

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, кандидата фізико-математичних наук, доцента **Широкограда Дмитра Вікторовича** на дисертаційну роботу Білого Віталія Вікторовича «Підтримка прийняття рішень щодо відновлення пошкоджених об'єктів за умов невизначеності на основі інтелектуальних технологій», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 124 – Системний аналіз.

Актуальність теми

Збройна агресія російської федерації проти України спричинила масштабні руйнування житлових будинків, виробничих споруд, об'єктів соціальної сфери та культурної спадщини. Подолання наслідків руйнувань потребує системного підходу до планування відбудови: обліку пошкоджень, оцінювання вартості відновлення та пріоритезації об'єктів при обмеженому фінансуванні.

Сучасний стан інформаційно-аналітичної підтримки таких процесів в Україні характеризується фрагментованістю: окремо існують реєстри пошкоджень, окремо – інструменти кошторисного оцінювання, окремо – аналітичні платформи. Інтегрованих рішень, що поєднували б збір та облік даних про пошкодження, аналітичну обробку цих даних та автоматизоване прогнозування вартості відновлення, на сьогодні бракує.

Дисертаційна робота В. В. Білого спрямована на побудову саме такого інтегрованого рішення – інформаційно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень щодо відновлення пошкоджених об'єктів. Запропоновані автором підходи поєднують методи системного аналізу, машинного навчання та сучасні веб-технології в єдиному програмному продукті.

Тема дисертації є актуальною та має теоретичну і практичну значущість. Робота відповідає спеціальності 124 «Системний аналіз».

Теоретичне та практичне значення одержаних результатів

Дисертаційна робота виконана у контексті державної політики фіксації пошкоджень та відновлення інфраструктури, визначеної Постановою Кабінету Міністрів України від 20 березня 2022 р. № 326 «Про затвердження Порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії російської федерації», Постановою КМУ від 26 березня 2022 р. № 380 «Про збір, обробку та облік інформації про пошкоджене та знищене нерухоме майно внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій, спричинених військовою агресією російської федерації», а також Законом України від 23

лютого 2023 р. № 2923-IX «Про компенсацію за пошкодження та знищення окремих категорій об'єктів нерухомого майна внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій, спричинених збройною агресією російської федерації проти України».

Робота виконана на кафедрі системного аналізу та обчислювальної математики Національного університету «Запорізька політехніка» в межах тем науково-дослідних робіт: «Математичне моделювання соціально-економічних процесів та систем» (номер реєстрації – 05038), «Розвиток методів дослідження складних соціально-економічних систем на основі інтелектуальних технологій» (номер державної реєстрації – 0121U113264) та «Прийняття ефективних рішень на основі інтелектуальних технологій та відкритих даних» (номер реєстрації – 05014).

Практичне значення результатів роботи підтверджується актом впровадження теоретичних результатів дисертаційного дослідження у діяльність Запорізької районної ради Запорізької області. Розроблена інформаційно-аналітична система дозволяє вести облік пошкоджених об'єктів, формувати аналітичні зведення за різними категоріями об'єктів та отримувати орієнтовні оцінки вартості їх відновлення.

Отримані результати – формалізована задача прийняття рішень щодо відбудови, концепція гібридної архітектури з відокремленим мікросервісом машинного навчання, цифровий двійник пошкодженого об'єкта з механізмом сценарного перерахунку – мають як теоретичне, так і прикладне значення. Запропонована автором система може бути використана для аналітичної підтримки рішень при формуванні програм відбудови в інших органах місцевого самоврядування та центральних органах виконавчої влади.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків й рекомендацій, сформульованих у дисертації

Наукові положення дисертації є обґрунтованими, що підтверджується сукупністю застосованих методів, використанням реальних даних та проведеною експериментальною верифікацією. Серед застосованих методів – методи теорії прийняття рішень при формалізації задачі прийняття рішень щодо відбудови; методи машинного навчання, зокрема ансамблеві алгоритми на деревах рішень, при побудові моделі прогнозування вартості відновлення; методи інтерпретації прогнозів моделей машинного навчання при формуванні пояснень для особи, що приймає рішення; методи фазифікації з трикутними функціями належності при кодуванні порядкових категоріальних ознак. Для побудови та валідації моделей використано реальні дані публічних закупівель

системи Prozorro. Працездатність розробленого програмного комплексу підтверджено комплексним тестуванням на трьох рівнях.

Відповідно до мети, поставлених завдань, визначених об'єкта та предмета дослідження структура дисертації побудована послідовно і логічно. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У першому розділі «Роль інформаційно-аналітичних систем у підтримці прийняття рішень щодо відновлення пошкоджених об'єктів» досліджено нормативно-правове забезпечення фіксації пошкоджень та відновлення об'єктів, проаналізовано існуючі програмні рішення у цій сфері. На основі проведеного аналізу обґрунтовано необхідність створення комплексної інформаційно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень.

У другому розділі «Концептуальні основи побудови інформаційно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень щодо відновлення пошкоджених об'єктів» представлено математичне забезпечення системи. Сформульовано задачу прийняття рішення щодо відбудови з урахуванням обмежень для об'єктів культурної спадщини та задачу прогнозування вартості відновлення як регресійну задачу машинного навчання. Окремо розглянуто методи кодування категоріальних ознак, ансамблеві моделі прогнозування з інтерпретацією на основі SHAP, механізм інфляційного коригування вартості та концепцію цифрового двійника об'єкта зі сценарним аналізом.

У третьому розділі «Розробка аналітичного та прогнозного забезпечення підтримки прийняття рішень щодо відновлення пошкоджених об'єктів у межах інформаційно-аналітичної системи» розглянуто принципи побудови веб-орієнтованих інформаційних систем, виконано вибір технологічного стека та представлено архітектуру розробленої системи. Описано аналітичний блок системи, модуль обліку пошкоджень, цифровий двійник об'єкта та модуль віртуальних турів для збереження пам'яті культурної спадщини.

У четвертому розділі «Тестування системи та експериментальна верифікація моделей прогнозування» представлено результати порівняння моделей машинного навчання. Навчання моделей виконано у два етапи – на вибірці з 50 та 100 записів даних публічних закупівель Prozorro, що дозволило простежити динаміку зростання точності прогнозування при розширенні вибірки. Як основну модель обрано XGBoost. Також проведено функціональне тестування програмного коду, результати якого свідчать про коректну роботу всіх компонентів системи.

Висунуті дисертантом пропозиції слід вважати раціональними, такими, що сприятимуть підвищенню обґрунтованості управлінських рішень щодо

відбудови пошкоджених об'єктів та доцільному використанню бюджетних ресурсів.

Відомості про дотримання академічної доброчесності

У дисертації та наукових публікаціях Білого В. В. відсутні порушення академічної доброчесності.

Зауваження до змісту та оформлення дисертації

До рецензованої роботи є деякі зауваження:

1. У переліку вхідних ознак моделі прогнозування присутні площа об'єкта та кількість поверхів, однак не враховано висоту поверху. Для різних типів будівель цей фактор може суттєво впливати на обсяг ремонтно-відновлювальних робіт, тому доцільно було б розглянути можливість включення висоти поверху до набору ознак моделі.

2. У роботі описано формування навчальної вибірки на основі даних публічних закупівель Prozofto, проте не розкрито організацію самого процесу збору даних – чи виконувалось воно вручну, чи із застосуванням автоматизованих засобів.

3. Однією з ознак, що використовується моделлю для прогнозування вартості, є ступінь пошкодження об'єкта. У поточній реалізації це поле заповнюється користувачем вручну на основі візуального обстеження. Доцільно було б розглянути можливість напівавтоматичного визначення ступеня пошкодження на основі зовнішніх джерел – супутникових знімків, аерофотозйомки чи матеріалів дронів.

Всі наведені недоліки не впливають на позитивну оцінку дисертації. Зауваження можуть бути предметом подальших досліджень автора.

Висновок щодо відповідності дисертації встановленим нормам

Вважаю, що дисертація Білого В. В. «Підтримка прийняття рішень щодо відновлення пошкоджених об'єктів за умов невизначеності на основі інтелектуальних технологій» є завершеною науковою працею, яка містить низку нових, актуальних та достовірних результатів, що свідчать про її значущість для процесів відбудови об'єктів, пошкоджених внаслідок війни в Україні. Дисертація повністю відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (з наступними змінами) 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 № 44 від 12 січня 2022 р., а її автор Білий В. В. заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 124 «Системний аналіз».

Кандидат
фізико-математичних наук,
доцент кафедри
«Системний аналіз та обчислювальна математика»
Національного університету
«Запорізька політехніка»

ДШ

Дмитро ШИРОКОРАД



Підпис *Дмитро Широкоград*
Засвідчую:

Начальник відділу кадрів

Міністерство / *Київ* *Міністерство*