


Затверджую
Проректор з наукової роботи
Національного університету
«Львівська політехніка»
проф. Ірина ЯРЕМЧУК
« 24 » *листопада* 2025 р.

Висновок
про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації
«Методи та засоби машинного навчання для підвищення енергоефективності будівель»
здобувача ступеня доктора філософії за спеціальністю
121 Інженерія програмного забезпечення
(галузь знань 12 Інформаційні технології)
Олександра ВИШНЕВСЬКОГО

наукового семінару кафедри програмного забезпечення
Навчально-наукового інституту
комп'ютерних наук та інформаційних технологій

1. Актуальність теми дисертації

Енергоефективність будівель є критично важливою проблемою, оскільки вони споживають близько 40% світової енергії. Обмеженість і зростання цін на енергоносії зумовлюють потребу в створенні інтелектуальних систем управління енергоспоживанням. Традиційні підходи до управління інженерними системами будівель базуються на статичних алгоритмах і не враховують динамічну природу енергоспоживання, що призводить до неефективного використання ресурсів.

Методи машинного навчання відкривають нові можливості для інтелектуального аналізу енергетичних даних, точного прогнозування споживання та автоматичної оптимізації роботи інженерних систем. Побудова нових моделей на базі машинного навчання дає можливість підвищити точність прогнозування енергоспоживання і надавати рекомендації споживачам щодо його зменшення, враховуючи дані споживання за попередні періоди та кліматичні прогнози. Сучасні алгоритми глибокого навчання, ансамблеві методи та техніки оброблення часових рядів дають змогу проектувати системи, які навчаються на історичних даних, виявляють приховані шаблони енергоспоживання та оптимізують роботу інженерних систем у режимі реального часу.

Враховуючи вищесказане, можна стверджувати, що розроблення програмного забезпечення для прогнозування та управління процесом енергоспоживання будівель на основі методів та засобів машинного навчання є актуальним науково-практичним завданням, вирішення якого забезпечить значну економію енергоресурсів, підвищення комфорту мешканців та зменшення негативного впливу на довкілля.

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

Дисертацію виконано на кафедрі програмного забезпечення Національного університету «Львівська політехніка». Тема дисертації відповідає науковому напрямку кафедри «Програмне та математичне забезпечення автоматизованих систем». Зокрема, дисертаційні дослідження виконувалися в межах кафедральної науково-дослідної роботи «Програмне забезпечення для семантичного пошуку інформації з використанням великих мовних моделей», номер держреєстрації 0125U001030.

3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

Основні наукові результати та висновки дисертаційної роботи отримані автором самостійно та викладені у 8 наукових працях, опублікованих у співавторстві. Зокрема, у працях, написаних у співавторстві, дисертантові належать такі напрацювання:

- спроектовано онтологічну модель для опису системи енергоспоживання будівлями, яка поєднує структуру будівель, лічильників, тарифи, дані про споживання за попередні періоди та кліматичні дані;
- розроблено метод побудови архітектури ПЗ, що ґрунтується на використанні побудованої онтологічної моделі, графової бази даних, агентного підходу та великих мовних моделей;
- розроблено метод прогнозування енергоспоживання будівель за допомогою ансамблевої моделі на основі кількох типових алгоритмів машинного навчання з різними структурними характеристиками;
- спроектовано механізм адаптивного регулювання системи опалення на основі навчання з підкріпленням.

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

На основі ґрунтовно проведених теоретично-експериментальних досліджень із застосуванням сучасних підходів, автором дисертації запропоновано метод побудови моделі програмної системи для аналізу енергоспоживання будівель на основі онтологічного підходу та побудовано архітектуру ПЗ на основі інтеграції онтологічного підходу з методами машинного навчання та методом пошуково-доповненого генерування для розроблення гібридної системи управління процесом енергоспоживанням.

Представлені результати підтверджують актуальність наукового напрямку та якісно продовжують розвиток наукових досліджень, спрямованих на проектування методів та засобів створення та підтримки програмних систем.

Отримані автором дисертації наукові результати, висновки та рекомендації є

достовірними, новими та належним чином кількісно та якісно науково обґрунтованими та апробованими.

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

Отримані результати наукового дослідження є новими та розвивають відомі наукові дослідження у контексті подальшого удосконалення методів створення та супроводу адаптивних програмних систем, зокрема:

1. Вперше розроблено метод побудови архітектури прототипу системи для аналізу енергоспоживання будівель, робота якого ґрунтується на використанні спроектованої онтологічної моделі, графової бази даних і великих мовних моделей, що дало змогу отримувати результати про ефективність енергоспоживання через інтерфейс взаємодії користувача з базою знань.
2. Удосконалено метод управління системою опалення приміщення, який, на відміну від наявних, базується на інтелектуальному програмному агенті на основі навчання з підкріпленням з використанням алгоритму оптимізації проксимальної політики, що дає можливість зменшити енергоспоживання при одночасному забезпеченні комфортних умов мешканців.
3. Отримав подальший розвиток метод побудови моделі програмної системи для аналізу енергоспоживання будівель на основі онтологічного підходу, який, на відміну від наявних, дає змогу враховувати особливості понять та відношень між сутностями, поданих формально у зрозумілій формі для відображення зв'язків між структурою будівель, лічильниками, даними про споживання за попередні періоди та кліматичними даними, що підвищує ефективність їхнього використання для машинного навчання та дає змогу логічного виведення фактів.
4. Отримав подальший розвиток метод прогнозування енергоспоживання будівель на основі ансамблевої моделі, який, на відміну від наявних, ґрунтується на використанні сучасних алгоритмів машинного навчання з різними структурними характеристиками (зокрема рекурентної нейронної мережі типу LSTM та градієнтного бустингу XGBoost), що дало змогу підвищити точність прогнозування для надання рекомендацій щодо підвищення енергоефективності.

6. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Вишневський О. К., Журавчак Л. М. Методи машинного навчання для підвищення енергоефективності будівель. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія "Інформаційні системи та мережі"*. 2023. № 14. С. 189–209.
<https://doi.org/10.23939/sisn2023.14.189>

2. Вишневський О. К., Журавчак Л. М. Прогнозування споживання електроенергії за допомогою ансамблю моделей машинного навчання, *Український журнал інформаційних*

технологій. 2024. Т. 6, № 2. С. 20–29. <https://doi.org/10.23939/ujit2024.02.020>

3. Вишневський О. К., Журавчак Л. М. Розроблення програмної системи аналізу енерговитрат з використанням онтологічного підходу та великих мовних моделей, *Вісник Хмельницького національного університету. Серія "Технічні науки"*. 2025. Т. 347, № 1. С. 94–107. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-347-12>

4. Вишневський О. К., Журавчак Л. М. Підвищення енергоефективності в розумних будівлях за допомогою стратегій контролю з використанням глибокого навчання з підкріпленням. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2025. Т. 2, № 2(93). С. 93–106. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.2.2.11>

Публікації в матеріалах конференцій, що індексовані у наукометричних баз даних

5. Vyshnevskyy O., Zhuravchak L. Semantic Models for Buildings Energy Management. 2023 *IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT 2023)*. Lviv, Ukraine, October 19-21, 2023, pp. 1–4. <https://doi.org/10.1109/CSIT61576.2023.10324108>

6. Vyshnevskyy O., Zhuravchak L. Forecasting the Electricity Consumption for energy management software using an Ensemble model. 2024 *IEEE 19th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT 2024)*. Lviv, Ukraine, October 16-19, 2024, pp. 1–5. <https://doi.org/10.1109/CSIT65290.2024.10982553>

7. Vyshnevskyy O., Zhuravchak L., Yakovyna V. Improving energy efficiency in smart building using deep reinforcement learning control strategy. *The 2nd International Workshop on Intelligent & CyberPhysical Systems (ICyberPhyS 2025)*. Khmelnytskyi, Ukraine, July 4, 2025, pp. 1–14. [In English]. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-4013/>

8. Vyshnevskyy O., Zhuravchak L. Combined Large Language Models and Ontology Approach for Energy Consumption Analysis Software. *IV International Scientific Symposium "Intelligent Solutions" (IntSol-2025)*. Kyiv-Uzhhorod, Ukraine, May 1-5, 2025, pp. 213–226. [In English]. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-4035/>

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

1. 18th IEEE International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT 2023). Lviv, Ukraine, October 19-21, 2023.

2. 19th IEEE International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT 2024). Lviv, Ukraine, October 16-19, 2024.

3. IV International Scientific Symposium "Intelligent Solutions" (IntSol-2025). Kyiv-Uzhhorod, Ukraine, May 1-5, 2025.

4. The 2nd International Workshop on Intelligent & CyberPhysical Systems (ICyberPhyS-2025). Khmelnytskyi, Ukraine, July 4, 2025.

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

Наукове значення виконаного дослідження полягає в отриманні дисертантом нових теоретичних та експериментальних результатів, застосування яких дає змогу удосконалити процес розробки програмних систем.

Отримані дисертантом результати можуть бути використані науково-виробничими установами та підприємствами, зокрема: для проектування та розробки нових програмних систем, що потребують формалізованого представлення з можливістю виведення фактів; для розробки програмних застосунків на основі використання вдосконалених методів машинного навчання.

Результати дослідження використовуються в межах кафедральної науково-дослідної роботи «Програмне забезпечення для семантичного пошуку інформації з використанням великих мовних моделей», зокрема:

- проектування онтологічної моделі для опису системи;
- метод побудови архітектури ПЗ на основі онтологічної моделі, графової бази даних, агентного підходу та великих мовних моделей.

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

Практична цінність дисертації полягає в створенні технології, яка удосконалює процес розробки інтелектуальних програмних систем для аналізу та управління процесом енергоспоживання на основі використання методів і засобів машинного навчання.

Спроектований метод побудови моделі програмної системи на основі онтологічного підходу можна використати для формалізації опису даних предметної області та зв'язків між сутностями, що водночас підвищує ефективність їхнього використання для машинного навчання та дає змогу логічно вивести факти.

Запропонований метод прогнозування споживання електроенергії будівель за допомогою ансамблевої моделі на основі базових алгоритмів машинного навчання з різними структурними характеристиками можна використати для підвищення точності прогнозування, що забезпечує покращене стратегічне планування та прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо енергоефективності будівель.

Розроблений програмний агент для регулювання системи опалення на основі навчання з підкріпленням із застосуванням алгоритму оптимізації проксимальної політики можна використати для зменшення енергоспоживання при одночасному забезпеченні комфортних умов у приміщенні.

Розроблену технологію на основі графової бази даних та підходу пошуково-доповненого генерування з набором інструментів для аналізу та прогнозування можна використати для

ефективної інтеграції різних алгоритмів машинного навчання в програмні системи для удосконалення енергозбереження, які розробляють такі підприємства, як ТзОВ «МІТА-ТЕХНІКА» (м. Львів).

Результати дослідження, щодо використання онтологічного підходу для розроблення програмного забезпечення з формалізованою структурою знань, придатною для машинного навчання, пройшли дослідне випробування на підприємстві ТзОВ «Н-ікс Делівері» (м. Львів).

10. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення

Дисертація складається з анотації, змісту, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Мова та стиль дисертації характеризуються ясністю, обґрунтованістю та завершеністю. Дисертація за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам МОН України до дисертаційних робіт на здобуття ступеня доктора філософії, зокрема постанові Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р. «Про затвердження порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії».

У ході обговорення дисертації до неї не було висунуто жодних зауважень щодо самої суті роботи.

11. З урахуванням зазначеного, кафедра ухвалила:

11.1. Дисертація Вишневського Олександра Костянтиновича «Методи та засоби машинного навчання для підвищення енергоефективності будівель» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано наукове завдання удосконалення процесів проєктування та розроблення автоматизованої програмної системи для прогнозування та управління енергоспоживанням з використанням методів та засобів машинного навчання задля підвищення енергоефективності будівель.

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

11.3. У 8 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з них 4 статті у наукових фахових виданнях України; 4 публікації – у матеріалах конференцій, проіндексованих у наукометричній базі даних Scopus.

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).

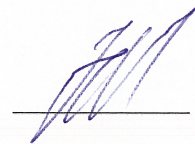
11.5. Дисертація є результатом самостійних наукових досліджень, не містить елементів фальсифікації, компіляції, плагіату та запозичень, що констатує відсутність порушення академічної доброчесності. Використання текстів інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

11.6. З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Вишневецького Олександра Костянтиновича, дисертація «Методи та засоби машинного навчання для підвищення енергоефективності будівель» рекомендується для подання у спеціалізовану вчену раду з урахуванням композиційних, редакційно-стилістичних, технічних та граматичних поправок.

За затвердження висновку проголосували:

за	двадцять шість
проти	немає
утримались	немає

Головуючий на науковому семінарі
кафедри програмного забезпечення,
д.т.н., професор кафедри
програмного забезпечення



Дмитро ФЕДАСЮК

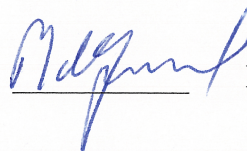
Рецензенти:

д.т.н., професор кафедри
програмного забезпечення



Юрій ГРИЦЮК

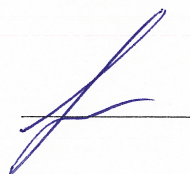
д.т.н., професор кафедри
автоматизованих систем управління



Микола МЕДИКОВСЬКИЙ

Відповідальна у ІКНІ за атестацію PhD

за спеціальністю 121 Інженерія
програмного забезпечення,
к.ф.-м.н., доцент кафедри
програмного забезпечення



Наталія МЕЛЬНИК

" 12 " листопада 2025 р.