

ВІДГУК

офіційного опонента, члена спеціалізованої вченої ради, доктора фізико-математичних наук, професора **Новожилової Марини Володимирівни** 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 галузі знань 12 Інформаційні технології.

Актуальність дослідження

Задача підтримки прийняття рішень щодо відновлення пошкоджених об'єктів є важливим напрямом досліджень у галузі системного аналізу. Вона передбачає вибір з кількох можливих варіантів відбудови, врахування різнотипних характеристик об'єктів та роботу з неповними даними, що ускладнює її розв'язання.

У сучасних умовах, коли збройна агресія російської федерації спричинила пошкодження значної кількості об'єктів житлового, нежитлового фондів та критичної інфраструктури України, ця задача набула безпрецедентної прикладної гостроти. Відбудова такого масштабу не може забезпечуватися лише експертною роботою – вона потребує побудови інформаційних технологій, що інтегрують математичні моделі, методи машинного навчання та сценарного аналізу в єдину систему підтримки управлінських рішень.

Розробка таких інформаційних технологій є актуальним напрямом сучасного системного аналізу, що поєднує методи підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності, машинне навчання та сервіс-орієнтовану організацію програмного забезпечення. Дисертаційна робота В. В. Білого безпосередньо стосується цієї проблематики. Таким чином, тема дослідження є актуальною, такою, що має теоретичний та практичний інтерес, і повністю відповідає спеціальності 124 «Системний аналіз» галузі знань 12 Інформаційні технології.

Структура роботи

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Вступ детально обґрунтовує актуальність дослідження, формулює мету та завдання, визначає об'єкт, предмет та методи дослідження, описує наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Також у вступі

визначено особистий внесок здобувача та наведено відомості про апробацію результатів дослідження.

Перший розділ дисертації присвячено аналізу стану проблеми за тематикою роботи Розглянуто сучасні підходи до фіксації пошкоджень та підтримки прийняття рішень щодо відновлення об'єктів інфраструктури, виявлено відкриті питання та обґрунтовано напрям дисертаційного дослідження.

У **другому** розділі здійснено формалізацію двох ключових задач дослідження: багатокритеріальної задачі вибору альтернативи відновлення пошкодженого об'єкта як задачі прийняття рішень в умовах невизначеності та задачі прогнозування вартості відновлення як задачі регресії із застосуванням комбінованого кодування категоріальних ознак. На основі сформульованих задач запропоновано концепцію інформаційно-аналітичної системи, що охоплює увесь цикл підтримки прийняття рішень – від обліку пошкоджених об'єктів до сценарного аналізу варіантів відбудови.

У **третьому** розділі представлено реалізацію розробленої системи. Описано модулі обліку пошкоджених об'єктів, інтерактивну карту, OLAP-куб та цифровий двійник пошкодженого об'єкта, що поєднує його цифровий профіль з прогностичним шаром на основі моделі XGBoost та механізмом сценарного перерахунку вартості відновлення. Завдяки цьому механізму система дозволяє швидко зіставляти альтернативні варіанти відбудови.

У **четвертому** розділі виконано порівняльний аналіз моделей машинного навчання на даних публічних закупівель системи Prozorro та та проведено комплексне тестування інформаційно-аналітичної системи, що охопило модульне тестування серверної частини, модульне тестування мікросервісу прогнозування та інтеграційне тестування взаємодії між ними. Експериментальні результати підтверджують працездатність розробленого рішення.

Висновки по роботі узагальнюють і точно відображають основні отримані в дисертаційному дослідженні результати.

Дисертація в цілому є структурно та змістовно збалансованою роботою, викладена науковою українською мовою, оформлена згідно до встановлених вимог.

Зміст анотації повністю відповідає положенням, розглянутим у тексті дисертаційної роботи.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій та їх достовірність

Ступінь обґрунтованості та достовірності результатів дисертаційного дослідження не викликає сумнівів, оскільки забезпечується:

- коректною постановкою задач вибору альтернативи відбудови та прогнозування вартості відновлення з урахуванням невизначеності даних та обмежень предметної галузі;
- застосуванням методів машинного навчання, що добре зарекомендували себе у задачах регресії на структурованих даних, а саме градієнтного бустингу на деревах рішень;
- використанням SHAP-аналізу для інтерпретації прогнозу, що дозволяє перевіряти змістову узгодженість отриманих результатів;
- використанням даних публічних закупівель системи Prozorro для навчання й тестування моделей прогнозування вартості та експериментальним підтвердженням працездатності розробленої системи.

Значущість результатів дослідження для науки і практики та можливі шляхи їх використання

Практичне значення результатів дослідження підтверджується впровадженням основних теоретичних і прикладних результатів дисертаційної роботи у діяльність Запорізької районної ради Запорізької області. Запропоновані моделі прогнозування вартості та механізм сценарного перерахунку знайшли застосування при формуванні переліків об'єктів для відбудови та орієнтовній оцінці потреби у фінансуванні на ранніх етапах планування – до розробки проектно-кошторисної документації. Розроблений підхід також може бути поширений на інші органи місцевого самоврядування та центральні органи виконавчої влади, залучені до планування процесів відбудови.

Робота виконана відповідно до планів науково-дослідних робіт (НДР) Національного університету «Запорізька політехніка» у межах тем: «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).

Повнота викладу результатів дослідження в наукових публікаціях

Наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані в дисертації, є достовірними, що підтверджується опрацюванням сучасних наукових праць вітчизняних та зарубіжних учених у сферах інформаційно-аналітичних систем, цифрових двійників та машинного навчання як методологічної основи дослідження, використанням реальних даних публічних закупівель системи Prozorro для побудови моделей прогнозування, а також впровадженням результатів дисертаційного дослідження у діяльність органу місцевого самоврядування.

Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 8 наукових працях, з яких 3 статті у наукових фахових виданнях України (з них 1 – у виданні, що індексується в міжнародній наукометричній базі Scopus), 1 публікація у матеріалах міжнародної наукової конференції, що індексується в міжнародній наукометричній базі Scopus, та 4 тези доповідей у матеріалах наукових конференцій, у тому числі міжнародних. Кількість та обсяг друкованих робіт відповідають вимогам до публікації основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Академічна доброчесність

Очевидних ознак порушення автором академічної доброчесності, зокрема випадків оприлюднення, частково або повністю, наукових результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження та/або відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення їх авторства, не виявлено.

Відповідність дисертації вимогам, передбаченим пунктом 10 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленої кваліфікаційної наукової праці на правах рукопису, що виконувалася здобувачем особисто. Дисертація містить наукові положення, нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати проведених здобувачем досліджень, що мають істотне значення для галузі знань 12 «Інформаційні технології». Це підтверджено публікаціями, що розкривають основний зміст роботи. Дисертація свідчить про суттєвий особистий внесок здобувача в науку та характеризується єдністю змісту. Усе вищезазначене дає змогу зробити висновок про відповідність роботи вимогам п. 10 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії. Дисертацію оформлено відповідно до вимог Міністерства освіти і науки України (Наказ №

40 від 12.01.2017 із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019).

Дискусійні положення та зауваження до дисертаційної роботи

Аналіз структури та змісту дисертаційної роботи, її теоретичних положень та практичних результатів, повноти публікацій дозволяє позитивно оцінити проведене дослідження. Разом з тим, необхідно виділити певні дискусійні питання.

1. У роботі поняття невизначеності розкрито здебільшого з боку вхідних даних. Доцільно було б охопити також інші джерела невизначеності, зокрема: невизначеність ринкових цін на будівельні роботи та невизначеність строків їх виконання.

2. У роботі описано формат взаємодії веб-застосунку та мікросервісу прогнозування через REST API. Однак доцільно було б детальніше розкрити поведінку системи при недоступності мікросервісу – зокрема обробки таких ситуацій на стороні веб-застосунку та інтерфейсу користувача.

3. У підписах до рисунків у тексті дисертації відсутні вказівки на джерела їх походження або на авторство. Доцільно було б доповнити підписи цією інформацією відповідно до усталеної практики оформлення дисертаційних робіт.

4. Висновки до дисертації можна було б доповнити коротким зазначенням щодо потенційного поширення розробленої концепції на суміжні задачі – зокрема планування реконструкції об'єктів цивільної інфраструктури у мирний час.

Загальний висновок

Зазначені зауваження та рекомендації не впливають на загальну позитивну оцінку представленого наукового дослідження. Вважаю, що дисертація на тему «Підтримка прийняття рішень щодо відновлення пошкоджених об'єктів за умов невизначеності на основі інтелектуальних технологій» є завершеною самостійною науковою роботою, яка містить нові обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, що мають істотне значення для процесів відбудови пошкодженої інфраструктури України. Дисертація за актуальністю, змістом, науковою новизною, обґрунтованістю висновків відповідає вимогам «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, а її автор, Білий Віталій Вікторович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 124 «Системний аналіз».

Офіційний опонент,
член спеціалізованої вченої ради,
доктор фізико-математичних наук, професор,
завідувачка кафедри комп'ютерних наук
та інформаційних технологій
Харківського національного
університету міського господарства
імені О. М. Бекетова



Марина НОВОЖИЛОВА

