

Голові разової спеціалізованої вченої ради
PhD56.126 в Київському національному
університеті будівництва і архітектури
д.т.н., професору Бородавці Євгену Володимировичу

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

кандидата технічних наук, доцента, доцента кафедри системного аналізу та теорії оптимізації Державного вищого навчального закладу «Ужгородський національний університет» Андрашка Юрія Васильовича на дисертаційну роботу Федорченка Миколи Андрійовича «Інтелектуальна інформаційна система підтримки вибору альтернатив енергоефективних будівель з використанням штучного інтелекту», подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 126 «Інформаційні системи та технології» галузі знань 12 «Інформаційні технології».

1. **Актуальність теми дисертаційного дослідження.** Одним із пріоритетних напрямів розвитку сучасних інформаційних технологій у сфері архітектурно-будівельного проектування є розроблення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, здатних забезпечувати інтеграцію, оброблення та аналітичне опрацювання різнорідних даних. Важливого значення набуває застосування методів штучного інтелекту для підвищення обґрунтованості вибору проектних рішень в умовах багатокритеріальності, складної структури взаємозв'язків між параметрами та невизначеності вхідних даних. Суттєвий вплив на розвиток цифрових підходів у будівельній галузі мають BIM-технології та концепція цифрових двійників, які забезпечують формування єдиного інформаційного середовища для моделювання, аналізу та прогнозування характеристик об'єктів нерухомості. Актуальність дисертаційної роботи Федорченка М.А. зумовлена необхідністю розвитку методів і засобів підтримки прийняття рішень у процесах архітектурно-будівельного проектування в умовах цифрової трансформації будівельної галузі та підвищення вимог до енергоефективності будівельних об'єктів. Сучасні процеси проектування характеризуються значною кількістю альтернативних варіантів рішень, високою розмірністю параметричного простору та необхідністю проведення багатокритеріального аналізу, що обмежує ефективність використання традиційних підходів. Особливої актуальності набувають задачі оптимізації енергоефективних рішень за умов динамічності проектного середовища та значного обсягу взаємопов'язаних

параметрів. Запропоновані у дисертаційній роботі підходи спрямовані на підвищення ефективності аналізу проєктних альтернатив, забезпечення узгодженого оброблення даних та підвищення обґрунтованості прийняття рішень. Таким чином, тема дисертаційного дослідження є актуальною, характеризується науковою новизною та має практичне значення для розвитку інформаційних технологій у сфері архітектурно-будівельного проектування.

2. Відповідність теми та змісту дослідження паспорту спеціальності. Тема та зміст дисертаційної роботи «Інтелектуальна інформаційна система підтримки вибору альтернатив енергоефективних будівель з використанням штучного інтелекту» повністю відповідає паспорту спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології» галузі знань 12 «Інформаційні технології», оскільки спрямована на розроблення та застосування інтелектуальних методів, моделей і інформаційних систем для підтримки прийняття рішень у складних багатокритеріальних задачах. Отримані результати безпосередньо відносяться до напрямів створення, аналізу та оптимізації сучасних інформаційних систем із використанням технологій штучного інтелекту.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень дисертаційної роботи Федорченка М.А. є високим і базується на комплексному застосуванні сучасних методів наукового дослідження, зокрема системного аналізу, моделювання складних інформаційних систем та положень теорії прийняття рішень. Використання методів машинного навчання дало змогу формалізувати процеси інтелектуальної обробки даних і забезпечити їх алгоритмічну реалізацію на належному науково-методичному рівні. Розроблені моделі ґрунтуються на чітко визначених математичних і алгоритмічних засадах, що підтверджує їх коректність і відтворюваність. Отримані результати підтверджені експериментальними дослідженнями та порівняльним аналізом із класичними підходами до кешування та прийняття рішень, що свідчить про їх практичну ефективність. Проведено оцінювання ефективності запропонованого підходу на модельних даних, які адекватно відображають реальні сценарії функціонування системи. Висновки дисертації логічно випливають із результатів дослідження, є несуперечливими та внутрішньо узгодженими. Додаткову обґрунтованість отриманих результатів забезпечує використання сучасних технологій обробки великих даних і нереляційних баз даних. Важливо підкреслити, що обґрунтованість наукових положень також забезпечується виважено сформульованою науковою

гіпотезою дослідження та належно опрацьованим методичним підґрунтям, що в сукупності формує цілісне та логічно послідовне науково-методичне та аналітико-прикладне дослідження.

4. **Наукова новизна одержаних результатів.** У дисертаційній роботі Федорченка М.А. отримано сукупність нових наукових результатів, що характеризуються науковою новизною та відповідають рівню дисертаційного дослідження PhD. Вперше запропоновано інтелектуальну інформаційну систему підтримки вибору енергоефективних будівель, що інтегрує сучасні підходи штучного інтелекту, BIM-технологій та багатокритеріальної оптимізації. Розроблено новий підхід до інтеграції методів машинного навчання в процес багатокритеріального вибору проектних рішень, що забезпечує підвищення обґрунтованості прийняття рішень у складних умовах невизначеності. Створено модель взаємодії BIM-середовища з аналітичними алгоритмами машинного навчання, яка забезпечує ефективну обробку та інтерпретацію проектних даних у цифровому середовищі будівельного проектування. Запропоновано гібридний підхід до інтелектуального прийняття рішень у складних інформаційних системах, що поєднує різні методи штучного інтелекту для підвищення точності результатів. Удосконалено методи структуризації даних у нереляційних базах даних для задач енергетичного аналізу, що дозволяє підвищити ефективність обробки великих масивів інформації. Набули подальшого розвитку методи формалізації параметрів енергоефективності будівель, що забезпечує їх використання в автоматизованих системах аналізу. Розширено підходи до застосування цифрових двійників у задачах оцінювання архітектурних рішень, що підвищує точність моделювання об'єктів будівництва. Реалізовано поєднання методів нечіткої логіки та машинного навчання в єдиній системі підтримки прийняття рішень, що забезпечує адаптивність і гнучкість запропонованого підходу. Сукупність отриманих результатів суттєво оновлює напрям розвитку інтелектуальних інформаційних систем у будівництві, орієнтованих на підвищення енергоефективності та оптимізацію проектних рішень.

5. **Теоретичне та практичне значення результатів.** Теоретичне значення дисертаційної роботи полягає у розвитку методів і моделей побудови інтелектуальних інформаційних систем підтримки прийняття рішень, а також у вдосконаленні підходів до застосування методів штучного інтелекту в задачах багатокритеріальної оптимізації у сфері архітектурно-будівельного проектування. У роботі сформовано концептуальні засади

використання методів машинного навчання для аналізу та оброблення даних у процесах підтримки прийняття рішень. Отримані результати розширюють теоретичні положення щодо побудови адаптивних інформаційних систем та створюють підґрунтя для подальших досліджень у сфері цифрового моделювання будівельних об'єктів. Практичне значення дисертаційної роботи полягає у можливості використання розроблених моделей, алгоритмів і програмних засобів у процесах проєктування та управління будівельними об'єктами. Запропоновані підходи можуть бути застосовані в діяльності проєктних організацій для підвищення обґрунтованості та ефективності прийняття рішень у задачах аналізу енергоефективності будівель. Результати дослідження впроваджено у практику будівельного проєктування, а також використано в освітньому процесі Київського національного університету будівництва і архітектури, що підтверджує їх прикладне значення та відповідність сучасним вимогам підготовки фахівців у галузі інформаційних технологій.

6. Повнота викладення результатів та оцінка рівня апробації.

Основні результати дисертаційного дослідження Федорченка М.А. достатньо повно висвітлені у наукових публікаціях автора. За темою дисертації опубліковано 6 статей у фахових виданнях України категорії «Б». Окремі положення апробовано на міжнародних науково-практичних конференціях. Публікації відображають основні наукові результати та підтверджують їх достовірність. Кількість публікацій відповідає вимогам МОН України до дисертацій PhD рівня. Опубліковані праці свідчать про належний рівень наукової апробації результатів дослідження.

7. Оцінка змісту та структури дисертації.

Дисертаційна робота Федорченка М.А. має логічно побудовану структуру та чітко визначену внутрішню архітектоніку, що повною мірою відповідає вимогам до дисертаційних досліджень освітньо-наукового рівня PhD. Структура дисертації узгоджується з логікою наукового пошуку, відображеною у плані дослідження, який передбачає поетапне вирішення задач систематизації інформаційних технологій, застосування штучного інтелекту та BIM-технологій для проєктування енергоефективних будівель, а також розроблення моделей і алгоритмів оцінювання та забезпечення енергоощадних характеристик.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, що задає методологічну основу подальшого

викладу матеріалу. Перший розділ присвячено систематизації інформаційних технологій та їх компонентів у контексті вибору альтернатив проектування енергоощадних будівель. У ньому розкрито понятійний апарат щодо сумісного застосування штучного інтелекту та ІТ, досліджено можливості BIM-технологій та інших цифрових інструментів у процесах автоматизованого проектування, а також сформульовано постановку задачі та наукову гіпотезу дослідження, що визначає концептуальні засади подальших розділів. Другий розділ має методичний та функціонально-технічний характер і присвячений обґрунтуванню застосування інформаційних технологій для автоматизованого проектування енергоефективних будівель. У ньому здійснено класифікацію можливостей штучного інтелекту для оцінки варіантів проєктних рішень, розглянуто інтеграцію ІІ та BIM у забезпеченні нормативних вимог до будівель, а також проаналізовано підходи до моделювання теплових процесів і мінімізації зовнішніх та внутрішніх енергетичних втрат. Третій розділ присвячено аналітико-прикладному забезпеченню застосування штучного інтелекту для вибору варіантів енергоефективності будівель. У ньому розроблено підходи до формалізації задач теплопровідності, побудови інтегрованого аналітичного простору оцінювання енергоефективності, а також концептуалізовано цифрове середовище підтримки прийняття рішень. Важливо, що структура цього розділу відображає комплексний перехід від теоретичних моделей до інструментальних засобів їх реалізації, включаючи модульну організацію програмного забезпечення та індикаторний апарат оцінювання. Четвертий розділ має практико-експериментальний характер і містить опис програмної реалізації запропонованих моделей та результати експериментальних досліджень тепловтрат із застосуванням розробленого підходу. Особливу увагу приділено інтеграції результатів у BIM-середовище, що підтверджує прикладну цінність та впроваджуваність запропонованих рішень у реальні процеси проектування енергоефективних будівель.

Структура роботи забезпечує чіткий зв'язок між теоретичними положеннями, методичними розробками та практичними результатами, що свідчить про системність наукового мислення автора. Робота містить достатню кількість ілюстративного матеріалу, таблиць і схем, які сприяють кращому сприйняттю результатів дослідження. Використані джерела є сучасними, релевантними тематиці та відображають актуальний стан досліджень у сфері штучного інтелекту, BIM-технологій та енергоефективного проектування. Загалом структура дисертації є

завершеною, методично обґрунтованою та відповідає логіці реалізації наукового дослідження. Отримані результати узгоджуються між собою та формують єдину концептуальну модель, що підтверджує цілісність і наукову обґрунтованість виконаної роботи.

8. **Зауваження та дискусійні питання.** Загалом позитивно оцінюючи подану на розгляд дисертаційну роботу, вважаю за доцільне окреслити окремі зауваження та дискусійні положення, що подані нижче:

I. На сторінках 26–28 при визначенні положень щодо особистого наукового внеску здобувача використано поняття «аналітичний простір оцінки енергоефективності будівель» та «адаптивний метод багатокритеріального вибору проектних рішень». Разом з тим зміст зазначених термінів у роботі розкрито недостатньо повно. У зв'язку з цим у підрозділі 1.1 доцільно було б подати їх авторські науково-онтологічні визначення в контексті тематики дисертаційного дослідження та спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології».

II. У підрозділі 1.2 (стор. 40–47) окремі положення мають переважно описовий характер і потребують більш глибокого аналітичного узагальнення. Доцільним було б також розширити методичне обґрунтування підходів до інтеграції ВІМ-технологій, засобів штучного інтелекту та інформаційних систем у процесах енергоефективного проектування. Крім того, частина наведеного табличного матеріалу потребує більш детального узагальнення та аналітичних висновків щодо представлених результатів.

III. У підрозділі 2.3 (стор. 67–74) концептуальні положення моделі, математичний апарат, опис алгоритмів машинного навчання та програмно-технічні аспекти їх реалізації подано без достатнього структурного розмежування. Зокрема, опис застосування нейронних мереж, ВІМ-компонентів, IoT-інтеграції та програмних механізмів взаємодії фактично поєднано з теоретичним обґрунтуванням моделі теплообміну, що ускладнює виокремлення власне науково-методичних результатів дослідження. Доцільним було б більш чітко відокремити теоретичні аспекти запропонованого підходу, зокрема межі застосування моделі, припущення та обмеження використання алгоритмів штучного інтелекту, від опису технічної реалізації та інтеграції програмних компонентів, перенісши останні до розділу 4, присвяченого реалізації моделі та експериментальним дослідженням.

IV. У підрозділі 3.4 (стор. 114–124), присвяченому розрахунковим індикаторам та візуалізації застосування штучного інтелекту для досягнення

очікуваного стану енергоефективності будівлі, доцільно було б більш чітко структурувати та формалізувати основні етапи запропонованої цифрової методики динамічного розрахунку індикаторів. Зокрема, потребує додаткової конкретизації послідовність обчислювальних процедур, логіка формування індикаторів та взаємозв'язки між окремими компонентами моделі, що використовуються для аналізу альтернативних проєктних рішень, прогнозування витрат та обґрунтування вибору енергоефективних варіантів.

V. У підрозділах 3.4, 3.5 та висновках до третього розділу недостатньо чітко узагальнено практичне значення отриманих результатів у контексті зниження ризиків при виборі енергоефективних проєктних рішень. З огляду на розроблені в роботі аналітичний простір оцінки енергоефективності, адаптивний метод багатокритеріального вибору, когнітивні моделі ШІ та механізми прогнозування тепловтрат, доцільно було б більш конкретно відобразити їх вплив на зменшення невизначеності, підвищення достовірності оцінювання альтернатив та обґрунтованості прийняття проєктних рішень.

VI. У підрозділі 4.2 недостатньо структуровано подано послідовність етапів імітаційно-сценарного моделювання показника EUI та енергостійкості будівель. Зокрема, доцільно було б більш формалізовано відобразити взаємозв'язок між формуванням BIM-моделі, генерацією сценаріїв експлуатації, прогнозуванням енергоспоживання засобами штучного інтелекту та адаптивною оптимізацією проєктних рішень.

Висловлені зауваження мають рекомендаційний характер та не ставлять під сумнів науково-теоретичну і прикладну цінність результатів даного дослідження і не формують негативної думки опонента щодо відповідності даної дисертації всім кваліфікаційним вимогам, які висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня «доктор філософії» за спеціальністю 126 «Інформаційні системи та технології» галузі знань 12 «Інформаційні технології».

Загальний висновок офіційного опонента. На підставі аналізу дисертаційної роботи Федорченка М.А. можна зробити висновок, що вона є завершеним науковим дослідженням, яке містить нові, науково обґрунтовані результати у галузі інформаційних технологій за спеціальністю 126 «Інформаційні системи та технології». Запропоновані автором теоретичні, методичні та прикладні положення щодо застосування інтелектуальних інформаційних технологій, зокрема у сфері енергоефективного проєктування будівель, мають суттєве значення для розвитку сучасних цифрових систем

підтримки прийняття рішень. Отримані результати характеризуються науковою новизною та практичною цінністю і можуть бути використані в інтелектуальних інформаційних системах та цифрових платформах будівельної галузі. Висловлені зауваження мають рекомендаційний характер і не знижують загального високого наукового та прикладного рівня поданої дисертації.

Дисертаційна робота Федорченка М.А. відповідає вимогам, які висуваються до дисертаційних робіт, зокрема зміст дисертації загалом відповідає галузі знань 12 «Інформаційні технології», спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології», а також вимогам до оформлення дисертацій, затвердженим Наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 № 40 (зі змінами, внесеними згідно з Наказом МОН України від 31.05.2019 № 759), та «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 (у редакції постанови КМУ від 03 квітня 2024 р. № 507), а її автор, Федорченко Микола Андрійович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології».

ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ

кандидат технічних наук, доцент
доцент кафедри системного аналізу
та теорії оптимізації
Державного вищого навчального
закладу «Ужгородський національний університет»
11.05.2026

Юрій АНДРАШКО

Підпис *Ю. Андрашко*
ЗАСВІДЧУЮ
Вчений секретар ДВНЗ «УжНУ»
[Signature] О.О.Мельник
« 11 » 05 2026 р.

