

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного університету
«Львівська політехніка»
д.т.н., проф. Цмоцю Івану Григоровичу

ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА

кандидата технічних наук, **Опотяка Юрія Володимировича**
на дисертаційну роботу **Береговської Христини Василівни** на тему
«Інформаційна технологія управління адаптивною системою розумного будинку»,
подану до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії
з галузі знань 12 «Інформаційні технології» та спеціальності
122 «Комп'ютерні науки»

Актуальність теми дисертації. Дисертаційне дослідження зосереджене на створенні інформаційної технології для керування адаптивною системою розумного будинку (РБ), яка здатна функціонувати проактивно, реалізуючи випереджувальне управління на основі навчання з використанням статистичних даних про користувацьку поведінку. Запропоновані моделі та методи поєднують графово-теоретичні та стохастичні підходи, що реалізуються через мережі Петрі-Маркова (МПМ) і доповнюються функціональними модулями, такими як сенсори та актуатори. Такий підхід забезпечує підвищення ефективності управління, подієвої реакції та рівня персоналізації в системах РБ.

Попри значний прогрес у сфері автоматизації житлових приміщень, сучасні комерційні рішення здебільшого не забезпечують повноцінної адаптації до поведінки користувача. Переважна більшість таких систем ґрунтується на фіксованих сценаріях управління, не враховуючи ймовірнісну змінність поведінкових моделей. Це суттєво обмежує функціональні можливості розумного будинку, зокрема щодо прогнозування дій користувача та динамічного реагування на них.

Попри інтенсивний розвиток технологій «розумного будинку», наразі відсутні уніфіковані методи та інструменти моделювання, які б забезпечували формалізований і кількісний опис взаємодії з користувачем із урахуванням ймовірнісної природи подій. Особливої актуальності набуває задача побудови моделей, здатних ініціювати дії до настання відповідних подій, тобто забезпечувати проактивну поведінку системи. Запровадження таких підходів є необхідною умовою для створення систем нового покоління – адаптивних, здатних до навчання, що ефективно взаємодіють з користувачем та діють на випередження.

З наведеного випливає, розроблення методів та засобів розроблення якісно нових моделей систем «Розумний будинок», які б дали змогу реалізувати механізм адаптації системи до особливостей характеру та поведінки конкретних користувачів, забезпечивши тим самим ще більший рівень комфорту та досягнення поставлених перед даними системами цілей є актуальною науково-прикладною задачею в контексті особливостей, продиктованих вимогами сьогодення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконувалася відповідно до пріоритетних напрямів науково-дослідних робіт Національного університету «Львівська політехніка» та відповідно до координаційних планів Міністерства освіти й науки України. Зокрема, наукові дослідження виконувалися в рамках держбюджетних наукових тем кафедри автоматизованих систем управління: «Інтелектуальні інформаційні технології багаторівневого управління енергоефективністю регіону» (номер державної реєстрації 0117U004450, роки виконання: 2017-2018 рр.); «Методи та засоби нейронечіткого управління групою мобільних робототехнічних платформ» (номер державної реєстрації: 0123U101688, роки виконання: 2023-2024 рр.); «Методи та засоби інтелектуального вимірювання параметрів руху та визначення просторової орієнтації наземних мобільних робототехнічних платформ» (номер державної реєстрації: 0124U000822, роки виконання: 2024-2026 рр.).

Наукова новизна роботи полягає розв'язанні актуальної наукової задачі з розроблення методів та засобів управління адаптивною системою розумного будинку, що дає змогу реалізувати механізм адаптації системи до особливостей поведінки користувачів, забезпечивши тим самим високий рівень комфорту.

При цьому отримано такі нові результати:

вперше розроблено:

- моделі для системи управління розумним будинком, які використовують теорію мереж Петрі-Маркова та доповнених функціональними компонентами, що дає змогу реалізувати сценарії функціонування та функцію адаптації системи управління розумним будинком до поведінки та вимог його власника;

- метод навчання моделей для системи управління розумним будинком, який використовує розроблені режими збору даних (ручний, автоматизований, автоматичний) та етапи опрацювання статистичної інформації та подальше налаштування моделей, що дає змогу здійснити адаптацію розроблених моделей до поведінки користувача;

вдосконалено метод синтезу моделей для системи управління розумним будинком, який використовує теорію мереж Петрі-Маркова та розроблені алгоритми, що дає змогу автоматизувати процес побудови адаптивних моделей;

отримала подальший розвиток модель для системи управління, яка, на відміну від існуючих, використовує теорію стохастичних мереж Петрі та дає змогу врахувати випадкові процеси та стани складових розумного будинку.

Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків дисертації та їх достовірність. При вирішенні поставлених у дисертації задач, створенні наукових положень, висновків та рекомендацій, автором застосовані дані, які одержані з літературних джерел, з результатів аналізу сучасного стану та перспектив розвитку моделей для системи управління розумним будинком, а також, базуючись на практичному виробничому досвіді автора дисертації у розробці та аналізі моделей для системи управління. Таким чином, наведені в дисертації результати слід вважати достатньо обґрунтованими, що підтверджується даними моделювань, експериментальних досліджень та практичними результатами, котрі підтверджується, також, наявними актами впровадження.

Усі наукові результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. Особисто здобувачеві належать такі наукові результати: розроблено метод синтезу моделей для адаптивних систем розумного будинку з використанням мереж Петрі-Маркова; розроблено моделі адаптивної системи розумного будинку на основі мереж Петрі та моделей Маркова; розроблено контролер для розподіленого керування в адаптивних системах розумного будинку; розроблено моделі систем «Інтелектуальний будинок» побудованих на основі моделей Петрі-Маркова та доповнених функціональними компонентами; розроблено методу побудови моделей систем «Інтелектуальний будинок», створених на основі моделей Петрі-Маркова та доповнених функціональними компонентами; розроблено структурну модель на основі теорії мереж Петрі; розроблено спеціалізований мікроконтролер моніторингу та імовірнісного прогнозування зміни станів систем «Розумний будинок»; розроблено автоматизовану програмну систему адміністрування та моніторингу систем «Розумний будинок»; розроблено метод навчання моделей систем розумного будинку на основі моделей Петрі-Маркова та доповнених функціональними компонентами; проведено аналіз сучасного стану розвитку систем РБ, аналіз методів та моделей автоматизації їх проектування; розроблено алгоритм формування шаблонів для системи правил, пов'язаних з керуванням пристроями; розроблено математичну модель підсистеми безпеки розумного будинку; розроблено механізм декомпозиції моделей проєктованих систем РБ; розроблено математичну модель телекомунікаційної мережі для розумної будівлі; розроблено модель системи «Інтелектуальний будинок» на основі моделі Маркова; розроблено математичний алгоритм для модуля моніторингу в розумній будівлі; розроблено структурну модель на основі мереж Петрі.

Наукове значення виконаного дослідження. Наукові положення, висновки і рекомендації, наведені у дисертаційній роботі, у сукупності можна кваліфікувати як внесок здобувачки у подальший розвиток наукових досліджень у сфері інформаційних технологій управління адаптивною системою розумного будинку. Результати дисертації Береговської Х.В. є значущими для галузі знань 12 «Інформаційні технології» та спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

Практичне значення. Напрацювання авторки пройшли належну практичну апробацію, що підтверджено відповідними актами про впровадження.

Практичне значення результатів дослідження документально підтверджено актами про використання дисертаційної роботи Береговської Х.В. при виконанні науково-дослідних робіт за темами: «Методи та засоби нейронечіткого управління групою мобільних робототехнічних платформ», «Методи та засоби інтелектуального вимірювання параметрів руху та визначення просторової орієнтації наземних мобільних робототехнічних платформ» та «Інтелектуальні інформаційні технології багаторівневого управління енергоефективністю регіону».

Результати дисертаційних досліджень Береговської Х.В. впроваджені в навчальний процес кафедри автоматизованих систем управління Національного університету «Львівська політехніка» для викладання наступних дисциплін: «Основи смарт-технологій і систем» та «Моделювання процесів і смарт-систем».

Повнота оприлюднення результатів дисертаційної роботи. Результати дисертаційної роботи Береговської Х.В. доповідались та обговорювались на міжнародних наукових та науково-технічних конференціях. Основні наукові результати дисертації опубліковано в 25-ти працях, зокрема: дев'ять статей – у наукових фахових періодичних виданнях України; дві статті – у наукових періодичних виданнях інших держав; чотирнадцять публікацій – у матеріалах міжнародних науково-технічних конференцій.

Наукові праці відображають повноту і новизну наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, а також зміст роботи. З наукових праць, опублікованих у співавторстві, в дисертації використано лише авторські положення, які виокремлено і відзначено як особистий внесок здобувача у списку публікацій здобувача за темою дослідження. Наукові публікації відповідають вимогам п. 8 та п. 9 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії (постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 із змінами, внесеними згідно з постановою Кабінету Міністрів України № 341 від 21.03.2022).

Короткий аналіз структури та змісту дисертаційної роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури з 101

найменувань та 3 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 180 сторінок, з них 159 сторінок основного тексту, який містить 54 рисунки та 8 таблиць. За структурою, мовою та стилем викладення дисертація відповідає вимогам МОН України. Робота написана літературною українською мовою з використанням сучасної наукової термінології, а стиль викладення матеріалу є послідовним та логічним.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження, сформульовано мету дослідження та науково-прикладні завдання, необхідні для її досягнення, показано зв'язок дослідження з науковими програмами та темами, наведено наукову новизну отриманих результатів, їх практичну цінність та особистий внесок здобувачки.

У першому розділі дисертаційної роботи проведено комплексний аналіз сучасного стану методів, моделей, програмного й апаратного забезпечення, що використовуються у проектуванні та реалізації систем РБ. Результати проведеного аналізу дозволили сформулювати ключові вимоги до майбутньої інформаційної технології управління адаптивними системами РБ.

У другому розділі авторкою розроблено модель взаємодії власника та адаптивної системи РБ, яка ґрунтується на теорії мереж Петрі та дає змогу дослідити динаміку функціонування та стани системи; модель підвищення оперативності реагування системи РБ, яка ґрунтується на моделях Маркова із застосуванням додаткових компонентів; модель для системи РБ на основі теорії мереж Петрі-Маркова, доповнену функціональними компонентами (сенсорами та актуаторами); побудовано графи досяжності станів розроблених моделей, які демонструють скінченність і досяжність усіх станів та дають змогу дослідити динаміку функціонування моделей.

У третьому розділі розроблено метод синтезу моделей систем «Розумний будинок» на основі мереж Петрі-Маркова (МПМ), доповнених функціональними компонентами, який забезпечує багаторівневу декомпозицію структури системи від узагальненого до рівня сенсорів та актуаторів. Розроблено метод навчання моделей систем РБ, який охоплює два ключові етапи: збір та опрацювання статистичної інформації й подальшу адаптацію моделі. Представлено три режими збору даних – ручний, автоматизований та автоматичний – кожен з яких проаналізовано за перевагами та обмеженнями з урахуванням практичної доцільності. Розроблено алгоритм реалізації навчання моделі управління адаптивною системою розумного будинку, що ґрунтується на мережах Петрі-Маркова і включає функціональні елементи, також розроблено механізм побудови узагальненої моделі системи РБ з подальшою генерацією множини похідних моделей окремих сценаріїв. Реалізовано алгоритм побудови моделі із врахуванням ієрархії декомпозиції, зв'язків між станами, початкових та кінцевих умов, що погоджуються з користувачем. Оптимізовано структуру подання моделей, що

дозволило перейти від громіздких тривимірних і чотиривимірних масивів до більш компактного одновимірного подання з наскрізною нумерацією станів та єдиним репозиторієм реляцій.

У четвертому розділі на основі моделей Петрі-Маркова і доповнених функціональними компонентами та результати дослідження» представлено практичну реалізацію розробленої інформаційної технології управління адаптивною системою розумного будинку. Запропоновано повноцінну архітектуру програмно-апаратного комплексу разом з алгоритмами функціонування, технічними рішеннями та інструментами моніторингу й адміністрування.

У загальних висновках дисертаційної роботи сформульовано основні результати дисертаційної роботи, які узгоджуються з метою та завданнями дослідження.

Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації.
Відзначаючи високий науковий рівень представленої дисертаційної роботи, необхідно звернути увагу на наявні в ній окремі дискусійні положення чи недоліки:

1. У першому розділі рис. 1.1. Ключові фактори систем РБ (стр. 30) варто було б збільшити, розмістивши повністю на сторінці для більшої читабельності.
2. У другому розділі варто більш коректно зобразити графічну форму подання моделей, щоб виключити взаємне накладання текстових і стрілкових елементів.
3. У роботі не достатньо повно описано відмінність отриманих результатів дослідження функціонування розробленої удосконаленої стохастичної моделі управління системою розумного будинку від уже існуючих моделей.
4. У дисертації не достатньо повно описано критерії, що впливають на прийняття рішення розробленої системи управління РБ.
5. На мою думку, варто додати обґрунтування вибору складових технічного забезпечення, що використовуються для реалізації системи управління адаптивною системою розумного будинку (STM8S103F3P6, ESP8266 та ін.).
6. Подані результати в Таблиці 4.1, на мою думку, варто перенести у додаток дисертаційної роботи.
7. Для кращого розуміння роботи, гістограми в параграфі 4.8 потребують додаткових пояснень.
8. Окрім того, у дисертаційній роботі наявні окремі граматичні, орфографічні і стилістичні неточності та описки.

Наведені зауваження і дискусійні положення не знижують загальної позитивної оцінки дисертації, відображають власну наукову позицію рецензента і не заперечують можливості авторського бачення шляхів досягнення мети й вирішення завдань дисертаційної роботи.

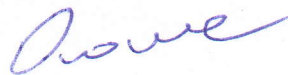
Висновок

Дисертаційна робота Береговської Христин Василівни на тему «Інформаційна технологія управління адаптивною системою розумного будинку» є кваліфікаційною науковою працею, виконаною на актуальну тему, яка характеризується єдністю змісту, має достатній рівень обґрунтованості та достовірності, містить нові науково обґрунтовані результати дослідження.

Структура і зміст роботи відповідає встановленим вимогам. Наукові положення, висновки та рекомендації повністю обґрунтовані та аргументовані, містять наукову новизну та отримали апробацію на науково-практичних конференціях. У публікаціях здобувачки відображені основні положення дисертаційного дослідження. Зміст дисертації повністю відповідає темі дослідження.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог, які встановлені до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора філософії, зокрема вимогам Наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами та доповненнями) та «Про затвердження 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 № 44 від 12.01.2022 р. (зі змінами та доповненнями), а дисертантка Береговська Христина Василівна заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Офіційний рецензент, кандидат технічних наук,
ст. наук. співробітник, доцент кафедри
автоматизованих систем управління
Національного університету
«Львівська політехніка»



Юрій ОПОТЯК

«Підпис Опотяка Ю.В. засвідчую»
Проректор Національного університету
«Львівська політехніка»



Роман ФЕДОРИШИН