

БІЛІНСЬКА АДА

Хмельницький національний університет

e-mail: bilinska.ada5@gmail.com

БІНЬКОВСЬКИЙ ЯРОСЛАВ

Хмельницький національний університет

e-mail: binkovsky22@gmail.com

ГОЛОВАТЮК АНДРІЙ

Хмельницький національний університет

e-mail: golovatiukao@gmail.com

МЕЛЬНИЧУК ДЕНИС

Хмельницький національний університет

e-mail: deniska.melnychuk@gmail.com

ГОВОРУЩЕНКО ТЕТЯНА

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-7942-1857>e-mail: govorushchenko@gmail.com

АНАЛІЗ ДАНИХ ДЛЯ ПІДТРИМКИ АВТОМАТИЧНОГО ПОПЕРЕДЖЕННЯ ВОДІЯ ДЛЯ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ ЗАПОБІГАННЯ АВАРІЙНИМ СИТУАЦІЯМ

У сучасному світі безпека на дорозі залишається однією з найактуальніших тем, оскільки автомобільні аварії щорічно призводять до тисяч травмованих та загиблих. Одним із ключових аспектів у запобіганні аварійним ситуаціям є система попередження водіїв про можливі небезпеки на дорозі. Важливо розглянути роль попереджувальних сповіщень для водіїв та їх вплив на загальний рівень безпеки на дорозі.

У цій статті розглядається важливість попереджувальних сповіщень для водіїв як одного з важливих елементів для забезпечення безпеки дорожнього руху. Нездатність своєчасно попередити водія про можливі проблеми з автомобілем та інші небезпечні ситуації може призвести до виникнення серйозних наслідків, включаючи нещасні випадки та травми.

Було розглянуто багато різних причин, що призводять до небезпечних ситуацій на дорозі, таких як порушення або недотримання правил дорожнього руху, зміна погодних умов і технічні проблеми автомобіля. У підсумку досліджень можна зрозуміти, що швидкий аналіз вхідних даних від підсистем автомобіля та відображення цих даних на екрані користувачеві допоможуть уникнути небажаних ситуацій та підвищать безпеку під час використання транспортного засобу.

Метою даної статті є розкриття основних аспектів аналізу даних для підтримки автоматичного попередження водіїв та надання уявлення про те, як кіберфізичні системи можуть вдосконалювати безпеку на дорозі та зменшувати ризик виникнення аварійних ситуацій.

Ключові слова: безпека на дорозі, аварійні ситуації, попередження водіїв, кіберфізична система, аналіз даних, автоматичне попередження, дорожній рух, попереджувальні сповіщення, технічні проблеми автомобіля, правила дорожнього руху, вхідні дані, безпека дорожнього руху, розпізнавання, небезпечні ситуації, швидкий аналіз даних, оцінка небезпеки, ризик аварій, транспортний засіб.

BILINSKA ADA, BINKOVSKYI YAROSLAV,

HOLOVATIUK ANDRII, MELNYCHUK DENIS, HOVORUSHCHENKO TETIANA

Khmelnitskyi National University

DATA ANALYSIS TO SUPPORT AUTOMATIC DRIVER WARNINGS FOR A CYBER-PHYSICAL ACCIDENT PREVENTION SYSTEM

In today's world, road safety remains one of the most pressing issues, as car accidents result in thousands of injuries and deaths every year. One of the key aspects of preventing accidents is a system that warns drivers of possible hazards on the road. It is important to consider the role of warning messages for drivers and their impact on the overall level of road safety.

This article discusses the importance of driver warnings as one of the essential elements of road safety. Failure to warn the driver in a timely manner about possible vehicle problems and other dangerous situations can lead to serious consequences, including accidents and injuries. Road safety problems can arise for various reasons, including violations of traffic rules, technical malfunctions of cars, changes in weather conditions and other factors. For example, drivers who do not follow the speed limit, make improper overtaking or use mobile phones while driving increase the risk of accidents and injuries. On the other hand, malfunctions in automotive technology, such as problems with brakes, steering or lighting, can lead to unexpected situations and accidents. The lack of warning notifications for drivers when there are problems with the car can lead to serious consequences. Due to proper informing of drivers about potential dangerous situations on the road, they have the opportunity to react in time and avoid possible accidents.

Many different reasons were considered that could lead to dangerous situations on the road, such as breaking or not following traffic rules, changes in weather conditions, and technical problems with the vehicle. As a result of the research, it can be understood that quick analysis of input data from vehicle subsystems and display of this data on the screen to the user will help to avoid undesirable situations and increase safety while using the vehicle.

The purpose of this article is to reveal the main aspects of data analytics to support automatic driver warnings and provide insight into how cyber-physical systems can improve road safety and reduce the risk of accidents.

Keywords: road safety, emergency situations, driver warning, cyber-physical system, data analysis, automatic warning, traffic, warning notifications, vehicle technical problems, traffic rules, input data, road safety, recognition, dangerous situations, rapid data analysis, hazard assessment, accident risk, vehicle.

Вступ

У сучасному світі зростає значення розробки та впровадження кіберфізичних систем, які поєднують фізичні процеси з інформаційними та комунікаційними технологіями для покращення ефективності та безпеки. Одним з найважливіших аспектів є безпека на дорозі, оскільки автомобільні аварії можуть призвести до серйозних наслідків для життя та майна.

У цьому контексті системи автоматичного попередження водіїв про потенційно небезпечні ситуації набувають все більшої актуальності. Ці системи базуються на аналізі великого обсягу даних, зібраних з різних датчиків, вбудованих у автомобілі. Це комплексний процес, який вимагає поєднання різних технологій та методів, що своєчасно і ефективно буде сповіщати водіїв про небезпеку, надавати достатню кількість інформації про ситуацію на дорозі та допомагати їм приймати правильні рішення за кермом.

Мета цієї наукової статті - дослідити методи аналізу даних для підтримки автоматичного попередження водіїв у кіберфізичній системі запобігання аварійним ситуаціям.

Проблеми безпеки на дорозі можуть виникати з різних причин, включаючи порушення правил дорожнього руху, технічної несправності автомобілів, зміни погодних умов та інші фактори. Наприклад, водії, які не дотримуються швидкісного режиму, здійснюють неправильний обгін або використовують мобільні телефони за кермом, підвищують ризик аварій та травматизму. З іншого боку, несправності в автомобільній техніці, такі як проблеми з гальмами, рульовим управлінням або освітленням, можуть призвести до неочікуваних ситуацій та аварій. Відсутність попереджувальних сповіщень для водіїв під час виникнення проблем з автомобілем можуть призвести до серйозних наслідків. Завдяки належному інформуванню водіїв про потенційно небезпечні ситуації на дорозі, у них з'являється можливість своєчасно реагувати та уникати можливих аварій.

Інформування водіїв про небезпеку включає в себе не лише розпізнавання проблем, але й передачу водіям відповідної інформації для прийняття ефективних дій. У разі виявлення технічних несправностей автомобіля, завчасне сповіщення водія може дозволити йому зупинити транспортний засіб у безпечному місці та вжити необхідні заходи для виправлення проблеми.

Важливо розробити та створити комплексну кіберфізичну систему запобігання аварійним ситуаціям, яка буде мати здатність зчитувати дані з різних підсистем автомобіля, включаючи визначення швидкості та відстані до автомобіля попереду, розпізнавання дорожніх знаків та світлових регулювальних сигналів, визначення технічного стану автомобіля з вбудованих та додатково встановлених датчиків, проводити аналіз цих даних для виявлення потенційних небезпек та автоматично інформувати водія про можливі проблеми [1].

Огляд існуючих методів та технологій

Для досягнення цілей автоматичного попередження водіїв про потенційно небезпечні ситуації існують різні методи та технології, які використовуються у кіберфізичних системах запобігання аварійним ситуаціям. Нижче наведено огляд основних підходів:

1) Використання датчиків та камер:

- Радари: Радари використовуються для вимірювання відстаней та швидкостей інших об'єктів навколо автомобіля. Вони можуть виявляти перешкоди на шляху та надавати інформацію про їх розташування та рух.

- Лідари: Лідари використовуються для створення точної тривимірної карти навколишнього середовища. Вони вимірюють відстань до об'єктів шляхом відправлення і приймання лазерних променів.

- Відеокамери: Відеокамери здатні розпізнавати та відслідковувати об'єкти, розташовані в області видимості автомобіля. За допомогою комп'ютерного зору та алгоритмів обробки зображень, вони можуть виявляти транспортні засоби, дорожні знаки, сигнали світлофору, пішоходів та інші об'єкти на дорозі.

2) Машинне навчання та аналіз даних:

- Класифікація об'єктів: Методи машинного навчання, такі як нейронні мережі та методи класифікації, використовуються для ідентифікації різних типів об'єктів на дорозі, таких як інші автомобілі, дорожні знаки, сигнали світлофору, пішоходи, тощо.

- Прогнозування ризику: Алгоритми аналізу даних можуть прогнозувати ризик виникнення аварійних ситуацій на основі історичних даних та поточних умов дорожнього руху.

3) Комунікація між автомобілями та інфраструктурою:

- V2V комунікація: V2V (Vehicle-to-Vehicle) технологія дозволяє автомобілям обмінюватися інформацією про своє місцезнаходження, швидкість та напрямок руху. Це дозволяє виявляти та уникати потенційно небезпечних ситуацій.

- V2I комунікація: V2I (Vehicle-to-Infrastructure) технологія передачі даних між автомобілями та інфраструктурою дороги дозволяє автомобілям отримувати інформацію про дорожні умови, світлофори, дорожні знаки та інші параметри, які можуть впливати на безпеку на дорозі.

4) Системи попередження про відволікання водія:

- Вимірювання фізіологічних параметрів водія: Деякі системи використовують датчики для вимірювання фізіологічних параметрів водія, таких як частота пульсу та рівень зосередженості. На підставі цих даних можуть генеруватися аудіо або візуальні сигнали попередження про відволікання водія.

Під час роботи над підсистемою аналізу даних для підтримки автоматичного попередження водія для кіберфізичної системи запобігання аварійним ситуаціям на дорозі було розглянуто декілька статей інших авторів [2-5]. Усі розглянуті роботи занесено в таблицю 1. У ній вказано запропоновані авторами методи та оцінено переваги та недоліки кожного з них.

Таблиця 1.

Огляд існуючих рішень

Назва статті	Запропоновані методи	Переваги	Недоліки
Визначення переваг безпеки за допомогою аналізу ризику зіткнення між транспортними засобами з використанням даних підключених систем автомобіля [2]	Метод аналізу індексу потенційної аварійності (CPI), який дозволяє кількісно оцінити потенційні ризики аварій.	CPI дозволяє чисельно виразити ризики аварій у вигляді індексу, використовує дані, зібрані в реальних умовах, що дозволяє зробити дослідження більш достовірними, дозволяє ідентифікувати ділянки доріг, де присутні проблеми.	Точність результатів CPI аналізу залежить від точності даних, отриманих з датчиків руху та систем ADAS, аналіз може вимагати значних обчислювальних ресурсів, в залежності від обсягу даних.
Назва статті	Запропоновані методи	Переваги	Недоліки
Аналіз доступності на основі даних для реконфігурації систем управління транспортними засобами [3].	Метод аналізу досяжності на основі даних, який застосовується до стратегії реконфігурації.	Великі обсяги даних, зібрані від автономних засобів, дозволяють зробити аналіз більш точним, використання алгоритмів машинного навчання дозволяє розробляти ефективні стратегії управління.	Точність та повнота даних може кардинально вплинути на результат аналізу, може потребувати багато обчислювальних ресурсів при великому обсязі даних, використання машинного навчання може вимагати спеціалізованої експертності.
Прогнозування дорожньо-транспортних пригод за допомогою аналізу даних із підтримкою машинного навчання [4].	Використання методів класифікації, таких як дерева рішень, випадковий ліс, наївний метод Байеса та регресія для аналізу та підвищення ефективності прогнозування ДТП.	Методи дерев рішень, випадковий ліс та регресія проявляють високу точність у передбаченні тяжкості аварій. Ці алгоритми ефективно взаємодіють з великими обсягами даних і виявляються високоефективними для багаторівневих класифікацій.	Метод наївного Байеса характеризується невисокою точністю передбачення (менше 20%) і може виявитися недоцільним для певних наборів даних.
Інтелектуальні системи безпеки руху(ІСБР) [5].	Аналіз даних з датчиків за допомогою алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту.	Ефективне використання даних дозволяє системам ефективно аналізувати великі обсяги даних і виявляти патерни порушень правил дорожнього руху, ІСБР можуть піддаватися постійній модернізації та оновленню алгоритмів для покращення їхньої ефективності та реакції на нові ситуації на дорогах.	Приватність і безпека даних: Збір та обробка великої кількості особистих даних водіїв може породжувати проблеми з приватністю та безпекою цих даних Недосконалість алгоритмів: ІСБР можуть мати недоліки або пропускати певні типи порушень або ситуацій на дорозі.

Методи аналізу даних

Для підтримки автоматичного попередження водія про потенційно небезпечні ситуації на дорозі застосовуються різні методи аналізу даних, які дозволяють системі аналізувати інформацію з різних джерел та приймати відповідні рішення. Нижче детальніше описано деякі з методів, що використовуються у даній системі:

1) Машинне навчання. Використання нейронних мереж дозволяє системі вивчати складні залежності між різними факторами, які можуть призводити до аварійних ситуацій. Наприклад, глибокі нейронні мережі можуть вивчати характеристики об'єктів на дорозі та прогнозувати їхні дії. Застосування методів класифікації дозволяє системі ідентифікувати різні типи об'єктів на дорозі та визначати, чи є вони потенційно небезпечними для автомобіля. Наприклад, система може класифікувати об'єкти як інші автомобілі, пішоходи, велосипедисти тощо;

2) Обробка сигналів. Застосування методів обробки сигналів дозволяє системі виявляти певні шаблони або патерни, які можуть вказувати на потенційно небезпечні ситуації на дорозі. Наприклад, система може виявляти шаблони руху, що можуть призвести до зіткнення;

3) Статистичний аналіз. Застосування статистичних методів дозволяє системі прогнозувати ризик виникнення аварійних ситуацій на основі аналізу історичних даних та поточних умов дорожнього руху. Наприклад, система може враховувати час доби, погодні умови, тип дороги тощо;

4) Геопросторовий аналіз. Геопросторовий аналіз дозволяє системі визначати оптимальний маршрут та прогнозувати майбутню траєкторію руху автомобіля з урахуванням різних факторів, таких як дорожні умови, дорожні знаки, сигнали світлофорів та трафік.

Поєднання різних методів аналізу даних для підтримки автоматичного попередження водія дозволяє створити комплексну та ефективну систему, яка забезпечує максимальний рівень безпеки на дорозі. Інтеграція машинного навчання, обробки сигналів, статистичного аналізу та геопросторового аналізу дозволяє системі обробляти великі обсяги даних з різних джерел та приймати відповідні рішення в реальному часі.

При використанні машинного навчання система може вчитися зі збережених даних про різні ситуації на дорозі та вибирати найбільш ефективний спосіб реагування в конкретних умовах. Обробка сигналів дозволяє системі виявляти відхилення від типових патернів руху, що може вказувати на потенційно небезпечні ситуації, тоді як статистичний аналіз допомагає прогнозувати ризик виникнення аварій в різних умовах.

Із використання геопросторового аналізу система може враховувати географічні особливості доріг та інфраструктури, що дозволяє більш точно прогнозувати та уникати потенційно небезпечних ситуацій. Поєднання цих методів дозволяє створити систему, яка може оперативнo реагувати на зміни на дорозі та ефективно попереджати водіїв про можливі небезпеки, що допомагає зменшити кількість аварій та підвищити загальний рівень безпеки дорожнього руху.

Алгоритм підтримки прийняття рішень для системи запобігання аварійним ситуаціям

Для ефективного функціонування системи запобігання аварійним ситуаціям необхідно мати алгоритм прийняття рішень, який базується на результаті аналізу даних та виявленні потенційних небезпек на дорозі.

Першим кроком в алгоритмі є оцінка ризику потенційно небезпечних ситуацій. Цей процес включає в себе аналіз даних з різних джерел, виявлення відхилень від типових патернів руху, оцінку стану дорожньої інфраструктури, перевірка стану автомобіля та інші фактори, що можуть впливати на безпеку на дорозі.

Після оцінки ризику система вибирає найбільш ефективний захід для запобігання потенційним аварійним ситуаціям. Це може бути відображення попереджувального сигналу для водія про гальмування, зміну траєкторії руху, тощо. Також є варіант попередження за допомогою звуку.

Останнім етапом є моніторинг ефективності заходів безпеки та складання звітів про їхню ефективність. Це дозволяє системі постійно вдосконалювати свої алгоритми та забезпечувати максимальний рівень безпеки на дорозі.

Алгоритм прийняття рішень є важливою складовою кіберфізичної системи запобігання аварійним ситуаціям, оскільки він визначає, як система реагує на потенційно небезпечні ситуації та захищає водіїв та пасажирів на дорозі. Загальний алгоритм роботи підсистеми зображений на рис. 1.

Збір інформації про стан автомобіля

Під час збору інформації про стан автомобіля для системи запобігання аварійним ситуаціям, важливо враховувати параметри, що відображають технічний стан та функціонування автомобіля. Один із таких параметрів - це рівень мастила. Вимірювання рівня та якості мастила в двигуні дозволяє вчасно виявляти можливі проблеми з системою змащення, що може уникнути серйозних пошкоджень двигуна.

Також важливим параметром є температура двигуна. Постійний моніторинг температури двигуна дозволяє виявляти перегрів та інші аномальні стани, що можуть призвести до пошкодження двигуна або навіть до пожежі.

Ще одним важливим параметром є тиск у шинах. Моніторинг тиску у шинах допомагає збільшити безпеку та економію пального, оскільки неправильний тиск може призвести до погіршення керованості автомобіля та збільшення споживання пального.

Рівень пального в баку є також важливим параметром для відстеження. Вимірювання рівня пального дозволяє уникнути випадків відключення двигуна через вичерпання пального, що може призвести до небезпечних ситуацій на дорозі.

Додатково, параметром стану автомобіля є стан гальмівної системи. Виявлення аномальних або небезпечних значень тиску гальмівної рідини та інших параметрів гальмівної системи дозволяє вчасно виявляти проблеми та уникнути аварій.

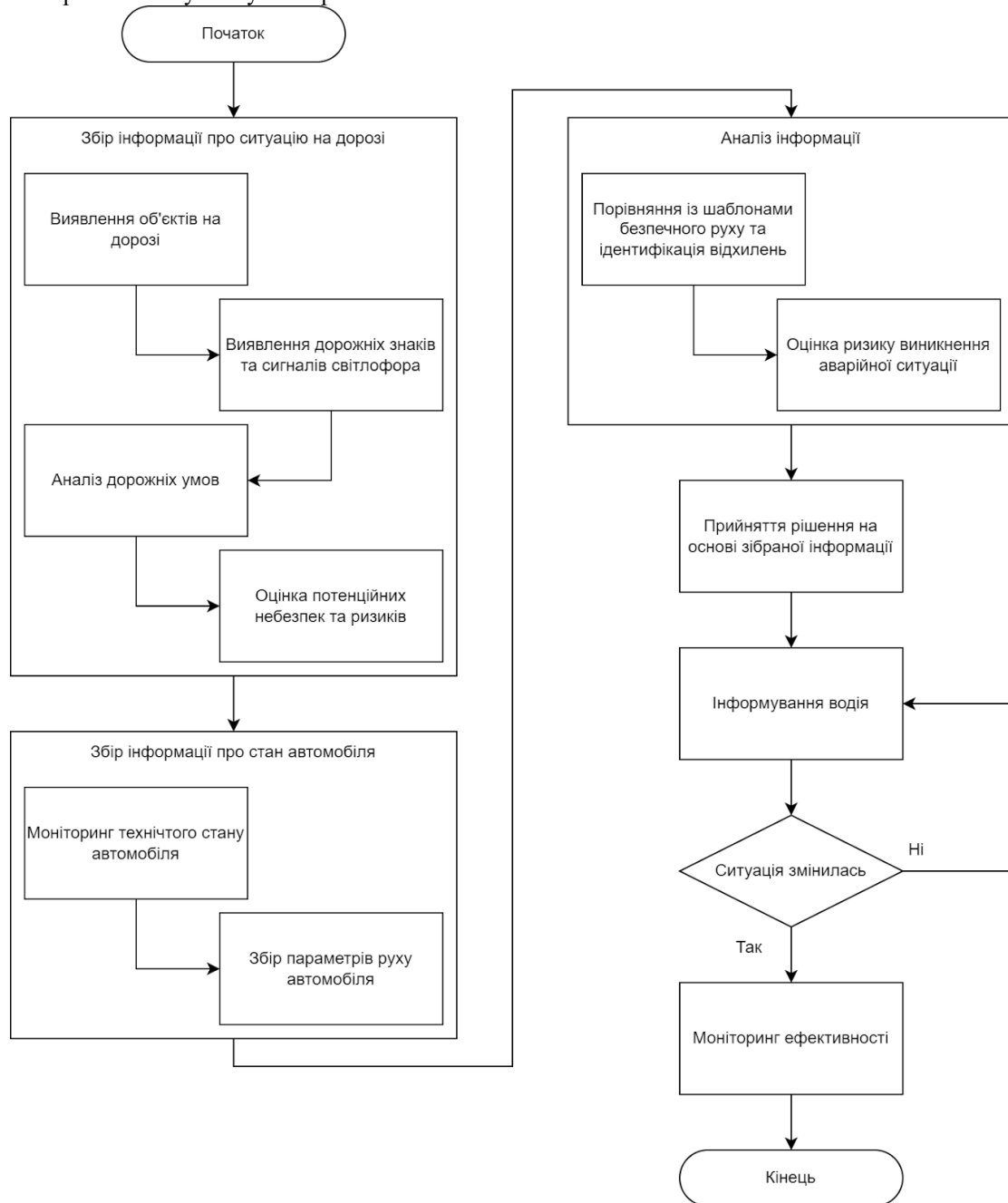


Рис. 1. Алгоритм роботи системи аналізу та оповіщення водія

Також слід враховувати стан акумулятора, який може відобразити роботу електричної системи автомобіля. Відстеження напруги та стану заряду акумулятора допомагає запобігти можливим відмовам електричної системи.

Не менш важливим є вимірювання параметрів роботи двигуна. Вимірювання швидкості обертання двигуна, температури та інших параметрів допомагає вчасно виявляти проблеми з роботою двигуна та уникнути аварій на дорозі.

Збір інформації про стан автомобіля та аналіз отриманих даних відбувається за допомогою вбудованих в автомобіль сенсорів та систем моніторингу. Основні кроки збору та аналізу інформації наступні:

- 1) Збір даних. Сенсори в автомобілі постійно вимірюють різні параметри, такі як тиск у шинах, температура двигуна, рівень пального, стан гальмівної системи та інші. Отримані дані зберігаються у вбудованих системах запису даних автомобіля;
- 2) Передача даних. Зібрані дані передаються до системи запобігання аварійним ситуаціям, де вони піддаються подальшому аналізу;

3) Аналіз даних. При отриманні даних, система використовує алгоритми аналізу для виявлення можливих аномалій або небезпечних ситуацій. Наприклад, якщо тиск у шинах виявляється нижчим за норму або температура двигуна перевищує допустимий рівень, система може спрацювати на виявлення проблем;

4) Оповіщення водія. При виявленні аномалій або помилок у роботі автомобіля, система сповіщає водія. Це може відбуватися через візуальні та аудіо сигнали на екрані або навіть через спеціальний мобільний додаток;

5) Рекомендації для дій. Крім оповіщення про помилки, система також може надавати рекомендації водієві щодо подальших дій. Наприклад, у разі низького тиску у шинах система може порадити водієві перевірити тиск та, якщо потрібно, надати інструкції щодо накачування шин.

Отже, цей процес забезпечує постійний моніторинг стану автомобіля та надає водієві інформацію про можливі проблеми або небезпечні ситуації, що допомагає збільшити безпеку та ефективність управління транспортним засобом.

Висновки

У цій статті було детально розглянуто систему запобігання аварійним ситуаціям для автомобілів, що базується на аналізі даних та кіберфізичних системах. Система такого типу використовує сучасні технології, такі як датчики, алгоритми машинного навчання та штучний інтелект, для постійного моніторингу стану автомобіля та оточуючого середовища.

Також було проаналізовано методи аналізу даних, які використовуються для виявлення потенційних небезпечних ситуацій на дорозі, а також методи підвищення надійності системи для забезпечення безперебійної та ефективної роботи. Збір інформації про стан автомобіля включає в себе вимірювання різних параметрів, таких як рівень мастила, тиск у шинах, температура двигуна та інші, що дозволяє системі виявляти можливі проблеми та вчасно реагувати на них.

Оповіщення водія про виявлені помилки або аномалії у роботі автомобіля є однією з важливих складових системи. Це дозволяє водію своєчасно реагувати на потенційні небезпечні ситуації та вживати необхідні заходи для забезпечення безпеки.

У цілому, система запобігання аварійним ситуаціям для автомобілів є важливим кроком у напрямку безпеки на дорогах та покращення якості життя усіх учасників дорожнього руху.

Література

1. Hovorushchenko T. Road Accident Prevention System / T. Hovorushchenko, O. Pavlova, Y. Binkovskyi, A. Bilinska, A. Holovatiuk, D. Melnychuk // In 2023 13th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT). IEEE. – 2023. – Pp. 1-7.
2. Jang J. Identification of safety benefits by inter-vehicle crash risk analysis using connected vehicle systems data on Korean freeways / J. Jang, J. Ko, J. Park, C. Oh, S. Kim // Accident Analysis & Prevention. – 2020. – Pp. 144.
3. Pourroostaei Ardakani S. Road car accident prediction using a machine-learning-enabled data analysis / S. Pourroostaei Ardakani, X. Liang, K. T. Mengistu, R. S. So, X. Wei, B. He, A. Cheshmehzangi // Sustainability. – 2023. – Vol. 15(7). – Pp. 3-8.
4. Fényes D. Data-driven reachability analysis for the reconfiguration of vehicle control systems / D. Fényes, B. Németh, P. Gáspár // IFAC-PapersOnLine. – 2018. – Vol. 51(24). – Pp. 831-836.
5. Бабій М. В. Інтелектуальні системи безпеки руху / М. В. Бабій, В. А. Бабій, А. О. Мартинчук // V Міжнародна науково-практична конференція "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем.". – 2023. – Pp. 156.

References

1. T. Hovorushchenko, O. Pavlova, Y. Binkovskyi, A. Bilinska, A. Holovatiuk, D. Melnychuk. Road Accident Prevention System // In 2023 13th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT). IEEE. – 2023. – Pp. 1-7.
2. J. Jang, J. Ko, J. Park, C. Oh, S. Kim Identification of safety benefits by inter-vehicle crash risk analysis using connected vehicle systems data on Korean freeways // Accident Analysis & Prevention. – 2020. – Pp. 144.
3. D. Fényes, B. Németh, P. Gáspár Data-driven reachability analysis for the reconfiguration of vehicle control systems // IFAC-PapersOnLine. – 2018. – Vol.51(24). – Pp. 831-836.
4. S. Pourroostaei Ardakani, X. Liang, K. T. Mengistu, R. S. So, X. Wei, B. He, A. Cheshmehzangi. Road car accident prediction using a machine-learning-enabled data analysis // Sustainability. – 2023. – Vol. 15(7). – Pp. 3-8.
5. M. V. Babiy, V. A. Babiy, A.O. Martynchuk. Intelligent traffic safety systems // V International scientific and practical conference "Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems". – 2023. – Pp. 156.