

ЖОВНІР ЮРІЙ

Національний університет «Львівська політехніка»

<https://orcid.org/0009-0006-6186-2861>e-mail: zhovnir@astra.in.ua**ГРИБОВСЬКИЙ ОЛЕГ**

Національний університет «Львівська політехніка»

<https://orcid.org/0009-0005-6318-3611>E-mail: oleh.hrybovskiy.mitup.2022@lpnu.ua

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОГРАМНО-АПАРАТНИХ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ БЕЗПЕКОВОЇ СИСТЕМИ БАГАТОКВАРТИРНОГО БУДИНКУ

У цій статті проведено порівняльний аналіз деяких з найпопулярніших програмно-апаратних інструментальних засобів, які доцільно використовувати для створення інформаційно-технологічної платформи для безпекової системи багатоквартирного будинку. Порівняльний аналіз інструментів проведено за різними аспектами. Розглянуто особливості апаратної частини, зокрема компонентів, які входять до їх складу, можливість підтримки датчиків та камер, здатність системи до розширення. Проаналізовано складові програмної частини інструментів, наявність веб-інтерфейсів та мобільних застосунків, доступність функцій, можливості налаштування та автоматизації процесів. Проведено порівняння основних характеристик інструментів за різними критеріями. Критерій «гнучкість» дозволив з'ясувати можливість налаштування платформи відповідно до потреб користувачів, її сумісність з іншими розумними пристроями. Критерій «вартість» розглянуто як такий, що впливає на рівень доступності обладнання та складність обслуговування. Критерій «легкість використання» та «необхідність володіння користувачем необхідними технічними знаннями» дозволили встановити відомості щодо простоти налаштування платформ та потребу у спеціальних технічних знаннях для використання платформи. Аналіз за критерієм «підтримка різнотипових пристроїв і протоколів» сприяв з'ясуванню типів та видів датчиків, камер та інших пристроїв, що підтримуються платформою, а також які саме протоколи нею використовуються. Проаналізовано недоліки та переваги кожної з проаналізованих платформ, що дозволило визначити оптимальні рішення для різних сценаріїв використання. Для проведення порівняльного аналізу використано метод аналізу ієрархії (АНР), якому передувало експертне оцінювання. Збір даних здійснювався шляхом анкетування експертів у галузі безпеки та інформаційних технологій. Отримані дані було оброблено з використанням методів багатокритеріального аналізу, що дозволило структурувати і порівняти різні інструментальні засоби за визначеними критеріями. Наукова новизна дослідження полягає у застосуванні методу аналізу ієрархії для порівняння програмно-апаратних інструментальних засобів на базі технологій Інтернету речей (IoT) з метою створення безпекової системи багатоквартирного будинку. Вперше проведено систематичний аналіз та порівняння інструментів за такими критеріями, як гнучкість, вартість, легкість використання та підтримка різнотипових пристроїв і протоколів. Результати дослідження надають практичні рекомендації щодо вибору та впровадження програмно-апаратних інструментальних засобів для безпекових систем багатоквартирних будинків, забезпечуючи підвищення рівня безпеки, комфорту та ефективності управління житловими об'єктами.

Ключові слова: інтернет речей, безпекова система, програмно-апаратні засоби, метод аналізу ієрархії, порівняльний аналіз, інформаційно-технологічна платформа, веб-інтерфейси, мобільні застосунки, автоматизація процесів, гнучкість системи, вартість обладнання, легкість використання, підтримка пристроїв і протоколів, експертне оцінювання

ZHOVNIR YURIY, HRYBOVSKYI OLEH

Lviv Polytechnic National University

COMPARATIVE ANALYSIS OF SOFTWARE AND HARDWARE TOOLS FOR CREATING A SECURITY SYSTEM OF AN APARTMENT BUILDING

This article presents a comparative analysis of some of the most popular hardware and software tools that are suitable for creating an information technology platform for the security system of a multi-apartment building. The comparative analysis of the tools is conducted based on various aspects. The features of the hardware components, including the components that are part of them, the support for sensors and cameras, and the system's scalability, are considered. The software components of the tools are analyzed, including the availability of web interfaces and mobile applications, the accessibility of functions, customization capabilities, and process automation. The main characteristics of the tools are compared based on different criteria. The "flexibility" criterion allows for the determination of the platform's ability to be customized according to users' needs and its compatibility with other smart devices. The "cost" criterion is considered in terms of its impact on the accessibility of the equipment and the complexity of maintenance. The criteria "ease of use" and "user's need for technical knowledge" provide insights into the simplicity of platform setup and the need for special technical knowledge to use the platform. The analysis of the "support for various devices and protocols" criterion helps to identify the types and kinds of sensors, cameras, and other devices supported by the platform, as well as the protocols it uses. The advantages and disadvantages of each analyzed platform are examined, allowing for the determination of optimal solutions for various use scenarios. The Analytic Hierarchy Process (AHP) method, preceded by expert evaluation, was used for the comparative analysis. Data collection was carried out through questionnaires with experts in the fields of security and information technology. The obtained data was processed using multicriteria analysis methods, which allowed for the structuring and comparison of various tools based on defined criteria. The scientific novelty of the study lies in the application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) for comparing hardware and software tools based on Internet of Things (IoT) technologies to create a security system for a multi-apartment building. For the first time, a systematic analysis and comparison of tools based on criteria such as

flexibility, cost, ease of use, and support for various devices and protocols have been conducted. The results of the study provide practical recommendations for the selection and implementation of hardware and software tools for security systems in multi-apartment buildings, ensuring increased security, comfort, and efficient management of residential properties.

Keywords: Internet of Things, security system, hardware and software tools, analytic hierarchy process, comparative analysis, information technology platform, web interfaces, mobile applications, process automation, system flexibility, equipment cost, ease of use, device and protocol support, expert evaluation

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Зростаюча потреба у безпеці та захисті житла стимулює розвиток ринку платформ для створення будинкових безпекових систем. Ці платформи пропонують користувачам можливість самостійно налаштувати та керувати системою безпеки свого дому, використовуючи різноманітні датчики, камери та інші компоненти. У сучасному світі питання безпеки житла стає дедалі актуальнішим. Зростання злочинності, збільшення кількості крадіжок та інших злочинів робить захист дому та майна одним з пріоритетів для багатьох людей. На щастя, сучасні технології пропонують широкий спектр рішень для забезпечення безпеки житла. Одним з найефективніших інструментів є домові системи безпеки. Ці системи дозволяють контролювати доступ до вашого дому, відстежувати рух, отримувати сповіщення про небезпеку та багато іншого. Однак вибір відповідної платформи для створення домової системи безпеки може бути складним завданням. На ринку представлено безліч платформ, кожна з яких має свої особливості, переваги та недоліки.

Аналіз досліджень та публікацій

Автори статті [1] відзначають, що у середовищі розумного дому з підтримкою IoT освітлення, побутова техніка, комп'ютери, камери безпеки тощо, підключаються до Інтернету, що дозволяє користувачеві контролювати їх роботу незалежно від часу та місця. У статті обговорюються функції «розумного дому» та його додатків, а також представлено архітектуру інформаційної системи.

У статті [2] наголошується, що авторизація та автентифікація є складними операціями безпеки IoT. Застосування додаткового рівня безпеки багатofакторної автентифікації діє як метод запобігання несанкціонованому доступу. Одним із цих факторів, на думку авторів статті, є розпізнавання обличчя, завдяки неінвазивним біометричним методам.

Стаття [3] присвячена аналізу безпеки «розумного будинку» та конфіденційності людей, які у ньому живуть. Автор розглядає ряд наукових публікацій з метою виявлення вразливостей, якими можна скористатися для отримання доступу, отримання авторизованої інформації на допомогу управлінню та захисту розумних будинків. Програмно-апаратні інструментальні засоби на базі технологій Інтернету речей (IoT) для створення безпекових систем "розумний дім" розумне домогосподарство, розумна садиба, розумний багатоквартирний будинок, розумний мікрорайон - це інтегрований набір апаратного і програмного забезпечення, що забезпечує моніторинг, управління і захист житлових приміщень від різноманітних загроз, таких як несанкціоноване проникнення, пожежі, витіки газу чи води. Ці засоби дозволяють автоматично виявляти і реагувати на потенційні небезпеки, підвищуючи рівень безпеки та комфорту в будинку [4]. Основні компоненти програмно-апаратних засобів для безпекових систем розумного дому включають давачі і сенсори, камери відеоспостереження, сирени та сигналізація, контролери, програмне забезпечення, комунікаційні технології, хмарні платформи, системи контролю доступу [5]. Пристрої, такі як давачі руху, відкриття дверей і вікон, вловлювання запаху диму, витіку газу і води, фіксують різні параметри безпеки. Камери відеоспостереження забезпечують візуальний моніторинг приміщень та прилеглої території, забезпечують запис відео та можливість перегляду в реальному часі. Сирени або світлові індикатори сповіщають про виявлені загрози, наприклад, Центральні або локальні пристрої опрацьовують дані з давачів та сенсорів, надаючи об'єктивні дані для прийняття рішення про необхідність реагування, передають команди іншим пристроям. Програмне забезпечення включає мобільні додатки, веб-інтерфейси і хмарні сервіси, що дозволяють користувачам керувати системою безпеки, отримувати сповіщення, переглядати відео в реальному часі та налаштувати сценарії автоматизації [6]. При цьому використовуються різні протоколи зв'язку, такі як Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave, Bluetooth, для забезпечення надійної та безпечної передачі даних між пристроями. Хмарні платформи забезпечують зберігання даних, віддалене керування системою, інтеграцію з іншими сервісами (наприклад, службами охорони) та розширену аналітику даних. Електронні замки, домофони та інші пристрої, що контролюють доступ до приміщення, дозволяють ідентифікувати користувачів і управляти доступом до приміщень будинку. Ці компоненти взаємодіють між собою для створення комплексної системи захисту, що забезпечує виявлення загроз, їх попередження та автоматичне реагування, забезпечуючи безпеку і спокій мешканців дому.

Наступне дослідження [7] спрямоване на розробку та оцінку систем домашньої безпеки на основі Інтернету речей, які використовують пасивні інфрачервоні давачі для покращення інтерфейсу користувача, безпеки та засобів автоматизації за допомогою голосових команд і різних протоколів зв'язку. Запропонована авторами система включає в себе засоби керування освітленням та моніторингом вторгнення, а також оцінює як функціональність голосових команд, так і точність виявлення порушника за допомогою давачів. Система забезпечує інтелектуальне управління світлом і виявлення порушників. Автори дослідження проаналізували розроблену систему на основі технологій інтернету речей, що забезпечує

ефективну інтеграцію в повсякденне життя, має потенціал для покращення зручності, розширення протоколів домашньої безпеки. У статті [8] запропонована загальна структура системи для розумного будинку з метою підвищення комфорту мешканців. Кожен із компонентів загальної структури є надійним за своєю природою. Компоненти системи «розумний дім» призначені для вирішення різноманітних питань, таких як маштабованість, сумісність, адаптивність, безпеки та конфіденційності. Для забезпечення означених в публікаціях потреб необхідно розробити інформаційно-технологічну платформу для безпекової системи багатоквартирного будинку, розглядаючи її як комплексне апаратно-програмне рішення, що об'єднує різні технології, пристрої та програмні компоненти для забезпечення моніторингу, управління та захисту житлового об'єкту. Ця платформа забезпечує інтеграцію різноманітних систем безпеки, автоматизацію процесів та надає зручні інструменти для керування безпекою мешканців і спільних зон.

Формулювання цілей статті

Метою статті є проведення порівняльного аналізу програмно-апаратних інструментальних засобів на базі технологій Інтернету речей для розробки безпекової системи багатоквартирного будинку за допомогою методу аналізу ієрархій. Стаття спрямована на визначення найбільш ефективних і оптимальних рішень для забезпечення комплексної безпеки житлових об'єктів шляхом систематичного аналізу та порівняння різних технологій та інструментів. Основними завданнями є:

1. Визначення критеріїв оцінки та важливості різних аспектів безпекових систем.
2. Порівняння існуючих рішень на основі визначених критеріїв.
3. Використання методу аналізу ієрархій для визначення пріоритетності та вибору найбільш підходящих інструментальних засобів.
4. Надання рекомендацій щодо впровадження найкращих практик та рішень для розробки та оптимізації безпекових систем багатоквартирних будинків.

Стаття має на меті допомогти розробникам, адміністраторам та власникам багатоквартирних будинків приймати обгрунтовані рішення щодо вибору та впровадження технологій IoT для забезпечення високого рівня безпеки, комфорту та ефективного управління житловими об'єктами.

Об'єктом статті є програмно-апаратні інструментальні засоби на базі технологій Інтернету речей (IoT), що використовуються для розробки безпекової системи багатоквартирного будинку. Стаття фокусується на порівняльному аналізі цих засобів за допомогою методу аналізу ієрархій (АНР) для визначення найбільш ефективних рішень, які забезпечують комплексну безпеку, комфорт та енергоефективність житлових об'єктів.

Предметом статті є методи та підходи до порівняльного аналізу програмно-апаратних інструментальних засобів на базі технологій Інтернету речей для розробки безпекової системи багатоквартирного будинку. Зокрема, стаття досліджує критерії оцінки, ієрархічну структуру аналізу, вагові коефіцієнти та застосування методу аналізу ієрархій для визначення пріоритетності та оптимального вибору інструментальних засобів, що забезпечують комплексну безпеку, комфорт та ефективне управління багатоквартирними будинками.

Виклад основного матеріалу

Багатоквартирний будинок зазвичай містить велику кількість мешканців, що створює підвищений ризик виникнення небезпек, таких як пожежі, витоки газу, води або несанкціоноване проникнення. Створення комплексної безпекової системи дозволяє швидко виявляти і реагувати на ці загрози, знижуючи ризик серйозних інцидентів та забезпечуючи безпеку всіх мешканців. Спільні зони, такі як вестибюлі, коридори, ліфти та підвали, часто є об'єктами підвищеної уваги щодо безпеки. Безпекова система з відеоспостереженням, датчиками руху та іншими засобами дозволяє моніторити ці зони в режимі реального часу, попереджуючи можливі інциденти та забезпечуючи контроль над доступом. Системи контролю доступу, такі як електронні замки, домофони та карти доступу, допомагають запобігти проникненню сторонніх осіб в будівлю. Це особливо важливо для захисту мешканців від крадіжок, вандалізму та інших злочинів. Безпекові системи, що включають датчики диму, газу, витоку води та інші, можуть автоматично сповіщати мешканців і відповідні служби про надзвичайні ситуації. Це дозволяє швидко вживати заходів для ліквідації небезпеки, що може значно зменшити матеріальні збитки та зберегти життя мешканців. Безпекова система не лише забезпечує захист, але й підвищує загальний комфорт проживання. Наприклад, інтеграція з системами "розумний дім" дозволяє мешканцям віддалено контролювати освітлення, температуру, та інші аспекти свого житла, отримуючи сповіщення про стан системи безпеки на свої мобільні пристрої. Наявність сучасної безпекової системи може знизити страхові премії для мешканців, оскільки зменшується ризик виникнення страхових випадків. Страхові компанії часто надають знижки для будівель з надійними системами безпеки. Наявність комплексної системи безпеки підвищує ринкову вартість квартир у багатоквартирному будинку. Потенційні покупці або орендарі віддають перевагу об'єктам нерухомості, де забезпечено високий рівень безпеки і комфорту. Таким чином, створення безпекової системи для багатоквартирного будинку є необхідним кроком для забезпечення безпеки мешканців, підвищення якості життя, зниження ризиків та покращення економічної привабливості нерухомості.

Arduino – це платформа відкритого коду, яка складається з апаратної частини (мікроконтролери на одноплатах) та програмного забезпечення для розробки і завантаження програм на ці мікроконтролери. Вона широко використовується для розробки електронних проектів, систем автоматизації та

прототипування. Апаратна частина складається з плати Arduino, мікроконтролери, розширення, датчі і модулі. Найпоширенішими моделями плат є Arduino Uno, Arduino Nano, Arduino Mega, Arduino Leonardo тощо. В основному використовуються мікроконтролери серії AVR від Atmel (тепер частина Microchip Technology). Додаткові плати, які можна підключити до основної плати для розширення її функціональності, можуть бути Ethernet Shield, Motor Shield, Sensor Shield тощо. Платформа передбачає використання різні типи датчів (температури, вологості, руху, світла тощо) та модулі (Wi-Fi, Bluetooth, GPS). Офіційне середовище розробки Arduino IDE, яке підтримує мову програмування, засновану на C/C++. Існує велика кількість бібліотек для різноманітних датчиків, модулів та інших компонентів, що спрощують розробку проектів. Arduino характеризується гнучкістю, легкістю використання, підтримкою широкого спектру пристроїв. Для використання Arduino необхідні базові технічні знання та певні кошти. Arduino дуже гнучка платформа, яка дозволяє користувачам створювати різноманітні електронні проекти. Вона підтримує широкий спектр датчиків і модулів, що дозволяє реалізовувати найрізноманітніші проекти від простих до складних систем автоматизації. Arduino призначена для новачків та ентузіастів. Інтуїтивно зрозуміле середовище розробки (Arduino IDE) та велика кількість навчальних матеріалів роблять її доступною навіть для людей без попереднього досвіду в електроніці та програмуванні. Разом з тим, для ефективного використання Arduino необхідно мати базові знання в програмуванні та електроніці. Проте завдяки великій кількості навчальних матеріалів та спільноті розробників ці знання можна швидко здобути. Arduino підтримує широкий спектр пристроїв, включаючи датчі, модулі та актуатори. Це дозволяє створювати проекти різного рівня складності, від простих вимірювань до складних систем управління. Arduino – відносно недорога платформа, особливо для базових проектів. Більшість плат Arduino доступні за ціною від 10 до 30 доларів США, а багато датчів та модулів також мають низьку вартість.

Перевагами є відкритість платформи, простота у використанні, наявність великої спільноти та широкого вибору компонентів. Ці переваги надають можливість внесення змін та адаптації під власні потреби. У спільноті багато користувачів та розробників, що діляться своїми проектами, кодом та ідеями, наводять велику кількість прикладів, а середовище розробки інтуїтивно зрозуміле та підтримує велику кількість датчів, модулів та актуаторів.

Серед недоліків Arduino обмежені потужності та підтримка мережевих функцій, потреба володіння технічними знаннями. Arduino не підходить для завдань, що потребують великої обчислювальної потужності або значних ресурсів пам'яті. Для реалізації мережевих функцій потрібні додаткові модулі (наприклад, Ethernet або Wi-Fi). Для створення складних проектів необхідні знання програмування та електроніки. Arduino – це потужний інструмент для розробників, ентузіастів і освітян, який дозволяє швидко і ефективно створювати інноваційні проекти.

SmartThings – це платформа для домашньої автоматизації, розроблена компанією Samsung. Вона дозволяє користувачам контролювати та автоматизувати широкий спектр пристроїв і систем у своїх будинках за допомогою єдиного хаба та мобільного додатка. Апаратна частина складається з SmartThings Hub, широкого спектру пристроїв, датчів та пристроїв. SmartThings Hub -це центральна платформа, який з'єднує всі сумісні пристрої в одну мережу. Широкий спектр пристроїв сумісних пристроїв від різних виробників, які підтримують стандарти Z-Wave, Zigbee, Wi-Fi і Bluetooth. Серед датчів та пристроїв на платформі використовуються датчі руху, захисту дверей і вікон, камери, термостати, розетки, освітлювальні прилади тощо. Програмне забезпечення складається з SmartThings App та Web Interface. Мобільний додаток для управління всіма пристроями, налаштування автоматизацій та отримання сповіщень. Доступ до системи здійснюється через веб-браузер для налаштування більш складних автоматизацій.

Серед основних характеристик аналогічні Arduino. SmartThings підтримує широкий спектр пристроїв від різних виробників, що дозволяє створювати різноманітні автоматизаційні сценарії. Платформа SmartThings може бути дорожчою, ніж рішення на базі Arduino, оскільки вимагає купівлі хаба і сумісних пристроїв. Проте, вартість залежить від кількості та типу використовуваних пристроїв. SmartThings має інтуїтивно зрозумілий мобільний додаток, який спрощує процес налаштування та управління системою навіть для новачків. SmartThings підтримує широкий спектр пристроїв і датчиків, що працюють за стандартами Z-Wave, Zigbee, Wi-Fi і Bluetooth. Це забезпечує високу сумісність та розширюваність системи. Для базового використання SmartThings не потрібно глибоких технічних знань. Однак, для налаштування складних автоматизацій може знадобитися розуміння логіки роботи системи.

Перевагами SmartThings - інтеграція з багатьма пристроями, простота використання, наявність мобільних сповіщень, легкість створення автоматизованих технологій. SmartThings підтримує різні стандарти та дозволяє легко інтегрувати в систему різні пристрої від різних виробників. Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс додатку полегшує налаштування і управління системою. SmartThings надає можливість отримувати сповіщення на мобільний телефон про події в системі та легко створювати автоматизовані технології за допомогою сценаріїв.

Недоліками SmartThings є залежність від інтернет-з'єднання, висока вартість, закритість екосистеми. Деякі функції вимагають постійного підключення до Інтернету. Загальна вартість системи може бути високою через необхідність купівлі хаба та сумісних пристроїв. Можливі обмеження у використанні пристроїв, що не підтримуються SmartThings.

SmartThings – це потужна і зручна платформа для домашньої автоматизації, яка дозволяє легко інтегрувати різноманітні пристрої і створювати складні автоматизаційні сценарії для підвищення комфорту та безпеки в домі.

Home Assistant – це відкрита платформа для домашньої автоматизації, яка дозволяє контролювати та інтегрувати широкий спектр смарт-пристроїв і сервісів. Вона надає користувачам можливість створювати налаштовані автоматизації та сценарії для керування будинком.

Апаратна частина складається із серверу, сумісних пристроїв. Home Assistant може бути встановлений на різноманітних пристроях, включаючи Raspberry Pi, міні-комп'ютери, NAS, віртуальні машини та навіть окремі сервери. Платформа підтримує тисячі пристроїв та сервісів, включаючи датчики, камери, розумні розетки, освітлювальні прилади, термостати та багато іншого.

Програмне забезпечення передбачає наявність Home Assistant Core, Supervisor, Add-ons. Home Assistant Core є основним програмним забезпеченням, яке забезпечує функціональність автоматизації та інтеграції. Supervisor – є компонентом для управління оновленнями, застосунками та системними налаштуваннями. Add-ons це додаткові модулі, які розширюють функціональність Home Assistant, такі як підтримка MQTT, Node-RED, Samba та інші.

Основними характеристиками Home Assistant є гнучкість, легкість використання, підтримка широкого спектру пристроїв, наявність у користувачів технічних знань, безкоштовність використання. Home Assistant є однією з найбільш гнучких платформ для домашньої автоматизації, що дозволяє інтегрувати широкий спектр пристроїв та сервісів, а також налаштовувати технологічні рішення будь-якої складності.

Платформа Home Assistant є безкоштовною, оскільки це проєкт з відкритим вихідним кодом. Основні витрати можуть бути пов'язані з апаратним забезпеченням та сумісними пристроями. Для базових сценаріїв і налаштувань інтерфейс Home Assistant є досить інтуїтивно зрозумілим. Однак для більш складних технологічних рішень та інтеграцій може знадобитися певний рівень технічних знань і досвіду. Для встановлення і налаштування Home Assistant необхідно мати базові знання в сфері ІТ та мережових технологій. Для налаштування складних технологічних рішень можуть знадобитися знання в програмуванні та конфігурації систем. Home Assistant підтримує тисячі типів пристроїв і сервісів з використанням різних стандартів і протоколів, таких як Z-Wave, Zigbee, Wi-Fi, MQTT, Bluetooth, та багато інших.

Переваги відкритості платформи, підтримка інтеграції з різними типами пристроїв, висока активність спільноти користувачів і розробників, можливість локального впровадження технологій автоматизації. Home Assistant має відкритий вихідний код, що дозволяє користувачам і розробникам вносити свої зміни та розширювати функціональність. Платформа підтримує інтеграцію з тисячами різноманітних пристроїв і сервісів. Активна спільнота користувачів і розробників надає підтримку та ділиться своїми проєктами. Можливість локального виконання автоматизацій без необхідності постійного інтернет-з'єднання, що підвищує безпеку та швидкість роботи.

Як недолік слід відзначити складність налаштування, необхідність певного рівня технічних знань, потреба у регулярному обслуговуванні. Платформа може бути складною для новачків, особливо при налаштуванні складних інтеграцій і автоматизацій. Вимагає певного рівня знань у сфері ІТ та мережових технологій для ефективного використання платформи, яка потребує регулярного оновлення та обслуговування для забезпечення безперебійної роботи. Home Assistant – це потужна і гнучка платформа для домашньої автоматизації, яка дозволяє інтегрувати різноманітні пристрої і створювати складні сценарії автоматизації для підвищення комфорту, безпеки та ефективності в домі.

Hubitat – це платформа для автоматизації домашнього побуту, яка забезпечує локальне управління та автоматизацію смарт-пристроїв без необхідності підключення до хмарних сервісів. Вона призначена для користувачів, які хочуть мати повний контроль над своїми системами та забезпечити високу швидкість реакції і надійність.

Апаратна частина містить Hubitat Elevation Hub, сумісні пристрої. Hubitat Elevation Hub це основний пристрій, який виконує роль центрального хаба для з'єднання та управління всіма смарт-пристроями. Hubitat підтримує широкий спектр пристроїв, що використовують стандарти Z-Wave, Zigbee та інші протоколи.

Програмне забезпечення (Software) містить Hubitat Web Interface, Rule Machine. Hubitat Web Interface це веб-інтерфейс для налаштування та управління пристроями і автоматизаціями. Rule Machine є потужним інструментом для створення складних правил і сценаріїв автоматизації.

Основними характеристиками є гнучкість, відносно невисока вартість, легкість використання, підтримка широкого спектру пристроїв, необхідність певного рівня технічних знань. Hubitat пропонує високу гнучкість у налаштуванні автоматизацій і підтримує інтеграцію з широким спектром пристроїв, що дозволяє користувачам створювати індивідуалізовані рішення для своїх потреб. Вартість Hubitat Elevation Hub відносно невисока, але додаткові витрати можуть виникнути при купівлі сумісних пристроїв для створення комплексної системи автоматизації. Інтерфейс Hubitat орієнтований на користувачів з певним рівнем технічних знань. Для базових налаштувань він досить зрозумілий, але створення складних технологічних рішень може вимагати більше часу і зусиль. Hubitat підтримує широкий спектр пристроїв, що працюють за стандартами Z-Wave, Zigbee, Wi-Fi та інших протоколів, забезпечуючи високу сумісність і розширюваність системи. Для налаштування та управління Hubitat потрібні базові знання в сфері ІТ та мережових технологій. Створення складних автоматизацій може вимагати глибшого розуміння логіки роботи системи та написання скриптів.

Серед основних переваг локальне виконання, висока гнучкість, підтримка широкого спектру пристроїв, відсутність залежності від хмарних сервісів. Всі автоматизації виконуються локально на хабі, що забезпечує високу швидкість реакції та надійність системи без залежності від інтернет-з'єднання. Можливість створення складних автоматизацій з використанням Rule Machine та інших інструментів. Підтримка різних стандартів і протоколів дозволяє інтегрувати в систему широкий спектр пристроїв. Відсутність залежності від хмарних сервісів підвищує безпеку та конфіденційність даних користувача.

Недоліки складність налаштування, обмежена підтримка мобільних застосунків, необхідність певного рівня технічних знань. Для новачків налаштування Hubitat може бути складним, особливо при створенні складних сценаріїв автоматизації. Веб-інтерфейс зручний для налаштувань, але може бути менш зручним для повсякденного використання порівняно з мобільними додатками інших платформ. Вимагає певних знань і навичок для ефективного використання та налаштування системи. Hubitat – це потужна і гнучка платформа для домашньої автоматизації, яка дозволяє інтегрувати різноманітні пристрої і створювати складні автоматизаційні сценарії для підвищення комфорту, безпеки та ефективності в домі.

Vera - це платформа з відкритим кодом, яка пропонує широку гнучкість та можливості налаштування. Вона сумісна з широким спектром давачів, камер та інших пристроїв, а також підтримує різні протоколи та стандарти.

Апаратна частина складається з центрального хабу, давачів та камер та інших пристроїв. Vera пропонує кілька моделей центральних хабів, які відрізняються кількістю підключень, типом підключення (Ethernet, Wi-Fi, Z-Wave Plus), а також підтримкою додаткових модулів. Vera сумісна з широким спектром датчиків, включаючи датчики руху, датчики відкриття/закриття дверей та вікон, датчики диму, датчики витоку води, датчики температури та багато іншого. Vera сумісна з деякими моделями камер, як дротових, так і бездротових та може керувати деякими розумними пристроями, такими як освітлення, термостати, замки та побутова техніка.

Програмна частина містить Веб-інтерфейс, мобільний застосунок, плагіни. Vera має зручний веб-інтерфейс, який дозволяє користувачам керувати системою безпеки, переглядати події, налаштовувати правила та інтеграцію з іншими розумними пристроями. Vera пропонує мобільний застосунок для iOS та Android, який дозволяє користувачам керувати системою безпеки перебуваючи за межами будинку. Vera підтримує плагіни, які дозволяють розширювати функціональність системи безпеки та інтегрувати її з іншими службами та пристроями.

Основні характеристики передбачають гнучкість, не високу вартість, легкість використання, підтримку різних пристроїв і протоколів, необхідність наявності необхідних технічних знань у користувачів. Vera - це платформа з відкритим кодом, що дає користувачам велику гнучкість у налаштуванні та розширенні системи безпеки., сумісна з широким спектром датчиків, камер та інших пристроїв від різних виробників. Вартість платформи Vera залежить від моделі центрального хаба та додаткових компонентів, які ви хочете використовувати. Vera пропонує різні плани підписки, які надають доступ до додаткових функцій, таких як мобільний додаток та віддалений моніторинг. Vera має зручний веб-інтерфейс та мобільний додаток, які роблять її простою у використанні та пропонує покрокові інструкції та відеоуроки, які допоможуть вам встановити та налаштувати систему безпеки. Vera сумісна з широким спектром датчиків, камер та інших пристроїв від різних виробників. Vera підтримує різні протоколи та стандарти, включаючи Z-Wave, Zigbee, Wi-Fi та Bluetooth. Для налаштування та використання базових функцій Vera не потрібні спеціальні технічні знання. Для розширених налаштувань та інтеграції з іншими системами можуть знадобитися деякі технічні знання.

Перевагами платформи є її відкритість, широка сумісність, підтримка різноманітних протоколів, гнучкість, доступність. Vera - це платформа з відкритим кодом, що дає користувачам велику гнучкість у налаштуванні та розширенні системи безпеки. Vera можна використовувати для створення простих або складних систем безпеки, залежно від ваших потреб. Vera сумісна з широким спектром датчиків, камер та інших пристроїв від різних виробників та підтримує різні протоколи та стандарти, включаючи Z-Wave, Zigbee, Wi-Fi та Bluetooth. Vera пропонує доступні плани підписки, що робить її доступною для користувачів з різним бюджетом.

Серед недоліків доцільно назвати складність налаштування, обмежена підтримка пристроїв. Для розширених налаштувань та інтеграції з іншими системами можуть знадобитися деякі технічні знання. Vera сумісна лише з деякими моделями камер, як дротових, так і бездротових.

Google Home – це платформа для домашньої автоматизації, розроблена компанією Google. Вона дозволяє користувачам інтегрувати, керувати та автоматизувати різні смарт-пристрої у своєму домі за допомогою єдиного додатка та голосових команд через Google Assistant.

Апаратна частина складається з Google Nest Hub, Google Nest Mini, Google Nest Audio, сумісних пристроїв. Google Nest Hub -це розумний дисплей, який може керувати смарт-пристроями, показувати відео та відображати інформацію. Розумні колонки мають вбудований Google Assistant для голосового керування. Google Home підтримує широкий спектр пристроїв, включаючи термостати, розетки, лампочки, камери, дверні замки, датчики руху та інші смарт-пристрої від різних виробників.

Програмне забезпечення містить Google Home App та Google Assistant. Google Home App – це мобільний додаток для управління всіма пристроями, налаштування автоматизацій та отримання сповіщень. Google Assistant дозволяє керувати пристроями Google Home за допомогою голосових команд.

Основні характеристики платформи гнучкість, конкурентоспроможна вартість, легкість використання, підтримує широкий спектр пристроїв і сервісів, необхідність технічних знань. Google Home забезпечує високу гнучкість в управлінні пристроями і підтримує інтеграцію з широким спектром смарт-пристроїв. Платформа підтримує відкриті стандарти, що дозволяє інтегрувати пристрої від різних виробників. Google Home пропонує конкурентоспроможну вартість пристроїв, таких як Google Nest Mini, Google Nest Hub, а також підтримує недорогі смарт-пристрої від різних виробників. Інтерфейс Google Home App інтуїтивно зрозумілий і простий у використанні, що робить налаштування та управління смарт-пристроями зручним навіть для новачків. Google Home підтримує широкий спектр пристроїв і сервісів, включаючи ті, що працюють за стандартами Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee і Z-Wave, забезпечуючи високу сумісність і розширюваність системи. Для базового налаштування та використання Google Home не потрібні спеціальні технічні знання. Однак, для налаштування складніших автоматизацій може знадобитися розуміння логіки автоматизації.

Перевагами платформи є інтеграція з екосистемою Google, голосове управління, простота використання, широка підтримка пристроїв. Тісна інтеграція з іншими продуктами Google забезпечує зручність використання та високу продуктивність. Можливість керування пристроями за допомогою голосових команд досягається через Google Assistant. Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс і легкість налаштування для користувачів без технічного досвіду. Підтримка різноманітних смарт-пристроїв від різних виробників.

Як основні недоліки можна назвати залежність від інтернет-з'єднання, загроза конфіденційності, обмежена локальна автоматизація. Більшість функцій Google Home вимагають постійного підключення до Інтернету, без підключення до Інтернету функціональність системи значно обмежується, залежність від хмарних сервісів може викликати занепокоєння щодо конфіденційності та безпеки даних користувача.

Google Home – це потужна платформа для домашньої автоматизації, яка забезпечує високий рівень інтеграції, зручності та гнучкості для користувачів продуктів Google.

Abode - це платформа, яка пропонує доступні та гнучкі системи безпеки. Вона сумісна з широким спектром датчиків, камер та інших пристроїв, а також пропонує різні плани підписки.

Апаратна частина складається з центрального хабу, давачів, інших пристроїв. Abode пропонує два моделі центральних хабів: Abode Gateway та Abode iota. Abode Gateway підключається до Ethernet та Wi-Fi, має вбудовану сирену та підтримує до 160 пристроїв. Abode iota підключається через Wi-Fi та Bluetooth, має вбудовану камеру та підтримує до 100 пристроїв. Abode сумісна з широким спектром давачів, включаючи давачі руху, відкриття/закриття дверей та вікон, диму, витоку води, температури та інших. Abode сумісна з деякими моделями камер, як дротових, так і бездротових та може керувати деякими розумними пристроями, такими як освітлення, термостати, замки та побутова техніка.

Програмна частина містить веб-інтерфейс, мобільний застосунок та відсутність підтримки плагінів. Abode має зручний веб-інтерфейс, який дозволяє користувачам керувати системою безпеки, переглядати події, налаштовувати правила та інтеграцію з іншими розумними пристроями. Abode пропонує мобільний застосунок для iOS та Android дозволяє користувачам керувати системою безпеки віддалено. Abode не підтримує плагіни.

Основні характеристики платформи гнучкість, конкурентоспроможна вартість, легкість використання, підтримує широкий спектр пристроїв і сервісів, необхідність технічних знань у користувача. Abode пропонує гнучкість у виборі компонентів та налаштуванні системи безпеки та сумісна з широким спектром давачів, камер та інших пристроїв від різних виробників, підтримує Z-Wave та Zigbee. Вартість платформи Abode залежить від моделі центрального хаба та компонентів, які ви хочете використовувати та пропонує два плани підписки: Abode Basic та Abode Premium. Abode Basic включає базові функції, такі як моніторинг сигналізації та віддалене керування. Abode Premium включає додаткові функції, такі як відеозапис камери, голосове керування та моніторинг 24/7. Abode має зручний веб-інтерфейс та мобільний додаток, які роблять її простою у використанні та пропонує покрокові інструкції та відеоуроки, які допоможуть вам встановити та налаштувати систему безпеки. Abode сумісна з широким спектром датчиків, камер та інших пристроїв від різних виробників та підтримує Z-Wave та Zigbee. Для налаштування та використання базових функцій Abode не потрібні спеціальні технічні знання. Для розширених налаштувань та інтеграції з іншими системами можуть знадобитися деякі технічні знання.

Серед основних переваг простота використання, доступність, гнучкість, підтримка Z-Wave та Zigbee. Abode має зручний веб-інтерфейс та мобільний додаток, які роблять її простою у використанні та пропонує доступні плани підписки, що робить її доступною для користувачів з різним бюджетом. Abode пропонує гнучкість у виборі компонентів та налаштуванні системи безпеки та підтримує два популярні протоколи для розумних пристроїв.

Недоліками можемо вважати обмежену підтримку пристроїв, відсутність підтримки плагінів, обмежену підтримку протоколів. До прикладу, Abode сумісна з деякими моделями камер, як дротових, так і бездротових, але не підтримує плагіни, що обмежує можливості розширення функціональності. Abode не підтримує пряме підключення датчиків та інших пристроїв через Wi-Fi. Це означає, що для роботи цих пристроїв з Abode їм потрібен додатковий Z-Wave або Zigbee-хаб, що може збільшити загальну вартість системи. Abode не підтримує Bluetooth, що обмежує можливості інтеграції з деякими розумними пристроями, які використовують цей протокол та не підтримує всі функції та можливості Z-Wave та Zigbee.

Це може призвести до деяких обмежень у налаштуванні та використанні датчиків та інших пристроїв, які використовують ці протоколи.

Для більшості користувачів обмежена підтримка протоколів у Abode може не бути суттєвою проблемою. Abode підтримує два популярні протоколи для розумних пристроїв - Z-Wave та Zigbee, що робить її сумісною з широким спектром датчиків та інших пристроїв.

OpenHAB (Open Home Automation Bus) – це відкрита платформа для домашньої автоматизації, яка дозволяє інтегрувати, керувати та автоматизувати широкий спектр смарт-пристроїв і систем у вашому домі. Платформа розроблена для гнучкості та розширюваності, що робить її потужним інструментом для технічно підкованих користувачів.

Апаратна частина складається із сервера та сумісних пристроїв. OpenHAB можна встановити на різноманітні пристрої, включаючи Raspberry Pi, міні-комп'ютери, NAS, віртуальні машини та навіть окремі сервери. Платформа підтримує тисячі пристроїв і протоколів, включаючи Z-Wave, Zigbee, Wi-Fi, Bluetooth та інші.

Програмне забезпечення містить OpenHAB Core, Add-ons, Paper UI, Basic UI, HABPanel. OpenHAB Core – це основне програмне забезпечення, яке забезпечує функціональність автоматизації та інтеграції. Add-ons - додаткові модулі, які розширюють функціональність OpenHAB, такі як підтримка різних протоколів, інтеграція з сторонніми сервісами, та інші можливості. Paper UI, Basic UI, HABPanel - інтерфейси для налаштування та управління системою, які можна використовувати через веб-браузер або мобільні додатки.

Основні характеристики передбачають гнучкість, безкоштовність, легкість використання, підтримка великої кількості пристроїв і протоколів, наявність необхідних технічних знань у користувачів. OpenHAB є однією з найбільш гнучких платформ для домашньої автоматизації, що дозволяє інтегрувати широкий спектр пристроїв та сервісів, а також налаштовувати автоматизації будь-якої складності. Платформа є безкоштовною, оскільки це проект з відкритим вихідним кодом. Основні витрати можуть бути пов'язані з апаратним забезпеченням та сумісними пристроями. OpenHAB може бути складною для новачків через вимогу технічних знань для налаштування та конфігурації. Однак, для базових сценаріїв і налаштувань існують інтуїтивно зрозумілі інтерфейси. OpenHAB підтримує тисячі пристроїв і протоколів, включаючи Z-Wave, Zigbee, Wi-Fi, Bluetooth, MQTT, та багато інших, забезпечуючи високу сумісність і розширюваність системи. Для встановлення і налаштування OpenHAB необхідно мати базові знання в сфері IT та мережевих технологій. Для налаштування складних автоматизацій можуть знадобитися знання в програмуванні та конфігурації систем.

Перевагами є відкритість платформи, широка підтримка пристроїв, наявність великої спільноти, можливість локального виконання. OpenHAB має відкритий вихідний код, що дозволяє користувачам і розробникам вносити свої зміни та розширювати функціональність. Платформа підтримує інтеграцію з тисячами різноманітних пристроїв і сервісів. Активна спільнота користувачів і розробників надає підтримку та ділиться своїми проектами. Можливість локального виконання автоматизацій без необхідності постійного інтернет-з'єднання, що підвищує безпеку та швидкість роботи.

Серед недоліків складність налаштування, необхідність наявності технічних знань у користувачів, потреба у регулярному обслуговуванні. Платформа може бути складною для новачків, особливо при налаштуванні складних інтеграцій і технологічних рішень. Вимагає певного рівня знань у сфері IT та мережевих технологій для ефективного використання. Потребує регулярного оновлення та обслуговування для забезпечення безперебійної роботи.

OpenHAB – це потужна і гнучка платформа для домашньої автоматизації, яка дозволяє інтегрувати різноманітні пристрої і створювати складні автоматизаційні сценарії для підвищення комфорту, безпеки та ефективності в домі.

Вибір платформи для створення будинкової системи безпеки залежить від потреб та бюджету користувача. Важливо ретельно вивчити характеристики та можливості різних платформ, перш ніж приймати рішення. Метод аналізу ієрархій – це структурований метод прийняття рішень, який допомагає оцінити різні варіанти шляхом розбиття проблеми на ієрархію критеріїв. Проведемо порівняльний аналіз платформ для контролерів для створення домашніх систем безпеки та автоматизації, використовуючи метод аналізу ієрархій.

Кроки методу аналізу ієрархій:

Крок 1. Визначення мети

Крок 2. Визначення критеріїв

Крок 3. Побудова ієрархії

Крок 4. Оцінка критеріїв

Крок 5. Оцінка варіантів за критеріями

Крок 6. Розрахунок загального балу

Метою використання методу є вибір найкращої платформи для домашньої системи безпеки. На другому кроці визначаємо критерії оцінювання у контексті домашньої безпекової системи, які умовно сформулюємо таким чином: «гнучкість», «вартість», «легкість використання», «підтримка пристроїв», «необхідні технічні знання». Критерій «гнучкість» визначає здатність платформи адаптуватися до різних умов, сценаріїв і вимог користувача. Критерій «вартість» визначає загальні витрати, пов'язані з

встановленням, налаштуванням та обслуговуванням платформи. Критерій «легкість використання» визначає, наскільки проста та інтуїтивно зрозуміла платформа для кінцевих користувачів. Критерій «підтримка пристроїв» визначає здатність платформи працювати з широким спектром смарт-пристроїв та технологій. Критерій «необхідні технічні знання» визначають рівень технічної компетенції, який потрібен користувачеві для ефективного встановлення, налаштування, управління та обслуговування платформи

На третьому кроці побудуємо ієрархію. Вершина визначає мету, середній рівень – критерії оцінювання, нижній рівень – платформи.

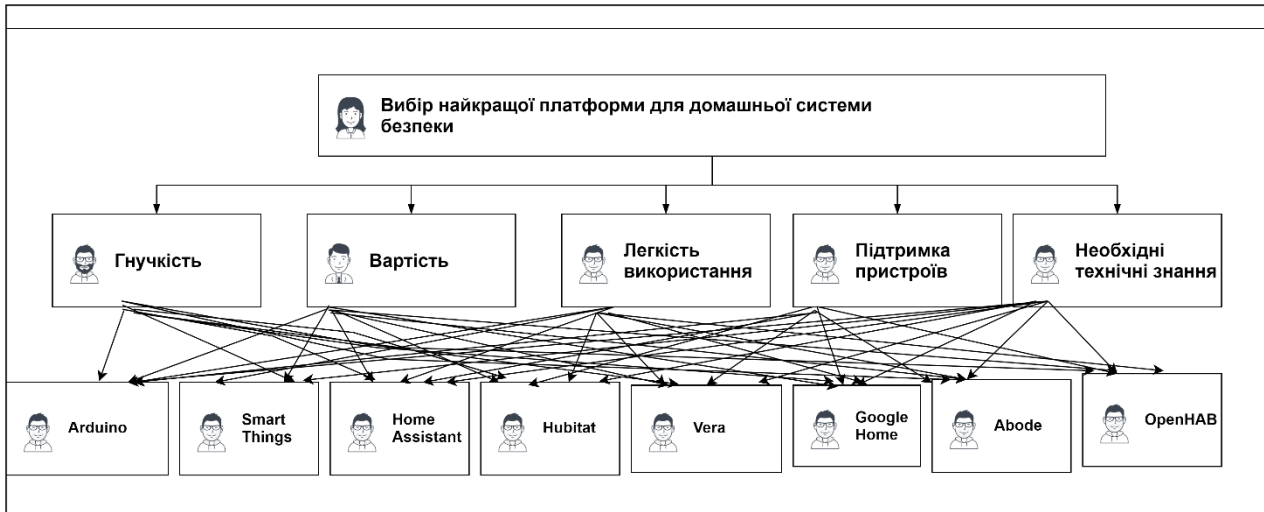


Рис.1. Ієрархія за методом аналізу ієрархії

На наступному етапі призначаємо ваги кожному критерію за наступним алгоритмом.

Крок 4.1. Вибір експертів.

На цьому кроці збираємо групу експертів, які мають досвід та знання у сфері створення безпечових систем для «розумних будинків». Для спрощення розрахунків послугуємося оцінками лише 5 експертів.

Крок 4.2. Оцінка важливості критеріїв кожним експертом.

Кожен експерт оцінює важливість кожного критерію за шкалою від 1 до 10, де 1 – мінімальна важливість, 10 – максимальна важливість.

Крок 4.3. Агрегування оцінок.

На основі всіх оцінок, отриманих від експертів, розрачуємо середню оцінку для кожного критерію.

Крок 4.4. Нормалізація оцінок.

Проводимо нормалізацію оцінок, щоб їх сума дорівнювала 1 (100%) за формулою (1).

$$C_i = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m E_{jk} , \tag{1}$$

де C_i - оцінка важливості критерію,

$\sum_{k=1}^m E_{jk}$ - середня оцінка важливості j-го критерію, m — кількість експертів,

$\sum_{k=1}^m$ - сума оцінок всіх експертів для j-го критерію,

E_{jk} – оцінка важливості j-го критерію, надана k-м експертом, це числове значення, яке показує, наскільки важливим вважає k-й експерт j-й критерій.

За формулою (1) визначимо середні оцінки важливості критеріїв (C_i):

Таблиця 1

Оцінки експертів

Критерій	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5	Середня оцінка
C_1 (Гнучкість)	9	8	9	7	8	8.2
C_2 (Вартість)	6	7	6	5	6	6.0
C_3 (Легкість використання)	7	7	8	8	7	7.4
C_4 (Підтримка пристроїв)	8	7	8	7	7	7.4
C_5 (Необхідні технічні знання)	4	5	4	5	5	4.6

Крок 4.5. Розрахунок суми середніх оцінок.

На основі даних таблиці 1 розрахуємо суму середніх оцінок

$$\sum_{j=1}^5 C_j = 8.2 + 6.0 + 7.4 + 7.4 + 4.6 = 33.6, \quad (2)$$

Крок 4.6. Нормалізуємо оцінки для кожного критерію.

Нормалізовані оцінки ваги для кожного критерію визначатимемо за формулою:

$$W = \frac{C_i}{\sum_{j=1}^n C_j}, \quad (3)$$

де W - вага i критерію, C_i - це середня оцінка важливості i -го критерію, $\sum_{j=1}^n C_j$ - сума середніх оцінок важливості всіх критеріїв, де $j=1$ до $j=n$, n - загальна кількість критеріїв.
Ваги критеріїв обчислимо за формулою (3).

Таблиця 2

Нормалізовані ваги

Критерій	Середня оцінка	Нормалізована вага (частка)	Нормалізована вага (відсоток)
Гнучкість	8.2	$\frac{8.2}{33.6} = 0.244$	24.4%
Вартість	6.0	$\frac{6.0}{33.6} = 0.179$	17.9%
Легкість використання	7.4	$\frac{7.4}{33.6} = 0.220$	22.0%
Підтримка пристроїв	7.4	$\frac{7.4}{33.6} = 0.220$	22.0%
Необхідні технічні знання	4.6	$\frac{4.6}{33.6} = 0.137$	13.7%

Крок 4.7. Перерахунок оцінок експертів

Проводимо перерахунок оцінок експертів. Отримуємо скориговані середні оцінки важливості критеріїв:

$$\text{Гнучкість } C_1 = 0.3 \times 10 = 3.0$$

$$\text{Вартість } C_2 = 0.2 \times 10 = 2.0$$

$$\text{Легкість використання } C_3 = 0.2 \times 10 = 2.0$$

$$\text{Підтримка пристроїв } C_4 = 0.2 \times 10 = 2.0$$

$$\text{Необхідні технічні знання } C_5 = 0.1 \times 10 = 1.0$$

Крок 4.8. Пропорційне масштабування.

Проведемо пропорційне масштабування важливості кожного критерію.

$$\text{Гнучкість } C_1^m = 3.0 \times \frac{10}{3.0} = 10.0$$

$$\text{Вартість } C_2^m = 2.0 \times \frac{10}{3.0} = 6.7$$

$$\text{Легкість використання: } C_3^m = 2.0 \times \frac{10}{3.0} = 6.7$$

$$\text{Підтримка пристроїв: } C_4^m = 2.0 \times \frac{10}{3.0} = 6.7$$

$$\text{Необхідні технічні знання: } C_5^m = 1.0 \times \frac{10}{3.0} = 3.3$$

Таблиця 3

Скориговані оцінки експертів.

Критерій	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5	Середня оцінка
Гнучкість	10	10	10	10	10	10.0
Вартість	6	6	6	6	6	6.0
Легкість використання	6	6	6	6	6	6.0
Підтримка пристроїв	6	6	6	6	6	6.0
Необхідні технічні знання	3	3	3	3	3	3.0

Крок 4.9. Перевірка нормалізації

Розрахуємо суму скоригованих середніх оцінок:

$$\Sigma = 10.0 + 6.0 + 6.0 + 6.0 + 3.0 = 31.0 \quad (4)$$

Нормалізуємо оцінки для кожного критерію за формулою (3).

Таблиця 4

Нормалізовані ваги.

Критерій	Середня оцінка	Нормалізована вага (частка)	Нормалізована вага (відсоток)
Гнучкість	10.0	$\frac{10.0}{31.0} = 0.323$	32.3%
Вартість	6.0	$\frac{6.0}{31.0} = 0.194$	19.4%
Легкість використання	6.0	$\frac{6.0}{31.0} = 0.194$	19.4%
Підтримка пристроїв	6.0	$\frac{3.0}{31.0} = 0.194$	19.4%
Необхідні технічні знання	3.0	$\frac{6.0}{31.0} = 0.097$	9.7%

Таким чином ми отримали ваги критеріїв оцінювання:

- Гнучкість: 32.3%
- Вартість: 19.4%
- Легкість використання: 19.4%
- Підтримка пристроїв: 19.4%
- Необхідні технічні знання: 9.7%

Оцінку критеріїв для визначення ваги кожного критерію (сума ваг повинна дорівнювати 1) подамо наступним чином:

- Гнучкість - 0.3
- Вартість - 0.2
- Легкість використання - 0.2
- Підтримка пристроїв - 0.2
- Необхідні технічні знання - 0.1

Крок 5. Оцінка альтернатив за критеріями

Проведемо експертне оцінювання кожної платформи за кожним критерієм за шкалою від 1 до 5 (1 – найгірше, 5 – найкраще).

Таблиця 5.

Оцінювання кожної платформи за кожним критерієм

Платформа	Гнучкість	Вартість	Легкість використання	Підтримка пристроїв	Необхідні технічні знання
Home Assistant	5	4	2	3	2
SmartThings	4	3	5	4	4
Arduino	5	4	2	5	2
Hubitat	4	3	3	4	3
Vera	3	2	5	3	5
Google Home	3	3	5	4	4
Abode	3	3	5	4	4
OpenHAB	5	4	2	5	2

Крок 6. Побудова ієрархії

На основі оцінок експертів побудуємо ієрархію платформ за кожним критерієм.



Рис.2 Ієрархія за критерієм "гнучкість"

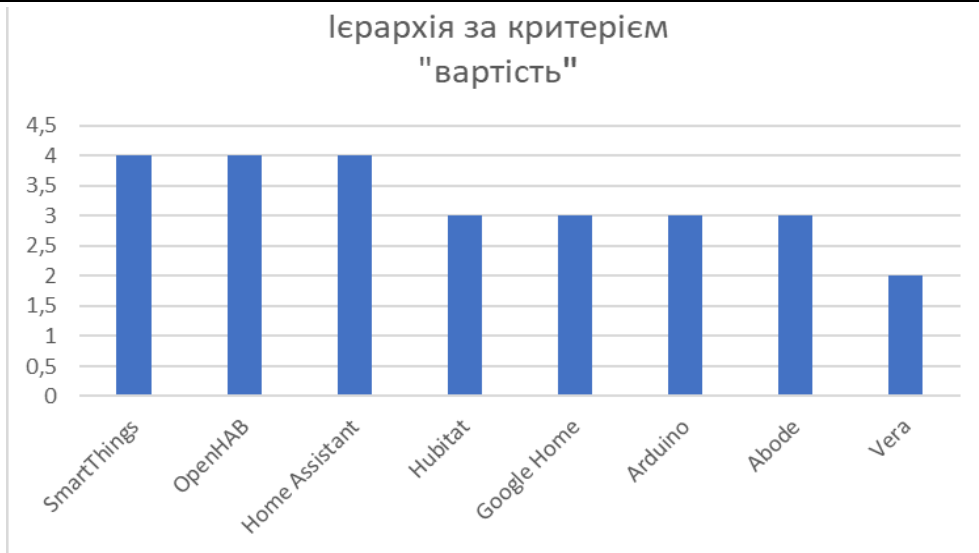


Рис.3. Ієрархія за критерієм "вартість "



Рис.4. Ієрархія за критерієм «легкість використання»

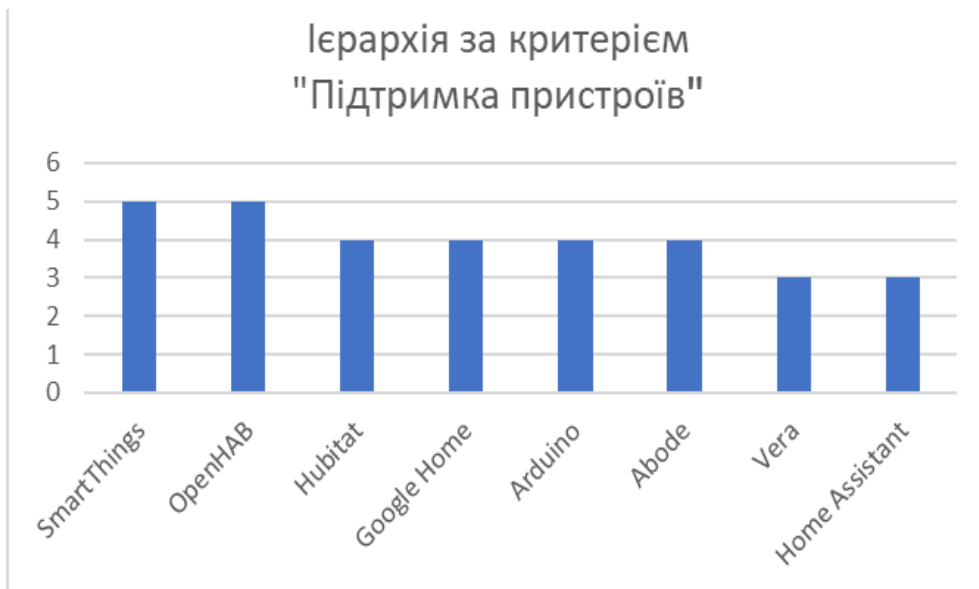


Рис.5. Ієрархія за критерієм «підтримка пристроїв»

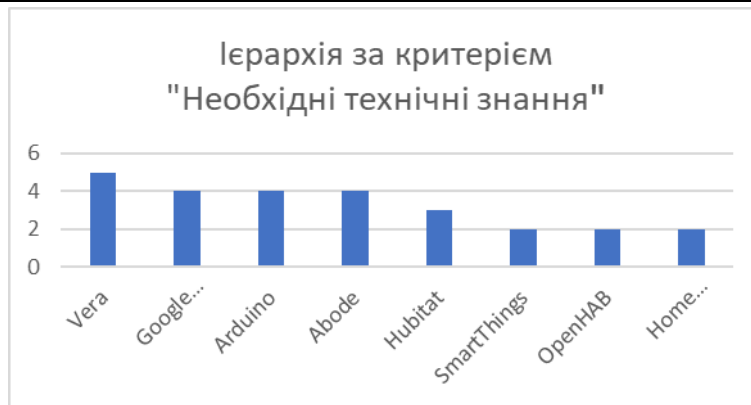


Рис.6. Ієрархія за критерієм «необхідні технічні знання»

Крок 7. Розрахунок загального балу

Розрахуємо загальний бал для кожної платформи, помноживши оцінку на вагу критерію і сумуючи результати. Загальний бал для кожної платформи розраховується як сума добутків ваг критеріїв на оцінки платформи за цими критеріями:

$$Z = \sum_{i=1}^n (P_i \times W_i) \tag{5}$$

де Z - загальний бал платформи, тобто загальна інтегральна оцінка платформи за всіма критеріями.

- n — кількість критеріїв.
- P_i— оцінка платформи за i-м критерієм.
- W_i — вага i-го критерію, яка відображає відносну важливість цього критерію.

Для конкретної платформи формула виглядає наступним чином:

$$Z_1 = (P_1 \times W_1) + (P_2 \times W_2) + (P_3 \times W_3) + (P_4 \times W_4) + (P_5 \times W_5), \tag{6}$$

де Z₁ загальний бал певної платформи, P₁ – оцінка за критерієм «гнучкість», W₁ - вага критерію «гнучкість», P₂ - оцінка за критерієм «вартість», W₂ – вага критерію «вартість», P₃ – оцінка за критерієм «використання», W₃ - вага критерію «легкість використання»), P₄- оцінка за критерієм «підтримка пристроїв», W₄ – вага критерію «підтримка пристроїв», P₅ - оцінка за критерієм «необхідні технічні знання», W₅ – вага критерію «необхідні технічні знання».

Проведемо розрахунки для кожної платформи

Наприклад оцінки для платформи Arduino

- Гнучкість: оцінка 5, вага 0.3
- Вартість: оцінка 4, вага 0.2
- Легкість використання: оцінка 2, вага 0.2
- Підтримка пристроїв: оцінка 3, вага 0.2
- Необхідні технічні знання: оцінка 2, вага 0.1

Підставляємо значення в формулу (6):

$$\begin{aligned} Z_{\text{Arduino}} &= (5 \times 0.3) + (4 \times 0.2) + (2 \times 0.2) + (3 \times 0.2) + (2 \times 0.1) = 1.5 + 0.8 + 0.4 + 0.6 + 0.2 = 3.5 \\ Z_{\text{SmartThings}} &= (4 \times 0.3) + (3 \times 0.2) + (5 \times 0.2) + (4 \times 0.2) + (4 \times 0.1) = 1.2 + 0.6 + 1 + 0.8 + 0.4 = 4.0 \\ Z_{\text{Home Assistant}} &= (5 \times 0.3) + (4 \times 0.2) + (2 \times 0.2) + (5 \times 0.2) + (2 \times 0.1) = 1.5 + 0.8 + 0.4 + 1 + 0.2 = 3.9 \\ Z_{\text{Hubitat}} &= (4 \times 0.3) + (3 \times 0.2) + (3 \times 0.2) + (4 \times 0.2) + (3 \times 0.1) = 1.2 + 0.6 + 0.6 + 0.8 + 0.3 = 3.5 \\ Z_{\text{Vera}} &= (3 \times 0.3) + (2 \times 0.2) + (5 \times 0.2) + (3 \times 0.2) + (5 \times 0.1) = 0.9 + 0.4 + 1 + 0.6 + 0.5 = 3.4 \\ Z_{\text{Google Home}} &= (3 \times 0.3) + (3 \times 0.2) + (5 \times 0.2) + (4 \times 0.2) + (4 \times 0.1) = 0.9 + 0.6 + 1 + 0.8 + 0.4 = 3.7 \\ Z_{\text{Abode}} &= (3 \times 0.3) + (3 \times 0.2) + (5 \times 0.2) + (4 \times 0.2) + (4 \times 0.1) = 0.9 + 0.6 + 1 + 0.8 + 0.4 = 3.7 \\ Z_{\text{OpenHAB}} &= (5 \times 0.3) + (4 \times 0.2) + (2 \times 0.2) + (5 \times 0.2) + (2 \times 0.1) = 1.5 + 0.8 + 0.4 + 1 + 0.2 = 3.9 \end{aligned}$$

Таблиця 6

Результати оцінювання платформи

Платформа	Загальний бал
Home Assistant	3.9
Arduino	4.0
SmartThings	3.5
Hubitat	3.5
Vera	3.4
Google Home	3.7
Abode	3.7
OpenHAB	3.9

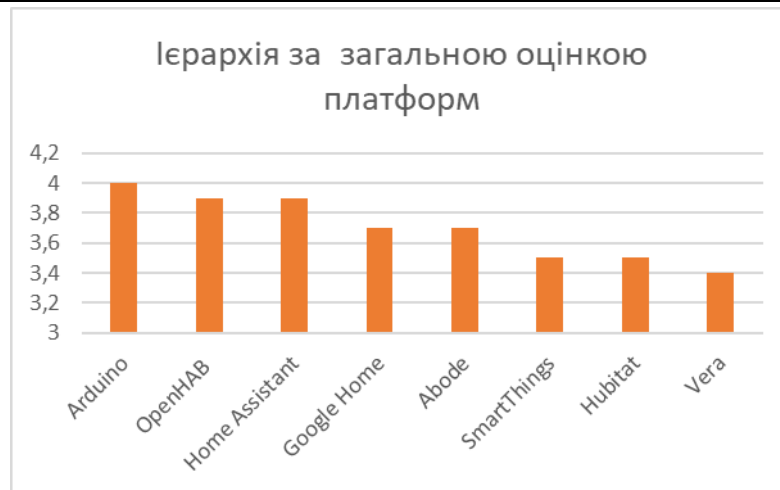


Рис.7. Ієрархія за загальною оцінкою платформ

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

У результаті проведеного дослідження було здійснено порівняльний аналіз ряду універсальних програмно-апаратних інструментальних засобів, що доцільно використовувати для створення інформаційно-технологічної платформи для безпекової системи багатоквартирного будинку. На основі методу аналізу ієрархій (АНР) і експертного оцінювання вдалося встановити ряд важливих висновків:

1. Проаналізовані програмно-апаратні засоби мають різний ступінь гнучкості щодо налаштування відповідно до потреб користувачів та сумісності з іншими розумними пристроями. Це дозволяє користувачам обирати рішення, які найкраще відповідають їх вимогам та технічним умовам.

2. Вартість обладнання та його обслуговування є важливими факторами, що впливають на доступність і економічну доцільність використання конкретних рішень. Більш дорогі системи зазвичай пропонують вищу функціональність та надійність, проте потребують більших інвестицій.

3. Аналіз показав, що деякі системи є більш зручними для користувачів завдяки інтуїтивно зрозумілим інтерфейсам та мінімальним вимогам до технічних знань. Це спрощує процес налаштування та експлуатації системи для мешканців будинку.

4. Досліджувані платформи відрізняються за кількістю підтримуваних давачів, камер та інших пристроїв, а також за типами протоколів, що використовуються для зв'язку. При виборі платформи необхідно враховувати потреби у підтримці специфічних типів пристроїв та протоколів, які використовуються в конкретному будинку.

5. Більшість проаналізованих систем надають широкі можливості для автоматизації процесів, що дозволяє покращити ефективність управління безпекою, знижуючи втручання людини і мінімізуючи ризики людського фактору.

6. Кожна з розглянутих платформ має свої унікальні переваги та недоліки. Вибір конкретного рішення базується на ретельному аналізі потреб і пріоритетів користувачів, а також на основі наданих у статті порівняльних характеристик.

Застосування методу аналізу ієрархій дозволило систематизувати та структуровано порівняти проаналізовані інструментальні засоби, з метою надання можливості прийняття обґрунтованих рішень щодо вибору оптимальних програмно-апаратних рішень при створенні безпекових систем багатоквартирних будинків. Результати дослідження сприяють прийняттю ефективних рішень розробниками, що прагнуть підвищити рівень безпеки, комфорту та ефективності управління багатоквартирних будинків. Щоб здійснити обґрунтований вибір найкращого інструменту для розроблення будинкової безпекової системи використано метод аналізу ієрархій для проведення порівняння альтернатив за всіма критеріями. Найкращими платформами для будинкової системи безпеки та автоматизації визначено Arduino (4.0), Home Assistant і OpenHAB (по 3.9). Вони забезпечують високу гнучкість, широку підтримку пристроїв та відносно низьку вартість, хоча й вимагають для використання певного рівня технічних знань. Проведений порівняльний аналіз програмно-апаратних інструментальних засобів, які доцільно використовувати для створення безпекової системи багатоквартирного будинку з використанням методу аналізу ієрархій дозволяє виділити декілька перспективних напрямів подальших досліджень: дослідження додаткових критеріїв, таких як екологічність систем, енергозбереження, рівень кібербезпеки, та їх вплив на загальну оцінку програмно-апаратних засобів; включення соціальних критеріїв, таких як вплив на якість життя мешканців та їх задоволеність від використання безпекових систем; детальніше вивчення можливостей інтеграції безпекових систем з іншими системами "розумного будинку", такими як управління енергією, водопостачанням, вентиляцією та кондиціонуванням повітря; дослідження впливу інтеграції на загальну ефективність та зручність використання інформаційної системи; аналіз можливостей адаптації існуючих програмно-апаратних засобів для різних типів житлових будівель, включаючи малоповерхові будинки, таунхауси та

інші типи нерухомості; дослідження питань масштабування систем безпеки для великих житлових комплексів та інфраструктурних об'єктів. Розвиток цих напрямів досліджень дозволить створити більш ефективні, надійні та зручні для користувачів безпекові системи для багатоквартирних будинків, сприяючи підвищенню рівня безпеки та комфорту життя мешканців.

Література

1. Malche T. Internet of Things (IoT) for building smart home system / T. Malche, P. Maheshwary // International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC), Palladam, India.- 2017.- P. 65-70.
2. Al-Mutawa Rihab A Smart Home System based on Internet of Things / Al-Mutawa Rihab, Eassa Fathy.- Rezhim dostupa : https://www.researchgate.net/publication/344234112_A_Smart_Home_System_based_on_Internet_of_Things
3. A review: Secure Internet of Thing System for Smart Houses / Mada Albany, Enas Alsahafi, Itidal Alruwili, Salim Elkhediri // Procedia Computer Science.- 2022.- Volume 201.-P. 437-444.
4. Kumar S. Internet of Things is a revolutionary approach for future technology enhancement: a review / Kumar S., Tiwari P., Zymbler M. // J Big Data .- 2019.-№6.- P.111.
5. Sfar A.R. A systematic and cognitive vision for IoT security: a case study of military live simulation and security challenges / Sfar A.R., Zied C., Challal Y. // Proc. 2017 international conference on smart, monitored and controlled cities (SM2C), Sfax, Tunisia, 17–19 Feb. 2017. - P.80-84.
6. Zhou J. Security and privacy for cloud-based IoT: challenges / Zhou J., Cap Z., Dong X., Vasilakos A.V. // IEEE Commun Mag.- 2017.-Vol.55(1).-P.26–33.
7. Netinant P. Development and Assessment of Internet of Things-Driven Smart Home Security and Automation with Voice Commands / Netinant P., Utsanok T., Rukhiran M., Klonddee S. // *Io.*- 2024.- Vol.5.-P. 79-99.
8. Markandeshwar Jerabandi Internet of Things Based Technology for Smart Home System: A Generic Framework / Markandeshwar Jerabandi, Mallikarjun M. Kodabagi // International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication.- 2017.- Volume 5 Issue 6.-- P. 1038 – 1046

References

1. Malche T. Internet of Things (IoT) for building smart home system / T. Malche, P. Maheshwary // International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC), Palladam, India.- 2017.- P. 65-70.
2. Al-Mutawa Rihab A Smart Home System based on Internet of Things / Al-Mutawa Rihab, Eassa Fathy.- https://www.researchgate.net/publication/344234112_A_Smart_Home_System_based_on_Internet_of_Things
3. A review: Secure Internet of Thing System for Smart Houses / Mada Albany, Enas Alsahafi, Itidal Alruwili, Salim Elkhediri // Procedia Computer Science.- 2022.- Volume 201.-P. 437-444.
4. Kumar S. Internet of Things is a revolutionary approach for future technology enhancement: a review / Kumar S., Tiwari P., Zymbler M. // J Big Data .- 2019.-№6.- P.111.
5. Sfar A.R. A systematic and cognitive vision for IoT security: a case study of military live simulation and security challenges / Sfar A.R., Zied C., Challal Y. // Proc. 2017 international conference on smart, monitored and controlled cities (SM2C), Sfax, Tunisia, 17–19 Feb. 2017. - P.80-84.
6. Zhou J. Security and privacy for cloud-based IoT: challenges / Zhou J., Cap Z., Dong X., Vasilakos A.V. // IEEE Commun Mag.- 2017.-Vol.55(1).-P.26–33.
7. Netinant P. Development and Assessment of Internet of Things-Driven Smart Home Security and Automation with Voice Commands/ Netinant P., Utsanok T., Rukhiran M., Klonddee S. // *Io.*- 2024.- Vol.5.-P. 79-99.
8. Markandeshwar Jerabandi Internet of Things Based Technology for Smart Home System: A Generic Framework / Markandeshwar Jerabandi, Mallikarjun M. Kodabagi // International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication.- 2017.- Volume 5 Issue 6.- P. 1038 – 1046.