

## ВІДГУК

### ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

кандидата технічних наук, асистента кафедри програмних систем і технологій  
факультету інформаційних технологій

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Ніколаєнко Анастасії Юріївни

на дисертаційну роботу Кранта Данііла Вячеславовича

на тему «Методи використання шин передачі даних в автоматизованих системах транспортних  
засобів»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки

галузі знань 12 – Інформаційні технології

#### **1. Актуальність та мета дослідження**

Розвиток транспортної галузі нині характеризується переходом від традиційних механічних та електромеханічних систем керування до складних автоматизованих комплексів, у яких ключову роль відіграє взаємодія між десятками електронних модулів. Такі модулі об'єднуються в єдину інфраструктуру завдяки мережам обміну даними, які стають критично важливим елементом надійності та безпеки всієї транспортної системи.

Сучасні тенденції вказують на стрімке впровадження архітектур мультишинного типу (CAN–FlexRay–Ethernet), які покликані забезпечити різні вимоги – від жорстких часових обмежень у критичних підсистемах (гальмівні, рульові, системи безпеки) до високошвидкісного передавання даних для мультимедійних або навігаційних комплексів. Водночас зростає ризик конфліктів між потоками повідомлень, підвищується складність синхронізації та збільшується вразливість системи до зовнішніх впливів і кіберзагроз.

У цьому контексті актуальною постає проблема забезпечення достовірності, синхронності й захищеності обміну інформацією. Від її успішного вирішення залежить не лише стабільність функціонування транспортних засобів, але й безпека пасажирів та учасників дорожнього руху.

Дисертаційна робота Кранта Д.В. присвячена саме цій проблематиці. У ній сформульовано й реалізовано підхід до:

- створення математичних моделей для оцінки достовірності та своєчасності передавання даних у середовищі транспортних шин;
- розроблення алгоритмів адаптивного управління потоками повідомлень із можливістю виявлення й реагування на аномальні транзакції;

– забезпечення інтероперабельності між різнотипними шинами, що є важливою умовою розвитку автомобільних платформ нового покоління;

– перевірки ефективності запропонованих методів у реальних і модельних умовах.

Мета дослідження полягає у розробці та практичній апробації методів і засобів підвищення достовірності та безпечності обміну даними в транспортних системах з урахуванням особливостей їх архітектури, динаміки функціонування та вимог до продуктивності. Досягнення цієї мети спрямоване на створення передумов для впровадження нових поколінь транспортних засобів із вищим рівнем автоматизації та автономності.

## **2. Ступінь обґрунтованості наукових положень та результатів, їх достовірності та новизни**

У дисертаційній роботі простежується цілісна концепція дослідження, яка поєднує теоретичні підходи, математичне моделювання та експериментальні перевірки. Це дало змогу обґрунтувати низку наукових положень, які мають новизну й підтверджену достовірність.

Елементи наукової новизни:

1. Оригінальність постановки задачі – автор уперше запропонував метод оцінювання достовірності повідомлень у шинних середовищах із використанням контекстуальних характеристик руху. На відміну від відомих підходів, які враховують лише статистичні властивості трафіку, у запропонованій моделі інтегровано поведінкові шаблони транспортного засобу (прискорення, гальмування, стабільний рух).

2. Нова інтерпретація транзакцій у CAN-середовищі – розроблено структуру представлення повідомлень у вигляді транзакцій із сукупністю атрибутів (ідентифікатор, часові параметри, періодичність). Такий підхід надав можливість створити механізм виявлення відхилень у роботі підсистем на основі порівняння фактичних і очікуваних часових характеристик.

3. Алгоритмічне рішення з адаптивною перевіркою – запропонований алгоритм фільтрації повідомлень передбачає активацію апостеріорної оцінки у випадках появи нетипових даних. Це забезпечує динамічне балансування між продуктивністю та рівнем безпечності передачі.

4. Удосконалені підходи до уніфікації шин – автор розширив методику аналізу інтероперабельності, запропонувавши уніфіковане представлення сигналів у CAN-кадрах та синхронізацію їхніх часових вікон. Це створює передумови для взаємодії CAN, FlexRay та Ethernet без необхідності апаратної інтеграції.

5. Розвиток класифікації вимог до протоколів – проведено систематизацію вимог залежно від завдань транспортної системи (безпека, автономне керування, комфорт), що дає змогу формувати критерії вибору протоколів під конкретні сценарії використання.

Обґрунтованість і достовірність результатів:

– моделі побудовані на основі сучасних методів статистичного аналізу та ймовірнісного оцінювання, що підтверджує їхню наукову обґрунтованість;

– запропоновані алгоритми протестовано у програмному середовищі з реальними даними транспортних систем, а також на основі прикладних сценаріїв, наближених до експлуатаційних умов;

– наявні акти впровадження у промислових та навчальних структурах засвідчують не лише працездатність розроблених рішень, а й їхню затребуваність у реальних застосуваннях.

Сукупність нових підходів та удосконалених методів свідчить про вагомий внесок автора у розвиток наукового напрямку, пов'язаного з організацією інформаційного обміну в автоматизованих транспортних системах. Робота має як теоретичну, так і практичну значущість, а її результати можуть бути використані як для створення нових автомобільних платформ, так і для вдосконалення навчальних програм у сфері комп'ютерних наук.

### **3. Оцінка змісту дисертації, її завершеності, дотримання принципів академічної доброчесності**

Зміст дисертаційної роботи відзначається послідовністю викладу та логічною побудовою. Всі чотири основні розділи виконують чітко визначені функції та утворюють цілісну наукову концепцію.

Перший розділ присвячено аналізу сучасного стану проблеми. Автор не лише узагальнив інформацію про класичні шини (CAN, FlexRay, LIN, Ethernet), а й звернув увагу на тенденції до їх інтеграції у багатошинні архітектури. Разом з тим, у роботі підкреслено недостатню вивченість питань достовірності й адаптивного управління потоками повідомлень, що й обґрунтовує постановку дослідження.

Другий розділ становить основу наукових результатів. У ньому запропоновано кілька математичних моделей: метод оцінки достовірності повідомлень із використанням поведінкових характеристик руху; транзакційна модель аналізу повідомлень у CAN-середовищі; підхід до уніфікації форматів для взаємодії різних шин. Сильним боком цього розділу є поєднання статистичних імовірнісних методів із прикладними задачами реального часу, що забезпечує як наукову новизну, так і прикладний характер роботи. Однак, у тексті відчувається певна стислість у поясненні деталей алгоритмів, що потребувало б більшого акценту на їх обчислювальній ефективності та сценаріях використання.

Третій розділ присвячено дослідженню поведінкових шаблонів водіння на основі поєднання попереднього статистичного аналізу та модифікованої відстані Левенштейна. Показано, що така комбінація дає змогу зменшити обчислювальну складність за рахунок попереднього відсіювання

явно несхожих послідовностей і застосування ресурсоемних методів лише до потенційно подібних даних. Значущим є те, що результати підтвердили ефективність запропонованого підходу для класифікації стилю водіння, зокрема для надійної ідентифікації ключових маневрів з високим ступенем достовірності.

Четвертий розділ зосереджено на практичних аспектах реалізації моделей та апробації результатів у промислових та освітніх умовах. Автор представив комплексну систему з інтегрованими модулями збору, генерації, візуалізації та оптимізації, яка демонструє високу продуктивність та ефективність обчислень. Важливим є підтвердження статистичної значущості отриманих результатів та виявлення характерних шаблонів загроз безпеки.

Завершеність роботи підкреслюється тим, що всі розділи взаємопов'язані: від аналізу проблеми до перевірки результатів у реальних середовищах. Відсутні розриви між постановкою задачі та отриманими висновками.

Наявність актів впровадження підтверджує, що здобуті результати вже застосовуються на практиці. Особливої уваги заслуговує використання методів у навчальному процесі, що сприяє інтеграції наукових здобутків у підготовку студентів за сучасними освітніми програмами.

Щодо дотримання академічної доброчесності, робота відповідає чинним нормам. Автор коректно використовує джерела, відокремлює власні здобутки від запозичених результатів, а оприлюднені публікації підтверджують самостійність і наукову доброчесність проведеного дослідження.

#### **4. Оприлюднення результатів дисертаційної роботи**

Результати дисертаційного дослідження отримали належне висвітлення у фаховій науковій літературі та були широко апробовані у науковому середовищі. Вони опубліковані у низці статей у виданнях, включених до переліку фахових журналів України, а також у працях, які індексуються міжнародними наукометричними базами, зокрема Scopus, що свідчить про визнання здобутих результатів на міжнародному рівні. Окремі положення дослідження були узагальнені в колективній монографії, де відображено системний характер проведеної роботи та логічну послідовність її виконання. Важливим є і те, що здобутки дисертанта неодноразово представлялися на всеукраїнських і міжнародних науково-практичних конференціях, де вони пройшли апробацію в умовах відкритої дискусії та отримали позитивні відгуки фахівців.

Оприлюднені матеріали охоплюють різні етапи виконання дослідження – від постановки завдань і теоретичних розробок до експериментальних підтверджень і прикладів практичного впровадження. Це свідчить про системність публікацій та їх цілеспрямований характер, що відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня. Слід також відзначити відсутність дублювання результатів: кожна робота має власний науковий акцент і демонструє поступовий розвиток теми. Усі

оприлюднені результати характеризуються дотриманням принципів академічної доброчесності, коректним посиланням на використані джерела та чітким відокремленням власного внеску.

Усього за темою дисертації опубліковано 19 наукових праць, серед яких 5 статей у наукових фахових виданнях України, 2 статті у журналах, які індексуються в Scopus, 1 колективна монографія та 11 тез доповідей на міжнародних і всеукраїнських конференціях.

Масштаби й рівень оприлюднення наукових здобутків повністю відповідають сучасним критеріям оцінки дисертаційних робіт і підтверджують завершений характер проведеного дослідження.

## **5. Дискусійні питання та зауваження щодо змісту дисертаційної роботи і її окремих положень**

Дисертаційна робота справляє позитивне враження завдяки чіткості структури та науковій аргументованості, проте певні аспекти потребують додаткового уточнення й можуть стати предметом подальших досліджень:

1) В огляді літератури відчувається нерівномірність у подачі матеріалу: значну увагу приділено класичним публікаціям щодо протоколу CAN, натомість сучасні праці, присвячені архітектурам AUTOSAR Adaptive чи концепціям кіберзахисту транспортних систем, проаналізовані побіжно. Це дещо звужує міжнародний контекст проблеми й залишає простір для глибшого порівняння результатів;

2) У другому та третьому розділах математичні моделі та алгоритми подані надзвичайно стисло, з мінімальною кількістю прикладів їх практичного застосування. Для кращого сприйняття було б доцільно супроводити формули невеликими числовими ілюстраціями або тестовими сценаріями, що допомогло б нефахівцям у статистичному моделюванні зрозуміти механізм роботи запропонованих рішень. Також можна було б навести блок-схему алгоритму адаптивної фільтрації у додатках;

3) У четвертому розділі недостатню увагу приділено опису розробленого програмного забезпечення. Корисним доповненням могла б стати спрощена UML-діаграма послідовності обробки даних, яка б відобразила рух інформації від збору до класифікації загроз;

4) У тексті наявні окремі стилістичні недоліки, зокрема надмірно довгі складнопідрядні речення, що дещо знижує його читабельність. Також помітна певна непослідовність у використанні термінів: наприклад, в одних місцях уживається вираз «трафік повідомлень», в інших – «потік повідомлень», хоча йдеться про одну й ту саму характеристику. Подібні випадки не впливають на наукову сутність результатів, але можуть бути відредаговані для досягнення єдності стилю.

Наведені зауваження стосуються здебільшого стилю викладу, глибини аналізу та рівня деталізації. Вони не зменшують наукової ваги проведеного дослідження, а радше окреслюють напрями для подальшого вдосконалення та розвитку авторських напрацювань.

## 6. Висновки по дисертаційній роботі

Дисертаційне дослідження є комплексною науковою працею, у якій Крант Данііл Вячеславович послідовно вирішив низку актуальних завдань, пов'язаних із забезпеченням достовірності та безпечності інформаційного обміну в транспортних системах. Запропоновані підходи базуються на поєднанні сучасних методів математичного моделювання, статистичного аналізу й прикладних алгоритмів обробки даних, що дає змогу отримати результати, які мають як теоретичну, так і практичну цінність.

Серед основних здобутків роботи варто зазначити побудову методів ймовірнісної оцінки достовірності повідомлень з урахуванням контексту руху транспортного засобу, створення узагальненої транзакційної моделі функціонування CAN-середовища, розроблення алгоритмів адаптивної фільтрації та формування підходів до уніфікації структури повідомлень у мультишинних архітектурах. Ці напрацювання не лише розширюють існуючі наукові уявлення, а й створюють реальні передумови для підвищення надійності й ефективності роботи автомобільних систем нового покоління.

Результати дослідження не обмежуються теоретичними викладками, а пройшли перевірку у прикладних умовах, впроваджені у діяльність промислових організацій та інтегровані в освітній процес університету, що підтверджує їх практичну значущість.

Робота виконана на належному науковому рівні, вирізняється цілісністю та завершеністю, відповідає сучасним тенденціям розвитку галузі інтелектуальних транспортних систем і відповідає вимогам, які висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

З огляду на актуальність тематики, наукову новизну, практичне значення отриманих результатів і дотримання принципів академічної доброчесності, дисертаційна робота заслуговує позитивної оцінки, а її автор – присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки.

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук,

асистент кафедри програмних систем і технологій

факультету інформаційних технологій

Київського національного університету

імені Тараса Шевченка

Анастасія НІКОЛАСНКО

«21» серпня 2025 р.



Підпис Ніколаснко А.Ю. засвідчую  
проректор з наукової роботи  
Людмила ТОЛСТАНОВА

22.08.2025