

АЛЕКСОВ СЕРГІЙ

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0001-8764-675X>e-mail: aleksov1212@gmail.com**КОРОБЧИНСЬКИЙ МАКСИМ**

Воєнна академія імені Євгенія Березняка

<https://orcid.org/0000-0001-8049-4730>e-mail: maks_kor@ukr.net

МЕТОД ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО КЕРУВАННЯ ГУЧНІСТЮ МУЛЬТИМЕДІА У КІБЕРФІЗИЧНІЙ СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»

Головною метою проведеного дослідження була розробка та впровадження методу прийняття рішень для повністю автоматичного керування гучністю звуку в системі «Розумний будинок». Необхідність такої підсистеми обґрунтована критичним значенням забезпечення оптимального мікроклімату та дотримання санітарних норм шуму для здоров'я, комфорту та безпеки мешканців. Розроблений метод успішно вирішує цю задачу, гарантуючи, що рівень гучності мультимедіа не перевищуватиме встановлених законом максимальних рівнів у залежності від конкретного типу приміщення та часу доби. Це досягається шляхом безперервного (щохвилинного) моніторингу рівня шуму за допомогою датчиків та автоматичного порівняння отриманих даних із заздалегідь визначеними сценаріями. Ключова перевага методу полягає у його повній автоматичності та гнучкості реакції. Система здатна точно розпізнавати три стани рівня шуму (оптимальний, високий і неприпустимо високий), що дає можливість застосовувати відповідні заходи – відсутність дій у межах комфорту, попередження користувача при наближенні до критичної межі та примусове автоматичне зниження гучності до максимально допустимого рівня при порушенні нормативів. Така диференційована реакція забезпечує ефективний контроль, спрямований на запобігання шкоді від надмірного шуму, та водночас підвищує загальний комфорт проживання. Результати експерименту підтвердили працездатність та адекватність розробленого методу, продемонструвавши його здатність успішно реагувати на зміни рівня шуму відповідно до санітарних норм. Водночас, було визначено, що ефективність методу безпосередньо залежить від коректності початкових налаштувань (часу та типу приміщення) та точності/чутливості використовуваних датчиків шуму. Загалом, дослідження досягло поставленої мети, впровадивши необхідний механізм для автоматичного керування гучністю звуку, що є значним кроком у напрямку посилення автономності кіберфізичних систем «Розумний будинок».

Ключові слова: кіберфізична система, «Розумний будинок», прийняття рішень, керування гучністю мультимедіа, рівень шуму.

ALEKSOV SERHIJ

Khmelnytskyi National University

KOROBCHYNSKYI MAKSYM

Yevhenii Berезnyak Military Academy

DECISION-MAKING METHOD FOR MULTIMEDIA VOLUME CONTROL IN THE CYBER-PHYSICAL SYSTEM "SMART HOME"

The main goal of the research was to develop and implement a decision-making method for fully automatic sound volume control in the Smart Home system. The need for such a subsystem is justified by the critical importance of ensuring an optimal microclimate and compliance with sanitary noise standards for the health, comfort and safety of residents. The developed method successfully solves this problem, ensuring that the multimedia volume level does not exceed the maximum levels established by law depending on the specific type of room and time of day. This is achieved by continuous (minute-by-minute) monitoring of the noise level using sensors and automatic comparison of the obtained data with predefined scenarios. The key advantage of the method is its full automaticity and flexibility of response. The system is able to accurately recognize three noise level states (optimal, high and unacceptably high), which makes it possible to apply appropriate measures - no action within the comfort range, warning the user when approaching the critical limit and forced automatic reduction of the volume to the maximum permissible level when the standards are violated. Such a differentiated response provides effective control aimed at preventing damage from excessive noise, while increasing the overall comfort of living. The experimental results confirmed the operability and adequacy of the developed method, demonstrating its ability to successfully respond to changes in noise levels in accordance with sanitary standards. At the same time, it was determined that the effectiveness of the method directly depends on the correctness of the initial settings (time and type of room) and the accuracy/sensitivity of the noise sensors used. In general, the study achieved its goal by implementing the necessary mechanism for automatic sound volume control, which is a significant step towards increasing the autonomy of cyber-physical systems "Smart Home".

Keywords: cyber-physical system, "Smart Home", decision-making, multimedia volume control, noise level.

Стаття надійшла до редакції / Received 22.10.2025

Прийнята до друку / Accepted 15.11.2025

Вступ

Сучасна система «Розумний будинок» – це цілісна кіберфізична екосистема, що поєднує Інтернет речей (IoT) та інформаційні технології для автоматизованого або повністю автоматичного управління функціями житла, такими як освітлення, клімат-контроль, безпека та мультимедіа. Мета цієї системи – підвищити комфорт і безпеку мешканців, а також забезпечити енергоефективність та економію комунальних витрат. Це досягається завдяки звільненню людини від рутинних дій шляхом їх автоматизації, коли система самостійно виконує дії у відповідь на певні події чи ситуації, або ж за заданими сценаріями. По суті, «Розумний будинок» складається з

пристроїв, контролерів і датчиків, які збирають та аналізують дані, а потім приймають рішення на основі заданих параметрів, діючи як під керуванням людини (автоматизовано), так і без її участі (автоматично) [1-3].

У 2024 році серед топових рішень у сфері «Розумних будинків» виділяються декілька ключових напрямків. Інтегровані голосові асистенти (Amazon Alexa, Google Assistant, Apple Siri) стали центральними елементами, що дозволяють керувати пристроями за допомогою простих команд. Значну роль відіграють розумні термостати (Google Nest) та системи клімат-контролю (Ecobee, Honeywell), які автоматично регулюють температуру та якість повітря, забезпечуючи економію енергії. Сучасне освітлення (Philips Hue, LIFX, Nanoleaf) адаптується до часу доби та присутності людей, що також сприяє енергозбереженню [4-6].

Крім цього, системи «Розумний будинок» активно розвиваються у сфері безпеки та доступу. Це «розумні» замки (August Smart Lock, Yale Assure Lock), які керуються через смартфон і дозволяють контролювати доступ та надавати тимчасові коди гостям, системи безпеки нового покоління (SimpliSafe, ADT), які інтегруються зі смарт-гаджетами, пропонуючи відеоспостереження в реальному часі та дистанційний контроль тощо. Навіть кухонні пристрої (Samsung Family Hub) та системи для догляду за присадибною ділянкою (Rachio, Husqvarna Automower) стають «розумними», автоматизуючи процеси приготування їжі та поливу/косіння, оптимізуючи ресурси [7-9].

Ці численні пристрої, від термостатів до замків, об'єднуються на єдиних платформах (Apple HomeKit, Google Home, Amazon Alexa), що дозволяє користувачам керувати всією екосистемою через один застосунок або голосові команди. Хоча такі рішення максимально підвищують комфорт, безпеку та енергоефективність, аналіз сучасних систем показує, що вони здебільшого орієнтовані на автоматизоване керування, яке ініціюється або контролюється людиною. Проте, існує чітка тенденція до посилення автоматичності [10].

Таким чином, ключовим актуальним завданням для подальшого розвитку є забезпечення повноцінного автоматичного прийняття рішень системою «Розумний будинок» без участі людини. Це вимагає від системи здатності самостійно визначати та розпізнавати різноманітні ситуації й події, приймати найбільш оптимальне рішення з множини альтернатив та виконувати відповідні дії. Це завдання часто ускладнюється такими факторами, як недостатність інформації для вибору або генерації оптимальних альтернативних рішень.

Забезпечення оптимального мікроклімату у житлі є критично важливим для здоров'я, повноцінного відпочинку та високої працездатності мешканців. Одним із ключових елементів мікроклімату, який вимагає автоматизованого управління, є рівень шуму, оскільки його несприятливий вплив на людину є значним і доведеним. Тривалий вплив шуму призводить до розвитку хронічної перевтоми, зниження працездатності та стійких порушень слуху, включаючи глухуватість і навіть глухоту. Крім того, постійний шум може спричинити порушення терморегуляції, поганий сон, а також негативно впливати на системи травлення, кровообігу та серцево-судинну систему. Навіть короточасний вплив шуму високої інтенсивності може спричинити баротравму, розрив барабанної перетинки та повну втрату слуху, тоді як постійний фоновий шум понад 70 дБ може викликати порушення ендокринної та нервової систем. Шум не лише погіршує самопочуття, але й знижує продуктивність праці в середньому на 10–15%.

У контексті системи «Розумний будинок» актуальним завданням є автоматичне прийняття рішень щодо керування гучністю звуку мультимедіа, щоб гарантувати дотримання санітарних норм. В Україні допустимі та максимальні рівні музичних, мовних та інших біогенних шумів суворо регламентуються законодавством, зокрема Законами «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», а також відповідними Державними санітарними нормами та будівельними нормами. Ці нормативні документи встановлюють чіткі показники допустимих рівнів шуму у приміщеннях житлових будинків та на території житлової забудови.

Норми допустимого рівня шуму (гучності звуку мультимедіа) в житлових приміщеннях різного типу диференціюються залежно від типу приміщення та часу доби (t).

Для більшості житлових кімнат, таких як спальня, вітальня, дитяча кімната, їдальня, кухня, гардеробна та ванна кімната, встановлені різні норми для денного та нічного часу. Протягом дня (з 08:00 до 22:00) оптимальний рівень шуму (τ) становить 40 дБА (акустичний децибел, одиниця вимірювання рівня шуму з врахуванням сприйняття звуку людиною), при цьому максимальний рівень шуму (τ_{max}) не повинен перевищувати 55 дБА. У нічний час (з 22:00 до 08:00), коли потреба в тиші зростає, норми значно суворіші – оптимальний рівень шуму знижується до 30 дБА, а максимальний допустимий рівень становить 45 дБА. Це відображає необхідність забезпечення якісного відпочинку мешканців уночі.

Для робочого кабінету застосовуються інші вимоги, які залишаються незмінними як у денний, так і в нічний час. Оптимальний рівень шуму тут встановлений на рівні 40 дБА протягом усього часу доби. Відповідно, і максимальний рівень шуму для робочого кабінету є фіксованим і дорівнює 55 дБА незалежно від часу доби. Це, ймовірно, пов'язано з характером діяльності, яка може відбуватися у кабінеті цілодобово, але все одно має залишатися у межах, що не заважають роботі та не шкодять слуху.

Аналіз сучасного стану досліджень у сфері управління звуком та гучністю мультимедіа в «Розумному будинку» демонструє активний розвиток у кількох суміжних напрямках. Існуючі рішення сфокусовані переважно на виявленні та аналізі аудіосигналів, а також на розпізнаванні звукових подій, а не на повному автоматичному регулюванні гучності мультимедіа. Наприклад, деякі роботи пропонують алгоритми в MATLAB для виявлення піків максимального шуму у вхідному аудіосигналі [11], а інші розробляють мобільні застосунки, які автоматично регулюють гучність відповідно до навколишнього середовища для комфорту користувача [12]. Крім того, значна увага приділяється інтелектуальним динамікам із розширеними функціями

обробки звуку [13], а також класифікації звуків навколишнього середовища за допомогою алгоритмів машинного навчання та згорткових рекурентних нейронних мереж [14]. Дослідники також працюють над локалізацією джерела звуку [15] та системами розпізнавання звукових подій у реальному часі для ідентифікації різних типів звуків у домашньому середовищі [16]. Незважаючи на ці досягнення у сфері розпізнавання та обробки звуку, поточні рішення не передбачають повністю автоматичного прийняття рішень щодо керування гучністю звуку у системі «Розумний будинок» з метою дотримання встановлених санітарних норм.

Отже, розробка підсистеми, здатної автоматично контролювати та регулювати гучність аудіопристроїв, спираючись на ці санітарні норми та реальний рівень шуму у приміщенні, є необхідною умовою для забезпечення комфортного та безпечного проживання. Тому головною метою даного дослідження є розробка та впровадження методу для прийняття рішень для повністю автоматичного керування гучністю звуку в системі «Розумний будинок».

Метод прийняття рішень щодо керування гучністю мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок»

Нехай тип приміщення у кіберфізичній системі «Розумний будинок» позначається змінною tr , тоді: якщо користувачем підсистеми обрано тип приміщення «спальня або «вітальня» або «дитяча кімната» або «ідальня» або «кухня» або «гардеробна» або «ванна кімната», то $tr=1$; якщо користувачем підсистеми обрано тип приміщення «робочий кабінет», то $tr=2$.

Тоді множина можливих альтернатив (сценаріїв) має наступний вигляд:

$$SCV = \{scv_1, \dots, scv_9\}, \quad (1)$$

де scv_1 – якщо $tr=1$ та $8.00 \leq t < 22.00$ та $0 \leq \tau \leq 40$, то гучність звуку у приміщенні є оптимальною; scv_2 – якщо $tr=1$ та $8.00 \leq t < 22.00$ та $40 < \tau \leq 55$, то гучність звуку у приміщенні є високою; scv_3 – якщо $tr=1$ та $8.00 \leq t < 22.00$ та $\tau > 55$, то гучність звуку у приміщенні є неприпустимо високою; scv_4 – якщо $tr=1$ та $22.00 \leq t < 24.00$ або $00.00 \leq t < 08.00$ та $0 \leq \tau \leq 30$, то гучність звуку у приміщенні є оптимальною; scv_5 – якщо $tr=1$ та $22.00 \leq t < 24.00$ або $00.00 \leq t < 08.00$ та $30 < \tau \leq 45$, то гучність звуку у приміщенні є високою; scv_6 – якщо $tr=1$ та $22.00 \leq t < 24.00$ або $00.00 \leq t < 08.00$ та $\tau > 45$, то гучність звуку у приміщенні є неприпустимо високою; scv_7 – якщо $tr=2$ та $0 \leq \tau \leq 40$, то гучність звуку у приміщенні є оптимальною; scv_8 – якщо $tr=2$ та $40 < \tau \leq 55$, то гучність звуку у приміщенні є високою; scv_9 – якщо $tr=2$ та $\tau > 55$, то гучність звуку у приміщенні є неприпустимо високою.

Представлена формулою (1) множина можливих альтернатив (сценаріїв) складається з трьох підмножин:

$$SCV = \{SCVO, SCVH, SCVUAH\}, \quad (2)$$

де $SCVO = \{scv_1, scv_4, scv_7\}$ – підмножина сценаріїв з оптимальним рівнем гучності звуку; $SCVH = \{scv_2, scv_5, scv_8\}$ – підмножина сценаріїв з високим рівнем гучності звуку; $SCVUAH = \{scv_3, scv_6, scv_9\}$ – підмножина сценаріїв з неприпустимо високим рівнем гучності звуку.

Метод прийняття рішень щодо керування гучністю мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок» складається з таких кроків:

- 1) перевірка користувачем підсистеми керування гучністю мультимедіа системи «Розумний будинок» коректності поточного часу (t): якщо час некоректний, то налаштування стартового часу; надалі поточний час оновлюється в розумному будинку автоматично;
- 2) вибір користувачем підсистеми керування гучністю мультимедіа системи «Розумний будинок» типу приміщення (tr) – спальня ($tr=1$), вітальня ($tr=1$), дитяча кімната ($tr=1$), ідальня ($tr=1$), кухня ($tr=1$), гардеробна ($tr=1$), ванна кімната ($tr=1$), робочий кабінет ($tr=2$) тощо;
- 3) щохвилинне автоматичне вимірювання рівня гучності звуку (τ) у приміщенні датчиком шуму (наприклад, GM1351 або DE-3301 тощо) підсистеми керування гучністю мультимедіа системи «Розумний будинок»;
- 4) пошук сценарію відповідно до значень змінних tr , t та τ у підмножинах $SCVO$, $SCVH$, $SCVUAH$;
- 5) якщо відповідно до значень змінних tr , t та τ підсистема керування гучністю мультимедіа системи «Розумний будинок» знайшла сценарій у підмножині $SCVO$, то підсистема не виконує жодних додаткових дій;
- 6) якщо відповідно до значень змінних tr , t та τ підсистема керування гучністю мультимедіа системи «Розумний будинок» знайшла сценарій у підмножині $SCVH$, то підсистема здійснює попередження користувача;
- 7) якщо відповідно до значень змінних tr , t та τ підсистема керування гучністю мультимедіа системи «Розумний будинок» знайшла сценарій у підмножині $SCVUAH$, то підсистема автоматично зменшує гучність звуку мультимедійних пристроїв у приміщенні до максимально припустимого для такого приміщення рівня.

Розроблений метод прийняття рішень щодо керування гучністю мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок» забезпечує автоматичне керування гучністю звуку у системі «Розумний будинок» з метою недопущення перевищення норм гучності звуку в залежності від типу приміщення та часу доби, а також з метою забезпечення комфортного рівня шуму у відповідному приміщенні.

Головна перевага розробленого методу полягає у забезпеченні повністю автоматичного керування гучністю звуку в системі «Розумний будинок», що безпосередньо спрямоване на підвищення комфорту та безпеки мешканців шляхом запобігання шкоді від надмірного шуму. Метод гарантує, що рівень гучності мультимедіа не перевищуватиме встановлених санітарних норм (максимального рівня шуму) у залежності від типу приміщення та часу доби. Це досягається завдяки постійному щохвилинному моніторингу рівня шуму за допомогою датчиків

та автоматичному порівнянню отриманих даних з визначеними сценаріями. Крім того, метод є гнучким, оскільки передбачає три рівні реакції – відсутність дій, попередження користувача та примусове автоматичне зниження гучності. Завдяки початковому налаштуванню типу приміщення та автоматичному оновленню поточного часу, система точно застосовує відповідні нормативні обмеження.

Попри значні переваги, метод має певні обмеження. По-перше, він залежить від коректності початкових налаштувань, зокрема точності поточного часу та правильного вибору користувачем типу приміщення. Якщо ці параметри некоректні, застосовуватимуться невідповідні норми шуму. По-друге, ефективність методу безпосередньо залежить від точності та чутливості використовуваних датчиків шуму.

Під час експерименту, користувач виконав налаштування поточного часу (11.12) та обрав тип приміщення «робочий кабінет». Далі почало відбуватись щохвилинне автоматичне вимірювання рівня гучності звуку у приміщенні датчиком шуму. Отримані значення рівня шуму протягом 10 хвилин таких вимірювань, а також дії системи «Розумний будинок» в кожний момент часу предствлені нижче:

- 1) час вимірювання – 11.12, рівень шуму – 37 дБА, реакція підсистеми – жодних додаткових дій;
- 2) час вимірювання – 11.13, рівень шуму – 38 дБА, реакція підсистеми – жодних додаткових дій;
- 3) час вимірювання – 11.14, рівень шуму – 40 дБА, реакція підсистеми – жодних додаткових дій;
- 4) час вимірювання – 11.15, рівень шуму – 43 дБА, реакція підсистеми – попередження користувача;
- 5) час вимірювання – 11.16, рівень шуму – 43 дБА, реакція підсистеми – попередження користувача;
- 6) час вимірювання – 11.17, рівень шуму – 47 дБА, реакція підсистеми – попередження користувача;
- 7) час вимірювання – 11.18, рівень шуму – 47 дБА, реакція підсистеми – попередження користувача;
- 8) час вимірювання – 11.19, рівень шуму – 57 дБА, реакція підсистеми – автоматичне зменшення гучності звуку мультимедійних пристроїв у робочому кабінеті до 55 дБА через неприпустимо високу гучність звуку;
- 9) час вимірювання – 11.20, рівень шуму – 55 дБА, реакція підсистеми – попередження користувача;
- 10) час вимірювання – 11.21, рівень шуму – 50 дБА, реакція підсистеми – попередження користувача.

Проведений десятихвилинний експеримент у системі «Розумний будинок» з керування гучністю мультимедіа в робочому кабінеті (тип приміщення $tr=2$) дозволив чітко проілюструвати роботу розробленого методу прийняття рішень на основі нормативних показників. Згідно з встановленими нормами для робочого кабінету, які діють цілодобово, оптимальний рівень шуму становить 40 дБА, а максимально допустимий рівень – 55 дБА. На початкових етапах (з 11:12 по 11:14), коли рівень шуму (τ) коливався від 37 дБА до 40 дБА, система класифікувала ситуацію як сценарій з підмножини *SCVO* і не виконувала жодних додаткових дій, що свідчить про коректне визначення комфортного рівня. Ситуація змінилася з 11:15, коли рівень шуму піднявся до 43 дБА і залишався високим (до 47 дБА) до 11:18. У ці моменти система перейшла до сценарію з підмножини *SCVH*, активувавши попередження користувача. Це відповідає логіці методу – рівень шуму вже перевищує оптимальні 40 дБА, але ще не досяг максимально допустимих 55 дБА, тому система інформує користувача, перш ніж вживати рішучих заходів. Ключовий момент настав о 11:19, коли рівень шуму різко зріс до 57 дБА. Оскільки це перевищує максимально допустимий рівень 55 дБА, система автоматично перейшла до сценарію з підмножини *SCVUAN* і негайно виконала примусове зниження гучності мультимедійних пристроїв до безпечного рівня 55 дБА. Це доводить ефективність методу у забезпеченні основної мети – недопущення перевищення норм гучності. Після автоматичного зниження гучності, система повернулася до сценарію попередження користувача, що зумовлено тим, що 55 дБА є максимальною, а не оптимальною нормою, а 50 дБА все ще значно перевищує оптимальний рівень 40 дБА, що вимагає уваги користувача.

Отже, результати експерименту підтверджують, що розроблений метод успішно забезпечує повністю автоматичне керування гучністю та адекватно реагує на зміни рівня шуму відповідно до заданих сценаріїв та санітарних норм для робочого кабінету. Система точно розпізнає три стани (оптимальний, високий і неприпустимо високий рівні гучності мультимедіа) і вживає відповідних заходів – від ігнорування в межах комфорту до попередження та примусового коригування при порушенні нормативів.

Висновки

Головною метою проведеного дослідження була розробка та впровадження методу прийняття рішень для повністю автоматичного керування гучністю звуку в системі «Розумний будинок». Необхідність такої підсистеми обґрунтована критичним значенням забезпечення оптимального мікроклімату та дотримання санітарних норм шуму для здоров'я, комфорту та безпеки мешканців. Розроблений метод успішно вирішує цю задачу, гарантуючи, що рівень гучності мультимедіа не перевищуватиме встановлених законом максимальних рівнів у залежності від конкретного типу приміщення та часу доби. Це досягається шляхом безперервного (щохвилинного) моніторингу рівня шуму за допомогою датчиків та автоматичного порівняння отриманих даних із заздалегідь визначеними сценаріями.

Ключова перевага методу полягає у його повній автоматичності та гнучкості реакції. Система здатна точно розпізнавати три стани рівня шуму (оптимальний, високий і неприпустимо високий), що дає можливість застосовувати відповідні заходи – відсутність дій у межах комфорту, попередження користувача при наближенні до критичної межі та примусове автоматичне зниження гучності до максимально допустимого рівня при порушенні нормативів. Така диференційована реакція забезпечує ефективний контроль, спрямований на запобігання шкоді від надмірного шуму, та водночас підвищує загальний комфорт проживання.

Результати експерименту підтвердили працездатність та адекватність розробленого методу, продемонструвавши його здатність успішно реагувати на зміни рівня шуму відповідно до санітарних норм.

Водночас, було визначено, що ефективність методу безпосередньо залежить від коректності початкових налаштувань (часу та типу приміщення) та точності/чутливості використовуваних датчиків шуму. Загалом, дослідження досягло поставленої мети, впровадивши необхідний механізм для автоматичного керування гучністю звуку, що є значним кроком у напрямку посилення автономності кіберфізичних систем «Розумний будинок».

Майбутні дослідження авторів будуть сфокусовані на подальшому вдосконаленні методу та усуненні його поточних обмежень. Зокрема, планується впровадження безперервного моніторингу рівня шуму, замість щохвилинного, для забезпечення миттєвої реакції на різкі та короткочасні звукові піки. Також передбачається інтеграція елементів інтелектуального аналізу даних для створення адаптивних сценаріїв, які зможуть враховувати індивідуальні переваги користувача та його поточну діяльність, роблячи автоматичне керування гучністю ще більш інтуїтивним, гнучким та орієнтованим на людину.

Література

1. Yaici W., Entchev E., Longo M. Internet of Things (IoT)-Based System for Smart Home Heating and Cooling Control. 2022 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2022 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), Prague, Czech Republic, 28 June – 1 July 2022. 2022. URL: <https://doi.org/10.1109/eeeic/icpseurope54979.2022.9854634>.
2. Sung W.-T., Hsiao S.-J. Creating Smart House via IoT and Intelligent Computation. Intelligent Automation & Soft Computing. 2023. Vol. 35, no. 1. P. 415–430. URL: <https://doi.org/10.32604/iasc.2023.027618>.
3. Development of smart application for house condition survey / A. Hyder Chohan et al. Ain Shams Engineering Journal. 2022. Vol. 13, no. 3. P. 101628. URL: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.10.023>.
4. Null C. Best smart home systems in 2024: Reviews and buying advice. URL: <https://www.techhive.com/article/582873/best-smart-home-system.html>.
5. Lamkin P. The best smart home systems: Top ecosystems for home automation explained. URL: <https://www.the-ambient.com/explainers/smart-home-ecosystems-152/>.
6. Rivera L. What Smart Home Technologies Will Dominate CES 2024? URL: <https://retailtechnologyinsider.com/what-smart-home-technologies-will-dominate-ces-2024/>.
7. Ghani U. Smart Home Innovations 2024: Trends in AI, Security, and Sustainability. URL: <https://techbullion.com/smart-home-innovations-2024-trends-in-ai-security-and-sustainability/>.
8. Saha A., Das P. S., Banik B. C. Smart Green House for Controlling & Monitoring Temperature, Soil & Humidity Using IOT. 2022 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Signal Processing (AISP), Vijayawada, India, 12–14 February 2022. 2022. URL: <https://doi.org/10.1109/aisp53593.2022.9760541>.
9. Nchena L. Smart House Assistive Technologies for Senior Citizens. 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ruzomberok, Slovakia, 26–28 September 2022. 2022. URL: <https://doi.org/10.1109/acit54803.2022.9913158>.
10. Smith N. Smart Bee Houses: Designing to Support Urban Pollination. ACI'21: Eight International Conference on Animal-Computer Interaction, Bloomington IN USA. New York, NY, USA, 2021. URL: <https://doi.org/10.1145/3493842.3493894>.
11. Mohanaprasad K. Sound-Based Control System Used in Home Automation. Lecture Notes in Electrical Engineering. Singapore, 2018. P. 267–278. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-10-8354-9_24.
12. Active Volume Control in Smart Phones Based on User Activity and Ambient Noise / V. D. Ambeth Kumar et al. Sensors. 2020. Vol. 20, no. 15. P. 4117. URL: <https://doi.org/10.3390/s20154117>.
13. Knudsen S. L., Fritsch J., Jørgensen S. M. H. MoSS: Unfolding Playful Imaginaries of Synthetic Voice Design through a Modular Smart Speaker. DIS '24: Designing Interactive Systems Conference, IT University of Copenhagen Denmark. New York, NY, USA, 2024. URL: <https://doi.org/10.1145/3656156.3665428>.
14. Bansal A., Garg N. K. Robust technique for environmental sound classification using convolutional recurrent neural network. Multimedia Tools and Applications. 2023. URL: <https://doi.org/10.1007/s11042-023-17066-2>.
15. Sound Source Localization Algorithm of Microphone Array Based on Incremental Broad Learning System / R. Tang et al. Circuits, Systems, and Signal Processing. 2023. URL: <https://doi.org/10.1007/s00034-023-02521-0>.
16. Real-Time Sound Recognition System for Human Care Robot Considering Custom Sound Events / S.-H. Kim et al. IEEE Access. 2024. P. 1. URL: <https://doi.org/10.1109/access.2024.3378096>.

References

1. Yaici W., Entchev E., Longo M. Internet of Things (IoT)-Based System for Smart Home Heating and Cooling Control. 2022 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2022 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), Prague, Czech Republic, 28 June – 1 July 2022. 2022.
2. Sung W.-T., Hsiao S.-J. Creating Smart House via IoT and Intelligent Computation. Intelligent Automation & Soft Computing. 2023. Vol. 35, no. 1. P. 415–430.
3. Development of smart application for house condition survey / A. Hyder Chohan et al. Ain Shams Engineering Journal. 2022. Vol. 13, no. 3. P. 101628.
4. Null C. Best smart home systems in 2024: Reviews and buying advice. URL: <https://www.techhive.com/article/582873/best-smart-home-system.html>.
5. Lamkin P. The best smart home systems: Top ecosystems for home automation explained. URL: <https://www.the-ambient.com/explainers/smart-home-ecosystems-152/>.

6. Rivera L. What Smart Home Technologies Will Dominate CES 2024? URL: <https://retailtechnologyinsider.com/what-smart-home-technologies-will-dominate-ces-2024/>.
7. Ghani U. Smart Home Innovations 2024: Trends in AI, Security, and Sustainability. URL: <https://techbullion.com/smart-home-innovations-2024-trends-in-ai-security-and-sustainability/>.
8. Saha A., Das P. S., Banik B. C. Smart Green House for Controlling & Monitoring Temperature, Soil & Humidity Using IOT. 2022 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Signal Processing (AISP), Vijayawada, India, 12–14 February 2022. 2022.
9. Nchena L. Smart House Assistive Technologies for Senior Citizens. 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ruzomberok, Slovakia, 26–28 September 2022. 2022.
10. Smith N. Smart Bee Houses: Designing to Support Urban Pollination. ACT21: Eight International Conference on Animal-Computer Interaction, Bloomington IN USA. New York, NY, USA, 2021.
11. Mohanaprasad K. Sound-Based Control System Used in Home Automation. Lecture Notes in Electrical Engineering. Singapore, 2018. P. 267–278.
12. Active Volume Control in Smart Phones Based on User Activity and Ambient Noise / V. D. Ambeth Kumar et al. Sensors. 2020. Vol. 20, no. 15. P. 4117.
13. Knudsen S. L., Fritsch J., Jørgensen S. M. H. MoSS: Unfolding Playful Imaginaries of Synthetic Voice Design through a Modular Smart Speaker. DIS '24: Designing Interactive Systems Conference, IT University of Copenhagen Denmark. New York, NY, USA, 2024.
14. Bansal A., Garg N. K. Robust technique for environmental sound classification using convolutional recurrent neural network. Multimedia Tools and Applications. 2023.
15. Sound Source Localization Algorithm of Microphone Array Based on Incremental Broad Learning System / R. Tang et al. Circuits, Systems, and Signal Processing. 2023.
16. Real-Time Sound Recognition System for Human Care Robot Considering Custom Sound Events / S.-H. Kim et al. IEEE Access. 2024. P. 1.