ВІДГУК
ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу аспіранта Грицука Валерія Юрійовича «Методи та моделі інформаційних технологій для моніторингу технічного стану транспортних засобів» на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки

Актуальність теми дослідження

Представлене дисертаційне дослідження є актуальним та своєчасним, що обумовлено необхідністю цифрової трансформації, впровадження сучасних методів моделювання та підтримки прийняття рішень у сфері діагностики та ремонту транспорту. В умовах зростання вимог до ефективності використання ресурсів, скорочення витрат і підвищення продуктивності технічного обслуговування транспортних засобів значення набуває застосування технологій прогностичного моніторингу і сховищ даних, що й визначає актуальність виконаного дослідження.

Впровадження таких інформаційних технологій буде мати не лише локальний економічний ефект, але може виступати інфраструктурним базисом в рамках розвитку концепції розумного міста.

Таким чином, розробка комплексної розподіленої технології моніторингу технічного стану транспортних засобів є своєчасним, науково обґрунтованим і практично необхідним кроком для автомобільної галузі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Наукова новизна результатів дисертації та значення для практики

Автор в процесі дослідження вмрішує підвищення ефективності технічного обслуговування транспортних засобів шляхом розробки методів, моделей та інформаційних технологій аналізу даних для прогностичного моніторингу технічного стану транспортних засобів, що забезпечує науково обґрунтований перехід від реактивного до проактивного обслуговування. Наукова новизна одержаних результатів включає:

Вперше розроблено розподілену інформаційну технологію дистанційного контролю транспортних засобів, яка, на відміну від відомих реляційних систем, інтегрує нереляційні бази даних, паралельні обчислення та потокову обробку через брокери повідомлень. Це забезпечує консистентність даних і горизонтальну масштабованість за умов нерегулярного надходження діагностичної інформації.

Удосконалено метод подолання розрідженості навчальних вибірок баз даних LVD шляхом застосування статистичних оцінок щільності розподілу ймовірностей (за рахунок використання статистичного фільтра на основі непараметричного критерію Колмогорова-Смірнова) та алгоритмів

мінімізації втрат даних при розширенні діагностичного простору ознак (із використанням алгоритму пучкового пошуку – beam search – для поетапного додавання релевантних ознак з урахуванням граничних умов розміру датасету), що підвищує якість формування навчальних датасетів для задач прогностичної аналітики.

Отримало подальший розвиток архітектури багатошарового перцептрона (MLP) та рекурентних мереж довгої короткочасної пам'яті (LSTM) для виявлення прихованих дефектів у нестаціонарних потоках телеметрії OBD-II;

Теоретичні положення та рекомендації дозволяють на практиці надати суб'єктам транспортного обслуговування моделі та методики, засновані на використанні штучних нейронних мереж, для визначення конкурентоспроможності маршрутів, оцінки стану ринку пасажирських перевезень, що є необхідною умовою прогнозування розвитку ринку надання транспортних послуг жителями великих міст і регіонів. Визначено вимоги, що висуваються до застосування методів і засобів автоматизації моніторингу пасажирських перевезень. Загалом ці результати дають змогу приймати рішення з удосконалення транспортного обслуговування населення. Результати дисертаційної роботи використано у практиці роботи ряду організації Харківського регіону, що підтверджено актами впровадження.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій та достовірність отриманих результатів

В основу дисертаційної роботи покладена ідея інтелектуалізації моніторингу технічного стану транспортних засобів. Автор пропонує методи та моделі машинного навчання та штучних нейронних мереж для для прогнозування вузлів та агрегатів транспортних засобів.

Створення інформаційної технології моніторингу базується на сучасних методиках сховищ даних.

Одержані результати є інтерпретованими і мають практичний характер. Все це свідчить про достатню обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи.

Повнота викладення результатів

Основні положення дисертаційної роботи досить повно викладено у 20 наукових публікаціях, з яких: 2 статті у наукових фахових виданнях України; 2 статті, що входять до наукометричних баз Scopus та Web of Science. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на:

1. Грицук В.Ю., Пронін С.В. Перспективи впровадження прогностичного обслуговування транспортних засобів на основі машинного навчання. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених «Сучасний стан досліджень в сфері ІТ» (19 квітня 2024 року)*. Харків: ХНАДУ, 2024. 215 с. С.77 – 81.

2. Грицук В.Ю., Пронін С.В. Інтелектуальна система діагностики транспортних засобів на основі використання нейронних мереж. *29-й Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Зб. матеріалів форуму. Т. 6.* Харків: ХНУРЕ. 2025. 630 с. С.117-119.

3. Грицук В.Ю., Грицук Ю.В. Прогностичне обслуговування в автомобільному сервісі: використання IOT та BIG DATA. *Збірник тез та доповідей міжнародної конференції «Енергетичні установки та альтернативні джерела енергії». 11–12 березня 2024 року*. Харків: ФОП Бровін О.В., 2024. 424 с. С.264-266.

4. Грицук В.Ю. Концептуальний підхід до створення сховища даних для автомобільного сервісу. *Міжнародна науково-практична конференція «Інноваційні підходи у відновленні транспортної інфраструктури в особливих умовах воєнного стану: виклики та перспективи». Збірник тез доповідей.* К.: НТУ, 2024. 662 с. С.56-59.

5. Грицук В.Ю., Грицук Ю.В. Модульна архітектура обробки та зберігання даних транспортних засобів. *Збірник тез та доповідей міжнародної конференції "Енергетичні установки та альтернативні джерела енергії". 11–12 березня 2025 року*. Харків: ФОП Бровін О.В., 2025. 192 с. С. 125-129.

6. Грицук В.Ю., Грицук Ю.В. Формування бази даних Logged Vehicle Data для машинного навчання в автомобільному сервісі. *Збірник тез доповідей міжнародної конференції «Енергетичні установки та альтернативні джерела енергії». 11–12 березня 2026 року*. Харків: ФОП Бровін О.В., 2026. 208 с. С.140-143.

7. Hritsuk V. Yu. The usage of databases and big data technology in the automobile transport. *Студентство. Наука. Іноземна мова: збірник наукових праць студентів, аспірантів та молодих науковців.* Вип. 14. Харків: ХНАДУ, 2022. 236 с. С.75-78.

8. Грицук В.Ю. Технології Big Data в автомобільному сервісі: принципи та проблеми. *Комп'ютерні технології і мехатроніка. Збірник наукових праць за матеріалами V Міжнародної науково-методичної конференції.* Харків, ХНАДУ, 2023. 99 с. С.3-7.

9. Грицук В.Ю. Розвиток систем автономного водіння за рахунок використання машинного навчання та BIG DATA. *Збірник наукових праць за матеріалами II Міжнародної науково-практичної конференції «Вища технічна освіта XXI століття: виклики, проблеми, перспективи», 14–15 грудня 2023 р.* Краматорськ – Івано-Франківськ: ДонНАБА. 2023. 338 с. С.325-328.

10. Mateichyk V., Gritsuk I., Ghita B., Polishchuk O., Litvinov M., Hritsuk V. Building the predictive models and a forecast schedule in the monitoring system for the temperature of the engine coolant. *Науково-прикладні аспекти автомобільної і транспортно-дорожньої галузей: матеріали VIII міжнарод. науково-практична конференція. м. Луцьк, 30-31 трав. 2024 р.* Луцьк, 2024. 107 с. С.9-12.

11. Грицук В.Ю. Розробка концептуальної схеми побудови сховища даних. *Матеріали міжнародної наукової конференції «Математичне моделювання та інформаційні технології сучасності» (10 жовтня 2024 року)*. Харків: ХНАДУ. 2024. 240 с. С.25-29.

12. Грицук В.Ю. Інтеграція методів бортової самодіагностики транспортних засобів: класифікація та моделювання. *Матеріали міжнародної наукової конференції «Процеси цифровізації екосистем» (31 жовтня 2024 року)*. Харків, ХНАДУ, 2024. 173 с. С. 18-25.

13. Грицук В.Ю., Грицук Ю.В. Обмін інформацією та міжоб'єктна взаємодія технології V2I. *Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі. Матеріали XI Всеукраїнської науково практичної WEB конференції аспірантів, студентів та молодих вчених (21-23 березня 2018 р.)*. Кривий Ріг: ДВНЗ «Криворізький національний університет», 2018. С.66 – 68.

14. Грицук А.І., Грицук В.Ю., Ченцов А.В., Матейчик П.В., Краснокутська З.І. Використання інформаційних баз даних в задачах моніторингу автомобільного транспорту. *Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування. 9-а Міжнародна науково-практична конференція, 13-14 вересня 2018 р.* Херсон: ХДМА. 376 с. С.37-39.

15. Gritsuk I., Polishchuk O., Hritsuk V. Formation of an information exchange scheme on the example of a ship power plant. *Прикладні науково-технічні дослідження: матеріали VI міжнар. наук.-прак. конф., 14-16 трав. 2024 р.* Академія технічних наук України. Івано-Франківськ: Видавець Кушнір Г. М., 2024. 292 с. С. 177-179.

16. Mateichyk V., Gritsuk I., Ghita B., Polishchuk O., Litvinov M., Hritsuk V. Formation of the data flow diagram of the information system for monitoring of a ship power plant. *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT – 2024). Збірник матеріалів XVI Міжнародної науково-практичної конференції (29–31 травня 2024 р., м. Одеса)*. Одеса: Херсонська державна морська академія, 2024. 426 с. С.198-201.

Назва дисертації вірно відображає її зміст. Науковий і методичний рівень, оформлення дисертації та автореферату відповідають вимогам до дисертацій на набуття наукового ступеня доктор філософії. Дисертація за своїм змістом відповідає спеціальності 122 Комп'ютерні науки.

Зміст дисертації та відповідність встановленим вимогам

Дисертаційна робота складається з анотації двома мовами, змісту, вступу, основної частини, з чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатку. У роботі представлено 64 рисунки і 20 таблиць. Загальний обсяг дисертації складає 248 сторінок, з них: 218 основного тексту, список використаних джерел охоплює 27 сторінок. Список

використаних джерел складає 219 найменувань. Структура дисертації в цілому відповідає логіці поставлених завдань.

Оцінка розділів дисертаційної роботи

Перший розділ.
У розділі виконано системний аналіз методів та інформаційних систем діагностики, оцінки і прогнозування технічного стану транспортних засобів. Автор розглядає еволюцію систем управління базами даних. Аналізує такі парадигми технічного обслуговування як реактивне (Run-to-Failure), планово-профілактичне та прогностичне (Predictive Maintenance). Досліджує можливості технологій Big Data для прогнозування транспортних потоків, методи Floating Car Data (FCD), алгоритми машинного навчання для керування трафіком, застосування аналітики в концепції розумного міста (Smart City, V2X). Показано потенціал OBD-II-даних як джерела формування інформаційних масивів Big Data для задач машинного навчання. Позитивною рисою є прагнення автора пов’язати специфіку технічного обслуговування транспортних засобів з інформаційними технологіями, що дає аналітичну основу для подальшого дослідження.
Другий розділ
В розгляді розглянуто принципи збору телеметричної інформації через інтерфейс OBD-II, детально проаналізовано стандартизовані режими діагностики та класифікацію кодів несправностей (DTC). Вирішено проблему розрідженості даних у базах LVD засобами статистичного оцінювання щільності розподілу та мінімізації втрат вибірки. Обґрунтовано методологію проектування сховища даних на базі ETL-процесів, нереляційних документо-орієнтованих СУБД (MongoDB) та концепції семантичного сховища з онтологічними зв'язками між різнорідними джерелами діагностичної інформації. Суттєвим результатом розділу є формалізація задач моніторингу. В розділі приділена значна увага питанням формування даних для моніторингу технічних засобів, що створює основу для подальшого використання моделей машинного навчання.
Третій розділ.
В розділі побудовано аналітичний конвеєр прогностичного моніторингу та розроблено математичні моделі системи. Для класифікації технічного стану транспортних засобів реалізовано й порівняно чотири підходи: багатошаровий перцептрон (MLP), рекурентні мережі LSTM для аналізу нестаціонарних часових рядів показань датчиків, алгоритм Random Forest та логістичну регресію. Оцінку ефективності розроблених моделей здійснено за розширеним набором метрик, що базується на аналізі матриці плутанини, оскільки набори даних автосервісу є глибоко незбалансованими. Зокрема, використано Accuracy (загальну точність класифікації), F1-score (гармонійне середнє між точністю та повнотою), ROC AUC (площу під кривою робочої характеристики приймача) та MCC (коефіцієнт кореляції Метьюса для

комплексної оцінки якості класифікації). Головним критерієм оцінки ефективності визначено здатність алгоритму максимізувати показники F1-score та MCC при одночасній суворій мінімізації хибно-негативних прогнозів (False Negatives), що дозволяє уникнути небезпечного пропуску реальних критичних дефектів ТЗ. Третій розділ є змістовним ядром дисертації оскільки саме в ньому проведена експериментальна частина побудови системи прогностичного моніторингу.

Четвертий розділ.

В розділі проведено проектування інформаційної системи, розроблено об'єктно-орієнтовану UML-модель та деталізовано архітектуру програмного комплексу: модуль збору даних з OBD-сканера, препроцесор нормалізації та перевірки цілісності, підсистема реального часу, сховище даних та блок машинного навчання. Реалізовано відмовостійку мікросервісну архітектуру з балансувальниками навантаження та резервними вузлами. Описано механізми автоматизованого планування ETL-процесів, стиснення архівних даних та реляційну схему метабази (PostgreSQL) для збереження структурованих результатів діагностики. Розроблено прикладний рівень системи для інтеграції в екосистему Smart City та периферійних обчислень (Edge Computing). У розділі також представлено методіку оцінки ефективності представлених рішень. Проведен розрахунок ефективності прогностичної системи порівняно з реактивними систами обслуговування.
Розділ завершує логіку дослідження переходом від моделей до інформаційної технології та демонструє її прикладну орієнтованість.

Зауваження по роботі

1. Розглядаючи особливості моніторингу технічного стану транспортних засобів необхідно було більш конкретно визначити його місце в транспортному комплексі в цілому;
2. В розділі 2 дисертаційної роботи достатньо багато уваги приділяється опису роботи OBD-II та бортової мережі автомобіля, але це не є центральною темою дослідження. Можливо більш доцільно було б цю інформацію подати у вигляді посилань, зосереджуючись тільки на описі діагностичних даних;
3. В роботі не зовсім повно розкрито особливість використання математичного апарату теорії можливостей. Питання пов’язані з нечіткою діагностикою мають більш теоретичний опис. Автору слід було більше уваги приділити практичному використанню цієї теорії;
4. В дисертаційній роботі було б доцільнішим підрозділ 3.6 Архітектура інформаційної системи перенести до четвертого розділу.
5. У роботі не зовсім ясно, як пропонується організувати взаємодію усіх учасників процесу моніторингу технічного стану транспортних засобів. Також недостатньо формалізовано взаємодію людини з рекомендаціями системи моніторингу;
6. У розділі 4 дисертаційної роботи наведені приклад JSON-документу та

поля бази даних. Можливо цей матеріал слід було розмістити у додатках;

7. В дисертаційної роботи відсутнє обґрунтування використання методу аналізу ієрархій. Не проведено аналізу інших методів для оцінки вибору стратегії обслуговування;
8. Здобувачу доцільно було приділити більше уваги питанням масштабування розробленої інформаційної технології на мережі підприємств різної потужності та детальніше висвітлити механізми інтеграції запропонованої системи з корпоративними інформаційними системами управління. Також не приділено уваги питанням захисту інформації.

Виявлені зауваження мають дискусійний або рекомендаційний характер і не знижують загального високого наукового рівня та практичної цінності дисертаційного дослідження.

Висновок по роботі

Оцінюючи роботу, можна зробити висновок, що дисертація є завершеним науковим дослідженням галузі інформаційних технологій. Враховуючи обсяг дослідження, наукову та практичну значимість отриманих результатів, вважаю, що дисертаційна робота «Методи та моделі інформаційних технологій для моніторингу технічного стану транспортних засобів» відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення спеціалізованої вченої ради, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44, а також Вимогам до оформлення дисертації, затвердженим наказом МОН України від 12 січня 2017 р. №40.

Грицук Валерій Юрійович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12- Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Офіційний опонент,
професор кафедри програмної інженерії
Харківського національного університету
радіоелектроніки
кандидат технічних наук, доцент Ігор ШУБІН

Професора кад ТІ І. Шубіна

ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ:
Начальник відділу кадрів
02 11 2026

ВІДДІЛ КАДРІВ №2