

РІШЕННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ВЧЕНОЇ РАДИ ПРО ПРИСУДЖЕННЯ СТУПЕНЯ ДОКТОРА ФІЛОСОФІЇ

Спеціалізована вчена рада ДФ 35.051.097 Львівського національного університету імені Івана Франка Міністерства освіти і науки України, м. Львів, прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» на підставі прилюдного захисту дисертації «Оптимізація функціонування інтелектуальних об'єктів з використанням методів машинного навчання» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» 11 травня 2023 року.

Сінькевич Олег Олександрович, 05.08.1988 року народження, громадянин України, освіта повна вища. У 2010 році закінчив Львівський національний університет імені Івана Франка та здобув ступінь вищої освіти «Магістр» за спеціальністю «Системний аналіз та управління».

З грудня 2018 року по листопад 2022 року навчався в аспірантурі на кафедрі радіоелектронних і комп'ютерних систем Львівського національного університету імені Івана Франка (заочна форма навчання).

Працює асистентом кафедри є радіоелектронних і комп'ютерних систем Львівського національного університету імені Івана Франка з 01.09.2018 р. і до цього часу.

Дисертацію виконано на кафедрі радіоелектронних і комп'ютерних систем Львівського національного університету імені Івана Франка Міністерства освіти і науки України, м. Львів.

Науковий керівник: Монастирський Любомир Степанович, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри радіоелектронних і комп'ютерних систем Львівського національного університету імені Івана Франка.

Здобувач має 17 наукових публікацій за темою дисертації, з них 3 статті у періодичних наукових виданнях інших держав, що входять до наукометричної бази Scopus, 7 статей у наукових фахових виданнях України, 0 монографій:

1. Sinkevych O. Estimation of effective thermal parameters of heatingsources based on dynamic measurments in smart home / O. Sinkevych, L. Monastyrskii, B. Sokolovskii, Ya. Boyko // Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic". Series: "Computer systems of design. Theory and practice – 2020 – No. 1(1). – P.–58-66.

2. Sinkevych O. MLOPS prototype of AI system for edge computing / O.Sinkevych, Ya. Boyko, L. Monastyrskyy // Electronics and Information Technologies. – 2022. – No. 17. – С. 74–83.

3. Сінькевич О. Регресійні моделі для аналізу даних інтелектуального будинку / О. Сінькевич // Електроніка та інформаційні технології.– 2022. – Вип. 20. – С. 62–73.

У дискусії взяли участь голова і члени спеціалізованої вченої ради та присутні на захисті фахівці:

1. Дияк Іван Іванович, доктор фізико-математичних наук, професор, в.о. декана факультету прикладної математики та інформатики Львівського національного університету імені Івана Франка Міністерства освіти і науки України, без зауважень.

2. Павлишенко Богдан Михайлович, доктор технічних наук, доцент, професор кафедри системного проектування факультету електроніки та комп'ютерних технологій Львівського національного університету імені Івана Франка Міністерства освіти і науки України, надав позитивний відгук із зауваженнями:

1. Варто було б провести більш детальний аналіз існуючих інтелектуальних об'єктів, зокрема, інтелектуальних будинків, та підходів у використанні методів машинного навчання в управлінні такими об'єктами.
2. Доцільно було б провести порівняльний аналіз більшого класу алгоритмів машинного навчання для прогнозних моделей, використовуючи більшу кількість наборів даних. Можна було б більше уваги приділити процесу формування та відбору прогнозних ознак для моделей машинного навчання. Варто було б провести порівняльний аналіз різних методів оптимізації гіперпараметрів для моделей машинного навчання.
3. Наведені та проаналізовані результати розв'язування теплофізичних задач доцільно було б порівняти з результатами, отриманими на власних експериментальних даних.
4. Доцільно було б детальніше проаналізувати технологічний та економічний ефект від впровадження запропонованих автором методів та підходів.

3. Пелешко Дмитро Дмитрович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри кібербезпеки Львівського національного університету імені Івана Франка Міністерства освіти і науки України, надав позитивний відгук із зауваженнями:

1. У першому розділі дисертаційної роботи доцільно було б дати більш розширений та ґрунтовніший опис програмних архітектур, зокрема проаналізувати використані програмні каркаси і розглянути їх переваги та недоліки.
2. Для задач прогнозування часових рядів використовують також лінійні моделі ARIMA, метод Холта-Вінтерса, звичайні мультишарові нейромережі, а також transformer архітектури. Було б добре здійснити аналіз ознак температурних рядів та додати їх до вхідних даних моделі, а також порівняти представлені моделі з іншими не рекурентними підходами, враховуючи обмежені ресурси пристроїв.
3. У четвертому розділі варто було б навести приклади сценаріїв використання обчислених параметрів обігрівальних елементів та шляхи їх об'єднання з прогностичними моделями з розділу 2.
4. Оскільки робота є комплексною у сенсі поєднання апаратних і програмних засобів, доцільно було б глибше розкрити архітектури та особливості мікроконтролерів у вирішенні поставлених задач.

4. Шаховська Наталія Богданівна, доктор технічних наук, професор, завідувачка кафедри систем штучного інтелекту Інституту комп'ютерних наук та інформаційних технологій Національного університету «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України, надала позитивну рецензію із зауваженнями:

1. При застосуванні методу ізольованого лісу слід здійснити глибше дослідження щодо конфігурації алгоритму та його параметрів.

2. Під час побудови рекурентних нейромережових моделей бажано було б здійснити порівняння з простішими лінійними моделями (SARIMAX), чи простим багатошаровим перцептроном, які могли б бути більш оптимальним під малопотужний пристрій.
3. При розробці програмного забезпечення прототипу — мікрокомп'ютера, окрім сервісу Apache Airflow варто було б проаналізувати використання Celery; а при реалізації генетичного алгоритму дослідити його паралельне виконання.
4. У роботі варто було б обґрунтувати та узагальнити поширення даного прототипу на інші інтелектуальні об'єкти.
5. Описи нейромереж з другого розділу доцільно було б винести в перший.

5. Дивак Микола Петрович, доктор технічних наук, професор, декан факультету комп'ютерних інформаційних технологій Західноукраїнського національного університету Міністерства освіти і науки України, надав позитивну рецензію із зауваженнями:

1. Предмет дисертаційного дослідження сформульовано достатньо широко «методи, моделі та алгоритми обробки даних для оптимізації функціонування інтелектуального будинку», хоча у дисертаційній роботі розглянуто оптимізацію тільки вузького спектру функцій інтелектуального будинку, пов'язаних із енергозбереженням. Звичайно, запропоновані методи та засоби можуть бути використані для оптимізації інших функцій інтелектуального будинку, проте не усіх можливих. Наприклад, функції інтелектуального освітлення в розумному будинку переважно ґрунтуються на сенсорах руху.
2. При встановленні регресійних залежностей між температурними та енергетичними параметрами (розділ 2) автором розглядалися лише гомоскедастичні часові ряди. Разом з тим, варто було розглянути підходи до опрацювання часових рядів, яким притаманна гетероскедастичність.
3. Знаходження оптимальних значень гіперпараметрів для рекурентних нейромережових архітектур (розділ 3) проводилось за допомогою генетичних алгоритмів, при цьому не наведено достатньо аргументів щодо переваг даного методу над іншими оптимізаційними методами. Наприклад, не наведено досліджень щодо застосування методів ройового інтелекту, АБК, чи «зграй сірих вовків». Переваги цих методів, у порівнянні із генетичними алгоритмами, наведено у багаточисленних сучасних публікаціях.
4. При виборі апаратного забезпечення розробленого прототипу автор керується критеріями обмежених обчислювальних ресурсів та необхідної функціональності. При цьому, використання центрального обчислювального хабу на базі графічного багатоядерного конвеєра Nvidia Jetson Nano виглядає дещо протирічно.
5. У дисертаційній роботі доцільно було б виділити нові наукові результати, які стосуються розробки архітектури програмної системи, що інтегрує модулі розгортання, навчання нейронних мереж на базі мікрокомп'ютера з обмеженими обчислювальними ресурсами, так і модулі для оптимізації та налаштування функцій розумного будинку. Взамін цього, автор декларує новизну апаратно-програмного комплексу для оптимізації функціонування

інтелектуального будинку. На мою думку, останнє має більше практичну цінність.

6. В дисертації відсутні приклади більш ширшого застосування рішень, які стосуються розумного будинку. Доцільно було б спочатку класифікувати усі можливі функції розумного будинку, а потім запропонувати рішення для їх оптимізації. В протилежному випадку, запропоновані функціональні всеохоплюючі рішення по архітектурі і прототипу виглядають декларативно.
7. Висновки дисертаційної роботи не містять аналізу досягнутих результатів, щодо сформульованої мети «підвищити ефективність функціонування інтелектуальних об'єктів», вони мають також просто констатуючий характер. Хоча, із контексту дисертації очевидно, що використання обмежених обчислювальних ресурсів для такого класу задач, а також забезпечення автономності розробленого прототипу дає достатній вииграш при реалізації функцій розумного будинку

Загальна оцінка роботи і висновок. Дисертаційне дослідження Сінькевича Олега Олександровича на тему «Оптимізація функціонування інтелектуальних об'єктів з використанням методів машинного навчання» є самостійною та ґрунтовною науковою працею, що виконана з дотриманням вимог академічної доброчесності. Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

- 1) вперше запропонована модель оцінки теплофізичних параметрів інтелектуального будинку на базі температурної динаміки та відповідних даних споживання енергії для обігріву, яка ґрунтується на двокроковому розв'язуванні оберненої задачі теплопровідності, на основі якої можна аналізувати і оптимізувати енергоспоживання в інтелектуального будинку та оцінювати його теплову інерцію;
- 2) вперше розроблена фізико-статистична модель непрямої ідентифікації ефективних теплофізичних параметрів нагрівальних елементів з використанням рівняння теплопереносу та динаміки внутрішніх температур повітря, а також температур на нагрівальних елементах, встановлених у кімнатах інтелектуального будинку, що дає змогу опосередковано оцінювати відносну ефективність обігрівальних елементів;
- 3) отримали подальший розвиток моделі та методи дезагрегації даних споживання енергії на базі алгоритму виділення ознак та кластерного аналізу, які дають змогу визначати парціальні вклади в енергоспоживання конкретними споживачами; а також використано регресійні методи для моделювання кліматичних та енергетичних даних інтелектуального будинку, які можна застосовувати в прогностичних цілях;
- 4) запропоновано новий підхід та архітектура для обробки сенсорних (температурних) даних інтелектуального будинку з використанням нейроконтролеру на базі STM32 та розгорнутої на ньому рекурентної нейронної мережі для ефективного прогнозування внутрішніх температур в межах концепції граничних обчислень;
- 5) відповідно до концепції граничних і туманних обчислень реалізовано прототип апаратно-програмного комплексу з центральним обчислювальним хабом на базі мікрокомп'ютера Nvidia Jetson Nano для оптимізації функціонування

інтелектуального будинку з використанням рекурентних нейромереж, REST архітектури, MLOPS підходів та технології мережесокетів; даний прототип можна доповнювати і розширювати для обробки комплексних даних інтелектуального будинку.

Результати досліджень, які наведені у дисертаційній роботі та опубліковані у наукових статтях, належать автору і є його науковим доробком. Викладені в дисертації висновки й положення наукової новизни отримано на підставі особистих досліджень автора.

Обґрунтованість і достовірність отриманих наукових результатів дослідження базуються на відповідних наукових публікаціях. Коректність отриманих результатів зумовлена застосуванням стандартних програмних засобів, традиційних методів статистичного аналізу та диференціальних рівнянь, які описують теплофізичні процеси в інтелектуальному будинку. Результати обчислюваних експериментів підтверджують ефективність розроблених алгоритмів та програм.

Викладені у дисертації положення можуть бути використані: у науково-дослідній роботі – як основа для подальшого розвитку систем граничних обчислень для оптимізації функціонування інтелектуальних об'єктів та дослідження різноманітних локально розгорнутих моделей машинного навчання; у навчальному процесі – під час викладання студентам закладів вищої освіти курсів, пов'язаних з інтелектуальним аналізом даних, граничними обчисленнями і нейромережеским моделюванням.

За кількістю і рівнем публікацій, апробацією на наукових конференціях дисертація **«Оптимізація функціонування інтелектуальних об'єктів з використанням методів машинного навчання»** відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 року «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» та «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), а її автор, Сінькевич Олег Олександрович, заслуговує присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».


Результати відкритого голосування:

«За» – 5 (п'ять) членів ради,

«Проти» – 0 (жоден) членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування спеціалізована вчена рада ДФ 35.051.097 Львівського національного університету імені Івана Франка Міністерства освіти і науки України, м. Львів, присуджує **Сінькевичу Олегу Олександровичу** ступінь доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Голова спеціалізованої
вченої ради
ДФ35.051.097



проф. Іван ДИЯК

