

## **ВІДГУК**

офіційного опонента завідувача кафедри інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки Національного транспортного університету  
доктора технічних наук, професора Аль-Амморі Алі Нурддинович  
на дисертаційну роботу Кранта Даніїла 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**

Сучасний розвиток транспортних засобів відзначається постійним зростанням рівня автоматизації, що супроводжується збільшенням кількості електронних блоків керування, сенсорів та виконавчих пристроїв. Ці компоненти формують складну інтегровану архітектуру, в якій ключову роль відіграють комунікаційні шини. Саме вони забезпечують узгоджений обмін даними між різними підсистемами, що працюють у режимі реального часу. В умовах впровадження багатошинних архітектур (CAN, FlexRay, Automotive Ethernet) різко зростають вимоги не лише до швидкодії та пропускної здатності, але й до достовірності, синхронізації та захищеності даних.

Збереження цілісності й безпечності інформаційних потоків є критично важливим завданням, адже навіть незначні збої або викривлення даних можуть спричинити некоректну роботу систем активної безпеки чи автономного керування транспортним засобом. Додатковим чинником актуальності є посилення загроз кібернетичного характеру: сучасні атаки на CAN-шини здатні порушувати роботу критичних модулів, а класичні протоколи обміну даними не містять вбудованих механізмів контролю достовірності та захисту від аномалій. Таким чином, виникає потреба у створенні нових методів, що поєднують математичне моделювання, аналіз поведінкових характеристик систем і адаптивні механізми оцінки ризиків.

Представлене дослідження має на меті вдосконалення методів використання шин передачі даних в автоматизованих транспортних системах для підвищення їх ефективності, безпеки та масштабованості. Основний науковий акцент зроблено на розробці методів оцінки достовірності інформації у шинному трафіку, побудові

моделей інтероперабельності між різними видами шин та створенні алгоритмів адаптивного управління потоками повідомлень. У роботі передбачено не лише теоретичне обґрунтування запропонованих рішень, але й їх програмну реалізацію та експериментальну перевірку в умовах, наближених до реальної експлуатації транспортних засобів.

Дисертація Кранта Д.В. спрямована на вирішення комплексної науково-практичної задачі – забезпечення надійного, безпечного та масштабованого функціонування інформаційної взаємодії у багатокомпонентних транспортних системах. Це визначає її значну актуальність як у теоретичному, так і в прикладному аспектах, а також відповідає сучасним тенденціям розвитку інтелектуальних транспортних технологій.

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

Наукові положення та результати дисертаційного дослідження є обґрунтованими, логічно структурованими і представленими з належною аргументацією. Обґрунтованість отриманих результатів базується на використанні чітко визначених математичних методів, формальних моделей та експериментальною перевіркою. Новизна дослідження проявляється в низці положень, які можна згрупувати за ступенем оригінальності та наукового внеску.

### **1. Вперше отримані результати**

– у роботі розроблено метод ймовірнісної оцінки достовірності повідомлень у комунікаційних шинах транспортних засобів, в якій поєднанні статистичні характеристики CAN-трафіку з поведінковими моделями руху транспортного засобу (розгін, гальмування, рівномірний рух). Застосування баєсівського підходу дало змогу виводити апостеріорну ймовірність коректності повідомлення безпосередньо в умовах змінних сценаріїв руху, що моделюють реальний дорожній трафік;

– запропоновано узагальнену модель аналізу транзакцій у CAN-середовищі, яка розглядає повідомлення як структуровані об'єкти з атрибутами кадру, ідентифікатора, часових позначок і періодичності. Завдяки цьому вдалося створити

механізм порівняння фактичного та очікуваного часу появи сигналів і своєчасно виявляти відхилення у функціонуванні підсистем транспортного засобу;

– розроблено алгоритм адаптивної фільтрації, який поєднує апріорні шаблони поведінки системи з апостеріорною перевіркою безпечності. Це дозволило у випадках, коли вхідне повідомлення не відповідає типовому розподілу параметрів (швидкості, частоті обертів двигуна тощо), запускати уточнений розрахунок ймовірності достовірності, що підвищує стійкість до аномалій і потенційних атак.

## 2. Удосконалені підходи:

– удосконалено методику формалізації транзакцій у CAN-шинах за рахунок використання багатопараметричної статистичної оцінки (середні значення, дисперсії та стандартні відхилення ключових параметрів руху), що дозволяє співвідносити поточні дані з типовими режимами експлуатації та точніше оцінювати аномалії;

– запропоновано оновлену концептуальну схему інформаційного обміну в транспортному засобі, яка ґрунтується на оцінюванні ризику аномалій через зіставлення характеристик повідомлень із попередньо визначеними шаблонами штатної роботи, що підвищує здатність системи до виявлення нетипових транзакцій;

– удосконалено методику уніфікації структури повідомлень у рамках CAN-протоколу, зокрема через аналіз ідентифікаторів кадрів і часових вікон їх появи, що забезпечує синхронізацію роботи підсистем навіть у відсутності фізично реалізованого мультишинного середовища.

## 3. Набули подальшого розвитку:

– уточнено класифікацію вимог до шин передачі даних залежно від рівня автоматизації транспортного засобу. Такий підхід дозволяє пов'язати конкретні завдання (безпека, автономне керування, комфорт) з відповідними характеристиками передачі – частотою, пріоритетністю та точністю;

– дістали розвиток методи аналізу часових характеристик у CAN-середовищі. Автор провів статистичне тестування затримок у передачі, що дозволило виявляти перевантаження каналів та визначати критичні точки втрати продуктивності.

– здійснено оцінку архітектурних тенденцій розвитку шинних систем нового покоління на основі аналізу літературних джерел та емпіричних моделей. Це дало

можливість обґрунтувати межі ефективності CAN-шини та підтвердити необхідність переходу до мультишинних архітектур у складних сценаріях експлуатації.

Отримані результати мають виражену прикладну цінність. Розроблені алгоритми лягли в основу системи виявлення аномального трафіку та програмного застосунку для аналізу шинних даних. Такий інструментарій може інтегруватися як із симуляторами, так і з реальними транспортними платформами.

Практичне впровадження підтверджується:

- використанням розроблених методів у ТОВ «АЕРОФАБ УКРАЇНА» для категоризації операторів БПЛА за результатами роботи на тренажері;
- інтеграцією результатів у навчальний процес кафедри інтелектуальних кібернетичних систем, зокрема у дисципліни «Дослідження і проектування вбудованих і мобільних систем» та «Системне програмування».

Отримані результати характеризуються високим рівнем новизни, належною аргументованістю, підтверджені експериментальними дослідженнями та апробацією у практичній діяльності.

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

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох основних розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку. Структура є логічною та дозволяє послідовно й комплексно розкрити мету й завдання дослідження, забезпечуючи належну деталізацію наукових положень і досягнутих результатів.

У першому розділі представлено ґрунтовний аналіз наукових джерел та існуючих підходів до організації інформаційного обміну в транспортних системах. Автор систематизував наявні протоколи та архітектурні рішення, вказав їхні обмеження і сформулював чіткі завдання для подальшого дослідження.

Другий розділ присвячений розробці нових методів і моделей. Тут чітко простежується взаємозв'язок між теоретичними засадами та практичними потребами: від формалізації структури транзакцій до побудови алгоритмів адаптивної фільтрації й оцінки достовірності повідомлень.

Третій розділ містить опис створених програмних засобів та результатів експериментальної перевірки. Значною перевагою є наведені приклади застосування алгоритмів у змодельованих сценаріях, що дозволяє оцінити їхню ефективність у наближених до реальних умовах.

Четвертий розділ включає результати апробації розроблених підходів у промислових і навчальних середовищах. Представлені приклади підтверджують як працездатність моделей, так і їх практичну значущість.

У цілому матеріал дисертації викладено доступною науковою мовою, структуровано й логічно. Висновки кожного розділу відповідають поставленим завданням і підкріплені результатами дослідження.

Робота є завершеним науковим дослідженням, у якому чітко простежується повний цикл – від аналізу проблеми й розробки теоретичних рішень до їх реалізації та практичного впровадження. Вона відповідає вимогам до дисертаційних досліджень на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

Аналіз тексту дисертації свідчить про дотримання автором принципів академічної доброчесності. Використані результати інших дослідників мають належні посилання, а власний внесок чітко виокремлений. Ознак академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації чи фальсифікації даних не виявлено. Стиль і оформлення відповідають сучасним вимогам наукової комунікації.

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

Результати дослідження знайшли широке відображення у наукових публікаціях різного рівня. Загалом опубліковано 19 робіт, серед яких:

– 5 статей у фахових наукових виданнях України, що засвідчує визнання результатів у вітчизняному науковому середовищі;

– 2 публікації у журналах, що індексуються в міжнародних базах даних (зокрема Scopus), що свідчить про міжнародне визнання і підтверджує наукову новизну запропонованих результатів;

– колективна монографія, у якій представлені ключові наукові положення

дисертаційної роботи;

– 11 тез доповідей на міжнародних і всеукраїнських конференціях, що дало змогу апробувати результати дослідження в наукових дискусіях і отримати незалежні оцінки наукової спільноти.

Склад публікацій відображає повноту дисертаційної роботи від постановки проблеми та формалізації теоретичних положень до розробки алгоритмів і демонстрації їх практичної придатності. Зміст опублікованих матеріалів повністю корелює з основними результатами дисертації, а отже підтверджує достовірність і вагомість наукових здобутків.

Аналіз представлених робіт засвідчив дотримання принципів академічної доброчесності: відсутні ознаки плагіату, самоплагіату чи дублювання результатів. Публікації зроблено у виданнях, що відповідають чинним вимогам до наукових робіт для захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

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

Попри значний науковий внесок і високу якість виконання, дисертаційна робота не позбавлена окремих моментів, які можна розглядати як дискусійні або потребують подальшого уточнення.

Зауваження до окремих підрозділів:

1. В розділі 1 огляд літератури охоплює широкий спектр джерел, але подекуди має описовий характер, так у підрозділі 1.3, де йдеться про застосування Automotive Ethernet, наведено лише загальні відомості про архітектуру протоколу без глибокого порівняння його переваг та обмежень у співвідношенні з CAN та FlexRay. Це знижує аналітичну цінність розділу й залишає невизначеними деякі прогалини, які могли б чіткіше підкреслити актуальність поставлених завдань.

2. У підрозділі 2.2 математичний апарат викладено стисло, з мінімальною кількістю ілюстративних прикладів. Було б доречно подати практичні сценарії (наприклад, розгін чи гальмування) з конкретними параметрами, щоб показати, як модель працює в реальних умовах.

3. У підрозділі 2.3 представлено структуровану схему аналізу повідомлень, проте відсутні приклади її роботи на реальних експериментальних даних. Це робить модель менш наочною для відтворення іншими дослідниками.

4. У підрозділі 2.4 не подано оцінки обчислювальної складності алгоритмів. Для систем з обмеженими ресурсами (вбудовані контролери автомобіля) такий аналіз є критично важливим.

5. У підрозділі 3.2 описано алгоритм адаптивної фільтрації, проте результати експериментів подано переважно у вигляді графіків. Відсутні статистичні узагальнення (середнє значення, дисперсія, довірчі інтервали), які дозволили б оцінити стабільність роботи алгоритму.

Зазначені недоліки не зменшують наукової та практичної цінності дисертації, однак визначають напрями для подальших досліджень:

- глибший аналіз зарубіжних розробок останніх років;
- більш детальне представлення експериментальних даних;
- оцінювання обчислювальної складності алгоритмів;
- повніше висвітлення результатів практичного впровадження.

Зазначені питання мають уточнювальний характер і не зменшують загальної високої оцінки дисертаційного дослідження. Вони можуть бути враховані автором у його подальших наукових дослідженнях.

## **6. Висновки по дисертаційній роботі**

Дисертаційна робота Кранта Данііла Вячеславовича на тему «Методи використання шин передачі даних в автоматизованих системах транспортних засобів» присвячена одній із ключових проблем сучасних інтелектуальних транспортних систем – забезпеченню надійності, достовірності та адаптивності обміну даними між електронними блоками керування у багатошинному середовищі. Автором поставлено й вирішено важливе наукове завдання – розробку нових методів використання шин передачі даних у транспортних засобах, які враховують поведінкові характеристики системи, контекст функціонування та специфіку різних комунікаційних протоколів.

У роботі вперше обґрунтовано метод ймовірнісної оцінки достовірності повідомлень із використанням байєсівського підходу, створено узагальнену модель транзакцій у CAN-середовищі, а також запропоновано алгоритм адаптивної фільтрації з апостеріорною перевіркою безпечності передачі. Удосконалено підходи до формалізації транзакцій між різнотипними шинами, а також отримали подальший розвиток класифікація вимог до шин залежно від рівня автоматизації транспортних засобів та методи аналізу часових характеристик. Ці результати свідчать про системність та комплексність підходу до вирішення поставлених завдань.


Достовірність наукових положень підтверджується коректним використанням математичного апарату, проведенням експериментальних досліджень і моделювання, а також апробацією результатів у промислових і навчальних середовищах.

Дисертаційна робота за актуальністю теми, обсягом і рівнем виконаних досліджень, повнотою вирішення наукових і практичних завдань та дотриманням принципів академічної доброчесності повністю відповідає пунктам 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 року № 44.

Здобувач Крант Данііл Вячеславович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки галузі знань 12 – Інформаційні технології.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри інформаційно-аналітичної  
діяльності та інформаційної безпеки  
Національного транспортного університету

**ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ**  
Учений секретар Національного  
транспортного університету  
  
Олександр ІВАНУШКО  
« 20 » 08 2025 р.

