DTMF (Dual-Tone Multi-Frequency), що забезпечує високий рівень безпеки. Однак недоліком цього способу є обмежена кількість доступних пристроїв, яка визначається кількістю кнопок на клавіатурі телефону. Звичайний телефон зазвичай має лише 12 кнопок, що обмежує можливості автоматизації.

Бездротова технологія ZigBee може бути використана для автоматизації управління розумним будинком, який використовує мікроконтролер PIC і має розпізнавання голосу. У мережі ZigBee радіус зв'язку обмежений, тому віддалений доступ неможливий, що може вплинути на ефективність розпізнавання голосу. Крім того, розпізнавання мови не завжди стабільне. Ця система також має вбудований датчик диму, який автоматично надсилає повідомлення на мобільний телефон користувача при виявленні диму[1,с.136-143]

Бездротові системні мережі створюються шляхом поєднання незалежних пристроїв, розташованих у різних місцях, створюючи загальне робоче середовище. Для забезпечення працездатності системи у користувача не обов'язково мати комп'ютер. Крім того, ви можете використовувати веб-браузер, мобільний додаток або комп'ютер для налаштування та керування мережею. Система використовує різні технології, такі як WiFi і Bluetooth. Основною перевагою цієї системи є її сумісність з різними пристроями. Ще однією перевагою є можливість динамічного визначення команди, що забезпечує спільне використання сервісу.

Ця система поєднує в собі технології GSM, Bluetooth і ZigBee. Взаємодія з користувачем відбувається через спеціальну програму на його мобільному пристрої. Додаток отримує голосові повідомлення від користувача, аналізує їх і перетворює в текстові команди. Потім контролер інтерпретує ці команди та виконує необхідні дії. Хоча ця система забезпечує віддалений доступ, це може

бути дорогим через використання кількох контролерів і технологій. Крім того, передача SMS-повідомлень може бути ненадійною.

Система повинна бути доступною для користувача з будь-якої точки світу і працювати в режимі реального часу, мати можливість підключати необмежену кількість пристроїв і забезпечувати високу пропускну здатність. Первинний зв'язок має забезпечувати безпеку, зручність і надійність і забезпечувати підключення до єдиної системи розумного будинку. Відстань між пристроями має відповідати потребам користувача.

## **1.2 Аналіз ресурсів, необхідних для реалізації системи розумного будинку**

Розумний будинок має забезпечувати мешканцям безпеку, енергоефективність, економію часу та грошей, комфорт. Встановлення розумних пристроїв спрощує життя та економить енергію. Ці системи можуть адаптуватися до потреб користувачів і налаштовувати параметри відповідно до їхніх вимог. Більшість систем розумного дому достатньо гнучкі, щоб інтегрувати різні пристрої від різних виробників і стандартів.

Система дозволяє вимірювати параметри домашнього середовища, обробляти отримані дані, проводити вимірювання за допомогою датчиків з мікроконтролерами та керувати смарт-пристроями. Популярність і поширення концепції розумного будинку постійно зростає, оскільки вона стає необхідною частиною модернізації та зниження витрат як у фінансовому, так і в енергетичному секторах. Це досягається завдяки можливості створювати централізований журнал подій, застосовувати процеси машинного навчання до ключових аспектів розумного дому та надавати рекомендації на основі штучного інтелекту.

Як правило, розумний будинок використовує ряд датчиків для моніторингу різних параметрів домашнього середовища, таких як температура, вологість, освітлення та рух оточуючих предметів. Кожен датчик використовується для

вимірювання одного або кількох параметрів. Наприклад, один датчик може вимірювати як температуру, так і вологість, а інші датчики розраховують освітленість для конкретної зони і відстань до об'єктів, які знаходяться в зоні впливу. Усі ці датчики забезпечують збереження та візуалізацію даних, щоб користувач міг переглядати їх у будь-якому місці та в будь-який час. Для цього зазвичай запускається сервер, інтерфейс взаємодії та доступ до мережі[1,с.136-143]

Мережа створює спосіб керування побутовою технікою, розташованою на сервері. Користувач може спілкуватися з пристроями розумного будинку, такими як лампи та вентилятори, через інтерфейс керування. Пристрої «Розумний дім» включають такі пристрої, як клапани та перемикачі, які виконують певні дії, такі як увімкнення чи вимкнення пристрою або налаштування режимів роботи. Розумні пристрої пропонують різноманітні функції, такі як: Таких як управління відкриттям і закриттям клапанів, регулювання потужності, створення сценаріїв реагування на зміну умов і аварійне відключення.

Щоб систематизувати всі описані вище заходи управління даними, система включає компоненти, показані на рисунку 1.1.

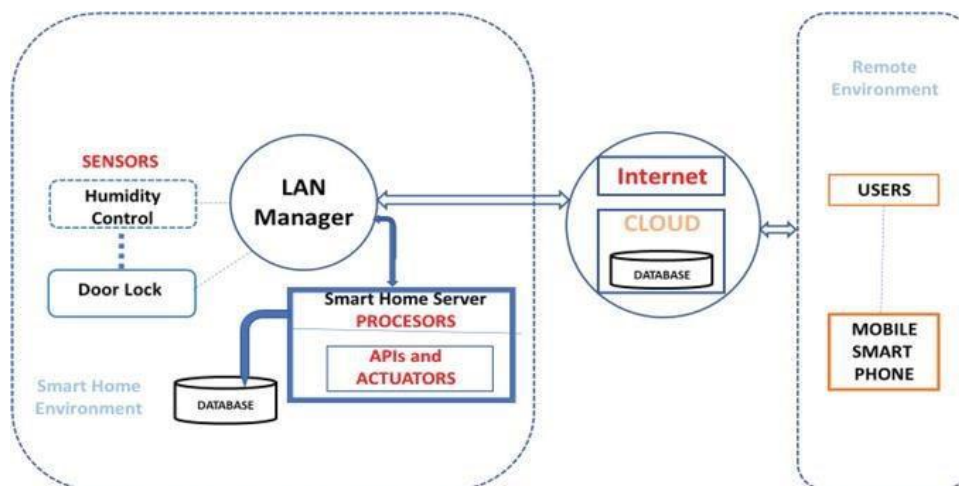


Рис. 1.1 – Концепція розумного дому з додатковим підключенням до хмарних сервісів

Датчики для моніторингу зовнішнього та внутрішнього середовища будинку, а також умов проживання є невід'ємною частиною системи розумного



будинку, яка включає в себе різні пристрої. Особливістю цих датчиків є те, що вони не належать до категорії датчиків Інтернету речей, які зазвичай асоціюються з побутовою технікою. Зібрана датчиками інформація передається на сервер розумного дому через локальну мережу.

Процесори, підключені до хмарного сервісу, можна використовувати для виконання різноманітних обчислень і завдань, які потребують значних обчислювальних ресурсів. Потім дані, зібрані датчиками, обробляються на локальних серверах.

Система програмних компонентів, наприклад API, дозволяє зовнішнім програмам виконувати певні дії відповідно до визначених параметрів і форматів. Цей API може обробляти дані з датчиків або керувати різними функціями[7,с. 75-79]

Контроль доступу та виконання команд на серверах або інших пристроях досягається шляхом перетворення необхідних дій у відповідні команди, які може зрозуміти пристрій. При аналізі даних з датчиків система перевіряє задані умови і, якщо вони виконуються, виконує певні команди зазначеним пристроєм.

База даних використовується для зберігання інформації, зібраної датчиками, і може використовуватися для аналізу, візуалізації та повторного використання оброблених даних. Оброблені дані зберігаються в цій базі даних для подальшого використання.

### **1.3 Роль штучного інтелекту в контексті системи розумного будинку**

Технологія штучного інтелекту широко використовується в сучасних продуктах розумного будинку. Щоб упорядкувати основні функції, які зараз використовуються, ми можемо визначити шість основних кластерів функцій ШІ в розумних будинках. Ці кластери включають розпізнавання активності користувача, обробку даних, розпізнавання мови, розпізнавання зображень, прийняття рішень і формулювання прогнозу майбутніх дій.

У рамках виявлення активності розумні домашні пристрої можуть використовувати штучний інтелект для аналізу даних датчиків і розпізнавання дій людей, що може виявляти аномальну активність і надсилати тривогу.

Що стосується обробки даних, то технологія штучного інтелекту базується на методах аналізу даних і виявлення внутрішніх зв'язків між ними, що дозволяє ефективно використовувати інформацію з різних джерел і модулів[7,с. 75-79]

У системах розумного дому на основі ШІ модуль розпізнавання голосу часто використовується для управління різними ресурсами та отримання необхідної інформації. Ця технологія використовується, наприклад, в Apple HomePod, Amazon Alexa, Athom Homey, Google Home та інших.

Що стосується розпізнавання зображень, ШІ можна використовувати для розпізнавання облич, емоцій, біометрії та аналізу навколишнього середовища. Це дозволяє вимірювати та аналізувати поведінку людини та фізичні структури та вживати відповідних заходів відповідно до отриманих даних.

Аналіз популярності розумного дому та штучного інтелекту показує, що взаємодія між пристроями та використання ШІ відбувається на двох рівнях. Існує багато рішень і продуктів для розумного будинку з низьким рівнем взаємодії між пристроями, але також є спроби створити продукти з високим рівнем взаємодії.

На рисунку 1.2 показано тенденцію розвитку технології «розумний дім» і штучного інтелекту.

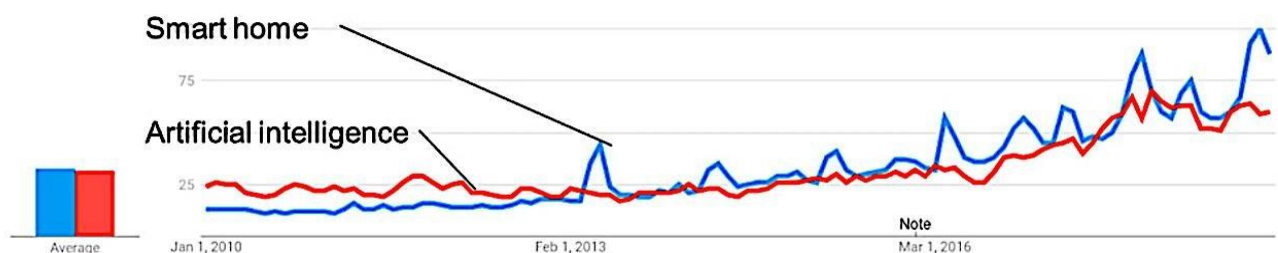


Рис. 1.2 – Інтерес до домашньої автоматизації та штучного інтелекту

Проаналізувавши літературу, ми виділяємо п'ять основних функцій розумного будинку, а саме: управління пристроями, контроль енергоспоживання, охорона здоров'я, інтелектуальна взаємодія та безпека. Була розділена

можливості ШІ в розумних будинках на шість загальних класів людської діяльності: розпізнавання дій, аналіз даних, прийняття рішень, розпізнавання зображень, передбачення та розпізнавання мови.

Як показано на рисунку 1.3 (а), керування пристроями розумного будинку підтримується п'ятьма функціями штучного інтелекту. На жаль, через відносну новизну використання штучного інтелекту в управлінні розумними пристроями недостатньо описано в існуючій літературі. Управління енергією розумного будинку підтримується п'ятьма функціями штучного інтелекту: розпізнавання дій, обробка даних, прийняття рішень, розпізнавання зображень і прогнозування. Дослідження використання штучного інтелекту для розпізнавання активності активно вивчаються порівняно з іншими областями. Інтелектуальна взаємодія розумного будинку підтримується чотирма функціями штучного інтелекту: обробка даних, розпізнавання зображень, прогнозування та розпізнавання мови. З 2012 року було проведено багато досліджень у цій галузі, але більшість із них є відносно новими. Безпека розумного будинку підтримується двома функціями штучного інтелекту: обробка даних і розпізнавання зображень. Більшість інших досліджень в основному стосуються фундаментальних досліджень використання технологій штучного інтелекту в розумному будинку. На рисунку 1.3 (f) показано обробку даних і розпізнавання активності, які широко використовуються в усіх програмах розумного будинку.



Рис. 1.3 - П'ять основних функцій розумного будинку

На рисунку 1.3 показано розподіл кількості публікацій за різними напрямками:

- а) using artificial intelligence to control devices;
- б) application of artificial intelligence in energy;
- в) use of artificial intelligence in healthcare;
- г) application of artificial intelligence for intellectual interaction;
- д) the use of artificial intelligence in the field of security;
- е) using artificial intelligence to automate all the functions of a smart home.

По-перше, з розвитком технологій контролювати пристрої розумного дому стає все важче. Штучний інтелект ще не може автоматично керувати пристроями, але деякі дослідники намагалися інтегрувати ШІ в системи розумного дому, щоб контролювати освітлення та температуру. Інтелектуальне управління може базуватися на аналізі даних сенсорної мережі та моделей користувачів за допомогою алгоритмів класифікації[7,с. 75-79]

По-друге, управління енергією в розумному будинку стає все більш важливим. Люди працюють над зменшенням споживання енергії, і координація споживання енергії розумними пристроями може підвищити енергоефективність. ШІ може аналізувати моделі споживання енергії, щоб передбачити потреби в електроенергії та допомогти зменшити споживання.

По-третє, розумний домашній догляд стає все більш важливим для охорони здоров'я, особливо зі збільшенням тривалості життя. ШІ може відстежувати зміни в поведінці та способі життя людей і надсилати сповіщення, коли відбувається незвичайна поведінка.

По-четверте, інтелектуальна взаємодія розумного будинку дозволяє користувачам зручно керувати пристроями. Дослідники використовують штучні нейронні мережі для створення природного діалогу з користувачем, а також розпізнавання голосу та зображень для розуміння жестів користувача.

Нарешті, коли йдеться про безпеку розумного дому, штучний інтелект може виявляти зловмисників і виявляти такі загрози, як пожежі чи викиди CO<sub>2</sub>, щоб захистити майно та особисту безпеку.

Технології штучного інтелекту, системи розумного будинку та їх користувачі взаємодіють за різними моделями. В основному існує два види такої взаємодії. Перший тип можна побачити на рисунку 1.4 (а), де користувачі безпосередньо видають команди кожному пристрою в розумному домі, а AI, вбудований у кожен пристрій, працює на користь цього конкретного пристрою. Ця система забезпечує управління розумним будинком, переваги для здоров'я та безпеки. Другий тип взаємодії показаний на рисунку 1.4 (b), де користувачі дають

інструкції ШІ, а ШІ керує кожним пристроєм. За такою схемою працює управління пристроями розумного дому та інтелектуальна взаємодія.

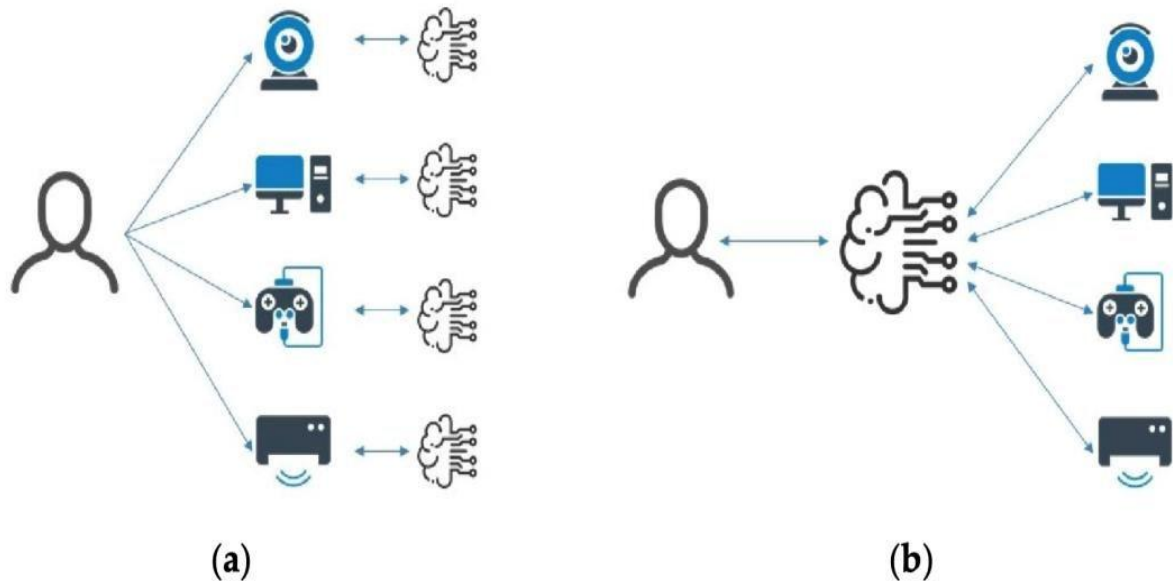


Рис. 1.4 - схема управління пристроями розумного дому та інтелектуальна взаємодія

На рисунку 1.4 (a) показана перша можливість взаємодії між користувачами, системами штучного інтелекту та розумними будинками; (b) показує другий приклад такої взаємодії.

У розділі проведено експертизу сучасних технологій та стратегій розвитку впровадження розумної будівлі. У результаті проведеного аналізу визначено основні принципи та унікальні особливості архітектури системи розумного будинку та розглянуто роль штучного інтелекту в контексті такої системи.

Основними принципами архітектури системи «розумний дім» є забезпечення автоматизованого керування різними пристроями та системами в будинку, забезпечення зручності та комфорту мешканців, забезпечення безпеки та енергоефективності. До унікальних особливостей такої архітектури можна віднести високий рівень інтеграції різних систем, можливість дистанційного керування та моніторингу, а також адаптацію до мінливих потреб користувачів.

Аналіз ресурсів, необхідних для впровадження системи розумного дому, показав, що для успішного впровадження такої системи потрібні розумні

пристрої, датчики, мережева інфраструктура, облікові записи користувачів, а також програмне забезпечення для керування та аналізу даних. Крім того, важливо мати необхідні знання та досвід у сфері інтеграції технологій, кібербезпеки та енергоефективності.

Штучний інтелект відіграє важливу роль у системі розумного будинку. Це дозволяє системі автоматично навчатися, аналізувати дані, приймати рішення та виконувати різні завдання. Штучний інтелект робить систему розумного будинку більш адаптивною та ефективною, пропонуючи інтелектуальні функції, такі як розпізнавання голосу, автоматичне налаштування параметрів навколишнього середовища та передбачення змін.

Загалом дослідження сучасних технологій та стратегій розвитку впровадження розумної будівлі показало, що система «розумний будинок» є перспективним напрямком розвитку у сфері «розумного житла». Його основні принципи та унікальні архітектурні особливості відповідають потребам користувачів у зручності, комфорті, безпеці та енергоефективності. Впровадження системи розумного дому потребує відповідних ресурсів, включаючи розумні пристрої, мережеву інфраструктуру та програмне забезпечення. Крім того, штучний інтелект відіграє важливу роль у системі розумного дому, надаючи свої інтелектуальні функції та здатність автоматично вивчати й аналізувати дані.

Дослідження підтверджують потенціал і важливість систем розумного будинку, які можуть покращити якість життя людей, забезпечуючи комфорт, ефективність і безпеку в їх повсякденному житті. Майбутній розвиток технологій і стратегій розвитку впровадження розумних будівель обіцяє ще більше інновацій і можливостей для створення сучасних і ефективних систем розумного життя.

## 2 РОЗРАХУНОК ТИПОВОЇ КВАРТИРИ В КОНЦЕПЦІЇ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

### 2.1 Опис об'єкту

Для розрахунків використовуються плани двокімнатної квартири в багатоповерхівці площею 58 кв. Схема розміщення житлових приміщень показана на рисунку 2.1. Детальний опис приміщень можна знайти в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

#### Опис простору

Номер кімнати	Назва кімнати
1	Коридор
2	Зал
3	Кухня
4	Спальня
5	Кабінет
6	Ванна кімната
7	Пральня

Найбільш енергоємними пристроями в закладі є такі прилади для приготування їжі, як плита, духовка, мікрохвильова піч, бойлер і чайник, а також персональний комп'ютер[8,с.112-115]

1. Варильна поверхня: електрична варильна поверхня споживає багато енергії для нагрівання нагрівальних елементів, які потім передають тепло посуду. Використання плити може споживати багато електроенергії, особливо на високій потужності або протягом тривалого часу.

2. Електрична духовка: електрична духовка також може бути енергоспоживаючим пристроєм. Він використовує електроенергію для нагрівання простору в духовці з метою приготування їжі. Довгий час приготування або високі температури можуть збільшити споживання енергії.



3. Мікрохвильова піч: мікрохвильова піч використовує електричну енергію для виробництва мікрохвильового випромінювання, яке нагріває їжу. Незважаючи на те, що час приготування є більш ефективним порівняно з іншими методами, для роботи все одно потрібна електроенергія.

4. Бойлер: Бойлер використовується для нагрівання води і може споживати багато електроенергії, особливо якщо вода постійно підтримується при високій температурі. Залежно від розміру котла та споживачів гарячої води витрати на електроенергію можуть значно відрізнятись.

5. Чайник: електричний чайник швидко нагріває воду за допомогою електрики. Хоча використання чайника короткочасне, він може споживати багато енергії за короткий час, особливо коли вода нагріта до високої температури.

6. Персональний комп'ютер: порівняно з іншими пристроями, персональні комп'ютери можуть споживати значну кількість енергії, особливо при тривалому використанні або під час виконання важких завдань, таких як ігри чи обробка відео[8,с.112-115]

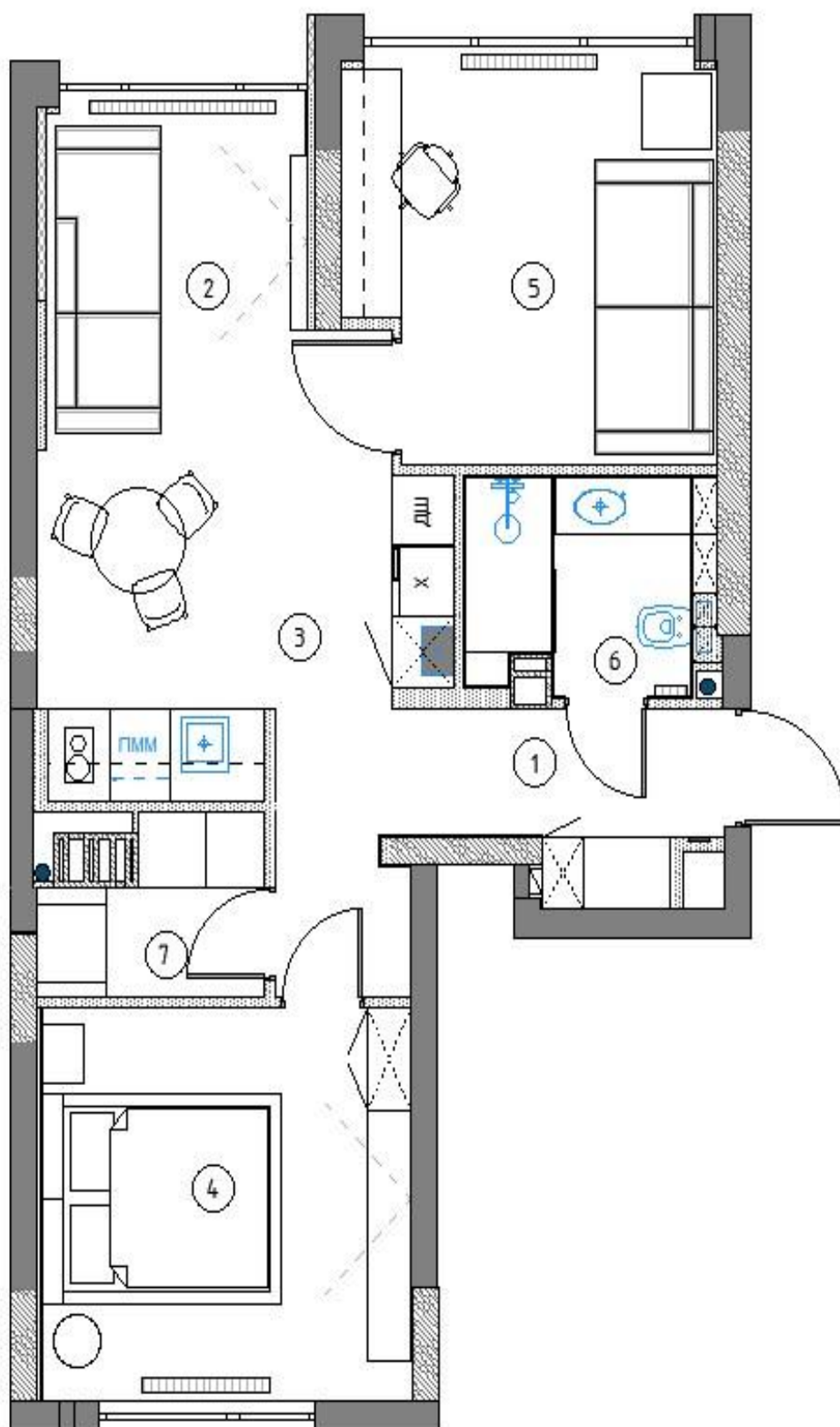


Рис. 1.4 - План двокімнатної квартири

На рисунку 1.4 зображено схему просторової організації двокімнатної квартири

## 2.2 Освітлення об'єкту

Розумний будинок пропонує значні можливості для управління та оптимізації різноманітних аспектів повсякденного життя та відкриває далекосяжні перспективи. Зокрема, він пропонує ефективне управління енергією, потенційно знижуючи витрати на енергію до 30%. Одним із шляхів досягнення цієї мети є переведення пристроїв на ефективне споживання енергії в залежності від часу доби та року без необхідності встановлення окремих систем енергозбереження.

Крім того, системи розумного дому дозволяють контролювати освітлення у всіх кімнатах. Це як поділ освітлення на різні групи, так і можливість зонування та дистанційного керування світлом з кожної кімнати. За допомогою датчиків руху для освітлення зон проходу можна автоматично вмикати або вимикати світло в залежності від присутності людини, а програмовані сценарії забезпечують оптимальну роботу системи освітлення.

Використання сценаріїв освітлення – ще одна перевага розумного будинку. Ці сценарії дозволяють автоматично регулювати освітлення в кімнаті відповідно до різних умов. Наприклад, якщо ви «дивитесь фільм», для створення затишної атмосфери може знадобитися приглушене освітлення в кімнаті[8,с.112-115]

Особливу увагу варто звернути на можливості світлодіодного освітлення в розумному будинку. Імітуючи захід або схід сонця та підбираючи різні кольори та відтінки світла, можна створити приємну та естетичну атмосферу в будь-якому приміщенні. Наприклад, зміна кольору за короткий проміжок часу може відображати зміну функціонального призначення приміщення і створювати оптимальні умови для роботи чи відпочинку.

Тому можливості «розумного дому» щодо управління енергопостачанням та освітленням відкривають широкі можливості для підвищення комфорту та ефективності повсякденного життя, а також сприяють енергозбереженню. Можливості розумного дому відкривають широкі перспективи для управління та оптимізації різноманітних аспектів повсякденного життя. Вони забезпечують ефективне управління енергопостачанням, що має значний потенціал для

зниження витрат на електроенергію до 30%. Одним із способів досягнення цієї мети є переведення приладів на ефективне споживання енергії залежно від часу доби та року без необхідності встановлення окремих систем енергозбереження.

Крім того, системи розумного дому дозволяють контролювати освітлення у всіх кімнатах. Це як поділ освітлення на різні групи, так і можливість зонування та дистанційного керування світлом з кожної кімнати. Використовуючи датчики руху для освітлення зон проходу, світло може вмикатися або вимикатися автоматично в залежності від присутності людини, а програмовані сценарії забезпечують оптимальну роботу системи освітлення.

Використання сценаріїв освітлення – ще одна перевага розумного будинку. Ці сценарії дозволяють автоматично регулювати освітлення в кімнаті відповідно до різних умов. Наприклад, щоб створити затишну атмосферу під час перегляду фільму, можна приглушити світло в кімнаті[2,с. 87-91]

Особливу увагу приділено можливостям світлодіодного освітлення в розумному будинку. Ви можете імітувати захід або схід сонця та підбирати різні кольори та відтінки освітлення, щоб створити приємну та естетичну атмосферу в кімнаті. Наприклад, зміна кольору за короткий проміжок часу може відображати зміну функціонального призначення приміщення і створювати оптимальні умови для роботи чи відпочинку.

Таким чином, можливості розумного дому контролювати енергопостачання та освітлення відкривають широкі можливості для підвищення комфорту та ефективності повсякденного життя та водночас сприяють збереженню енергоресурсів та зниженню витрат.

Керування освітленням пропонує багато можливостей, які не обмежуються однією функцією. Наприклад, він може забезпечити освітлення, яке дуже корисно вночі або в темних кімнатах. Ця функція допомагає людям безпечно та комфортно пересуватися в приміщенні та плавно регулює освітлення відповідно до потреб користувача та природного ритму.

Крім того, система може забезпечувати постійне живлення за допомогою резервних джерел живлення, що дозволяє пристроям «розумного дому»

безперебійно працювати в нормальних умовах навіть при вимкненому основному джерелі живлення.

Ще однією важливою опцією є можливість відключення частини електромережі у разі перевантаження. Це може бути корисно в приміщеннях з великою кількістю споживачів, де можливе перевантаження мережі. Система автоматично визначає, які пристрої потрібно вимкнути, щоб забезпечити нормальну роботу ключових пристроїв.

Крім того, система може стабілізувати напругу в електричній мережі, що дуже важливо для безперебійної роботи всіх електроприладів в будинку. Незалежно від перепадів напруги в мережі, пристрої працюють стабільно, забезпечуючи користувачам зручність і безпеку[2,с. 87-91]

Модуль HDL-M/R12.10.1 керує лампами і таким чином забезпечує постійну яскравість без її зміни. Цей модуль є 12-канальним реле з потужністю 10 А на канал і монтується на DIN-рейку. Він включає в себе функції статистики доступності каналу, виявлення стану каналу, встановлення статусу каналу у стан «увімкнено» або «вимкнено» після відновлення живлення та налаштування параметрів синхронізації, таких як поетапне чи послідовне перемикання.

Таблиця 2.2 містить характеристики та умови роботи реле HDL-M/R12.10.1.



Рис. 2.2 – Реле HDL-M/R12.10.1

Таблиця 2.2

**Характеристика та умови роботи вимикача HDL-M/R12.10.1.**

Параметр	Значення
<b>Характеристики</b>	
Електричне напруга (живлення шини)	21 - 30 В, DC
Електричний струм	15 мА
Струм у режимі очікування	5 мА
<b>Умови функціонування</b>	
Продуктивність під навантаженням	450 мВт
Живлення в режимі очікування	150 мВт
Електричний струм на виході	10 А
Основна напруга	250 В, AC (50/60 Гц)
Вихідні порти	12 каналів реле
Тривалість електромонтажних робіт	100 000
Тривалість механічної роботи	1 000 000

Димовані лампи підключаються до блоку керування HDLM/DALI.1 (див. рис. 2.3). Головний модуль DALI встановлює зв'язок між системою HDL KNX і системою шини DALI. Цей модуль може керувати до 64 пристроями або адресами DALI і має внутрішній блок живлення. Він також дозволяє в реальному часі виявляти несправні баласты та лампи. Світлодіодні стрічки підключаються до вже згаданого реле HDLM/R12.10.1 (див. рис. 2.2).

Розташування світильників, вказане на плані (див. рис. 2.4), відповідає вимогам чинних нормативів природного та штучного освітлення, викладених у ДБН В.2.5-28:2018 та наведених у таблиці 2.2.



Рис. 2.3 – Головний модуль DALI

Таблиця 2.2

### Вимірювання освітленості в приміщенні

Простір для відпочинку	Норма освітленості, Лк
Гостьова кімната, спальня, кухня	150
Простір, де діти можуть спати, грати та вчитися.	200
Кабінет, бібліотека	300
Коридор, ванна кімната	50

Для визначення кількості точок доступу розраховуємо виходячи з площі кімнати за такою формулою:  $N=(S \cdot W)/P$

$N$  - необхідна кількість спотів,  $S$  - площа кімнати,  $W$  - питома потужність потоку і  $P$  - потужність точкової лампи.

Розрахуємо для коридору:  $N = (10 \cdot 1)/5 = 2$  шт.

10 — площа, на яку використовується 1 Вт в світлодіодних лампах, а споти мають вихідну потужність 5 Вт.

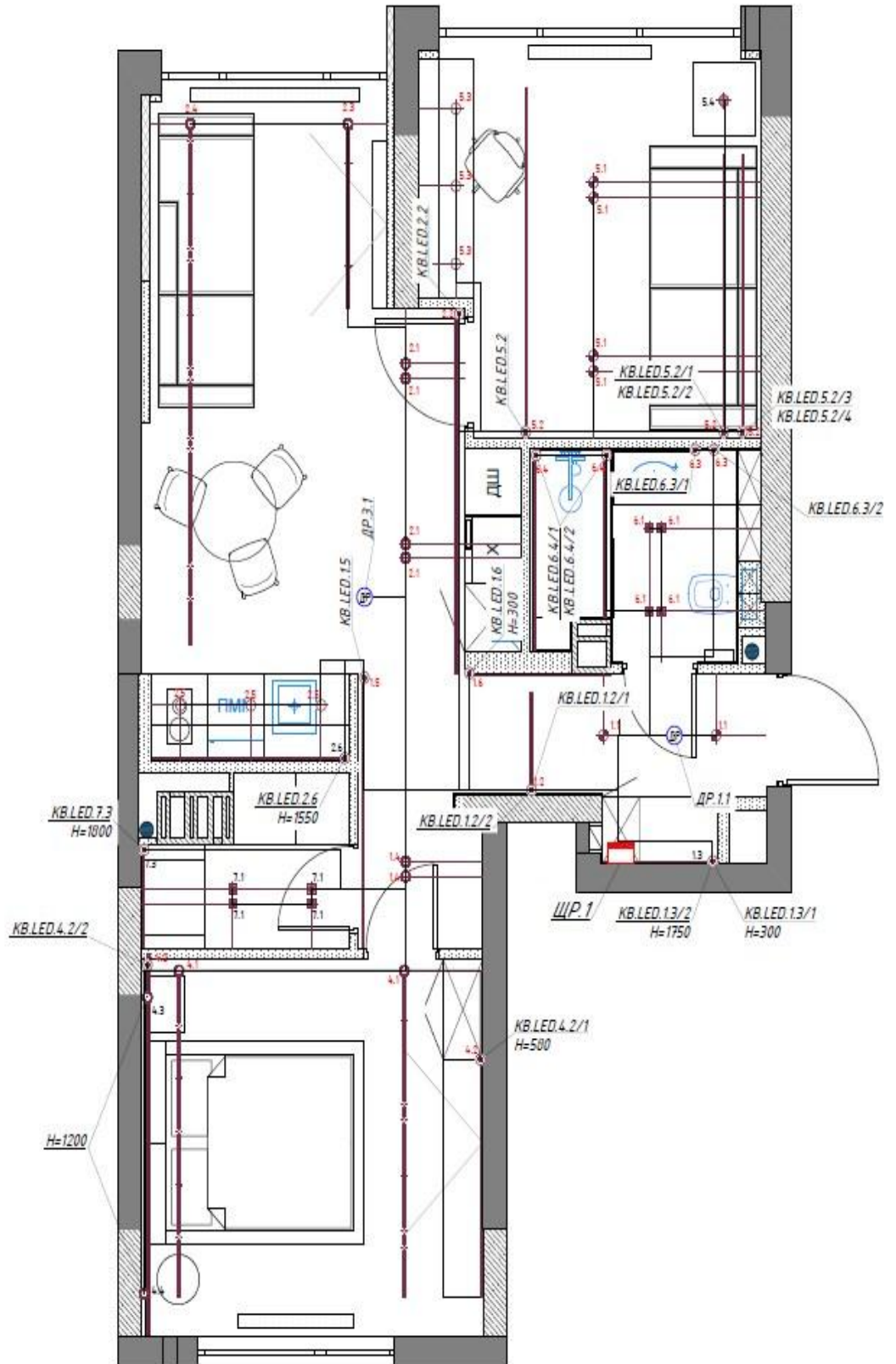


Рис. 2.4 - План розміщення систем освітлення та кабельних мереж на об'єкті



## 2.3 Процес вибору та опис обладнання

В якості інтерфейсу концепції «Розумний дім» використовується контролер від Control4, EA-5 Controller (див. рис. 2.6), що дозволяє зручно керувати «Розумним будинком» через інтерфейс, зображений на рис. 2.7.



Рис. 2.4 – Контролер EA-5 Controller



Рис. 2.7 - Альтернативний вигляд інтерфейсу керування розумним будинком

## 2.4 Вибір та опис системи клімат-контролю

Для забезпечення оптимальної температури на цьому місці буде встановлена система клімат-контролю, яка включає кондиціонери MITSUBISHI ELECTRIC MSZ-HR50VF/MUZ-HR50VF, підлогові конвектори MiniB COIL-T 60.243.900 та нагрівальні мати DEVIcomfort 150T (DTIR-150). Система кондиціонування, що використовується в цій системі (див. рис. 2.8), проста в експлуатації, має достатню потужність для ефективного охолодження приміщення, оснащена різними додатковими функціями, має низьке енергоспоживання і не потребує значного обслуговування. Управління кондиціонуванням здійснюється за допомогою пульта дистанційного керування, терморегулятора і може здійснюватися з будь-якого пристрою з доступом в Інтернет (смартфон, планшет, настінна сенсорна панель) [2,с. 87-91]



Рис. 2.8 - Кондиціонер MITSUBISHI ELECTRIC MSZ-HR50VF/MUZ-HR50VF

Для забезпечення оптимального теплового режиму в усіх частинах приміщення встановлено три кондиціонери відповідно до останніх тенденцій у сфері кондиціонування. Вбудовані в підлогу конвектори (як показано на рисунку 2.9) з системою примусової циркуляції повітря можуть ефективно поєднуватися з іншими системами опалення або працювати самостійно в приміщеннях, де потрібне підвищене опалення[18,с.84-88]

Конвекційні системи опалення можуть працювати як з примусовою циркуляцією повітря, так і з природною циркуляцією без використання вентиляторів. Це дозволяє гнучко підлаштовувати теплові параметри під умови та вимоги користувача.

Використання низької напруги 12 В гарантує надійність і безпеку роботи в приміщеннях з підвищеною вологістю. Крім того, системами можна керувати за допомогою термостата, який автоматично регулює температуру, або за допомогою будь-якого пристрою з підтримкою Інтернету, такого як смартфон, планшет або настінна сенсорна панель. Ця функція дозволяє користувачам контролювати температурні параметри з будь-якого місця, забезпечуючи високий рівень комфорту та енергоефективності.



Рис. 2.9 - Конвектор MiniB COIL-T 60.243.900

На рисунку 2.10 показано нагрівальний мат DEVIcomfort 150T (DTIR-150), який використовується в цьому закладі.

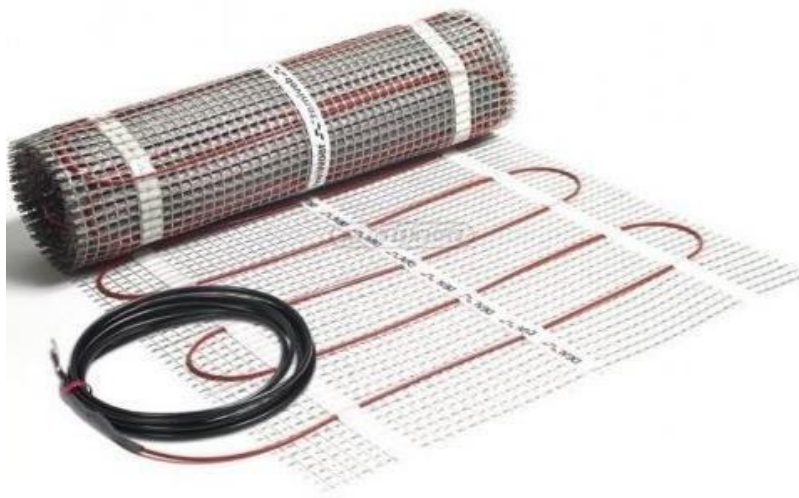


Рис. 2.10 - Нагрівальний мат DEVIcomfort 150T (DTIR-150)

Організація розташування опалювальних приладів і кабельної мережі в об'єкті, як показано на рисунку 2.11, є важливим етапом впровадження ефективної системи опалення. У цьому випадку всі опалювальні прилади підключаються до регулятора опалення HDL-M/FCU01.10.1, що важливо для забезпечення ефективності та точності роботи системи[18,с.84-88]

Модуль HDL-M/FCU01.10.1 виконує функцію регулятора центрального опалення. Його основна роль - вимірювати температуру, приймати рішення та контролювати нагрівальні елементи. Цей модуль може контролювати до 7 зон нагріву одночасно, що робить його дуже гнучким і придатним для використання в різних приміщеннях.

Особливу увагу варто звернути на можливість підключення до модуля до 7 цифрових датчиків температури. Ці датчики дуже корисні, оскільки вони вимірюють температуру точніше, ніж аналогові датчики, і набагато швидше реагують на зміни температури. Це дозволяє системі більш точно реагувати на зміну умов і забезпечує більш ефективну роботу системи опалення.

Підключення датчиків температури безпосередньо до модуля за допомогою шинних пристроїв спрощує налаштування кожного датчика та забезпечує зручний і ефективний спосіб контролю температури в кожній зоні нагріву.

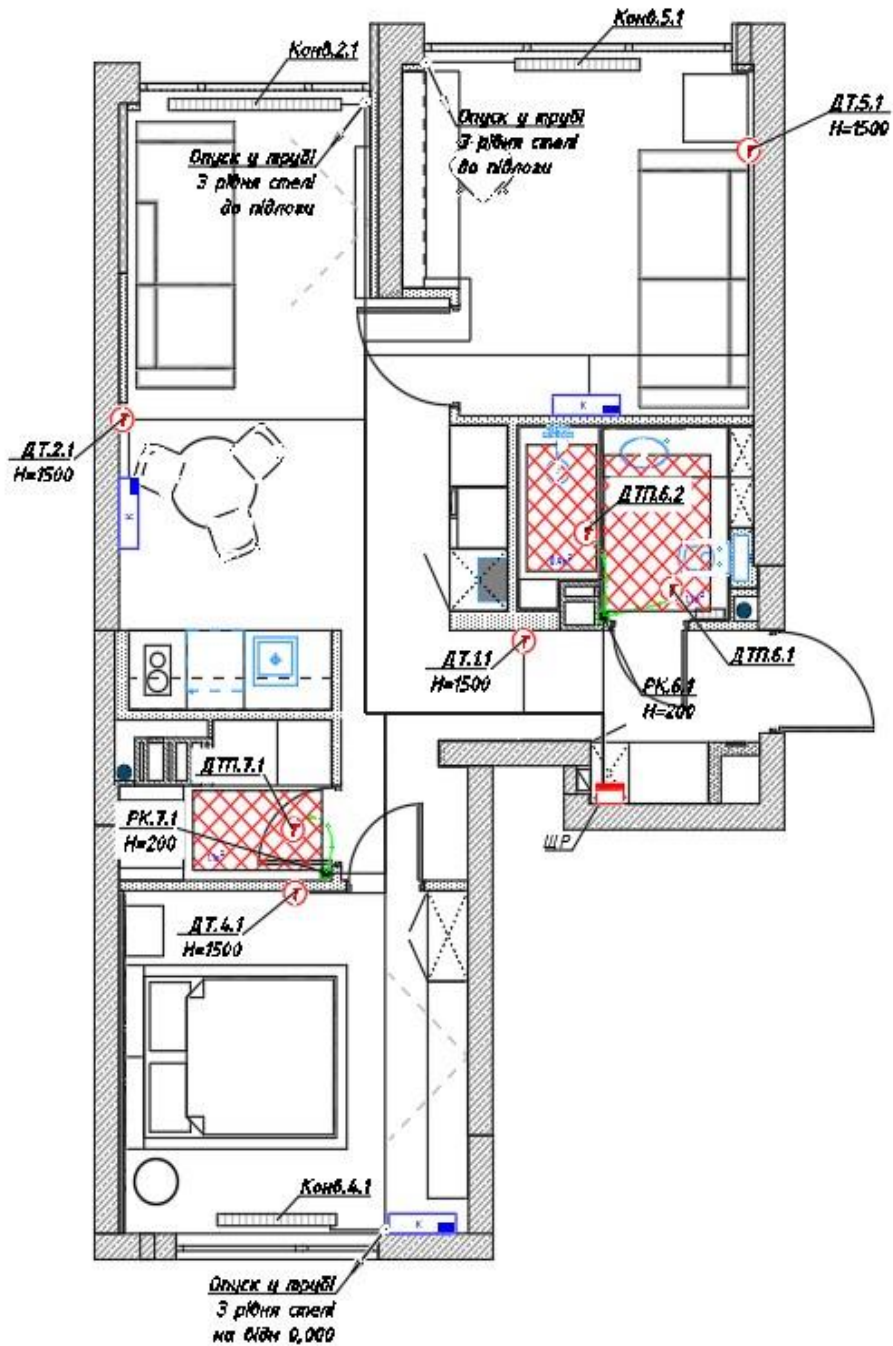


Рис. 2.11 - Розташування обладнання

Рисунок 2.11 показує схему розташування обладнання, де:

- ДТ вказує на датчик температури;
- ДТП означає датчик температури підлоги;
- Конв представляє конвектор підлогового типу;
- К позначає кондиціонер;
- РК використовується для розподільчої коробки;
- ЩР означає щит розподільчого типу.





Рис. 2.12 - підключення до модуля HDL-M/FCU01.10.1.

Модуль керування опаленням, описаний у цьому контексті, характеризується високою функціональністю та точністю при регулюванні температури приміщення. Особливістю є наявність 7 термостатів, які відповідають за контроль нагріву. Ці термостати не тільки вмикають або вимикають нагрівальні елементи, але також використовують повну ШІМ (широтно-імпульсну модуляцію) для керування. Це дає можливість регулювати відсоток відкриття/закриття ролет для підтримки необхідної температури в приміщенні[18,с.84-88]

Така система регулювання дозволяє стабілізувати температуру в приміщенні або навіть на підлозі на певному рівні, уникаючи значних перепадів і забезпечуючи більш точне регулювання опалення. Залежно від конфігурації системи, термостати можуть використовувати тепло від центральної системи або від інших джерел.

Модуль має фізичні елементи керування, які полегшують взаємодію з ним. Однак важливо відзначити, що кількість релейних виходів обмежена - всього 5 і два додаткових виходи 0-10В. Це може вплинути на можливість керування 7 зонами обігріву, тому може знадобитися використання зовнішніх реле для додаткових зон[22,с. 43-50]

Крім того, кажуть, що реле розраховані на струм до 10 А та напругу до 250 В, що дозволяє використовувати їх з різними пристроями, включаючи термоелектричні засувки, які працюють при напрузі 24 В. Реле також можуть працювати з ШІМ модуляцією, що забезпечує їх ефективну роботу при частих перемиканнях.

Таким чином, представлений модуль управління опаленням є комплексним і ефективним інструментом для підтримки комфортної температури в приміщенні, забезпечуючи точне і надійне регулювання опалення на основі різних параметрів і умов експлуатації.

У цьому розділі розрахунок типової квартири розглядався в контексті концепції розумного будинку. Спочатку був створений опис майна, який також включав властивості та особливості квартири. Наступною темою секції стало освітлення об'єкту з урахуванням різних аспектів проектування освітлення та підбору оптимальних джерел світла для забезпечення комфорту та енергоефективності.

Також обговорювався процес вибору та опис обладнання. Були розглянуті різні варіанти обладнання, які можна використовувати в розумних будинках, наприклад: Б. Датчики температури та вологості, розумні термостати та інші пристрої, які дозволяють контролювати різні параметри квартири. При виборі пристрою також враховувалися такі важливі аспекти, як сумісність із системою «розумний дім», ефективність і надійність.

Останньою темою глави був вибір і опис системи клімат-контролю. Були розглянуті різні варіанти систем клімат-контролю, такі як централізовані кондиціонери, розумні термостати та інші пристрої, які дозволяють контролювати

температуру і вологість у приміщенні. Звернули увагу на важливість енергоефективності та забезпечення комфортних умов для мешканців.

Загалом у Розділі 2 надано детальний огляд розрахунку типової квартири в контексті розумного будинку. Були враховані різні аспекти, пов'язані з освітленням, вибором обладнання та системою кондиціонування. У цьому розділі представлена необхідна інформація та рекомендації щодо розумного планування та обладнання квартир майбутнього розумного будинку.



### 3 РОЗВИТОК АЛГОРИТМІЧНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

#### 3.1 Використання двопотокової архітектури для задачі розпізнавання відео

Відео – це складний агрегатний об’єкт, який можна розкласти на просторову та часову складові. Просторова складова відео визначається зовнішнім виглядом кадру і містить інформацію про сцени та об’єкти, зображені на відео. Часова складова відео включає рух глядача (камери) і переміщення об’єктів від одного кадру до іншого.

Для розпізнавання відеооб’єктів і дій ми розробили власну архітектуру, що складається з двох потоків, як показано на рис.3.1. Кожен потік реалізується за допомогою глибокої згорткової нейронної мережі (ConvNet), а результати обробки обох потоків об’єднуються за допомогою пізнього синтезу.

Існує два методи об’єднання вихідних даних обох потоків. Перший метод - усереднення - обчислює середнє значення балів, отриманих з кожного потоку. Цей підхід є простим і ефективним, але не враховує можливі взаємодії між просторовими і часовими компонентами[22,с. 43-50]

Другий метод полягає в навчанні багатокласової лінійної SVM на складених L2 нормалізованих балах softmax як функції. Цей метод дозволяє більш гнучко моделювати складні залежності між просторовими та часовими компонентами відео.

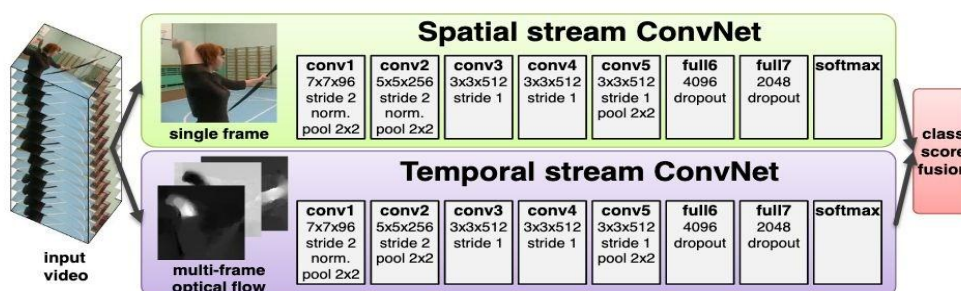


Рис. 3.1 - Двопотокова архітектура, яка використовується для аналізу відео

Просторовий потік ConvNet — це архітектура нейронної мережі, призначена для розпізнавання дій на основі нерухомих зображень. Завдяки використанню окремих відеокадрів цей метод дозволяє досягти ефективності виконання завдань класифікації дій. Статичний вигляд самих зображень є цінним джерелом інформації, оскільки деякі дії мають сильний зв'язок із певними об'єктами[22,с. 43-50]

Використання просторової ConvNet для класифікації дій на нерухомих зображеннях (потік просторового розпізнавання) виявляється досить конкурентоспроможним. Оскільки просторова ConvNet є основою архітектури класифікації зображень, ми можемо використовувати останні досягнення в техніці розпізнавання великомасштабних зображень [15] і попередньо навчити мережу на великому наборі даних класифікації зображень, такому як набір даних ImageNet.

### **3.2 Використання оптичного потоку в контексті згорткових нейронних мереж (CNN)**

Модель ConvNet, спрямована на часове виявлення, є центральним інструментом у відеоаналізі, оскільки вона дає змогу аналізувати тимчасові зміни та виявляти тимчасові залежності у відеопотоці. Однією з найбільших проблем у такому виявленні є врахування руху між відеокадрами. Використання оптичного потоку як вхідних даних для моделі ConvNet може значно полегшити цей процес.

Оптичний потік — це ряд векторів, які вказують напрямок і ступінь руху об'єктів у відеозображенні. Ці вектори можна обчислити за допомогою таких алгоритмів, як алгоритм Лукаса-Канаде або алгоритм Фарнбека. Використовуючи оптичний потік як вхідні дані для ConvNet, модель може безпосередньо отримувати інформацію про рух, підвищуючи точність виявлення[26,с. 84-89]

Існує кілька способів використання оптичного потоку як вхідних даних для моделі ConvNet:

1)Стеки оптичних потоків: у цьому підході оптичний потік обчислюється для кожного відеокадру, а ці потокові зображення потім складаються в об'єм 3D-

даних. Цей обсяг може служити вхідним сигналом для тривимірної згорткової мережі (3D ConvNet), яка може аналізувати часові залежності у відеопотоці.

2) Оптичний потік як додатковий канал зображення: оптичний потік можна додати як додатковий канал до звичайних каналів зображення (наприклад, червоного, зеленого та синього), створюючи багатоканальне зображення. Це дозволяє ConvNet аналізувати як просторову, так і часову інформацію одночасно.

3) Використання оптичного потоку як додаткового каналу після попереднього згорткового шару: у цьому випадку кадр спочатку обробляється звичайним способом за допомогою згорткових шарів. Потім оптичний потік обчислюється для пар кадрів, і ці потокові зображення додаються як додатковий канал після певного шару згортки. Це дозволяє моделі спочатку зосередитися на аналізі просторової інформації перед розглядом часових залежностей.

Вибір конкретного методу залежить від конкретних вимог завдання тимчасового виявлення, обсягу даних і архітектури моделі ConvNet. Кожен із цих підходів має свої переваги та недоліки, і їх слід ретельно розглянути при проектуванні системи виявлення.

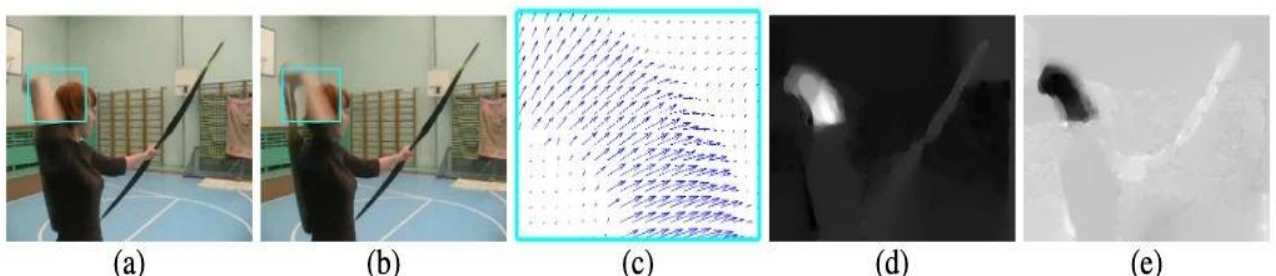


Рис. 3.2 – Відображення відеовходу за допомогою оптичного потоку

На рисунку 3.2 – (a), (b) показана пара послідовних відеокадрів із зоною навколо рухомої руки, позначеною синім прямокутником. На (c) ми бачимо детальний знімок щільного оптичного потоку в цій визначеній області; (d) показує горизонтальну складову, що представляє вектор зміщення (з більшою інтенсивністю для позитивних значень і меншою для негативних значень); (e) вказує на вертикальну складову. Зверніть увагу, як (d) і (e) висвітлюють руку та лук того, хто рухався. Вхід ConvNet складається з кількох потоків.

Накладення оптичного потоку є важливим аспектом комп'ютерного зору та обробки відео. Оптичний потік визначає швидкість і напрямок руху об'єктів у відеосцені з часом. При розгляді щільного оптичного потоку кожній точці в кадрі призначається вектор зміщення відповідної точки в наступному кадрі[26,с. 84-89]

У згаданому контексті  $dt(u, v)$  позначає вектор зміщення для точки  $(u, v)$  у кадрі, вказуючи, як ця точка змінюється на наступний кадр. Горизонтальні та вертикальні компоненти цього вектора,  $dxt$  і  $dvt$ , використовуються як канали зображення для подальшого виявлення за допомогою згорткових мереж.

Щоб представити рух у послідовності зображень, канали потоку  $dx$  і  $dy$  складаються для  $L$  послідовних зображень, щоб сформувати вхідні канали в мережу. У цьому методі вхідний обсяг ConvNet  $I_\tau$  для кожного кадру  $\tau$  має розмір  $Rw \times h \times 2L$ . Це означає, що він має ширину  $w$ , висоту  $h$  і  $2L$  канали, що відповідають горизонтальним і вертикальним компонентам оптичного потоку для  $L$  послідовних зображень.

$$\begin{aligned} I_\tau(u, v, 2k - 1) &= d_{\tau+k-1}^x(u, v), \\ I_\tau(u, v, 2k) &= d_{\tau+k-1}^y(u, v), \quad u = [1; w], v = [1; h], k = [1; L]. \end{aligned} \quad (3.1)$$

Для кожної точки  $(u, v)$   $I_\tau$  канал  $(u, v, c)$ , де  $c = [1; 2L]$  використовуються для кодування руху в цій точці за допомогою послідовності  $L$ -кадрів (як показано на рис. 3.2 зліва). Процес створення траєкторій. Альтернативний підхід до представлення руху, отриманий з дескрипторів на основі траєкторії, замінює оптичний потік, визначений в тих самих місцях у кількох кадрах, потоком, визначеним уздовж траєкторій руху. У цьому випадку вхідний об'єм  $I_\tau$ , що відповідає кадру  $\tau$ , має такий вигляд:

$$\begin{aligned} I_\tau(u, v, 2k - 1) &= d_{\tau+k-1}^x(\mathbf{p}_k), \\ I_\tau(u, v, 2k) &= d_{\tau+k-1}^y(\mathbf{p}_k), \quad u = [1; w], v = [1; h], k = [1; L]. \end{aligned} \quad (3.2)$$

Точка  $\mathbf{p}_k$  є  $k$ -тою точкою вздовж траєкторії, яка починається в позиції  $(u, v)$  кадру  $\tau$  і визначається за допомогою рекурентного співвідношення таким чином:

$$\mathbf{p}_1 = (u, v); \quad \mathbf{p}_k = \mathbf{p}_{k-1} + \mathbf{d}_{\tau+k-2}(\mathbf{p}_{k-1}), \quad k > 1.$$

Порівняння типів представлення вхідного об'єму з формулами 3.1 і 3.2 стосується зберігання векторів переміщень у різних ситуаціях. Давайте розглянемо кожен з цих формул окремо, щоб виявити їх відмінності [26, с. 84-89]

Формула 3.1:

Вхідний об'єм, представлений формулою 3.1, зберігає вектори переміщення в певних точках розташування  $(u, v)$ . Це означає, що для кожної точки координат  $(u, v)$  ми задаємо вектор переміщення, який визначає напрямок і величину руху в цьому місці.

Формула 3.2:

При використанні формули 3.2 для вхідного об'єму вектори зберігаються в точках  $p_k$  уздовж траєкторії. Це означає, що вектори відображаються вздовж траєкторії руху (як показано на рисунку 3.2 праворуч). Такий підхід може бути корисний у випадках, коли цікавить рух об'єкта по певній траєкторії, наприклад, при аналізі руху транспортних засобів або людей у просторі.

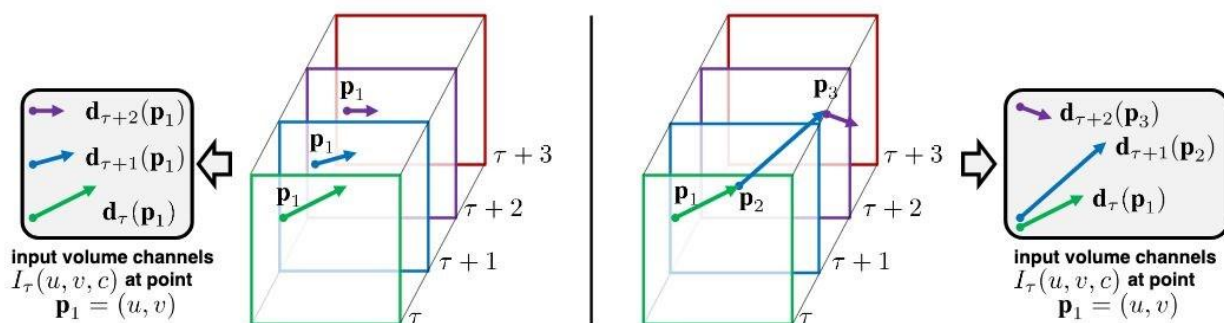


Рис. 3.3 -

На Рисунку 3.3 показано процес отримання вхідних даних для ConvNet з багатокадрового оптичного потоку. Ліворуч: перед додаванням даних у мережу ми виконуємо операцію оптичного відстеження потоку (1), де вектори зміщення вибираються для представлення того самого місця в кількох послідовних кадрах. Справа: потім ми виконуємо сумування траєкторії (2), у якому вибираються вектори, які відображають напрямок руху вздовж траєкторії. Кожен кадр і відповідний йому вектор зміщення позначені однаковим кольором, щоб візуально представити відповідність між ними.

Двонаправлений оптичний потік — це техніка аналізу руху на зображеннях, яка враховує рух об'єктів як у напрямку руху, так і в протилежному напрямку. Цей метод обчислює два типи потоків: прямий потік, який визначає положення пікселів у наступному кадрі, і зворотний потік, який описує рух у протилежному напрямку.

Щоб поширити аналіз на двонаправлений оптичний потік, додаткові поля зміщення обчислюються у зворотному напрямку. Це означає, що рух об'єктів враховується не тільки в напрямку їх руху, але і в протилежному напрямку. Це дозволяє краще фіксувати рух об'єктів без чітко визначеного напрямку руху[26,с. 84-89]

Під час аналізу створюється вхідний обсяг, у якому кожен кадр порівнюється з кадрами, які слідують за ним і передують йому на певну кількість кадрів. Це включає в себе розрахунок полів переміщення в обох напрямках. Такий підхід дозволяє краще розглянути всі аспекти руху об'єктів на зображеннях і отримати більш повне уявлення про зміни їх положення.

Для обробки цих даних використовуються методи, засновані на нульовому центруванні вхідного потоку, тобто відніманні середнього. Це дозволяє краще використовувати нелінійності в корекції, що є важливим аспектом при виявленні та аналізі руху об'єктів на зображеннях.

Архітектура двонаправленої системи аналізу оптичного потоку передбачає використання згорткових нейронних мереж для обробки вхідних даних. Обсяг введених даних зменшується до фіксованого розміру та передається в мережу для подальшого аналізу. Конфігурація прихованого шару подібна до тих, що використовуються в інших завданнях обробки зображень.

Отже, двонаправлений оптичний потік – ефективний метод аналізу руху об'єктів на відео, який дозволяє краще зрозуміти та врахувати всі аспекти руху об'єктів на зображеннях.

### **3.3 Навчання з кількома задачами**

На відміну від просторового ConvNet, який можна попередньо навчити на великому наборі даних для класифікації нерухомих зображень (наприклад, ImageNet), часовий ConvNet вимагає навчання на відеоданих. Однак доступні набори даних для класифікації відео обмежені, наприклад, набори даних UCF-101 і HMDB-51 містять лише 9,5 КБ і 3,7 КБ відео відповідно. Щоб уникнути надмірності, ви можете об'єднати ці два набори даних в один. Однак це складне завдання через перетин кількох класів. Одним із варіантів (який ми оцінимо пізніше) є включення зображень із класів, яких немає у вихідному наборі даних. Однак цей підхід вимагає ручного пошуку таких зображень і обмежує кількість додаткових даних, доступних для навчання.

В останніх дослідженнях обробки відеоданих зростає інтерес до конвергентного розгляду багатьох наборів даних за допомогою методу багатозадачного навчання [31,с.268-271]. Основна ідея цього підходу полягає у дослідженні способів представлення даних, що стосуються не лише конкретного завдання (наприклад, класифікації HMDB-51), але й інших пов'язаних завдань (наприклад, класифікації UCF-101). Додаткові завдання виконують роль регуляторів і дозволяють використовувати додаткові дані для навчання.

У цьому контексті архітектуру ConvNet змінено таким чином, що після останнього повністю підключеного рівня з'являються два рівні класифікації softmax: один для результатів класифікації HMDB-51, а інший – для результатів класифікації UCF-101. Кожен із цих шарів має власну функцію втрати, яка впливає лише на відеодані з відповідного набору даних.

Загальна втрата навчання обчислюється як сума втрат для кожного окремого завдання, а градієнти ваг мережі обчислюються за допомогою зворотного поширення. Такий підхід дозволяє ефективно поєднувати інформацію з різних джерел і максимально використовувати наявні дані для підвищення якості моделі.

### **3.4 Реалізація виконання деталей**

Згорточні нейронні мережі (ConvNets) є потужним інструментом глибокого навчання, який досягає вражаючих результатів у багатьох задачах обробки зображень і відео. Архітектура ConvNets передбачає послідовне застосування різних типів шарів для виділення ознак і класифікації даних.

На рисунку 3.1 показана схематична конфігурація просторового та часового рівнів ConvNets. Усі приховані вагові шари використовують функцію активації ReLU, яка забезпечує нелінійні перетворення та покращує здатність моделі до узагальнення. Максимальне об'єднання виконується за допомогою просторових вікон  $3 \times 3$  із розміром кроку 2, що допомагає зменшити розмірність даних і видалити менш важливі функції.

Варто зазначити, що єдиною відмінністю між просторовою та часовою конфігураціями ConvNets є відсутність другого рівня нормалізації в останній. Це робиться для зменшення використання пам'яті, що особливо важливо під час обробки великих обсягів відеоданих, де пам'ять може бути обмежуючим фактором продуктивності моделі.

Метод навчання, описаний у дослідженні [31,с.268-271], можна розглядати як процес адаптації до відеозображень. Як правило, цей підхід використовується як для просторових, так і для часових мереж. Вагові коефіцієнти мережі навчаються за допомогою міні-пакетного стохастичного градієнтного спуску з імпульсом, де значення імпульсу становить 0,9. На кожній ітерації формується міні-пакет із 256 прикладів шляхом випадкового вибору 256 навчальних відео. Ці відео відібрані рівномірно для класів, із випадковим вибором одного зображення з кожного.

Під час підготовки вхідних даних для просторової сітки кожен кадр випадковим чином обрізається до  $224 \times 224$  пікселів, а потім до нього застосовуються випадкове горизонтальне відображення та випадкове зміщення RGB. Щоб вирівняти розмір відео, масштаб змінюється заздалегідь, щоб найменша сторона кадру становила 256 пікселів. Важливо відзначити, що на відміну від попередніх досліджень [15], частина зображення вибирається з усього зображення, а не лише з центру  $256 \times 256$ .



Швидкість навчання спочатку встановлюється на рівні 10<sup>-2</sup>, а потім зменшується за графіком, який залишається незмінним для всіх наборів тренувань. Під час навчання ConvNet з нуля швидкість змінюється на 10<sup>-3</sup> після 50 000 ітерацій, на 10<sup>-4</sup> після 70 000 ітерацій, а навчання припиняється після 80 000 ітерацій. Для сценарію точного налаштування швидкість змінюється на 10<sup>-3</sup> після 14 000 ітерацій, а навчання припиняється після 20 000 ітерацій[31,с.268-271]

У сучасному світі аналіз відеоданих стає все більш актуальним завданням у різних сферах, від відеоспостереження до обробки мультимедійного контенту. Для розробки ефективних методів обробки відео та розпізнавання образів вчені використовують нейронні мережі, зокрема згорткові нейронні мережі (ConvNets), які демонструють вражаючу продуктивність у багатьох задачах обробки зображень.

Одним із ключових етапів розробки та оцінки ефективності нейронних мереж є їх тестування. У дослідженні ми використовуємо методологію тестування, засновану на аналізі відеоданих за допомогою ConvNets. Перед початком тестування ми встановлюємо фіксовану кількість кадрів, які будемо використовувати в наших експериментах. У цьому випадку це число становить 25 зображень, рівномірно розподілених у часі.

Після вибору зображень ми проводимо попередню обробку, яка включає кадрування та перевертання зображення. Це зроблено для збільшення різноманітності даних і підвищення продуктивності нейронної мережі при аналізі різних положень об'єктів у відео.

Потім ми передаємо кожен оброблений кадр на вхід ConvNet. ConvNet аналізує кожен кадр і генерує вихідні дані з оцінками класів функцій на зображенні. Отримані значення класу для кожного кадру у відео усереднюються, щоб отримати значення класу для всього відео. Цей підхід зменшує вплив випадкових аномалій у конкретних кадрах і покращує загальну стабільність результатів[3,с. 34-39]

Важливо відзначити, що в результаті тесту ми отримуємо не тільки оцінку занять для відео, а й оцінку його ефективності та точності роботи нейронної

мережі. Цей метод тестування дозволяє об'єктивно оцінити рівень продуктивності алгоритмів аналізу відеоданих і дає можливість подальшого вдосконалення методів обробки відео на основі нейронних мереж.

Підготовка до участі в конкурсі ImageNet ILSVRC-2012 вимагає ретельного аналізу та оптимізації архітектури просторової моделі ConvNet. Під час попередньої обробки ми використовуємо стандартні методи навчання та тестування, які вже описані, включаючи відсікання, дзеркальне відображення та згладжування кольорів RGB.

Ці методи значно зменшують помилки в моделі та дозволяють помітно покращити результати. Зокрема, вони допомагають зменшити п'ять основних помилок для набору перевірки ILSVRC-2012 до 13,5%. Цей результат порівнюється з помилкою 16,0%, про яку повідомляється в [3,с. 34-39] для аналогічної мережі.

Ключовим фактором у покращенні результатів є здатність моделі ConvNet ефективно обробляти всі вхідні зображення, а не лише центральну частину. Збільшення вхідних даних всього зображення дозволяє отримати більш повний і репрезентативний вигляд зображення, що, у свою чергу, призводить до зменшення помилок і підвищення загальної ефективності моделі.

Отримані результати підтверджують важливість правильного застосування методів обробки даних і архітектурних змін при підготовці моделей ConvNet для завдань класифікації на наборі даних ImageNet ILSVRC-2012.

Описане дослідження спрямоване на створення та застосування ефективного методу навчання з декількома GPU за допомогою набору інструментів Caffe з відкритим кодом. Наш підхід передбачає впровадження ряду важливих змін, щоб забезпечити можливість паралельного навчання на різних графічних процесорах, розташованих в одній системі.

Важливим аспектом нашого методу є використання паралелізму даних, тобто кожна партія стохастичного градієнтного спуску (SGD) розподіляється між кількома GPU. Це дає можливість обробляти індивідуальні дані на кожній картці незалежно, що прискорює процес навчання[3,с. 34-39]

Для оцінки ефективності запропонованого підходу була проведена серія експериментів. Зокрема, навчання єдиної згорткової нейронної мережі (ConvNet) на системі з 4 картами NVIDIA Titan зайняло всього один день. Це зменшило час навчання в 3 рази порівняно з використанням лише одного GPU.

Отримані результати підтверджують ефективність запропонованого підходу до навчання з кількома GPU та підкреслюють його потенціал для прискорення обчислень глибокого навчання. Ця реалізація відкриває перспективи для подальшого вдосконалення процесу навчання та розширення сфери його застосування у великих проектах машинного навчання.

Під час обробки зображень оптичний потік є важливим інструментом для аналізу руху об'єктів у відео. У дослідженні ми використовуємо альтернативну реалізацію графічного процесора (GPU) OpenCV для обчислення оптичного потоку.

Незважаючи на високу швидкість обчислення 0,06 секунди на пару кадрів, ми розуміємо, що робота з даними, що динамічно змінюються, може мати обмеження. З цією метою ми вирішили виконати обчислення оптичного потоку перед навчанням моделі.

Щоб уникнути зберігання великої кількості десяткових чисел (числа потоку), горизонтальні та вертикальні компоненти оптичного потоку були перетворені в діапазон від 0 до 255. Також використовувалося стиснення JPEG. Після декомпресії оптичний потік повертається до вихідного діапазону значень. Це значно зменшило обсяг даних оптичного потоку для набору даних UCF-101 з 1,5 терабайт до 27 гігабайт.

Цей підхід дозволив зменшити обсяг даних, які потрібно зберігати, а також зменшити вимоги до обчислювальних ресурсів і пропускну здатності мережі. Оптимізований оптичний потік, який ми отримали, можна використовувати для навчання моделей з меншою кількістю пам'яті та обчислювальних ресурсів, що полегшує подальші дослідження в цій галузі.

### 3.5 Оцінка

Набори даних і техніка оцінювання використовуються для оцінки рівня розпізнавання відеодій у наборах даних UCF-101 і HMDB-51, які є одними з найбільших анотованих наборів відеоданих. UCF-101 складається з 13К відеороликів, кожне з яких містить у середньому 180 зображень, і анотовано 101 класом дій, тоді як HMDB-51 складається з 6,8К відео з 51 дією. Обидва набори використовують той самий протокол оцінювання, який включає три розділи для навчання та тестування, причому продуктивність вимірюється середньою точністю класифікації для кожного розділу. Кожен розділ UCF-101 містить 9,5 тис. відео, а розділ HMDB-51 містить 3,7 тис. навчальних відео.

Було досліджено диференційні архітектури в першому розділі набору даних UCF-101, зокрема просторові ConvNets. Експерименти проводилися за трьома сценаріями: (i) навчання з нуля на UCF-101, (ii) попереднє навчання на ILSVRC-2012 з подальшим тонким налаштуванням на UCF-101, (iii) навчання лише рівня класифікації з фіксованим попереднім - Навчання мережі. Для кожного параметра встановлюються різні значення коефіцієнта регуляризації випадкової вибірки, а саме 0,5 або 0,9. Отримані результати показують, що навчання ConvNet лише на наборі даних UCF-101 призводить до перетренування навіть із значною різницею та поступається навчанням на великому наборі даних ILSVRC-2012. Цікаво, що тонке налаштування всієї мережі призводить лише до невеликого покращення порівняно з навчанням лише останнього рівня. В останньому випадку вищий ступінь випадкової вибірки нормалізує навчання та призводить до гіршої точності. Для наступних експериментів було вирішено підготувати фінальний шар на попередньо підготовленому ConvNet[18,c.84-88]

Аналізуючи часові архітектури згорткових нейронних мереж (ConvNets), ми перейшли від оцінювання просторових варіантів ConvNets до розгляду їхніх часових властивостей і впливу різних конфігурацій вхідних даних, як описано в розділі 2.6. У конкретному дослідженні ми проаналізували наступні аспекти: використання кількох ( $L = \{5,10\}$ ) композитних оптичних потоків, траєкторію

стекингу, віднімання середнього зміщення та використання двонаправленого оптичного потоку.

Архітектури ConvNet навчалися з нуля на наборі даних UCF-101, і ми використовували високий коефіцієнт випадання 0,9 для покращення узагальнення. Результати дослідження представлені в таблиці 3.1. По-перше, варто зазначити, що використання кількох ( $L > 1$ ) полів руху як вхідних даних є дуже ефективним, оскільки воно забезпечує мережу довготривалою інформацією про рух, яка є більш детальною, ніж простий потік між парою кадрів ( $L = 1$ ). . . Збільшення кількості вхідних потоків з 5 до 10 призводить до меншого покращення, тому ми зупинилися на фіксованому значенні  $L = 10$  для подальших експериментів.

Другий важливий висновок полягає в тому, що віднімання усереднення є корисним, оскільки воно допомагає зменшити вплив глобального руху між зображеннями. Ми використовували цей метод за замовчуванням у наступних експериментах. Порівняння різних методів сумування показало, що сумування оптичного потоку працює краще, ніж сумування траєкторії, а використання двонаправленого оптичного потоку показує лише трохи кращі результати, ніж односпрямоване зміщення[18,с.84-88]

Варто зазначити, що тимчасові ConvNets працювали значно краще, ніж просторові ConvNets (див. таблицю 3.1), підтверджуючи важливість інформації про рух для розпізнавання дій. Наприклад, у нашому випадку під час навчання з нуля на наборі даних UCF-101 тимчасова архітектура досягла точності 56,4%, що вище, ніж точність однокадрової архітектури (52,3%), але все ще відстає від мережа Навчання з нуля оптичному потоку. Це підтверджує, що хоча інформація про рух важлива для багатьох кадрів, важливо представити її таким чином, щоб ConvNet могла її ефективно обробити.

Таблиця 3.1

## Точність просторової мережі на UCF-101

Налаштування тренування	Швидкість dropout	
	0.5%	0.9%
З нуля	42.5%	52.3%
Претренування і finetuning	70.8%	72.8%
Претренування і останній шар	72.7%	59.9%

Таблиця 3.2

## Точність часової мережі на UCF-101

Налаштування входу	Видалення середнього	
	виключене	включене
Однофреймовий оптичний потік (L=1)	-	73.9%
Накопичення оптичного потоку (L=5)	-	80.5%
Накопичення оптичного потоку (L=10)	79.9%	81.0%
Накопичення траєкторії (L=10)	79.6%	80.2%
Накопичення оптичного потоку (L=10), двонапрявлене	-	81.2%

У розділі були розглянуті різні аспекти розробки алгоритмів і програмного забезпечення для задачі розпізнавання відео. Було досліджено двопотокову архітектуру, яка дозволяє ефективно обробляти відеодані, використовуючи інформацію з двох потоків одночасно. Використання оптичного потоку в контексті згорткових нейронних мереж (CNN) розглядалося як метод виявлення

та відстеження руху об'єктів у відео. Було показано, що такий підхід може значно підвищити точність виявлення об'єктів у відео.

Крім того, було враховано багатозадачність навчання, що дає можливість при навчанні моделі вирішувати декілька пов'язаних завдань одночасно. Цей підхід може покращити продуктивність моделі та забезпечити кращу здатність до узагальнення.

У розділі також розглядалися деталі реалізації, включаючи оптимізацію алгоритмів і програмного коду для підвищення продуктивності та швидкості системи розпізнавання відео.

Загалом розробка алгоритмів і програмного забезпечення для задачі розпізнавання відео є актуальним напрямком досліджень. Використання двопоточної архітектури, оптичного потоку, багатозадачного навчання та реалізації деталей є перспективними підходами, які можуть підвищити точність і продуктивність систем розпізнавання відео.

## ВИСНОВКИ

У даній роботі проведено детальний аналіз сучасних технологій і стратегій розвитку систем розумного будинку на основі штучного інтелекту. Встановлено, що розумний дім є перспективним напрямком розвитку житлової інфраструктури, оскільки він може значно полегшити повсякденне життя людей за рахунок комфорту, безпеки та енергоефективності.

В рамках дослідження було проведено розрахунок типової квартири в концепції розумного будинку. Для забезпечення оптимального рівня комфорту та енергоефективності були використані різні технології та пристрої, такі як датчики, виконавчі механізми, системи автоматизації та управління. Результати розрахунків показали, що впровадження системи «розумний дім» може значно знизити споживання енергії та підвищити якість життя мешканців.

У роботі розроблено алгоритми та програмне забезпечення для системи розумного дому. Методи штучного інтелекту, такі як машинне навчання та аналіз даних, використовувалися для розпізнавання образів, автоматичного контролю та прийняття рішень. Це дозволяє системі адаптуватися до мінливих умов і вимог мешканців, забезпечуючи оптимальне функціонування та використання ресурсів.

Оцінка ефективності системи «розумний дім» базувалася на експериментальних дослідженнях та зборі даних. У квартирі з впровадженою системою «розумний дім» вимірювали показники комфорту, енергоспоживання та безпеки. Порівняння результатів зі звичайними системами показало значне покращення в усіх аспектах. Система «розумний дім» довела свою ефективність та ефективність, забезпечуючи мешканцям комфорт, безпеку та енергоефективність.

На підставі проведених досліджень можна зробити висновок, що розробка системи «розумний дім» на основі штучного інтелекту є перспективним та актуальним напрямком розвитку. Впровадження такої системи може принести значні переваги, включаючи зручність, безпеку та енергоефективність. Це дослідження підтверджує, що систему розумного будинку на основі штучного



інтелекту можна успішно використовувати для покращення якості життя мешканців і забезпечення оптимального використання ресурсів. Продемонстровані алгоритми та програмне забезпечення можуть бути використані як основа для подальшого розвитку систем розумного будинку.

Ця робота також підкреслила деякі можливості для подальших досліджень і вдосконалення. Наприклад, можливі інтеграція додаткових пристроїв і функцій, удосконалення алгоритмів керування та розпізнавання образів, а також розширення системи до великих масштабів, включаючи інтеграцію зовнішніх систем, таких як електромережі та управління містом.

Загалом розробка системи «розумний дім» на основі штучного інтелекту є важливим кроком до більш ефективних, безпечних і комфортних умов життя. Подальші дослідження та розробки в цій галузі можуть призвести до значних інновацій та покращення житлової інфраструктури.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Богданович І.О. «Використання систем штучного інтелекту в розумному будинку для автоматизації процесів». Моделювання та інформаційні технології в бізнесі. 2020. № 2. С. 136-143.
2. Бондаренко І. М. «Інноваційні підходи до розробки систем управління розумним будинком на основі штучного інтелекту» Наукові записки Університету Шевченка. Серія: Фізико-математичні науки. - 2020. - Випуск 61. - С. 87-91.
3. Борисюк А.О. «Штучний інтелект у системах управління енергією розумного будинку». Енергетика та автоматизація. 2018. № 4. С. 34-39.
4. Вергун О.С. «Розумний будинок як інтелектуальна система управління». Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та комп'ютерні технології. - 2018. - № 77. - С. 57-64.
5. Воронова І. В. «Аналіз систем розумного будинку з використанням машинного навчання» Актуальні проблеми машинного навчання та інтелектуальних систем. 2018. Випуск 1 (13). С. 121-130.
6. Гаврилюк В.М. «Інноваційні підходи до розробки системи управління розумним будинком на основі штучного інтелекту» Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я (MicroCAD-2023)». – Харків, 2023. – С. 279-281.
7. Горбатюк О.В. «Інтелектуальні системи управління розумним будинком на основі штучного інтелекту». Наукові записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Комп'ютерно-орієнтовані системи управління. - 2023. - Т. 34(73), № 2. - С. 75-79.
8. Григор'єв Н.П. «Аналіз сучасних технологій систем розумного дому на основі штучного інтелекту». Інформаційні технології: наука, інженерія, технології, освіта, здоров'я (MicroCAD-2021). Матеріали XI. Міжнародна науково-практична конференція. Харків, 2021. С. 112-115.

9. Григор'єва Н.П. «Моделювання роботи системи безпеки розумного будинку на основі штучного інтелекту» Наукові записки Черкаського національного університету ім. Б. Хмельницького. Серія: Технічні науки. 2018. Випуск 2 (74). С. 71-77.
10. Григорович В.М. «Застосування нейронних мереж в системах розумного будинку». Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я (MicroCAD-2020). Матеріали ІХ. Міжнародна науково-практична конференція. Харків, 2020. С. 125-127.
11. Гриньов В.М. «Аналіз використання систем штучного інтелекту в розумних будинках» Вісник Житомирського державного технічного університету. Технічні науки. - 2017. - № 4(83). - С. 98-102.
12. Демидова О.В. «Використання алгоритмів машинного навчання в системах розумного будинку». Системні дослідження та інформаційні технології. 2020. № 2. С. 91-98.
13. Денисов О.В. «Методи штучного інтелекту в системах управління розумним будинком». Електроніка та системи автоматичного керування. 2021. № 2 (54). С. 78-83.
14. Дубровін І. М. «Методи та технології штучного інтелекту в системах управління розумним будинком». Матеріали науково-технічної конференції «Інноваційні технології в будівництві та архітектурі (ІТВА-2021)». – Київ, 2021. – С. 176-180.
15. Іванов В. І. «Особливості використання систем розумного дому зі штучним інтелектом для людей з обмеженими можливостями» Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія: Політологія. 2021. Випуск 30. С. 82-89.
16. Іванов В.І. «Особливості використання штучного інтелекту в управлінні розумним будинком» Вісник НУ «Львівська політехніка». 2019. № 912. С. 124-129.

- 17.Іванов Д.С «Вплив Інтернету речей на розумний дім». Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. 2019. № 3. С. 71-77.
- 18.Іванова О.С. «Вплив штучного інтелекту на підвищення безпеки в розумному домі». Молодий вчений. 2018. № 12 (58). С. 84-88.
- 19.Ігнатенко Д.О. «Аналіз систем розумного будинку на основі штучного інтелекту» Вісник Дніпровського університету. Серія: Обчислювальна математика та математична кібернетика. 2020. Випуск 29. С. 112-118.
- 20.Ігнатов О.О. «Методи та засоби підвищення енергоефективності системи розумний дім за допомогою штучного інтелекту». Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: “Інформаційні технології”. 2019. Випуск 39. С. 118-125.
- 21.Карпенко О.П. «Штучний інтелект в системах «розумний дім»: сучасний аналіз та перспективи застосування» Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Серія: Технічні науки. 2019. Випуск 2 (85). С. 67-76.
- 22.Клименко Д.М. «Розробка системи управління освітленням в розумному будинку на основі штучного інтелекту» Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інформатика та моделювання. 2021. Випуск 1 (30). С. 43-50.
- 23.Коваленко П.О. «Використання штучного інтелекту в системах автоматизації розумного будинку» Матеріали VI. Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології: наука, інженерія, технології, освіта, здоров'я (MicroCAD-2019)». – Харків, 2019. – С. 113-115.
- 24.Коваленко С.П. «Вплив систем штучного інтелекту на підвищення безпеки розумного будинку» Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія: Інформатика. 2021. Випуск 35. С. 43-48.
- 25.Козак М.В. «Розумний дім зі штучним інтелектом: можливості та перспективи» Науковий вісник УжНУ. Серія: Інформатика та комп'ютерні технології. 2021. Випуск 1. С. 34-40.

- 26.Коренєва О.О. «Вплив використання штучного інтелекту на комфорт у розумному домі» Наукові записки Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: Фізико-математичні науки. 2019. Т. 2 (3). С. 84-89.
- 27.Коробко М.С. «Аналіз методів і технологій штучного інтелекту для систем управління розумним будинком» Наукові записки В.І. Таврійський національний університет. Вернадського. Серія: Комп'ютерно-орієнтовані системи управління. – 2019. – Т. 30(69), № 3. – С. 43-49.
- 28.Костенко В.М. «Використання систем штучного інтелекту в розумному будинку для оптимізації енергоспоживання». Інтегровані технології та енергозбереження. 2018. № 4 (45). С. 33-39.
- 29.Кравченко В.А., Грищенко О.М. «Аналіз систем розумного будинку зі штучним інтелектом для забезпечення комфорту мешканців». Системи управління, навігації та зв'язку. 2019. Випуск 3 (55). С. 87-92.
- 30.Кравченко М.В. «Штучний інтелект у системах безпеки розумного будинку». Інформаційні технології: наука, інженерія, технології, освіта, здоров'я (MicroCAD-2018). Матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції. Харків, 2018. С. 159-162.
- 31.Краснікова О.А. «Використання штучного інтелекту в системах безпеки розумного дому». Молодий вчений. 2017. № 2 (44). С. 268-271.
- 32.Кузьменко В.І. «Інтелектуальні системи управління розумним будинком на основі штучного інтелекту.» Електронне наукове видання «Інформаційні технології та комп'ютерні технології». 2017. № 5 (49). С. 81-87.
- 33.Кузьмін О.І. «Основні складові системи розумного будинку на основі штучного інтелекту». Східна Європа: економіка, бізнес та менеджмент. 2020. № 9 (45). С. 34-40.
- 34.Левченко С.М. «Методи штучного інтелекту в системах розумного будинку для забезпечення комфорту користувача». Ефективна економіка. 2020. № 1. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=7580> (дата звернення: 20.02.2024).

- 35.Литвиненко В.В. «Шляхи використання Інтернету речей у розумному домі на основі штучного інтелекту». Східна Європа: економіка, бізнес та менеджмент. 2019. № 8 (44). С. 43-48.
- 36.Литвинов А.В. «Використання нейронних мереж для підвищення енергоефективності систем розумного будинку». Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, інформатики та кібербезпеки. 2019. № 2. С. 124-128.
- 37.Литвинова І.М. «Особливості використання штучного інтелекту в системах безпеки розумного будинку». Актуальні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, інформатики та кібербезпеки. 2020. Випуск 3. С. 76-81.
- 38.Марченко В.С. «Аналіз технологій інтелектуалізації систем управління розумним будинком» Вісник НТУ «ХПІ». Системний аналіз, менеджмент та інформаційні технології. - 2018. - №3(97). - С. 112-116.
- 39.Марченко Л.О. «Аналіз можливостей інтелектуальних систем управління розумним будинком» Збірник наукових праць Житомирського державного технічного університету. Технічні науки. - 2023. - Випуск 1(90). - С. 88-92.
- 40.Мельник В.С. «Методи та засоби підвищення ефективності управління системами розумного дому з використанням штучного інтелекту». Моделювання та інформаційні технології в бізнесі. 2018. № 4. С. 97-103.
- 41.Мельник С.П. «Використання штучного інтелекту в системах розумного дому для забезпечення комфорту» Вісник Черкаського університету. Серія: Технічні науки. 2019. Випуск 1. С. 89-95.
- 42.Мироненко Д.М. «Вплив системи штучного інтелекту на ефективність управління розумним будинком» Інформаційні технології: наука, інженерія, технології, освіта, здоров'я (MicroCAD-2019). Матеріали ІХ. Міжнародна науково-практична конференція. Харків, 2019. С. 112-115.
- 43.Моніт Я.В. Система «Розумний дім» з відкритим програмним забезпеченням ХІХ. Науково-технічна конференція студентів та молодих вчених «Гіротехнології, навігація, управління рухом та проектування

- аерокосмічної техніки», 15-16. Лютий 2016 р. – К.: “Політехніка”, 2016. – С. 43-44.
44. Мороз О.М. «Сучасні тенденції розвитку систем розумного дому». Вісник НТУ «ХП». Серія: Інформатика та моделювання. 2019. № 4. С. 29-36.
45. Морозова О.М. «Особливості використання системи штучного інтелекту в системах безпеки розумного дому». Інтегровані технології та енергозбереження. 2018. № 3 (44). С. 12-17.
46. Поліщук Т.О. «Розробка програмної платформи для управління розумним будинком з використанням штучного інтелекту» Наукові записки Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія: Системи прийняття рішень та штучний інтелект. - 2022. - Випуск 184. - С. 107-111.
47. Поляков Д. С. «Інноваційні технології в системах управління розумним будинком на основі штучного інтелекту» Електронне наукове видання «Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. - 2019. - Випуск 45. - С. 120-123.
48. Радченко О. М «Використання систем штучного інтелекту для оптимізації енергоспоживання розумного будинку» Електронне наукове видання «Інформаційні технології та комп'ютерні технології». 2018. № 3 (47). С. 96-103.
49. Савченко О.В. «Розробка архітектури системи управління розумним будинком з використанням штучного інтелекту» Інформаційні технології: наука, інженерія, технології, освіта, здоров'я (MicroCAD-2017)». – Харків, 2017. – С. 320-322.
50. Сидоренко О.І., Ковальчук Л.В. «Перспективи використання штучного інтелекту в системах управління розумним будинком» Інформаційні технології: наука, інженерія, технології, освіта, здоров'я (MicroCAD-2018)». – Харків, 2018. – С. 229-231.

- 51.Сидоров В.О. «Розумний дім на основі штучного інтелекту: можливі варіанти використання» Східна Європа: економіка, бізнес та менеджмент. 2019. № 12 (26). С. 21-27.
- 52.Сидоров М.С. «Розробка імітаційної моделі системи розумний дім з використанням штучного інтелекту» Науковий вісник Миколаївського національного університету імені В.О. Сухомлинського. Серія: Технічні науки. 2018. Випуск 1 (2). С. 52-59.
- 53.Сидорова Н.О. «Особливості розробки системи управління електроспоживанням в розумному будинку». Технологічні випробування та резерви виробництва. 2018. № 6/6 (42). С. 56-60.
- 54.Смирнов І.І. «Штучний інтелект в системах управління розумним будинком». Резюме доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, інженерія, технології, освіта, здоров'я (MicroCAD-2020)». – Харків, 2020. – С. 245-247.
- 55.Усенко І.П. «Системи автоматизованого керування розумним будинком на основі штучного інтелекту». Актуальні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, ІТ та кібербезпеки. 2020. Випуск 2. С. 120-126.
- 56.Черепача О.О. «Інтелектуальні системи опалення та кондиціонування на основі штучного інтелекту». Наукові праці Одеського національного політехнічного університету. Серія: Електроенергетика. 2020. Випуск 1 (58). С. 93-99.
- 57.Черкасов В.О. «Інтелектуальні системи керування розумним будинком на основі Інтернету речей» Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, інженерія, технології, освіта, здоров'я (MicroCAD-2017)». – Харків, 2017. – С. 287-289.
- 58.Черненко Л.О. «Методи та засоби оптимізації енергоспоживання розумного будинку з використанням штучного інтелекту». Актуальні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, інформатики та кібербезпеки. 2019. Випуск 1. С. 34-39.



- 59.Чернишова Л.М. «Вплив штучного інтелекту на розробку систем управління розумним будинком» Наукові записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Комп'ютерно-орієнтовані системи управління. - 2022. - Т. 33(72), № 4. - С. 52-56.
- 60.Яковенко М.В. «Розробка системи керування освітленням в розумному будинку на основі штучного інтелекту». Електронне наукове видання «Інформаційні технології та комп'ютерні технології». 2021. № 6 (74). С. 128-134.

## **ПРЕЗЕНТАЦІЯ**