

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 інформаційних технологій і систем
Дніпровського металургійного інституту Українського державного університету
науки і технологій **Гнатушенко Вікторії Володимирівни**

на дисертаційну роботу **Волоха Богдана Юрійовича «Інтелектуальне
кешування даних в системі підтримки процесу відновлення пошкоджених
об'єктів нерухомості»**, що представлена на здобуття наукового ступеня доктора
філософії за спеціальністю

126«Інформаційні системи та технології» галузі знань

12 «Інформаційні технології»

Актуальність теми дисертації

Актуальність теми дисертації зумовлена нагальною потребою у створенні ефективних підходів до обробки великої кількості даних в умовах післявоєнної відбудови України. Масове руйнування і пошкодження об'єктів нерухомості внаслідок повномасштабного вторгнення російської федерації на територію України висунуло нові вимоги до інформаційних систем, що мають забезпечувати надійне зберігання, швидкий доступ і динамічний аналіз даних у процесі відновлення цих об'єктів. Високе навантаження на такі системи актуалізує питання ефективного управління ресурсами та забезпечення швидкого доступу до критично важливої інформації.

Запропонований автором гібридний метод інтелектуального управління кешем, що поєднує класичні технології зберігання даних із моделями машинного навчання, є відповіддю на нові вимоги до ефективної обробки даних. Застосування запропонованого методу дозволяє адаптивно керувати ресурсами системи, покращуючи її продуктивність у реальному часі та забезпечуючи гнучке масштабування під потреби користувачів.

Усе це визначає актуальність дисертаційної роботи Волоха Богдана Юрійовича, спрямованої на розробку гібридного методу інтелектуального управління кешем в інформаційній системі підтримки процесу відновлення пошкоджених об'єктів нерухомості.

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

Основні наукові положення і висновки, що сформовані в дисертаційній роботі належним чином відображають процес і результати дослідження, що пройшли детальну апробацію і отримали визнання фахівців галузі на міжнародних конференціях. Основні наукові положення і висновки, сформульовані у дисертації, підтверджуються двома статтями здобувача у періодичних фахових виданнях, що проіндексовані в наукометричній базі даних SCOPUS, і двома статтями у наукових фахових виданнях України категорії «Б», а також висвітлені і обговорені на п'ятьох міжнародних наукових конференціях, чотири з яких проіндексовані в наукометричній базі даних SCOPUS. Публікації здобувача відповідають вимогам, що встановлені «Порядком присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» затвердженим постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року.

Обґрунтованість результатів дослідження також засвідчена довідкою про апробацію результатів дослідження експертами Київського науково-дослідного інституту судових експертиз Міністерства юстиції, що підтверджує високий рівень науково-практичного дослідження і його відповідність сучасним стандартам.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження

Аналіз наукових положень, викладених у дисертаційному дослідженні, що сфокусоване на підтримці процесу відновлення пошкоджених об'єктів нерухомості, дозволяє стверджувати, що в роботі:

- 1) вперше розроблено гібридний метод інтелектуального управління кешем, що враховує суттєві ознаки користувачів і пошкоджених об'єктів;
- 2) удосконалено модель інформаційної системи підтримки процесу відновлення пошкоджених об'єктів шляхом інтеграції модуля інтелектуального кешування, що підвищує її продуктивність системи забезпечуючи швидкий доступ до актуально важливих даних;
- 3) удосконалено процес інформаційної підтримки процесу відновлення пошкоджених об'єктів нерухомості шляхом розширення колекцій документів для нереляційної бази даних, що призначена для зберігання даних про пошкоджені об'єкти нерухомості, історії запитів користувачів і статистику пошкоджень;
- 4) отримали подальший розвиток підходи до обробки і зберігання даних в інформаційній інфраструктурі галузі архітектури і будівництва.

Зроблено висновок, що винесені на захист положення мають теоретичну та прикладну новизну у галузі інформаційних технологій.

Теоретичне та практичне значення одержаних результатів

Теоретичне значення результатів дисертаційного дослідження Волоха Богдана Юрійовича полягає у створенні гібридного методу інтелектуального управління кешем, що дозволяє вирішувати ключові задачі кешування, а саме: визначення доцільності додавання нових даних до кешу, вибору об'єктів для видалення при його заповненні, та інвалідації застарілої інформації. Створення цілісної моделі, що поєднує існуючі інструменти роботи з даними та адаптивні моделі машинного навчання, показує можливість застосування моделей Q-Learning і логістичної регресії, для ефективного керування даними в умовах високого навантаження.

Теоретичне значення одержаних в роботі результатів засвідчуються довідкою про впровадження результатів дослідження в навчальний процес факультету автоматизації і інформаційних технологій Київського національного університету будівництва і архітектури.

Практична цінність дисертаційної роботи Волоха Б. Ю. полягає у створенні прикладних рішень, які можуть бути використані в реальних умовах роботи інформаційних високонавантажених систем.

Зокрема:

- запропонована структурна модель документів для нереляційних баз даних, оптимізована для зберігання інформації про пошкоджені об'єкти нерухомості, історію запитів користувачів і статистику пошкоджень, дозволяє підвищити ефективність роботи експертів у сфері будівельно-технічної експертизи;

- розроблений гібридний метод інтелектуального управління кешем дає змогу покращити швидкість доступу до актуально важливих даних, враховуючи особливості користувача і запитуваного об'єкта.

Отримані результати можуть бути використані у проєктах відбудови, де потрібна швидка обробка інформації, а також в інших інформаційних системах, які працюють у режимі реального часу. Це засвідчується довідкою про апробацію результатів дисертації.

Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових положень та результатів в опублікованих працях

За своїм змістом дисертаційне дослідження Волоха Богдана Юрійовича повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології» для третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти,

затвердженого та введеного в дію наказом Міністерства освіти і науки України від 08.08.2023 р. № 955, та напрямкам досліджень відповідно до освітньо-наукової програми.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Аналіз структури і змісту дисертаційної роботи та наукових праць, що опубліковані автором, дозволяє стверджувати, що усі наукові та практичні результати отримані ним особисто і повною мірою опубліковані та апробовані. Розглянувши звіт за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Б.Ю. Волоха є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації та плагіату. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою, має чітку структуру. В роботі чітко прослідковується авторський стиль подачі матеріалу та формування висновків. При цьому автор демонструє високий рівень логічної організації тексту і використання мовленнєвого стилю. Представлені в роботі аспекти в цілому викликають позитивні враження та свідчать про високий науковий рівень дослідницької праці.

Структура дисертації.

Дисертація загальним обсягом 160 сторінок складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 121 найменувань і додатків, у які винесені довідки про впровадження та апробацію результатів дисертації.

Зміст дисертації

Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків, у які винесені довідки про впровадження та апробацію результатів дисертації.

В анотації представлено тему, наукову новизну, основний зміст і ключові слова, що у повній мірі відображають зміст дисертаційної роботи.

У вступі зазначено актуальність теми дисертації, зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, сформульовано мету роботи та задачі для її досягнення, визначено об'єкт і предмет дослідження, подано відомості про наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, описано основний зміст, ключові слова, охарактеризовано основні результати дослідження, наведено інформацію про публікації та апробацію, особистий внесок здобувача, структуру та обсяг дисертації та висловлено подяку науковому керівнику.

Перший розділ присвячено аналізу процесу виконання будівельно-технічної експертизи проблем роботи з даними в інформаційних високонавантажених системах. В розділі також описано загальну концепцію інформаційної системи підтримки процесу відновлення пошкоджених об'єктів нерухомості, що орієнтована на інтеграцію з різними джерелами даних, роботу в умовах великого навантаження в режимі реального часу і підтримку різних типів користувачів. На основі критичного аналізу проблем роботи з даними в інформаційних високонавантажених системах і відмінності між реляційними та нереляційними базами даних обґрунтовано доцільність застосування технологій кешування для підвищення швидкодії доступу до інформації. Завершується розділ формуванням вимог до роботи з даними в інформаційній системі підтримки процесу відновлення пошкоджених об'єктів нерухомості, зокрема в умовах масштабних руйнувань.

Другий розділ присвячено проектуванню бази даних, що використовується в системі підтримки процесу відновлення пошкоджених об'єктів нерухомості. В цьому розділі визначено типи користувачів, особливості запитів, технічні обмеження та вимоги до гнучкості системи; обґрунтовано вибір MongoDB як основної СУБД, а також спроектовано структурну модель документів для нереляційних баз даних, оптимізовану для зберігання інформації про пошкоджені об'єкти нерухомості, історію запитів до них від користувачів і статистику пошкоджень, яка надає можливість підвищити зручність і ефективність роботи експертів. Окрему увагу приділено поясненню переваг інтелектуального кешування перед існуючими методами. На цій основі закладено фундамент для розробки гібридного методу інтелектуального управління кешем.

Третій розділ присвячено розробці методу інтелектуального управління кешем, який вирішує три задачі кешування: доцільність додавання нового об'єкту до кешу, визначення об'єкта для видалення у разі заповнення кешу та інвалідацію неактуальних даних. У межах запропонованого методу реалізовано послідовність дій, що охоплює всі ці задачі. При цьому для вирішення першої задачі запропоновано використовувати модель табличного Q-Learning, а для другої і третьої – модель логістичної регресії. Також в цьому розділі детально описано процес формування вектора ознак, структуру додаткових колекцій документів для збереження навчальних прикладів, алгоритми навчання вибраних моделей і прийняття рішень. Окрім того показано схему роботи запропонованого методу та інтеграцію модуля інтелектуального управління кешем у загальну модель системи підтримки процесу відновлення пошкоджених об'єктів нерухомості і

обґрунтовано доцільність використання Redis як технології кешування в цій системі.

Четвертий розділ присвячено експериментальним дослідженням гібридного методу інтелектуального управління кешем і реалізації системи для проведення експериментального тестування його ефективності. В розділі детально описано архітектуру цієї системи та взаємодію її ключових компонентів, серед яких MongoDB, Redis, моделі машинного навчання та модуль керування, що координує обробку запитів і реалізує алгоритм інтелектуального управління кешем. Також в розділі проведено два типи експериментів: тестування з фіксованими моделями та серії запусків з накопиченням навчальних прикладів, результати дослідження представлено у вигляді графіків кеш-хітів для різних методів і сценаріїв навантаження, що дозволяє оцінити ефективність запропонованого гібридного методу порівняно з існуючими методами кешування LRU та LFU.

У висновках узагальнено основні результати дослідження, що повністю відповідають поставленій меті і задачам дослідження.

Список використаних джерел охоплює як фундаментальні, так і прикладні праці, коректно оформлений відповідно до вимог.

У додатках надано акти про впровадження результатів дисертаційного дослідження в навчальний процес Київського національного університету будівництва та архітектури та їх апробації в лабораторії інженерно-технічних видів досліджень Київського науково-дослідного інституту судових експертиз Міністерства юстиції України.

Недоліки та зауваження по роботі:

1) У підрозділі 1.2 наведено докладний опис типових проблем, що виникають при роботі з даними, проте відсутнє їх систематичне групування за типами, такими як технічні, організаційні або архітектурні. Це могло б зробити аналіз більш структурованим і дозволити чіткіше зіставити проблеми з подальшими рішеннями.

2) У підрозділі 1.3 порівняння між реляційними і нереляційними базами даних в контексті особливостей предметної області не достатньо глибоке. На мій погляд, доцільно було б детальніше розглянути специфічні вимоги до зберігання та обробки даних у вибраній предметній області, як-от часта поява нових типів даних, складні запити з багатьма умовами та необхідність масштабування системи.

3) Обґрунтування вибору MongoDB у підрозділі 2.2 базується на порівняльній таблиці характеристик систем управління базами даних, проте відсутні кількісні експериментальні результати, які б підтверджували переваги

саме цієї СУБД за показниками продуктивності, масштабованості та обробки запитів у порівнянні з альтернативними рішеннями.

4) У підрозділі 2.3 подано загальну структуру колекцій у базі даних MongoDB, однак не наведено прикладів типових документів, які зберігають дані про пошкоджені об'єкти нерухомості, історію запитів користувачів або статистику пошкоджень. Відсутність таких прикладів ускладнює оцінку практичної доцільності обраної структури для потреб інформаційної системи підтримки процесу відновлення пошкоджених об'єктів нерухомості.

5) У підрозділі 3.3 перелічено ознаки, які використовуються для вибору об'єкта на видалення з кешу, проте не показано, які з них найбільше впливають на рішення моделі. Було б доцільно навести хоча б базовий аналіз важливості ознак, щоб пояснити, чому обрано саме ці параметри і як вони впливають на результат.

6) У підрозділі 3.4 описано вирішення задачі періодичної інвалідації кешу, але не розглянуто, як вибраний постійний інтервал часу працює в ситуаціях, коли частота запитів змінюється. Додавання такого аналізу дало б змогу краще зрозуміти, наскільки алгоритм вирішення цієї задачі може адаптуватися до різних навантажень.

7) У підрозділі 4.3 наведено порівняння запропонованого гібридного методу інтелектуального управління кешем з існуючими методами кешування LRU і LFU в різних сценаріях, однак не вказано точних значень ключових параметрів, таких як розмір кешу, кількість об'єктів в базі даних чи параметри моделей машинного навчання. Відсутність цієї інформації ускладнює незалежну перевірку та повторення отриманих результатів.

8) У тексті дисертації спостерігається повтори формулювань і термінів в окремих абзацах та незначні орфографічні, граматичні та стилістичні помилки.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Загальна оцінка дисертаційної роботи.

На підставі аналізу дисертаційної роботи здобувача наукового ступеня доктора філософії Волоха Богдана Юрійовича на тему «Інтелектуальне кешування даних в системі підтримки процесу відновлення пошкоджених об'єктів нерухомості» вважаю, що робота виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є завершеною науковою працею, сукупність теоретичних та практичних результатів якої розв'язує важливе науково-практичне завдання.

Дисертаційна робота Волоха Б.Ю. загалом відповідає вимогам, які висувуються до дисертаційних робіт галузі знань 12 «Інформаційні технології», спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології», та вимогам «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 також «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), а її автор – Волох Богдан Юрійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології».

Офіційний опонент:

Професор кафедри
інформаційних технологій і систем
Дніпровського металургійного інституту
Українського державного університету
науки і технологій
доктор технічних наук, професор



Вікторія ГНАТУШЕНКО

Підпис Гнатушенко Вік. В. засвідчую

Проректор з наукової роботи
Українського державного університету
науки і технологій,
д.т.н, професор




Юрій ПРОЙДАК