

УДК 004.8:004.42

DOI <https://doi.org/10.32689/maup.it.2024.4.5>

### Олександр ГОРДІЄНКО

кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних інформаційних систем та технологій, Інститут комп'ютерно-інформаційних технологій та дизайну ПрАТ «ВНЗ «Міжрегіональна Академія управління персоналом», [oleksandr.m.hordiienko@gmail.com](mailto:oleksandr.m.hordiienko@gmail.com)  
ORCID: 0009-0002-7764-8668

### Аліна КОВАЛЬ

викладач кафедри комп'ютерних інформаційних систем та технологій, Інститут комп'ютерно-інформаційних технологій та дизайну ПрАТ «ВНЗ «Міжрегіональна Академія управління персоналом», [cora9393@gmail.com](mailto:cora9393@gmail.com)  
ORCID: 0009-0001-7379-5065

## КОНЦЕПЦІЯ ПІДКЛЮЧЕННЯ ФІЗИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ У РОЗУМНОМУ БУДИНКУ: ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ

**Анотація. Мета роботи.** Стаття присвячена концепції підключення фізичних об'єктів у розумному будинку для моніторингу та покращення якості повітря за допомогою штучного інтелекту. Вона досліджує інтеграцію різноманітних сенсорів і пристроїв, таких як датчики якості повітря, системи вентиляції та фільтрації, з розумними будинками для створення комфортних та здорових умов для життя і впливу на організм людини. Особливу увагу приділено використанню ШІ для аналізу даних, отриманих від сенсорів, для автоматичного коригування параметрів повітря, таких як рівень CO<sub>2</sub>, вологість і температура, з метою підтримки оптимального мікроклімату, як штучний інтелект може покращити енергетичну ефективність розумних будинків, зменшуючи енергоспоживання та знижуючи витрати на опалення, охолодження і вентиляцію, одночасно підтримуючи здоров'я мешканців. **Наукова новизна.** Стаття також оцінює потенційні виклики та майбутні перспективи впровадження таких технологій, враховуючи як технічні, так і етичні аспекти. Метою роботи є продемонструвати, як інноваційні рішення на основі IoT та ШІ можуть змінити підхід до управління навколишнім середовищем у будинках, покращуючи якість повітря та комфорт проживання.

**Висновок.** Загалом, концепція підключення фізичних об'єктів та використання ШІ для покращення якості повітря в розумному будинку є важливим кроком до створення безпечніших, здоровіших та енергоефективніших умов для життя, що має потенціал для значних змін у сфері житлового комфорту та інженерних технологій у майбутньому.

**Ключові слова:** фізичні об'єкти, IoT, термостати, освітлення, охоронні системи, CO<sub>2</sub>, PM2.5 та PM10, Sharp, сенсор, штучний інтелект.

## Oleksandr HORDIENKO, Alina KOVAL. THE FUTURE OF PROGRAMMING: HOW ARTIFICIAL INTELLIGENCE IS TRANSFORMING SOFTWARE DEVELOPMENT

**Abstract. The purpose of the work.** The article is devoted to the concept of connecting physical objects in a smart home to monitor and improve air quality using artificial intelligence. It explores the integration of various sensors and devices, such as air quality sensors, ventilation and filtration systems, with smart homes to create comfortable and healthy living conditions and impact on the human body. Special attention is paid to the use of AI to analyze data obtained from sensors to automatically adjust air parameters, such as CO<sub>2</sub> levels, humidity and temperature, in order to maintain an optimal microclimate, how artificial intelligence can improve the energy efficiency of smart homes, reducing energy consumption and lowering heating, cooling and ventilation costs, while supporting the health of residents.

**Scientific novelty.** The article also assesses the potential challenges and future prospects for the implementation of such technologies, taking into account both technical and ethical aspects. The aim of the work is to demonstrate how innovative IoT and AI-based solutions can change the approach to environmental management in homes, improving air quality and living comfort.

**Conclusion.** Overall, the concept of connecting physical objects and using AI to improve air quality in a smart home is an important step towards creating safer, healthier, and more energy-efficient living environments, which has the potential to significantly change the field of residential comfort and engineering technologies in the future.

**Key words:** IoT, thermostats, lighting, security systems, CO<sub>2</sub>, PM2.5 and PM10, Sharp, sensor, Artificial Intelligence.

**Вступ. IoT (Internet of Things)** – це концепція підключення фізичних об'єктів, пристроїв і сенсорів до Інтернету, що дозволяє їм збирати, обмінюватися і обробляти даними без прямої участі людини [8]. Наприклад:

- У будинках: термостати, освітлення, охоронні системи, які можна контролювати через смартфон.
- Годинники та фітнес-трекери, які моніторять стан здоров'я.
- Автомобілі, що збирають дані про стан, швидкість, навіть мають можливість відправляти їх на сервери для аналізу чи віддаленого контролю.

– У сільському господарстві: датчики в ґрунті, які вимірюють вологу або температуру для оптимізації поливу.

Моніторинг якості повітря є важливим для підтримки здоров'я людини, оскільки повітря може містити різноманітні забруднювачі, які можуть негативно впливати на дихальну систему та загальний стан здоров'я. Основними факторами, що впливають на якість повітря в приміщеннях, є рівень вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>), пил, вологість, температура, а також наявність хімічних сполук, таких як летючі органічні сполуки (ЛОС), формальдегід, діоксиди азоту (NO<sub>2</sub>) тощо.

*Показники якості повітря.* Вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>). Високі рівні CO<sub>2</sub> можуть свідчити про погану вентиляцію та недостатній приплив свіжого повітря. Підвищена концентрація CO<sub>2</sub> може спричинити втому, головні болі, зниження концентрації та навіть нудоту. Нормальний рівень CO<sub>2</sub> у приміщеннях зазвичай не перевищує 1000 ppm (частин на мільйон). Рівень понад 1000 ppm може вказувати на необхідність покращення вентиляції [14].

*Пил (PM2.5 та PM10).* Пил складається з дрібних часток, які можуть потрапляти в дихальні шляхи, погіршуючи стан здоров'я, особливо у людей із респіраторними захворюваннями (астма, алергії). PM2.5 (частки менші за 2.5 мікромметра) можуть проникати в глибокі частини легень і навіть потрапляти в кровообіг, що може призвести до серйозних проблем зі здоров'ям. PM10 – це частки діаметром менше 10 мікромметрів, які також можуть бути небезпечними для дихальної системи [14].

Датчики для вимірювання рівня пилу:

– Sharp GP2Y1010AU0F (PM2.5). Сенсор використовує метод розсіювання світла для визначення часток у повітрі. Лазерне світло направляється на частки, які розсіюють світло, і фотодіод фіксує це розсіяння, перетворюючи його на електричний сигнал.

– Plantower PMS5003. Цей сенсор використовує лазер для розсіювання світла на частках у повітрі. Інтенсивність і кут розсіювання світла дозволяють визначити концентрацію часток. Сенсор може відрізнити PM1.0, PM2.5 та PM10.

– Honeywell HPMA115S0. Використовує лазер для розсіювання світла на частках, надаючи оцінку концентрації PM2.5. Сенсор має високу чутливість до дрібних часток у повітрі.

*Температура та вологість.* Занадто висока або низька температура, а також невідконтрольний рівень вологості (вища за 60% або нижча за 30%) можуть сприяти розвитку грибка, плісняви та бактерій, а також створювати дискомфорт. Оптиміальні параметри для здоров'я – температура в межах 18–22°C і вологість 40–60% [14].

Датчики, що вимірюють температуру та вологість:

– DHT22. Вимірює температуру у діапазоні від -40°C до +80°C з точністю ±0.5°C. Вологість від 0% до 100% (точність ±2-5% в межах 20–80% вологості).

– BME280. Діапазон вимірювання температури від -40°C до +85°C з точністю ±1.0°C (в межах -10°C до +65°C). Діапазон вимірювання вологості від 0% до 100% RH (відносна вологість) з точністю ±3% в діапазоні від 20% до 80% вологості.

– DS18B20. Температурний діапазон від -55°C до +125°C з точністю ±0.5°C в діапазоні від -10°C до +85°C.

*Летючі органічні сполуки (ЛОС)* [15]. ЛОС – це хімічні речовини, які випаровуються в атмосферу при кімнатній температурі. До них належать формальдегід, бензол, толуол та інші, які можуть бути присутніми в матеріалах для ремонту, меблях, засобах для чищення, косметиці, побутових хімікатах. Підвищені рівні ЛОС можуть викликати головний біль, запаморочення, подразнення очей та дихальних шляхів, а також сприяти розвитку хронічних захворювань.

Діоксид азоту (NO<sub>2</sub>). В основному виникають в результаті діяльності газових плит, обігрівачів, камінів. Вони можуть погіршувати стан дихальних шляхів, спричинити астму та інші проблеми з диханням.

Датчики, що вимірюють якість повітря:

– MH-Z19 (CO<sub>2</sub>). Інфрачервоний сенсор (NDIR) для вимірювання CO<sub>2</sub>. Діапазон вимірювання від 0 до 5000 ppm CO<sub>2</sub> (проте, можливе розширення до 2000 ppm або 10000 ppm в залежності від версії) з точністю ±50 ppm ±3% від виміряної величини.

– MiCS-5524 (CO, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, O<sub>3</sub>). Мультигазовий сенсор, що вимірює CO (0–1000 ppm), NO<sub>2</sub> (0–50 ppm), NH<sub>3</sub> (0–100 ppm), O<sub>3</sub> (0–1000 ppb) з точністю ±3% для кожного газу в межах діапазону.

– CCS811 (CO<sub>2</sub>, TVOC). Цифровий сенсор для вимірювання CO<sub>2</sub> та TVOC (загальні летючі органічні сполуки). Діапазон вимірювання CO<sub>2</sub> від 400 до 8192 ppm з точністю ±30% та TVOC від 0 до 1187 ppb з точністю ±10%.

– Figaro TGS Series (VOC). Сенсор для вимірювання VOC (летючі органічні сполуки). В залежності від конкретної моделі серії TGS, вони можуть вимірювати VOC в різних концентраціях (зазвичай від 1 до кількох тисяч ppm).

### **Забезпечення комфортного і здорового середовища [2, 4, 15].**

*Управління вентиляцією* – один з основних способів контролю за якістю повітря. Важливо регулярно провітрювати приміщення, використовувати витяжки, зокрема в кухнях і санвузлах. Встановити рекуператори тепла або системи припливно-витяжної вентиляції, щоб зберегти тепло та водночас, покращити циркуляцію повітря. Щоб знизити рівень пилу, ЛОС і навіть бактерій в повітрі можна використовувати очищувачі повітря з HEPA-фільтрами та вуглецевими фільтрами. Така вентиляція особливо корисна для людей із алергіями чи астмою.

Неправильний рівень температури (менше 18°C та більше 24–25°C) може викликати фізичний дискомфорт і погіршити самопочуття. Висока температура може спричиняти відчуття втоми, головний біль, знижувати концентрацію і продуктивність. Низька температура може викликати переохолодження, особливо в нічний час, і сприяти розвитку простудних захворювань.

Занадто низька вологість (менше 30%) сприяє сухості шкіри, слизових оболонок, подразненню дихальних шляхів, сухості в очах, а також може погіршити стан бронхіальних шляхів, що особливо небезпечно для людей з алергіями або астмою. Занадто висока вологість (понад 60%) може призвести до розвитку плісняви, грибків і бактерій, що є джерелом алергенів і сприяє розвитку респіраторних захворювань.

Температура та вологість можуть впливати на меблі, дерев'яні підлоги та інші будівельні елементи. Дерево розсихається та тріскатися при низькій вологості, а при високій – набухає та деформується. Надмірна вологість шкодить фарбованим поверхням, шпалерам і викликає корозію металевих конструкцій.

Правильна температура та вологість у спальні можуть значно вплинути на якість сну. Температура в межах 18–22°C вважається оптимальною для сну. Вологість на рівні 40–60% також є ідеальною для підтримки комфортного сну, оскільки знижує ризик пересушування повітря та покращує дихання [15].

Необхідно використовувати осушувачі повітря для зниження вологості в приміщенні, особливо в місцях з підвищеною вологістю (ванна кімната, кухня). Для збільшення вологості в сухих умовах можна використовувати зволожувачі.

Екологічна оселя – це не лише питання збереження природи. Необхідно виключити матеріали, що виділяють токсичні хімікати (фарби, клеї, лакофарбові матеріали, пластикові меблі з високим вмістом ЛОС). Значно покращить якість повітря в приміщенні використання природних, нетоксичних матеріалів при ремонті або декоруванні.

### **Управління температурою [2, 4].**

*Конвектори.* Конвекційні обігрівачі працюють за принципом природного руху повітря: нагріте повітря піднімається, а холодне опускається, тим самим створюючи потік повітря, який рівномірно прогріває кімнату. Такі обігрівачі швидко прогрівають приміщення, компактні та безшумні. Вони легко управляються, тому їх можна підключити у систему розумного будинку. Недоліками такого обладнання є велике споживання електроенергії та вони висушують повітря.

*Інфрачервоні обігрівачі.* Ці пристрої нагрівають не повітря, а об'єкти та поверхні в кімнаті, які, в свою чергу, віддають тепло навколишньому середовищу. Інфрачервоний обігрів схожий на тепло від сонця. Легко керується системою розумного будинку. Такий пристрій економить енергію, бо не гріє повітря, яке вилітає у вентиляцію, швидко обігріває та не висушує повітря. Однак їх можна використовувати лише на коротких відстанях та можуть бути небезпечні при неправильному використанні [2].

*Масляні обігрівачі* працюють за принципом нагріву масла, яке рівномірно передає тепло в навколишнє середовище. Легко керується системою розумного будинку. Це найбільш популярний тип обігрівачів. Вони тривалий час зберігають тепло після вимкнення, безшумні, не висушують повітря. Але вони повільно прогрівають приміщення та займають багато місця.

Теплові насоси – це сучасний енергозберігаючий метод обігріву, який використовує природні ресурси, такі як повітря, ґрунт чи вода, для отримання тепла. Вони можуть також працювати як кондиціонери влітку. Теплові насоси високо-ефективні та екологічні. Їх можна інтегрувати у систему розумного будинку, проте є певні умови для ефективної роботи. Недоліками такої системи є висока вартість установки та обладнання. Потребує регулярного обслуговування, яке може бути досить дорогим [4].

*Печі та каміни* є одним із найстаріших типом обігріву, але досі дуже популярним у приватних будинках. Вони можуть працювати на дровах, пелетах або інших видах палива. Каміни та печі дають приємне природне тепло, мають декоративний ефект та атмосферність. Основною перевагою є незалежність від електрики. Такі обігрівачі потребують регулярного догляду, запасу палива та вентиляції. Печі та каміни, особливо ті, що працюють на дровах чи вугіллі, мають велику кількість потенційно небезпечних факторів, таких як відкритий вогонь, перегрівання та ризик пожежі. У поєднанні з автоматичними системами це може призвести до неконтрольованого вогню чи перегріву, що створює серйозну небезпеку.

У разі несправності вентиляції, чадний газ може накопичуватись у приміщенні, що є небезпечним для здоров'я [4].

Системи теплої підлоги можуть бути електричними або водяними. Вони прогрівають підлогу, яка, у свою чергу, нагріває та рівномірно розподіляє тепло у приміщенні. Така система зручна та економить місце. Її легко інтегрувати у систему розумного будинку. Тепла підлога має бути зпроектована на момент будівництва та має високу вартість встановлення.

### **Штучний інтелект (ШІ) в моніторингу [1, 3, 5, 6, 12, 13].**

Завдяки IoT, можна автоматизувати різні процеси, збирати великі обсяги даних для подальшого аналізу, знизити витрати на енергію, значно покращити комфорт у приміщенні, забезпечити віддалений мобільний моніторинг.

Штучний інтелект використовується для обробки великих обсягів даних, що надходять від сенсорів IoT. Алгоритми ШІ можуть аналізувати дані та інші фактори (наприклад, погодні умови, час доби, активність у приміщенні) для передбачення рівня забруднення повітря в майбутньому. На основі даних від сенсорів та моделей ШІ можна автоматично вживати заходів, наприклад, регулювати рівень вентиляції, активувати систему очистки повітря або повідомляти про забруднення користувача.

У статті було розглянуто концепцію підключення фізичних об'єктів у розумному будинку, зокрема використання штучного інтелекту для моніторингу та покращення якості повітря. Інтеграція сенсорних технологій і систем, таких як датчики якості повітря, фільтрація, вентиляція та системи кондиціонування, створює основу для побудови ефективних, здорових і комфортних умов для мешканців розумного будинку.

Основною перевагою використання штучного інтелекту в цьому контексті є можливість автоматичного аналізу та обробки даних, що дозволяє своєчасно виявляти аномалії та коригувати умови повітря, такі як рівень CO<sub>2</sub>, температура, вологість та інші важливі параметри, з огляду на специфічні потреби мешканців. Автоматизація цього процесу забезпечує не лише покращення якості життя, але й значно підвищує енергоефективність розумного будинку, що знижує витрати на енергоресурси [1].

Важливою складовою цього підходу є також забезпечення здоров'я мешканців. Врахування якості повітря в житлових приміщеннях має безпосередній вплив на фізичне та психологічне здоров'я людей. Автоматизовані системи, які контролюють рівень токсичних речовин, пилу та вологи, можуть значно знизити ризики для здоров'я, покращуючи дихальну функцію та загальний комфорт. Завдяки інтеграції з іншими системами розумного будинку, такими як освітлення, опалення та охолодження, можна створювати індивідуалізовані та адаптивні умови для кожного користувача [5, 6, 12, 13].

Проте, разом із можливостями, впровадження таких технологій також стикається з кількома викликами. Серед них – необхідність забезпечення високого рівня безпеки даних, захисту від кібератак, а також етичні питання, що стосуються збору та використання персональних даних мешканців. Крім того, важливим аспектом є доступність технологій для різних соціальних груп і забезпечення їх адаптації до різних кліматичних умов.

Майбутнє розумних будинків, оснащених ШІ, виглядає дуже перспективно. Очікується, що технології автоматизації та моніторингу стануть ще більш точними і доступними, дозволяючи зменшити витрати енергії, покращити екологічні умови та знизити витрати на обслуговування будинків. Технології штучного інтелекту стануть не лише частиною побутових процесів, але й активно сприятимуть розвитку нових форм взаємодії між людьми та навколишнім середовищем, надаючи можливості для адаптації до змінних умов у реальному часі.

### **Список використаних джерел:**

1. "Internet of Things – An action plan for Europe". ec.europa.eu. Commission of the European Communities. 18 June 2009. COM(2009) 278 final.
2. "Lighting control saves money and makes sense" (PDF). Daintree Networks. Retrieved 2009-06-19.
3. "The Computer for the 21st Century". Scientific American. 265 (3), 94–04. Bibcode:1991SciAm.265c.94W. doi:10.1038/scientificamerican0991-94.
4. Bahga, Arshdeep; Madiseti, Vijay (2014-08-09). Internet of Things: A Hands-On Approach. VPT. p. 50. ISBN 978-0-9960255-1-5.
5. Catalin Cimpanu (23 вересня 2016). Akamai Boots Krebs from Their Network After Never-Ending DDoS Attack. Softpedia.
6. Catalin Cimpanu (5 жовтня 2016). Akamai Post-Mortem Report Confirms Mirai as Source of Krebs DDoS Attacks. Softpedia.
7. Dan Goodin (20 березня 2013). Guerilla researcher created epic botnet to scan billions of IP addresses. Risk Assessment. Ars Technica.
8. Gillis, Alexander (2021). "What is internet of things (IoT)?" . IOT Agenda. Retrieved 17 August 2021.

9. Hendricks, Drew (10 August 2015). "The Trouble with the Internet of Things". London Datastore. Greater London Authority. Retrieved 10 August 2015.
10. Muhammad Junaid Bohio (19 march 2015). Analyzing a Backdoor/Bot for the MIPS Platform. SANS Institute. Архів оригіналу за 2 вересня 2016. Процитовано 9 листопада 2016.
11. Shafiq, Muhammad; Gu, Zhaoquan; Cheikhrouhou, Omar; Alhakami, Wajdi; Hamam, Habib (3 August 2022). "The Rise of "Internet of Things": Review and Open Research Issues Related to Detection and Prevention of IoT-Based Security Attacks". *Wireless Communications and Mobile Computing*. 2022: e8669348. doi:10.1155/2022/8669348. ISSN 1530-8669.
12. Steve Ragan. Here are the 61 passwords that powered the Mirai IoT botnet. CSO Online.
13. Zach Wikholm. When Vulnerabilities Travel Downstream. Flashpoint.
14. Брайчевський, С. М. Проблема персональних даних в системах Інтернету речей з елементами штучного інтелекту. *Інформація і право*. 2019. 4 (31). doi:10.37750/2616-6798.2019.4(31).194348.
15. Головна Smart Home: Одомашнювання Інтернет речей
16. Інтернет речей: друг чи ворог?. Архів оригіналу за 16 січня 2014. Процитовано 15 січня 2014.