

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Київського національного університету
будівництва і архітектури
доктору технічних наук, професору
Веренич Олені Володимирівні

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора кафедри програмних засобів
Національного університету «Запорізька політехніка» **Олійника Андрія
Олександровича** на дисертаційну роботу **Босенка Ігора Валерійовича**
«Інформаційна система підтримки будівельно-технічної експертизи», що
представлена на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю
126 «Інформаційні системи та технології» галузі знань
12 «Інформаційні технології»

Актуальність дослідження

В умовах масштабних руйнувань спричинених тривалими бойовими діями на території України особливої актуальності набувають питання підвищення якості оцінки технічного стану цих об'єктів і створення таких інструментів, які б одночасно забезпечували автоматизацію рутинних операцій та пояснюваність висновків. Інформаційна система, що запропонована у дослідженні, реалізує підхід, який поєднує методи машинного навчання з семантичним представленням знань через онтологію. Це дозволяє не лише навчити модель на основі даних щодо пошкоджень, а й інтегрувати знання експерта без втрати контрольованості процесу оцінювання. Ключовою перевагою такого підходу є можливість перегляду результатів між ітераціями та ручного коригування на основі нормативних правил.

Таким чином, дослідження має актуальність як із прикладної, так і з наукової точки зору, оскільки спрямоване на створення архітектурного, методологічного та алгоритмічного підґрунтя для експертно-орієнтованих інформаційних систем у сфері оцінювання технічного стану будівель. Формалізація знань, побудова таксономії та моделювання процесу класифікації

технічного стану є новим внеском у цифрову трансформацію будівельної галузі.

Наукова новизна отриманих автором результатів.

Отримані автором наукові результати у дисертаційній роботі стосуються розробки методів, моделей та інформаційної системи для оцінювання технічного стану об'єктів нерухомості на основі використання методів машинного навчання.

Новизна результатів полягає в тому, що вперше розроблено модель оцінювання технічного стану об'єктів будівельно-технічної експертизи, що зазнали позапроектних впливів від зброї різного виду на основі дерев рішень з градієнтним бустингом і таксономічний ряд об'єкту будівельно-технічної експертизи, який урахує вплив зброї.

Удосконалено модель інформаційної онтологокерованої системи підтримки будівельно-технічної експертизи в напрямку впровадження машинного навчання в процес оцінювання технічного стану об'єктів експертизи і нечіткі правила відтворення продукційної діяльності експертів в процесі формування експертних висновків з урахуванням позапроектних впливів, в тому числі зброї.

Набули подальшого розвитку понятійний апарат онтології в галузі архітектури і будівництва в напрямку набуття, накопичення та збереження експертних знань і концепція автоматизації процесу діагностики об'єктів будівельно-технічної експертизи шляхом впровадження машинного навчання.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій сформульованих у дисертації.

Усі представлені у дисертаційній роботі наукові положення, висновки і рекомендації достатньо повно підтверджені коректним використанням сучасних методів дослідження, включаючи методи системного аналізу, нечіткої логіки, абстрагування і онтологічні методи формального представлення об'єктів. Наукові результати дисертації пройшли ґрунтовну апробацію, доповідались на міжнародних конференціях і підтверджені довідками про апробацію і впровадження. Експериментальні дослідження, що проведені автором, демонструють суттєве підвищення ефективності освітніх процесів при використанні розробленої інформаційної технології, що підтверджує високий рівень практичної значимості та обґрунтованості дослідження.

Теоретичне та практичне значення одержаних результатів

Теоретичне значення дисертаційної роботи Босенка І.В. полягає у розробці інноваційного підходу до структурного опису предметної області

будівельно-технічної експертизи на основі онтологічного підходу, що дозволяє формалізувати експертні знання, взаємозв'язки між типами пошкоджень, елементами конструкцій та зовнішніми впливами. Дослідження доповнює наукову базу знань у галузі інтелектуальних систем, орієнтованих на технічну діагностику та моніторинг об'єктів нерухомості. Запропоновано модифіковану структуру дерев рішень з градієнтним бустингом із врахуванням нормативних обмежень і експертної валідації.

Практична цінність результатів дослідження полягає у можливості створення гнучкої платформи для підтримки експертів у прийнятті рішень, що дозволяє автоматизувати аналіз великих масивів даних про пошкодження будівель. Інформаційна система, що реалізує запропоновані підходи, може бути використана для оцінювання стану об'єктів нерухомості на місцевому та національному рівні, а також адаптована до задач інших галузей, де необхідна формалізація знань і пояснюване машинне навчання. Система забезпечить підвищення об'єктивності висновків і скорочення часу експертизи. Практична цінність підтверджується довідками про апробації результатів дослідження в діяльність різних установ.

Повнота викладення основних результатів дисертації в опублікованих працях

Дисертаційна робота містить важливі наукові результати, які були представлені в наукових публікаціях та пройшли апробацію на міжнародних наукових конференціях. За матеріалами дисертації опубліковано 10 наукових праць, у тому числі 3 наукові статті у фахових виданнях України категорії «Б», що входять до переліку МОН України (2 з яких опубліковані одноосібно). Одна робота у періодичному науковому виданні, проіндексованому у наукометричній базі даних Scopus. Три роботи опубліковано у збірниках матеріалів міжнародних наукових конференцій, що індексуються у наукометричній базі даних Scopus. Три публікації представлені як тези доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях. Опубліковані роботи повністю відображають основний зміст дисертації та отримані наукові результати. Кількість та якість публікацій відповідає вимогам МОН України щодо висвітлення результатів дисертаційних досліджень на здобуття ступеня доктора філософії.

Зміст дисертації

Дисертація складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків до розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків у яких представлено довідки про апробації наукових результатів.

Анотація українською та англійською мовами повністю розкриває зміст дисертації і основні положення, що ідентичні основним положенням дисертаційної роботи.

У вступі обґрунтовано актуальність впровадження машинного навчання в будівельну сферу, визначено мету і завдання дослідження, сформульовано наукову новизну та практичне значення роботи, подано коротку характеристику результатів дослідження, наведено відомості про апробації результатів і публікації результатів дисертації та її структуру.

У першому розділі дисертаційної роботи представлено аналіз наукових джерел, нормативно-правової документації, а також сучасних практик у сфері будівельно-технічної експертизи. Автор детально висвітлює складнощі, з якими стикаються фахівці під час оцінювання технічного стану будівель, зокрема через відсутність структурованих підходів до фіксації пошкоджень і відмінності в інтерпретації результатів. Особливу увагу приділено аналізу чинних державних будівельних норм, стандартів та інших регламентів, які визначають принципи оцінювання технічного стану і придатності конструкцій до подальшої експлуатації. Підсумком розділу є постановка задачі створення гнучкої інформаційної системи підтримки будівельно-технічної експертизи, яка ґрунтується на формалізованих знаннях і підтримує діяльність експерта.

У другому розділі автор зосереджує увагу на концептуальному обґрунтуванні вибору математичного апарату і побудові архітектури інформаційної системи. Проаналізовано існуючі підходи до автоматизованої оцінки пошкоджень із використанням штучних нейронних мереж, нечіткої логіки та ансамблевих моделей. Визначено переваги методу дерев рішень з градієнтним бустингом у контексті задач класифікації технічного стану, враховуючи пояснюваність, точність і можливість поступового навчання з участю експерта. Розроблено структурну модель системи з основними модулями: керування правилами, оцінювання технічного стану, формування вибірок і візуалізації результатів.

У третьому розділі подано детальний опис формування понятійного апарату для онтології предметної області. Побудовано таксономічний ряд, що включає класи об'єктів, типи пошкоджень, конструктивні елементи та фактори впливу. Визначено зв'язки між класами та типами пошкоджень. Описано процес формалізації знань у вигляді правил, що будуть використані в системі для класифікації технічного стану об'єктів будівельно-технічної експертизи.

Четвертий розділ присвячено програмній реалізації системи в середовищі RStudio з використанням бібліотеки Shiny. Детально описано алгоритм

формування навчальної, валідаційної та тестової вибірок на основі синтетичних даних, де кожна конструктивна ознака подається у шкалі від 0 до 1. Здійснено тренування моделі з поетапною експертною валідацією, реалізовано механізми візуалізації метрик якості та важливості ознак. Представлено функціонал для завантаження нових даних, класифікації технічного стану і збереження результатів.

У висновках узагальнено основні наукові результати, які повністю відповідають меті та завданням дисертації. Всі посилання в списку використаних джерел відповідають темі дисертації та коректно оформлені.

Ідентичність анотації та основних положень дисертаційної роботи.

Анотація повністю розкриває зміст дисертаційної роботи, а основні положення, наведені в анотації українською та англійською мовами, ідентичні основним положенням дисертаційної роботи.

Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності.

Загальний обсяг дисертації складає 155 сторінок. Основна частина становить 116 сторінок, включаючи 39 рисунків, 6 таблиць, список використаних джерел із 137 найменувань та 8 додатків. Оформлення дисертації повністю відповідає всім необхідним вимогам МОН України.

Представлена дисертаційна робота характеризується чіткою та логічною структурою, де основні висновки та рекомендації послідовно впливають з отриманих результатів досліджень, які комплексно представлені у відповідних розділах роботи. Отримані результати демонструють виражену індивідуальність проведеного дослідження та оригінальність авторського підходу до вирішення поставлених завдань. Весь текст дисертації відзначається представленням матеріалу в авторському науковому стилі.

Зауваження

У цілому робота оцінюється позитивно, але варто звернути увагу на наступні зауваження та рекомендації, які могли б підвищити її якість:

1. Підрозділ 1.2 містить перелік чинних нормативно-правових актів, проте відсутнє системне групування цих документів за функціональним призначенням або сферою застосування. Також бракує аналізу того, як ці документи впливають на формування висновку експерта та його структуру в цифровому середовищі.

2. Хоча в підрозділі 1.5 зазначається необхідність створення онтології, сам механізм інтеграції онтології в процес експертизи, її функціональні ролі та

переваги у порівнянні з альтернативними підходами не розкрито. Доцільно посилити мотивацію вибору онтологічного методу як засобу подолання існуючих бар'єрів автоматизації.

3. У роботі подано загальний опис дерев рішень з градієнтним бустингом, однак не конкретизовано, яку саме реалізацію XGBoost, CatBoost чи AdaBoost було використано в експериментальній частині, а також не обґрунтовано вибір відповідного пакету чи бібліотеки. Це знижує відтворюваність і методологічну прозорість дослідження.

4. У підрозділі 3.1 розглядається формування понятійного апарату онтології та побудова таксономічного ряду, однак бракує чіткої інформації про конкретні джерела формалізації знань – як саме були відібрані класи пошкоджень, факторів впливу та конструктивних елементів.

5. У підрозділі 4.1 представлено переваги та недоліки RStudio, MATLAB і PyCharm, проте відсутня кількісна оцінка продуктивності або точності моделей у кожному з середовищ. Такий аналіз дозволив би зробити більш обґрунтований вибір на користь RStudio.

6. У роботі не надано кількісного порівняння GBDT з альтернативними моделями. Відсутні результати експериментів або таблиці з метриками, такими як, F1, точність, повнота для об'єктивного вибору моделі.

7. Алгоритм навчання розробленої моделі описано детально, але без посилань на формальні математичні принципи. Хоча наведено кроки запуску, параметри навчання та графіки точності, не наведено математичного обґрунтування вибраного підходу або пояснення, як саме обчислюється помилка, градієнти чи оновлення моделей.

8. В роботі присутні незначні друкарські, граматичні, стилістичні помилки.

Вказані зауваження не є принциповими та суттєво не впливають на загальну високу оцінку дисертаційної роботи, а також не знижують її наукової та практичної цінності.

Загальні висновки щодо дисертації

Вважаю, що дисертація Босенка Ігора Валерійовича «Інформаційна система підтримки будівельно-технічної експертизи» є завершеною науковою працею, в якій отримані обґрунтовані наукові результати, що мають суттєве теоретичне та практичне значення для розвитку інформаційних технологій.

Дисертація відповідає вимогам, які висуваються до дисертаційних робіт, зокрема зміст дисертації загалом відповідає галузі знань 12 «Інформаційні технології», спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології», та

«Вимогам до оформлення дисертації», затвердженим Наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 (із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки 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», затвердженому Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 (в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 03 травня 2024 р. № 507), а її автор, – Босенко Ігор Валерійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 "Інформаційні технології" зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології».

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри програмних засобів,
Національного університету
«Запорізька політехніка»

