

ЗАТВЕРДЖУЮ



Проректор з наукової роботи
Національного університету
«Львівська політехніка»
д.т.н., проф. Іван ДЕМИДОВ

05 2025 р.

Висновок

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів
дисертації «Інформаційна технологія управління адаптивною системою
розумного будинку»**

здобувача наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю

122 Комп'ютерні науки

(галузь знань 12 Інформаційні технології)

Христини БЕРЕГОВСЬКОЇ

розширеного наукового семінару

кафедри автоматизованих систем управління

Навчально-наукового інституту комп'ютерних наук

та інформаційних технологій

1. Актуальність теми дисертації обумовлена:

1. *Необхідністю дослідження впливу автоматизації виробничих і побутових процесів на динаміку темпу життя в сучасному суспільстві для підвищення ефективності трудової діяльності та формуванні умов для самореалізації, дозволя й особистісного розвитку людини. Однією з визначальних рис сучасного суспільства є стрімке зростання темпу життя. З одного боку, люди прагнуть максимально ефективно використовувати свій робочий час, з іншого – вивільнити більше часу для особистих потреб, відпочинку, самореалізації та дозволя. Одним із дієвих засобів досягнення цієї мети є автоматизація процесів, як виробничих, так і побутових, які тісно пов'язані з повсякденною людською діяльністю. Реалізацією ідеї автоматизації побуту є системи «розумний будинок» (РБ), які покликані не лише полегшити виконання рутинних дій, а й підвищити рівень енергоефективності, безпеки та загального комфорту користувача. У рамках цієї дисертаційної роботи основна увага зосереджена на реалізації функції вивільнення продуктивного часу користувача за рахунок інтелектуалізації процесів керування побутовими пристроями.*

2. *Еволюцію систем розумного будинку (РБ) від програмно-закладених сценаріїв до інтелектуальних адаптивних систем, здатних до самонавчання та врахування поведінкових патернів користувачів; обґрунтувати підходи до розробки таких систем з урахуванням зростаючих вимог до комфорту,*

індивідуалізації та автономності прийняття рішень. На ранніх етапах розвитку системи РБ були орієнтовані переважно на дистанційне або автоматизоване виконання окремих дій – таких як керування освітленням, опаленням чи побутовими електроприладами. Їх реалізація базувалася на сценаріях, жорстко закладених у програмну логіку. Проте зі зростанням вимог до комфорту, індивідуалізації та адаптивності постала потреба у розробленні нових типів РБ – таких, що здатні до самонавчання, урахування поведінкових патернів користувачів і прийняття рішень на основі накопиченого досвіду. Хоч ідея розумного будинку виникла ще у 1950-х роках у США, вона залишається актуальною й сьогодні. Це пояснюється складністю таких систем, необхідністю їх гнучкої адаптації до конкретного середовища та користувача, постійною потребою у переналаштуванні та вдосконаленні алгоритмів управління. Саме ці фактори зумовлюють високі вимоги до проектування, реалізації та обслуговування систем РБ.

3. *Сучасними підходами та методами моделювання поведінково-адаптивних систем «розумного будинку», здатних до проактивної взаємодії з користувачем шляхом урахування ймовірнісної природи його дій.* Сучасні комерційні рішення, хоча й демонструють значні досягнення в автоматизації житлового простору, як правило, не забезпечують повноцінної поведінкової адаптації. Більшість з них реалізують сценарне управління без врахування ймовірнісної природи змін поведінки користувача. Це істотно обмежує функціональні можливості РБ, зокрема в аспектах передбачення дій користувача та динамічного пристосування до них. Незважаючи на активний розвиток технологій «розумного будинку», на сьогодні відсутні усталені методи та засоби моделювання таких систем, які б давали змогу формалізовано та кількісно описувати взаємодію з користувачем, ураховуючи ймовірнісний характер подій. Особливо актуальним є завдання розроблення моделей, здатних ініціювати дії ще до фактичного настання відповідних подій – тобто діяти проактивно. Реалізація таких підходів є передумовою розроблення систем нового класу – адаптивних, навчальних, здатних ефективно співпрацювати з користувачем і діяти на випередження.

4. *Зростаючою потребою в підвищенні автономності, надійності та гнучкості розумних середовищ, здатних до самонавчання та передбачення дій користувача в умовах невизначеності.* Значний внесок в галузі дослідження процесів управління адаптивними системами розумного будинку зробили: Ioan Doré Landau – французький науковець, один із засновників теорії адаптивного управління та ідентифікації систем; MengChu Zhou – професор кафедри електротехніки та комп'ютерної інженерії Технологічного інституту Нью-Джерсі (NJIT), роботи якого охоплюють моделювання, аналіз та синтез автоматизованих систем, включаючи розумні будинки. Зокрема, він розробив методи для запобігання тупикам у складних системах, є одним із найвідоміших дослідників у галузі мереж Петрі та дискретних подієвих систем; Sajal K. Das – професор Технологічного інституту Міссурі, що спеціалізується на бездротових сенсорних мережах, мобільних обчисленнях та розумних

середовищах. Його дослідження охоплюють різні аспекти розумних будинків, включаючи сенсорні мережі та адаптивні системи; Franco Zambonelli - італійський вчений, професор комп'ютерних наук в Університеті Модени та Реджо-Емілії (Італія). Він відомий своїм внеском у галузі розподілених систем, багатоагентних технологій, самонавчальних та самоналаштовуваних систем, а також інтернету речей (IoT) і розумних середовищ; Mariagrazia Dotoli – італійська вчена, професорка в галузі систем і управління, відома своїми дослідженнями в автоматизації, оптимізації енергетичних систем, логістиці, розумних містах та управлінні розподіленими енергетичними ресурсами. Серед українських науковців, що працюють в цій сфері варто згадати Валерія Семенця – українського вченого у галузі автоматизованого проектування технічних систем, зокрема з використанням марківських процесів; Вячеслава Хареченка – українського вченого у галузі надійності та кібербезпеки хмарних та IoT-систем. Його дослідження охоплюють комбінування марківських та напівмарківських моделей для оцінки доступності та кібербезпеки систем; Ярославу Бойко – експертку та координаторку в галузі цифрових технологій та міських інновацій, яка відіграла ключову роль у розвитку проєктів Kyiv Smart City з 2015 по 2020 роки. Вона сприяла впровадженню концепції «розумного міста» в столиці України; Леоніда Файнзильберга - професора кафедри біомедичної кібернетики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», який досліджує методи та системи штучного інтелекту, зокрема в контексті обробки сигналів та інтелектуальних інформаційних технологій.

5. *Необхідністю створення інтелектуальних систем управління, здатних до гнучкої взаємодії з користувачем в умовах невизначеності та змінної поведінки.* Таким чином, розроблення інформаційної технології управління адаптивною системою розумного будинку на основі формалізованих стохастичних моделей, зокрема мереж Петрі-Маркова, є актуальною науковою задачею, вирішення якої дасть змогу підвищити якість та функціональність сучасних автоматизованих побутових систем.

2. Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри

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); «Методи та засоби нейронечіткого управління групою мобільних робототехнічних платформ» (номер державної реєстрації: 0123U101688, роки виконання: 2023-2024); «Методи та засоби інтелектуального вимірювання параметрів руху та визначення просторової орієнтації наземних мобільних

робототехнічних платформ» (номер державної реєстрації: 0124U000822, роки виконання: 2024-2026).

3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

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 метод навчання моделей систем розумного будинку на основі моделей Петрі-Маркова та доповнених функціональними компонентами; розроблено моделі систем «Інтелектуальний будинок» побудованих на основі моделей Петрі-Маркова та доповнених функціональними компонентами; розроблено метод побудови моделей систем «Інтелектуальний будинок», створених на основі моделей Петрі-Маркова та доповнених функціональними компонентами; розроблено контролер для розподіленого керування в адаптивних системах розумного будинку; 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»; 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.

4. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій

Аналіз змісту розділів, використаного інструментарію та способів його застосування дає змогу зробити висновок про належну обґрунтованість наукових результатів. Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертації, повністю обґрунтовано теоретичним аналізом, результатами практичного використання та інформацією з науково-технічної літератури.

5. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру

У дисертаційній роботі розв'язано актуальне наукове завдання 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:

1. *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.

2. *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.

3. *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.

6. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації

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.

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Береговська Х., Теслюк В. Метод синтезу моделей для адаптивних систем розумного будинку з використанням мереж Петрі-Маркова. Комп'ютерні технології друкарства. 2024. Т.51, №1. С. 61–77. doi:10.32403/2411-9210-2024-1-51-61-77

2. Береговська Х., Теслюк В. Моделі адаптивної системи розумного будинку на базі мереж Петрі та моделей Маркова. Науковий вісник НЛТУ України. 2024. Т. 34, № 6. С. 115–124. doi: 10.36930/40340616

3. Teslyuk V., Beregovska K., Zerbino D., Teslyuk T., Seneta M. Universal controller for the distributed management in the adaptive smart home systems. Український журнал інформаційних технологій. 2024. Вип. 6, т. 2. С.

4. Береговська Х. В., Машевська М. В., Теслюк В. М. Розроблення моделей систем "Інтелектуальний будинок", побудованих на базі моделей Петрі-Маркова та доповнених функціональними компонентами. Моделювання та інформаційні технології. 2017. Вип. 78. С. 175–185. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mtit_2017_78_27

5. Береговська Х. В., Машевська М. В., Зелінський А. Я., Теслюк В. М. Розроблення методу побудови моделей систем "Інтелектуальний будинок", створених на базі моделей Петрі-Маркова та доповнених функціональними компонентами. Моделювання та інформаційні технології. 2017. Вип. 79. С. 176–182. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mtit_2017_79_26

6. Теслюк В. М., Борейко О. Ю., Сидор А. Р., Береговська Х. В. Модель телекомунікаційної моделі мережі «інтелектуального будинку». Науковий вісник НЛТУ України. 2016. Т. 26, № 1. С. 351–357. doi: 10.15421/40260154

7. Береговська Х. В., Коваль В. Я., Теслюк В. М. Розроблення спеціалізованого мікроконтролера моніторингу та імовірнісного прогнозування зміни станів систем «Розумний будинок» // Моделювання та інформаційні технології : збірник наукових праць. – Вип. 80. – Київ : Інститут моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова НАН України, 2017. – С. 121–129. <http://jnas.nbuv.gov.ua/article/UJRN-0000855902>

8. Береговська Х. В., Теслюк В. М., Баран М. М. Розроблення автоматизованої програмної системи адміністрування та моніторингу систем "Розумний будинок". Моделювання та інформаційні технології. 2017. Вип. 81. С. 114–122. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mtit_2017_81_18

9. Теслюк В. М., Береговська Х. В., Угрин Л. Є. Розроблення методу навчання моделей систем "розумного будинку" на базі моделей Петрі-Маркова та доповнених функціональними компонентами. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Т. 27, № 6. С. 139–144. doi: 10.15421/40270628

Статті у наукових виданнях інших держав:

10. Teslyuk V., Beregovska K., Holovatyuy A. Analysis of the current state of progress and development of "smart" house systems. Innovation Technologies in Economy and Society : series of monographs, monogr. 20. Katowice : Wydawn. Wyższej Szkoły Technicznej w Katowicach, 2018. P. 88–105. <http://www.wydawnictwo.wst.pl/uploads/files/10ce27dda4eab6e1ad0c1e55ca02e9cd.pdf>

11. Kazarian A., Beregovska K., Teslyuk V. Data analysis model and forms of cloud analytical functions for "smart" house systems. Information and innovation technologies in economics and administration : monograph / ed. by O. Chukurna, M. Gawron-Łapuszek. Katowice: Wydawnictwo Wyższej Szkoły Technicznej w

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

12. Beregovska K., Teslyuk V., Beregovskiy V., Kazymyra I., Fabri L. Model and tools of adaptive control of a smart home system. CEUR Workshop Proceedings. 2021. Vol. 2917 : Modern machine learning technologies and data science workshop: proc. of the 3rd Intern. workshop MoMLet&DS 2021, Lviv, Shatsk, Ukraine, June 5-6, 2021. Vol. I: main conf. P. 263–272 (Scopus) <https://ceur-ws.org/Vol-2917/paper23.pdf>

13. Teslyuk V., Denysyuk P., Kryvinska N., Beregovska K., Teslyuk T. Neural controller for smart house security subsystem. Procedia Computer Science. 2019. Vol. 160 : 10th Intern. conf. on emerging ubiquitous systems and pervasive networks EUSPN-2019, 9th Intern. conf. on current and future trends of information and communication technologies in healthcare ICTH-2019/ Affiliated workshops. P. 394–401 (Scopus, Web of Science) doi: 10.1016/j.procs.2019.11.075

14. Teslyuk V., Beregovska K., Denysyuk P. Decomposition of models of smart-home systems. Perspective technologies and methods in MEMS design (MEMSTECH) : proc. of XIIIth Intern. conf., Polyana, Ukraine, Apr. 20–23, 2017. 2017. P. 22–24. (Scopus, Web of Science) doi: 10.1109/MEMSTECH.2017.7937524

15. Teslyuk V., Denysyuk P., Beregovska K., Mashevskaya M. Method of development of smart-house-systems models based on Petri-Markov nets and extended by functional components. Computer Science and Information Technologies : proc. of the XII Intern. sci. and techn. conf. CSIT'2017, Lviv, Ukraine, Sept. 5–8, 2017. 2017. P. 352–355. (Scopus, Web of Science) doi: 10.1109/STC-CSIT.2017.8098803

16. Boreiko O., Teslyuk V., Beregovska K., Mykhailiuk A. Model of telecommunication networks for intelligent building. The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics : proc. of 13th Intern. conf, CADSM 2015, Lviv-Polyana, Ukraine, 24-27 Febr. 2015. P. 349–351. (Scopus, Web of Science) doi: 10.1109/CADSM.2015.7230873

17. Береговська Х. В. Автоматизований програмно-апаратний комплекс для систем «розумний будинок» на основі моделей Петрі-Маркова, доповнених функціональними компонентами // Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі : збірник праць IX Науково-практичної конференції молодих вчених і студентів (Тернопіль, 21 травня 2024 р.). – 2024. – С. 51

18. Береговська Х. В., Рутецький Ю. О. Моделі та засоби адаптивної системи розумного будинку // Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі : збірник праць VIII Науково-практичної конференції молодих вчених і студентів, Тернопіль, 5 грудня, 2023. – С. 52–53.

https://ki.wunu.edu.ua/conference/archive/2023_2.pdf

19. Х. Береговська, В. Теслюк Інтеграція сенсорів і актюаторів в моделі систем «інтелектуальний будинок» // Проблеми та перспективи розвитку економіки і підприємництва та комп'ютерних технологій в Україні : XIII наук.-практ. конф., Львів, 27–31 березня 2017 р. – С. 19–21.

20. Береговська Х., Теслюк В. Розроблення моделей систем «Інтелектуальний будинок» на базі моделей Маркова // Інформаційне суспільство: тенденції регіонального розвитку : міжнар. наук.-практ. конф. ISRDT-2016, Львів, 20–21 вересня 2016. – С. 8–9.

21. Ю. Вербіцький, Х. Береговська Система безпеки інтелектуального будинку // V Всеукр. школа-семінар «Сучасні комп'ютерні інформаційні технології», АСІТ'2015, Тернопіль, 22–23 травня 2015 р.

22. Boreiko O. Video Monitoring System's Module for Smart Home / Boreiko Oleg, Teslyuk Vasyl, Berezhsky Oleg, Beregovska Cristina // Proceeding of the 10th International Conference "Perspective Technologies and Methods in MEMS Design" (MEMSTECH'2014), June 22-24, 2014. – Lviv : Lviv Polytechnic Publishing House, 2014. – P. 126-128. <https://orcid.org/0000-0002-1556-8753>

23. Борецько, О. Ю. Модель комп'ютерної мережі інтелектуального будинку з використанням одноплатних комп'ютерів Raspberry Pi / О. Ю. Борецько, Х. В. Береговська, В. М. Теслюк // Сучасні комп'ютерні інформаційні технології : матеріали IV Всеукр. шк.-семінару молодих вчен. і студ. АСІТ'2014 - Тернопіль, 16-17 трав. 2014 р. / відп. за вип. М. П. Дивак. - Тернопіль : ТНЕУ, 2014. - С. 48-51.

<http://dspace.tneu.edu.ua/handle/316497/6719>

24. В. Теслюк, П. Денисюк, Х. Береговська Використання технологій розумного будинку для поліпшення енергетичної ситуації в Україні // XIII міжнар. наук. семінар «Сучасні проблеми інформатики в управлінні, економіці, освіті». – Київ, 2014. – С. 215–219. <https://nam.kyiv.ua/files/publications/978-966-8406-88-1-konf-compressed.pdf>

25. В. Теслюк, Н. Дудкіна, Х. Береговська Розроблення структури, алгоритму та моделі роботи підсистеми моніторингу інтелектуального будинку // IV Всеукр. школа-семінар АСІТ'2014. – Тернопіль : ТНЕУ <http://dspace.tneu.edu.ua/handle/316497/6697>

7. Апробація основних результатів дослідження на конференціях, симпозіумах, семінарах тощо

Основні наукові та практичні результати роботи доповідались та обговорювались на міжнародних наукових та науково-технічних конференціях: 9-й науково-практичній конференції «Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі» (2024), 8-й науково-практичній конференції «Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі» (2023), 3-й міжнародній

конференції «Modern Machine Learning Technologies and Data Science Workshop» (MoMLeT&DS 2021), 10-й міжнародній конференції «Emerging Ubiquitous Systems and Pervasive Networks» (EUSPN-2019), 9-й міжнародній конференції «Current and Future Trends of Information and Communication Technologies in Healthcare» (ICTH-2019), 13-й міжнародній конференції «Perspective Technologies and Methods in MEMS Design» (MEMSTECH 2017), 12-й міжнародній науково-технічній конференції «Computer Science and Information Technologies» (CSIT'2017), 13-й міжнародній конференції «The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics» (CADSM'2015), 5-й Всеукраїнській школі-семінарі «Сучасні комп'ютерні інформаційні технології» (ACIT'2015), 4-й Всеукраїнській школі-семінарі молодих вчених і студентів «Сучасні комп'ютерні інформаційні технології» (ACIT'2014), 13-му міжнародному науковому семінарі «Сучасні проблеми інформатики в управлінні, економіці, освіті» (2014), міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційне суспільство: тенденції регіонального розвитку» (ISRDT-2016), XIII науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку економіки і підприємництва та комп'ютерних технологій в Україні» (2017), 10-й міжнародній конференції «Perspective Technologies and Methods in MEMS Design» (MEMSTECH'2014).

Матеріали дисертації неодноразово доповідалися та обговорювалися на наукових семінарах кафедри автоматизованих систем управління Національного університету «Львівська політехніка».

8. Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням можливих наукових галузей та розділів програм навчальних курсів, де можуть бути застосовані отримані результати

Впровадження результатів дисертаційної роботи полягає у їхньому використанні при викладанні навчальних дисциплін як окремих розділів лекційних курсів, так і в циклах лабораторних робіт.

Для викладання дисципліни «Основи смарт-технологій і систем» для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр», що навчаються за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки», використано наступні результати дисертаційної роботи:

- аналіз моделей та методів розроблення систем «Розумний будинок» (Розділ 1. Аналіз моделей, методів і засобів інформаційних технологій управління системами «Розумний будинок»);

- аналіз програмного забезпечення для роботи з системами «Розумний будинок» (Розділ 1. Аналіз моделей, методів і засобів інформаційних технологій управління системами «Розумний будинок»);

- загальна структура автоматизованого програмно-апаратного комплексу (Розділ 4. Розроблення засобів інформаційної технології адаптивного управління системою «Розумний будинок» на основі моделей Петрі-Маркова і доповнених функціональними компонентами та результати дослідження).

Для викладання дисципліни «Моделювання процесів і смарт-систем» для

іноземних студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр», що навчаються за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки», використано наступні результати дисертаційної роботи:

– метод синтезу моделей систем розумного будинку, створених на базі моделей Петрі-Маркова та доповнених функціональними компонентами (Розділ 3. Методи синтезу та навчання моделей систем «Розумний будинок» на базі моделей Петрі-Маркова та доповнених функціональними компонентами);

- методу навчання моделей систем розумного будинку, створених на базі моделей Петрі-Маркова та доповнених функціональними компонентами (Розділ 3. Методи синтезу та навчання моделей систем «Розумний будинок» на базі моделей Петрі-Маркова та доповнених функціональними компонентами).

9. Практична цінність результатів дослідження із зазначенням конкретного підприємства або галузі народного господарства, де вони можуть бути застосовані

Запропоновані методи впроваджені у навчальний процес Національного університету «Львівська політехніка» при викладанні дисциплін «Основи смарт-технологій і систем» та «Моделювання процесів і смарт-систем» (підтверджено актом впровадження). Результати дисертаційного дослідження використані під час виконання держбюджетних наукових тем кафедри автоматизованих систем управління Національного університету «Львівська політехніка» (підтверджено актами впровадження): «Інтелектуальні інформаційні технології багаторівневого управління енергоефективністю регіону» (номер державної реєстрації 0117U004450, роки виконання: 2017-2018); «Методи та засоби нейронечіткого управління групою мобільних робототехнічних платформ» (номер державної реєстрації: 0123U101688, роки виконання: 2023-2024); «Методи та засоби інтелектуального вимірювання параметрів руху та визначення просторової орієнтації наземних мобільних робототехнічних платформ» (номер державної реєстрації: 0124U000822, роки виконання: 2024-2026).

10. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення

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.

Встановлено, що дисертація за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам МОН України.

У ході обговорення дисертації до неї не було висунуто жодних

зауважень щодо самої суті роботи.

**Офіційний рецензент, доктор технічних наук, професор, професор
кафедри інформаційних систем та мереж Національного університету
«Львівська політехніка» (Марія НАЗАРКЕВИЧ)**

Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації.

1. У дисертаційній роботі недостатньо описано вибір вхідних параметрів для прогнозування дій користувача, що опрацьовуються системою.

2. Під час аналізу програмного забезпечення для роботи з системами «Розумний будинок» не обґрунтовано вибір програмного забезпечення, що використовуються для реалізації системи управління адаптивною системою розумного будинку.

3. Для кращого розуміння роботи, на мою думку, варто чіткіше описати алгоритм застосування моделі на основі стохастичних мереж Петрі та визначення ймовірностей переходів.

4. Варто зауважити, що у дисертаційній роботі наявні рисунки, текст на яких є досить нечитабельним (зокрема: рис. 2.2., рис. 2.4., рис. 2.5., рис. 2.6. та ін.). Для покращення даних рисунків необхідно зробити більш чіткіший текст на зображеннях або перемістити рисунки, які займають одну сторінку у додатки.

5. На рис.4.1 (Структура ІТ управління адаптивною системою РБ на основі МПМ та доповнених функціональними компонентами) авторка використовує базу знань, на мою думку, варто подати додаткові пояснення щодо використання моделей представлення знань тощо.

6. У тексті дисертаційної роботи зустрічається ряд стилістичних та орфографічних неточностей.

Загалом, вказані зауваження до рецензованої дисертаційної роботи можуть слугувати підґрунтям для дискусії під час її захисту, однак не знижують загальний рівень наукової роботи. Це дає можливість оцінити дисертаційну роботу як цілісну, закінчену та актуальну наукову працю.

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

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.

11.3 урахуванням зазначеного, на розширеному кафедральному науковому семінарі кафедри автоматизованих систем управління ухвалили:

11.1. Дисертація Береговської Христини Василівни «Інформаційна технологія управління адаптивною системою розумного будинку» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано конкретне наукове завдання із 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, що має важливе значення для галузі знань *12 Інформаційні технології*.

11.2. Основні наукові положення, методичні розробки, висновки та практичні рекомендації, викладені у дисертаційній роботі, логічні, послідовні, аргументовані, достовірні, достатньо обґрунтовані. Дисертація характеризується єдністю змісту.

11.3. У 25 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з них 9 статей у наукових фахових виданнях України та 2 статті у наукових періодичних виданнях інших держав; 14 тез доповідей на науково-технічних конференціях.

11.4. Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від

12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», 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, зі змінами).

11.5. Дисертація є результатом самостійних досліджень, не містить елементів фальсифікації, компіляції, плагіату та запозичень, що констатує відсутність порушення академічної доброчесності. Використання текстів інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

11.6.3 урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Береговської Х.В. дисертація «Інформаційна технологія управління адаптивною системою розумного будинку» рекомендується для подання до розгляду та захисту у спеціалізованій вченій раді.

За затвердження висновку проголосували:

за	-	38 (тридцять вісім)
проти	-	(немає)
утримались	-	(немає)

Головуючий на розширеному
науковому семінарі
кафедри АСУ,
професор кафедри АСУ,
д.т.н., професор



Іван ЦМОЦЬ

Рецензенти:

д.т.н., професор, професор
кафедри ІСМ



Марія НАЗАРКЕВИЧ

к.т.н., ст. наук. співробітник,
доцент кафедри АСУ



Юрій ОПОТЯК

Відповідальний у ІКНІ
за атестацію PhD
к.т.н., доцент



Віктор ХАВАЛКО

"13" травня 2025 р.