

Голові разової спеціалізованої  
вченої ради PhD 11818  
Хмельницького національного університету  
доктору технічних наук, професору  
Олегу САВЕНКУ

## **РЕЦЕНЗІЯ**

**на дисертаційну роботу Алексова Сергія Вікторовича  
на тему «Методи і засоби розпізнавання ситуації та підтримки прийняття  
рішень у кіберфізичній системі «Розумний будинок»», подану на здобуття  
ступеня доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології  
за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія**

**Актуальність теми дослідження та її зв'язок із планами наукових робіт університету.**

Проектування кіберфізичної системи «Розумний будинок» базується на принципах безбар'єрної інтеграції сервісів та мінімізації ресурсних витрат на їх впровадження й обслуговування. Сучасна кіберфізична система має забезпечувати ефективний розподіл енергоносіїв і надавати користувачеві ергономічний інструментарій управління. Особливістю такої архітектури є здатність ідентифікувати як штатні, так і критичні події, реагуючи на них через крос-системну взаємодію, де робота однієї підсистеми адаптується до стану іншої згідно з установленими алгоритмами.

Концепція інтелектуального житла визначає нову парадигму взаємодії людини з простором, де мешканець лише задає загальний вектор розвитку подій через вибір сценарію. Подальше регулювання параметрів мікроклімату, освітлення та мультимедійних комплексів відбувається автоматично, враховуючи динамічні зміни зовнішніх та внутрішніх чинників. Важливо, що попри складність внутрішніх процесів, інтерфейс залишається інтуїтивно зрозумілим, що звільняє користувача від необхідності володіти спеціальними технічними знаннями для повсякденної експлуатації системи.

Аналіз існуючих технологічних рішень свідчить про їхню функціональну обмеженість – більшість сучасних методів розпізнавання ситуацій та підтримки прийняття рішень орієнтовані лише на вузькоспеціалізовані завдання. Часто інтелектуальний аналіз охоплює лише одну категорію функцій. Це зумовлює гостру потребу у створенні уніфікованих методів, здатних синхронно опрацьовувати дані від усіх ключових підсистем житла.

Стратегічним напрямом еволюції цієї галузі є перехід до повної автономності кіберфізичних систем, що виключає необхідність безпосереднього втручання людини в процес управління. Це вимагає від інтелектуального ядра системи здатності самостійно ідентифікувати поточний контекст, проводити аналіз альтернатив та реалізовувати найбільш ефективні керуючі впливи. Саме такий рівень автоматизації дозволить перетворити кіберфізичну систему «Розумний будинок» на повноцінну адаптивну екосистему.

Наразі вбачається суттєва суперечність між об'єктивною потребою у комплексному автоматичному управлінні житловим простором, зокрема, трьох груп керованих функцій житла (мікроклімат, освітлення та мультимедіа), та технологічною недосконалістю наявних методів та інструментів ідентифікації подій. Розв'язання цієї суперечності є актуальною науково-прикладною задачею, що полягає у забезпеченні розпізнавання ситуації та автоматичного прийняття рішень кіберфізичною системою «Розумний будинок» шляхом розроблення методів і засобів розпізнавання ситуації та підтримки прийняття рішень у кіберфізичній системі «Розумний будинок». Такий підхід дозволить подолати фрагментарність існуючих систем та забезпечить новий рівень інтелектуалізації кіберфізичних середовищ.

Зазначена науково-прикладна задача відповідає предметній області Стандарту вищої освіти України зі спеціальності 123 – Комп'ютерна інженерія для третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти, зокрема, такому об'єкту вивчення та діяльності, як «інформаційні процеси, технології, методи, способи, інструментальні засоби та системи для дослідження, проектування, налагодження, виробництва й експлуатації ... кіберфізичних систем, Інтернету речей, ...».

Дослідження, результати яких наведено в дисертації, проведені в рамках науково-дослідної тематики Хмельницького національного університету – держбюджетної науково-дослідної теми «Система виявлення ЗПЗ та комп'ютерних атак в корпоративних мережах з використанням хибних об'єктів атак та пасток» (ДР № 0124U000980), в якій автор дисертації був виконавцем.

#### **Формулювання наукової задачі, мети й задач дослідження.**

Здобувачем правильно визначено наукову задачу, об'єкт і предмет дослідження, відповідно до висунутої заздалегідь гіпотези дослідження. Так, науково-прикладною задачею визначено забезпечення розпізнавання ситуації та автоматичного прийняття рішень кіберфізичною системою «Розумний будинок». Об'єктом дослідження визначено процес автоматичного прийняття рішень кіберфізичною системою «Розумний будинок». Предметом дослідження

визначено методи і засоби автоматичного прийняття рішень у кіберфізичній системі «Розумний будинок».

Мету дисертаційного дослідження визначено як оптимізація розпізнавання ситуацій та автоматичне прийняття рішень кіберфізичною системою «Розумний будинок» для трьох груп керованих функцій житла (мікроклімат, освітлення та мультимедіа) шляхом розроблення методів та засобів розпізнавання ситуації та підтримки прийняття рішень у кіберфізичній системі «Розумний будинок».

Поставлену мету досягнуто в результаті розв'язання таких задач:

- проаналізувати відомі методи та засоби розпізнавання ситуації та підтримки прийняття рішень у кіберфізичній системі «Розумний будинок»;
- розробити концепцію розпізнавання ситуацій та прийняття рішень щодо мікроклімату, освітлення та мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок»;
- провести сценарне моделювання керування мікрокліматом, освітленням та мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок»;
- розробити методи прийняття рішень щодо мікроклімату, освітлення та мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок»;
- виконати вибір компонентів для підсистеми розпізнавання ситуацій та прийняття рішень щодо освітлення, мікроклімату та мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок»;
- спроектувати архітектуру та реалізувати підсистему розпізнавання ситуацій та прийняття рішень щодо освітлення, мікроклімату та мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок».

**Наукова новизна одержаних автором результатів** полягає в наступному:

- 1) вперше розроблено деталізовану сценарну модель керування мікрокліматом (температурою та вологістю), освітленням та мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок», яка, на відміну від відомих рішень, що керують цими функціями ізольовано або лише за бінарними умовами, забезпечує комплексне та узгоджене прийняття автоматичних рішень одразу за всіма трьома групами функцій, інтегруючи при цьому розрахунок необхідної кількості ламп для досягнення цільової освітленості. Така сценарна модель забезпечує автоматичне генерування узгоджених рішень для приміщень різного типу на основі розпізнаної ситуації та первинних параметрів ініціалізації;
- 2) вперше розроблено методи прийняття рішень щодо мікроклімату, освітлення та мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок» (метод прийняття рішень щодо керування температурою, метод прийняття рішень щодо керування вологістю, метод прийняття рішень щодо керування освітленням, метод прийняття рішень щодо керування гучністю мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок»), які, на відміну від відомих рішень,

що керують цими функціями ізольовано, комплексно та узгоджено забезпечують автоматичне створення й підтримання оптимального житлового середовища. Вони гарантують гнучке регулювання світлового потоку (з урахуванням затінення), підтримку оптимальних теплових параметрів та концентрації вологи, а також автоматичне недопущення перевищення санітарних норм гучності, що загалом підвищує комфорт, безпеку та автономність мешканців відповідно до будівельних і санітарно-гігієнічних вимог;

3) удосконалено метод ініціалізації підсистеми розпізнавання ситуацій та підтримки прийняття рішень щодо мікроклімату, освітлення та мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок» як комплексної процедури первинної ініціалізації підсистеми, який, на відміну від відомих рішень, що обмежуються лише налаштуванням часових або порогових параметрів, забезпечує систему комплексною, багатофакторною базою знань – від синхронізації soft real-time часових даних і семантичного маркування приміщення до інтеграції технічних характеристик обладнання (типу ламп, засобів затінення) та цільових пріоритетів (стартового режиму освітлення). Такий метод є передумовою для подальшого ситуаційного аналізу та автономного прийняття узгоджених рішень щодо освітлення, мікроклімату та мультимедіа, дозволяючи системі розпочати роботу з передбачуваних потреб мешканців;

4) набула подальшого розвитку архітектура підсистеми розпізнавання ситуацій та прийняття рішень щодо освітлення, мікроклімату та мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок», яка, на відміну від вузькоспеціалізованих відомих рішень, що керують лише однією групою функцій, забезпечує комплексне та узгоджене керування трьома ключовими функціями комфорту (освітленням, мікрокліматом і мультимедіа). Така архітектура гарантує автоматичне створення та підтримання оптимального середовища шляхом одночасного аналізу та взаємопов'язаного коригування всіх параметрів на основі єдиної бази сценаріїв, переводячи систему від простого контролю до ситуаційного прийняття автоматичних рішень.

#### **Короткий аналіз основного змісту дисертації.**

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг роботи становить 194 сторінки, з них 150 сторінок основного тексту.

У вступі автором обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, основні завдання, предмет та об'єкт дослідження, наведено наукову новизну, практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі проаналізовано відомі методи та засоби розпізнавання ситуації та підтримки прийняття рішень у кіберфізичній системі «Розумний будинок», зокрема, висвітлено поняття кіберфізичної системи «Розумний будинок», проаналізовано відомі рішення кіберфізичної системи «Розумний будинок», методи та засоби щодо керування мікрокліматом, освітленням та мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок». Також, підведено підсумки проведеного аналізу та здійснено постановку задачі дослідження.

У другому розділі виконано концептуальне та сценарне моделювання керування мікрокліматом, освітленням та мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок», зокрема, розроблено концепцію розпізнавання ситуацій та прийняття рішень щодо мікроклімату, освітлення та мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок», сформовано вимоги предметної галузі керування мікрокліматом, освітленням та мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок», а також розроблено сценарну модель керування мікрокліматом, освітленням та мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок».

У третьому розділі виконано розроблення методів прийняття рішень щодо мікроклімату, освітлення та мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок», зокрема, розроблено метод прийняття рішень щодо керування температурою у кіберфізичній системі «Розумний будинок», метод прийняття рішень щодо керування вологістю у кіберфізичній системі «Розумний будинок», метод прийняття рішень щодо керування освітленням у кіберфізичній системі «Розумний будинок», прийняття рішень щодо керування гучністю мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок».

У четвертому розділі розроблено підсистему розпізнавання ситуацій та прийняття рішень щодо освітлення, мікроклімату та мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок», зокрема, виконано вибір компонентів для підсистеми розпізнавання ситуацій та прийняття рішень щодо освітлення, мікроклімату та мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок», спроектовано архітектуру підсистеми розпізнавання ситуацій та прийняття рішень щодо освітлення, мікроклімату та мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок», а також представлені результати експериментальних досліджень.

У висновках дисертації подано отримані наукові та практичні результати дослідження. Основні висновки і рекомендації логічно витікають із результатів, які наведено у розділах роботи.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

## **Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій.**

Наукові висновки та рекомендації, наведені в дисертації, ґрунтуються на адекватному та цілеспрямованому використанні методів аналізу та моделювання процесів, принципів сценарного моделювання, теоретико-множинних підходів, методів концептуального моделювання, апарату модельно-орієнтованих підходів, принципів загальної теорії систем та системного аналізу, принципів побудови баз знань та формування логічного висновку, загальних принципів створення кіберфізичних систем, методів емпіричного дослідження. Успішна реалізація підсистеми розпізнавання ситуацій та прийняття рішень щодо освітлення, мікроклімату та мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок», а також ефективне впровадження результатів дослідження в комерційну діяльність підприємств демонструє відповідність отриманих теоретичних результатів реальним результатам їхнього використання.

### **Практичне значення одержаних результатів.**

Практичне значення отриманих результатів полягає в доведенні теоретичних результатів дисертаційної роботи до реалізації та у безпосередньому використанні їх на підприємствах.

Практичне значення розробленої підсистеми розпізнавання ситуацій та прийняття рішень щодо освітлення, мікроклімату та мультимедіа для кіберфізичної системи «Розумний будинок» полягає у створенні адаптивного та висококомфортного житлового середовища, орієнтованого на користувача. Підсистема виводить кіберфізичну систему «Розумний будинок» за межі простого контролю, створюючи адаптивні сценарії комфорту. Вона самостійно ініціює дії без прямої команди, наприклад, автоматично додає світло, підвищує температуру або вмикає зволожувач. Таке ситуаційне прийняття рішень забезпечує, що параметри мікроклімату, освітлення та мультимедіа взаємопов'язано коригуються для досягнення цілісного стану комфорту, що підвищує якість життя мешканців, створюючи персоналізоване та саморегульоване середовище. Розроблена підсистема розпізнавання ситуацій та прийняття рішень щодо освітлення, мікроклімату та мультимедіа для кіберфізичної системи «Розумний будинок» підвищує якість життя та комфорт мешканців, забезпечуючи дотримання санітарних норм.

У результаті проведених експериментальних досліджень з розробленою підсистемою було підтверджено її коректне функціонування, а також можливість її використання для розпізнавання ситуацій та прийняття рішень щодо освітлення, мікроклімату та мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок».

Теоретичні та практичні результати дослідження впроваджені в ТОВ «Деймос» (м. Хмельницький); ГО «ІТ Кластер м. Хмельницького» (м. Хмельницький); у навчальному процесі Хмельницького національного університету (м. Хмельницький); у навчальному процесі Воєнної академії імені Євгенія Березняка (м. Київ); при виконанні держбюджетної теми Хмельницького національного університету «Система виявлення ЗПЗ та комп'ютерних атак в корпоративних мережах з використанням хибних об'єктів атак та пасток» (ДР № 0124U000980).

**Особистий внесок здобувача** полягає в аналізі методів та засобів розпізнавання ситуації та прийняття рішень в «Розумному будинку», розробленні методу підтримки прийняття рішень щодо керування температурою в «Розумному будинку», розробленні сценарної моделі та методу керування освітленням у кіберфізичній системі «Розумний будинок», розробленні методу керування вологістю в кіберфізичній системі «Розумний будинок», розробленні методу прийняття рішень щодо керування гучністю мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок», розробленні архітектури та виборі компонентів підсистеми розпізнавання ситуацій та підтримки прийняття рішень щодо освітлення, мікроклімату та мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок». Усі наукові результати дисертаційного дослідження отримані автором особисто. У публікаціях, що опубліковані у співавторстві, здобувачеві належать основні ідеї, теоретична та практична розробка положень, відображених у характеристиці наукової новизни отриманих результатів.

За результатами проведених досліджень основні наукові результати опубліковані у 9 наукових працях, серед яких 6 статей у фахових наукових журналах України, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України категорії Б; 3 публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації (статті в матеріалах конференцій, що індексуються в наукометричній базі Scopus).

#### **Апробація матеріалів дисертації.**

Апробацію основних положень, ідей, висновків дисертаційної роботи проведено на науковому семінарі кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем Хмельницького національного університету. Наукові результати доповідались та обговорювались на 3 міжнародних науково-технічних семінарах, а саме: 4th International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security IntelITSIS-2023 (м. Хмельницький, 2023); 2023 IEEE 13th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (м. Афіни, Греція, 2023); 2024 IEEE International Scientific and Technical Conference "Computer Science and Information Technologies" (м. Львів, 2024).

### **Зауваження.**

У результаті розгляду дисертації сформовано наступні зауваження та рекомендації:

1) у Вступі (стор. 17-18) варто було не тільки перерахувати українських та іноземних учених, які присвячували та присвячують свої дослідження питанням забезпечення розпізнавання ситуації та автоматичного прийняття рішень кіберфізичною системою «Розумний будинок», але й зазначити їх внесок у вирішення такої науково-прикладної задачі;

2) при висвітленні практичного значення отриманих результатів та впровадження результатів дисертаційної роботи у Вступі (стор. 22) не зазначено кількісного значення ефекту, який забезпечила розроблена автором підсистема розпізнавання ситуацій та прийняття рішень щодо освітлення, мікроклімату та мультимедіа для кіберфізичної системи «Розумний будинок»;

3) при розробленні методу ініціалізації підсистеми розпізнавання ситуацій та прийняття рішень щодо мікроклімату, освітлення та мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок» в підрозділі 2.1 (стор. 51-53) автором не відзначено залежність методу від ручної ініціалізації та коректності введених користувачем даних як недолік такого методу;

4) при описі підсистеми розпізнавання ситуацій та прийняття рішень щодо освітлення, мікроклімату та мультимедіа для кіберфізичної системи «Розумний будинок» у розділі 4 варто було б визначити можливі конфлікти та взаємовиключення даних з датчиків, а також послідовність дій розробленої підсистеми у таких ситуаціях;

5) у розділі 4 варто було б показати результати порівняльного аналізу розробленої підсистеми розпізнавання ситуацій та прийняття рішень щодо освітлення, мікроклімату та мультимедіа для кіберфізичної системи «Розумний будинок» з відомими проаналізованими у підрозділі 1.3 засобами щодо керування мікрокліматом, освітленням та мультимедіа у кіберфізичній системі «Розумний будинок»;

б) у дисертації автор припустився деяких орфографічних та пунктуаційних помилок, зустрічаються неузгодженості відмінків слів, пропущені слова тощо.

Втім, зазначені зауваження суттєво не впливають на загальний, доволі високий, рівень проведеного дослідження.

### **Загальний висновок.**

Вважаю, що дисертаційна робота Алексова Сергія Вікторовича на тему «Методи і засоби розпізнавання ситуації та підтримки прийняття рішень у кіберфізичній системі «Розумний будинок»» містить нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати за спеціальністю 123 Комп'ютерна

інженерія галузі 12 Інформаційні технології, які в сукупності забезпечують розв'язання актуальної науково-прикладної задачі забезпечення розпізнавання ситуації та автоматичного прийняття рішень кіберфізичною системою «Розумний будинок».

Дисертаційна робота «Методи і засоби розпізнавання ситуації та підтримки прийняття рішень у кіберфізичній системі «Розумний будинок»», яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає пп. 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 (із змінами), а її автор, Алексов Сергій Вікторович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія.

**Рецензент:**

професор кафедри комп'ютерної інженерії  
та інформаційних систем  
Хмельницького національного  
університету, доктор технічних  
наук, професор

Єлизавета ГНАТЧУК

**«Підпис Єлизавети ГНАТЧУК засвідчую»:**

Проректор з НР ХНУ



Олег СИНЮК