

ВІДГУК

рецензента Саваневича Вадима Євгеновича,
на дисертаційну роботу Бизкровного Олександра Миколайовича
на тему «Моделі та методи розроблення програмного забезпечення
прогнозування дорожньо-транспортних пригод в реальному часі»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
з галузі знань 12 – Інформаційні технології
за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення

1. Актуальність теми дисертації

Задача завчасного виявлення передумов дорожньо-транспортної пригоди належить до класу задач виявлення сигналу в умовах завад та жорстких обмежень на час прийняття рішення. Класичні бортові системи безпеки автомобіля обмежені зоною дії власних сенсорів, а системи, побудовані на ретроспективних даних, не забезпечують функціонування в реальному часі. Кооперативні технології V2X потребують масового оснащення транспортних засобів, що стримує їх практичне впровадження.

Існуюче протиріччя між потребою в роботі систем попередження ДТП у режимі реального часу та обмеженими можливостями наявних моделей і методів підкреслює наукову і прикладну значущість обраної теми. Запропонований здобувачем підхід – розміщення автономних пристроїв прогнозування безпосередньо на небезпечних ділянках руху з локальним опрацюванням відеопотоку та сповіщенням водія через шину повідомлень – значною мірою усуває зазначені обмеження і не потребує дооснащення кожного транспортного засобу.

Отже, вважаю, що тема дисертаційної роботи Бизкровного О.М. є актуальною та своєчасною.

2. Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в такому:

- Уперше запропонована модель розроблення програмного забезпечення прогнозування дорожньо-транспортних пригод на перехрестях, яка орієнтована на виконання алгоритмів безпосередньо на IoT-пристроях. Це дозволяє здійснювати локальне прогнозування без передавання відеопотоку на сервер, забезпечує роботу системи в режимі реального часу та підвищує її масштабованість завдяки використанню розподіленої архітектури.

- Уперше запропонована гібридна модель прогнозування дорожньо-транспортних пригод, яка поєднує моделі комп'ютерного зору та методи обчислювальної геометрії. Такий підхід дозволив спростити підготовку навчальних даних, використовувати загальнодоступні набори даних для навчання моделей і зменшити обчислювальні вимоги до їх локального виконання на IoT-пристроях.

- Уперше запропонований метод проєктування програмного забезпечення розподіленої системи прогнозування ДТП, що ґрунтується на автономній роботі IoT-вузлів, використанні хмарної інфраструктури, протоколу MQTT та алгоритму GeoHash для маршрутизації повідомлень. Запропоновані архітектурні рішення забезпечують розширення зони прогнозування, високу продуктивність системи та її практичну придатність до роботи в реальному часі.

Особливістю дисертаційної роботи є те, що автор запропонував комплексний підхід до побудови програмної системи прогнозування дорожньо-транспортних пригод, який поєднує не лише моделі комп'ютерного зору, а й edge-обчислення, методи обчислювальної геометрії, розподілену IoT-архітектуру та сучасні засоби програмної інженерії. Практична реалізація й експериментальне практичне використання підтверджують працездатність

запропонованих рішень та їх прикладну цінність.

Обґрунтованість наукових положень забезпечено методологічно коректним застосуванням апарату комп'ютерного зору, обчислювальної геометрії та статистичної теорії виявлення сигналу: рішення сформульовано в термінах гіпотез H_0 і H_1 з урахуванням помилок першого та другого роду, а теоретичні оцінки узгоджено з експериментальними. Порівняння моделей комп'ютерного зору проведено за метриками Precision, Recall, F1, mAP@0.5 і mAP@0.5:0.95 та за часом інференсу із зазначенням умов навчання (табл. 2.3 – 2.5). Працездатність методу перевірено на 80 тестових сценаріях у середовищі BeamNG.tech; за результатами наскрізних вимірювань імовірність правильного виявлення становила $P^D = 0,67$ в усьому діапазоні швидкостей та $P^D = 0,80$ за швидкості в межах дозволеної, середня затримка доставки повідомлення – 0,298 с за граничного значення 500 мс, а повний цикл «виявлення небезпеки – зупинка транспортного засобу» – у середньому 1,93 с (п. 3.8).

Отже, отримані результати свідчать про успішне розв'язання поставленого в дисертаційній роботі наукового завдання розв'язано та достатній рівень наукової зрілості здобувача.

3. Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

Зміст дисертації повною мірою відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та напрямам досліджень, визначеним освітньо-науковою програмою Харківського національного університету радіоелектроніки. Дослідження проведено у період 2022 – 2026 років у межах плану науково-дослідних робіт кафедри програмної інженерії зазначеного університету.

Робота становить завершене наукове дослідження і засвідчує вагомий особистий внесок здобувача у відповідний напрям інженерії програмного забезпечення. Важливо відзначити, що здобувач довів дослідження до рівня

функціонуючої програмної системи, реалізованої на спеціалізованих IoT-платформах. Це свідчить про поєднання теоретичних результатів з їх практичною реалізацією та підтверджує вагомий особистий внесок автора.

Аналіз звіту подібності, сформованого за результатами перевірки тексту на збіги, свідчить, що дисертація є самостійним дослідженням здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Наявні збіги відповідають власним публікаціям автора, оприлюдненим раніше для висвітлення результатів роботи, а запозичені ідеї, результати й тексти інших авторів мають коректні посилання на джерела.

Отже, дисертація Бизкровного Олександра Миколайовича є оригінальною науковою працею, що не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

4. Мова та стиль викладення результатів

Роботу написано українською мовою; результати подано чітко та послідовно. Стиль викладу відповідає академічним стандартам, використано спеціалізовану термінологію інженерії програмного забезпечення, що адекватно відображає предмет дослідження. Ілюстративні матеріали – UML- і SysML-діаграми, схеми архітектури, графіки метрик і таблиці експериментів – доречні та сприяють зрозумілості викладу.

Дисертація містить анотації двома мовами, вступ, чотири розділи, висновки, перелік джерел посилання і два додатки; повний обсяг роботи — 178 сторінок.

У вступі розкрито актуальність теми, сформульовано мету і задачі, обґрунтовано об'єкт і предмет дослідження, наведено методи, наукову новизну та практичне значення результатів, а також дані щодо особистого внеску здобувача й апробації.

У першому розділі проаналізовано сучасний стан забезпечення безпеки руху механічних транспортних засобів: розглянуто статистичні дані щодо ДТП, найбільш небезпечні маневри й типи перехресть, наявні методи та моделі

виявлення й попередження пригод, стандартні автомобільні системи безпеки та інтелектуальні системи на базі машинного навчання. Виявлено недоліки існуючих рішень, визначено критерії до методів розв'язання задачі та виконано її постановку.

У другому розділі запропоновано моделі прогнозування виникнення ДТП. Проаналізовано архітектури моделей комп'ютерного зору, наведено модель класифікації передумов ДТП на перехрестях, її вхідні й вихідні дані, процедуру формування набору даних та методику оцінювання, у якій рішення подано в термінах гіпотез H_0 і H_1 . Здійснено порівняння моделей YOLOv7 та Faster R-CNN, досліджено їхню швидкодію на платформі Jetson TX2 NX і запропоновано гібридну модель, де рішення про небезпеку приймає шар обчислювальної геометрії.

Третій розділ присвячено методу розроблення програмного забезпечення прогнозування ДТП. Сформульовано сценарії використання, функціональні та нефункціональні вимоги й обмеження, побудовано Use Case діаграму (рис. 3.7) і SysML Requirement Diagram (рис. 3.8). Розроблено сценарії атрибутів якості, на підставі яких обґрунтовано архітектурні рішення: шину повідомлень MQTT AWS IoT Core, маршрутизацію на основі GeoHash та метод визначення полігону зони дії за GPS-координатами; подано діаграму розгортання (рис. 3.14), діаграми послідовностей (рис. 3.15, 3.16), характеристики апаратної частини IoT-пристроїв і методику оцінювання за трьома критеріями.

У четвертому розділі подано результати практичної реалізації розроблених рішень: описано створення експериментального середовища на базі BeamNG.tech із програмованими сценаріями руху та наведено результати застосування прототипу IoT-пристрою прогнозування ДТП (табл. 4.1–4.4), у тому числі аналіз ситуацій, у яких попередження виявилось недостатнім, і напрями подальшого вдосконалення.

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

дисертацій».

5. Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлено у 7 працях, серед яких 4 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку фахових видань України, і 3 публікації у матеріалах міжнародних наукових конференцій. Апробацію основних результатів проведено на трьох міжнародних конференціях — COLINS-2023 (Харків, Україна), Environment. Technology. Resources. (Резекне, Латвія) і 2024 IEEE Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences eStream (Вільнюс, Литва).

Публікації здобувача якісно та на високому рівні розкривають зміст дисертаційного дослідження. У кожній з них дотримано принципів академічної доброчесності — використані джерела належно процитовано, а ознак плагіату не виявлено.

Практична цінність результатів визначається можливістю використання розробленого програмного забезпечення для своєчасного попередження водія про виявлену передумову ДТП поза межами дії бортових систем безпеки; порівняно з технологіями V2X воно не вимагає встановлення обладнання на кожен автомобіль, що знижує вартість послуги та підвищує шанси на швидке впровадження. Результати впроваджено в ІТ-фірмі «РІТ» для інформування екстрених служб про виникнення ДТП задля кращої координації й навігації бригад екстреної допомоги (довідка про впровадження від 03.02.2026).

Таким чином, основні наукові результати дисертації повною мірою висвітлено в публікаціях здобувача.

6. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. Оцінку ймовірності правильного виявлення P^D одержано на вибірці з 80 сценаріїв, проте не наведено довірчих інтервалів для цієї оцінки і не перевірено статистичну значущість відмінностей між порівнюваними моделями (табл. 2.5). Без цього різниця в кілька відсоткових пунктів між

моделями не може вважатися доведеною.

2. Порогові значення шару обчислювальної геометрії (мінімальне зміщення ≥ 15 пікселів, кут оновлення $\geq 3^\circ$, вікно ≤ 25 кадрів) обрано евристично. Доцільно було б навести аналіз чутливості рішення до цих порогів та обґрунтувати вибір робочої точки, зокрема за допомогою ROC-аналізу.

3. Показники, винесені у формулювання наукової новизни, – зменшення обсягу навчальних даних на 40 % та кількості класів на 80 % – одержано для конкретних наборів даних. Оскільки такі величини істотно залежать від якості та складу вибірки, їх доцільно наводити із зазначенням умов одержання (набір даних, модель, режим навчання), а не як універсальні константи. Це саме стосується показників часу інференсу, які слід подавати як середні значення з довірчими межами для визначених умов функціонування.

4. У роботі бракує прямого кількісного порівняння запропонованої гібридної моделі з сучасними підходами до прогнозування зіткнень (зокрема методами оцінювання часу до зіткнення та прогнозування траєкторій) на спільному наборі даних, що ускладнює позиціонування одержаних результатів відносно сучасного рівня досліджень.

5. Час реагування водія Δt_2 визначено за даними симулятора. Реальний перцептивно-моторний час реакції має суттєвий статистичний розкид, тому оцінку повного часу циклу Δt_{total} доцільно було б навести з урахуванням розподілу часу реакції реальних водіїв.

Наведені зауваження не є принциповими, не знижують наукової новизни та практичної цінності результатів роботи і не впливають на її позитивну оцінку.

7. Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертація Бизкровного Олександра Миколайовича «Моделі та методи розроблення програмного забезпечення прогнозування дорожньо-транспортних пригод в реальному часі» є завершеним самостійним науковим дослідженням, виконаним на належному науковому рівні з

дотриманням принципів академічної доброчесності, а сукупність її теоретичних та практичних результатів вирішує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 12 Інформаційні технології.

За рівнем актуальності, практичною значущістю та науковою новизною дисертація відповідає вимогам законодавства України, встановленим у пп. 6–9 «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.

З огляду на викладене, Бизкровний Олександр Миколайович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

Рецензент:

професор кафедри комп'ютерного
моделювання та інтелектуальних
технологій Харківського національного
університету радіоелектроніки,
доктор технічних наук, професор



Вадим САВАНЕВИЧ

3.08.2026р.

Підпис засвідчую

Проректор з наукової роботи

Харківського національного університету

Радіоелектроніки,

доктор технічних наук, професор,

Юрій РОМАНЕНКОВ

____.08.2026р.