

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Галузь знань 12 – Інформаційні технології

Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія

на тему «Кіберфізична система попередження дорожньо-транспортних пригод.
Портативна контрольно-діагностична підсистема технічного стану автомобіля»


КвРКІП. 180111.22.01.14 ПЗ

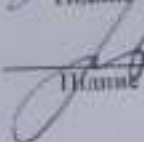
Виконав: студент 2 курсу, група КІ2М-22-1

Керівник доктор техн. наук, професор
Науковий ступінь, вчене звання

До захисту допускаю:
Зав. кафедри КІС, д.т.н., проф
Т.О. Говорущенко

30 04 2024 р.


Підпис Мельничук Д.Р.
Ініціали, прізвище


Підпис Говорущенко Т.О.
Ініціали, прізвище

Хмельницький, 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень МАГІСТР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма ОСВІТНЬО-НАУКОВА ПРОГРАМА «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О.Говорущенко

01 " 09 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Мельничуку Денису Руслановичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Кіберфізична система попередження дорожньо-транспортних пригод. Портативна контрольно-діагностична підсистема технічного стану автомобіля.

Керівник проекту (роботи) Говорущенко Т.О., д.т.н., професор

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 01.01.2024 р. № 1

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.05.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на кваліфікаційну роботу

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Аналіз літературних джерел та існуючих рішень





Розгляд моделей та вибір компонентів для розробки підсистеми визначення технічного стану автомобіля

Програмно-апаратна реалізація та розробка алгоритмів для підсистеми технічного стану автомобіля

Моделювання та тестування підсистеми визначення технічного стану автомобіля

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи магістра

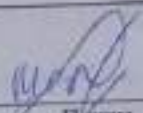
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Лисенко С.М., професор кафедри КПС		
Антиплагіат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 01 » 09 2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики КвРМ з керівником	01.09.2023	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	08.10.2023	виконано
3	Робота над розділом 1 – аналіз існуючих рішень; постановка задачі	02.11.2023	виконано
4	Робота над розділом 2 – розгляд математичних моделей та архітектури автомобіля	04.12.2023	виконано
5	Робота над науковою статтею	09.01.2024	виконано
6	Робота над розділом 3 – розробка методів для вирішення поставленої задачі	11.02.2024	виконано
7	Робота над розділом 4 – проектування та розробка ПЗ для вирішення поставленої задачі, експериментальна частина	03.04.2024	виконано
8	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	20.04.2024	виконано
9	Попередній захист ДРМ	29.04.2024	виконано
10	Захист ДРМ на засіданні ЕК	До 23.05.2024	

Студент


Підпис

Д.Р. Мельничук
Ініціали, прізвище

Керівник роботи


Підпис

Т.О. Говоруценко
Ініціали, прізвище

РЕФЕРАТ

Тема кваліфікаційної роботи магістра: Кіберфізична система попередження дорожньо-транспортних пригод. Портативна контрольно-діагностична підсистема технічного стану автомобіля.

Автор роботи: Мельничук Денис Русланович, студент групи КІ2м-22-1

Керівник роботи: доктор техн. наук, професор Говорущенко Т.О.

Пояснювальна записка: 141 с., 44 рис., 5 табл., 2 дод., 80 джерел.

КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА, ПОРТАТИВНИЙ ПРИСТРІЙ, ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ НА ДОРОЗІ, ПРОЦЕС МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ, СИСТЕМА ОВД, НЕЙРОННА МЕРЕЖА, ДАТЧИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ.

Об'єктом дослідження є процес аналізу наявних систем безпеки та процес моніторингу та діагностики технічного стану автомобіля.

Предметом дослідження є кіберфізична підсистема контролю та діагностики технічного стану автомобіля.

Метою кваліфікаційної роботи магістра є покращення безпеки на дорозі та надання власникам транспортних засобів портативного інструменту для своєчасного виявлення та реагування на потенційні технічні проблеми автомобіля.

Для розв'язання поставлених задач використовувалися методи обробки сигналів, які можна отримати за допомогою датчиків, розташувавши їх у кузові автомобіля, методи обробки даних, на основі яких визначався технічний стан автомобіля. При проведенні моделювання процесу визначення технічного стану автомобіля використовувались методи машинного навчання, зокрема нейронні мережі, які навчалися на реальних даних.

Наукова новизна отриманих результатів:

– набув подальшого розвитку метод моніторингу технічного стану автомобіля, який може працювати у двох режимах: кожної секунди виводити інформацію про стан певних компонентів автомобіля за допомогою власних розташованих датчиків та виводити інформацію про загальний стан автомобіля,

враховуючи PID параметри та DTC-коди, підключаючи портативний пристрій до OBD порту автомобіля для проведення більш чіткого моніторингу;

– набула подальшого розвитку інформаційна архітектура кіберфізичної підсистеми визначення технічного стану автомобіля з інтеграцією OBD-II порту для зчитування діагностичних даних з автомобіля, який є кроком у покращенні збору та аналізу інформації про стан автомобіля. Такий підхід дозволяє отримувати більш повну та детальну картину стану автомобіля, що сприяє покращенню його ефективності та безпеки в експлуатації.

На основі проведених досліджень розроблена архітектура і компоненти кіберфізичної підсистеми визначення технічного стану автомобіля, яка може бути реалізована у вигляді портативного, невеликого за розмірами, пристрою з підключеними датчиками для вимірювання необхідних параметрів (датчики температури, датчики тиску, ультразвукові датчики).

Практична значимість отриманих результатів полягає у розробці та отриманні портативної підсистеми визначення технічного стану автомобіля, яку можна використовувати в будь-якому типі автомобіля. Підсистема може працювати в двох режимах: якщо пристрій використовується в автомобілі, який не оснащений системою безпеки та не має в наявності OBD-II порту для підключення, пристрій буде визначати технічний стан автомобіля за допомогою підключених до нього датчиків, які розташовані в різних частинах автомобіля. Якщо автомобіль оснащений системою безпеки та має в наявності OBD-II порт, пристрій можна підключити до нього, після чого буде відбуватись моніторинг, зчитуючи дані по CAN-шині та декодування PID та DTC кодів.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ.....	9
1.1 Аналіз причин виникнення дорожньо-транспортних пригод.....	9
1.2 Аналіз існуючих систем безпеки	12
1.3 Датчики визначення технічного стану автомобіля	15
1.4 Постановка задачі	22
1.5 Висновки.....	24
2 РОЗГЛЯД МОДЕЛЕЙ ТА ВИБІР КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ РОЗРОБКИ ПІДСИСТЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЯ.....	25
2.1 Загальна відомість про математичну модель.....	25
2.2 Математичні моделі та методи визначення технічного стану автомобіля .	26
2.2.1. Математична модель двигуна	27
2.2.2 Математична модель системи охолодження двигуна	30
2.2.3 Математична модель гальмівної системи	33
2.2.4 Математична модель контролю атмосферного тиску в колесах.....	34
2.2.5 Метод визначення рідини в баку.....	35
2.3 Вибір необхідних компонентів для реалізації підсистеми визначення технічного стану автомобіля.....	37
2.4 Структура підсистеми визначення технічного стану автомобіля	44
2.5 Висновок.....	47
3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ДЛЯ ПІДСИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЯ.....	48
3.1 Проектування системи з використанням програмного забезпечення Fritzing	48

3.2	Алгоритми роботи підсистеми визначення технічного стану автомобіля .	53
3.3	Технологія OBD та CAN шини, методи декодування PID та DTC кодів.....	59
3.4	Висновки.....	70
4	МОДЕЛЮВАННЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ПІДСИСТЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЯ	71
4.1	Моделювання системи визначення технічного стану.....	71
4.2	Архітектура підсистеми визначення технічного стану на основі зчитування даних з датчиків	76
4.2.1	Діаграма варіантів використання підсистеми.....	78
4.2.2	Діаграма класів підсистеми	79
4.2.3	Діаграма станів підсистеми.....	80
4.3	Експериментальне тестування розроблювальної підсистеми	81
4.4	Вимоги для розробки портативного пристрою.....	86
4.5	Висновки	87
	ВИСНОВКИ	88
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	91
	ДОДАТОК А Копії опублікованих наукових статей	100
	ДОДАТОК Б Презентація до захисту кваліфікаційної роботи	134

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ДТП – Дорожньо-транспортні пригоди

RTC – Real-Time Clock, годинник реального часу

DTC – Diagnostic Trouble Code, код помилки при діагностиці

PID – Process Identifier, ідентифікатор процесу

CAN – Controll Area Network

OBD – On-Board Diagnostic

I2C – ІС, послідовний синхронний інтерфейс

ПЗ – Програмне забезпечення

IoT – Internet of Things, інтернет речей

ВСТУП

У нашому сучасному світі, де інформаційні технології невпинно розвиваються, проблеми безпеки на дорогах залишаються одними з найгостріших. Дорожньо-транспортні пригоди призводять не лише до людських трагедій, але й призводять до соціальних та економічних проблем. Важливим аспектом виникнення дорожньо-транспортних пригод є не лише недотримання правил дорожнього руху, але й технічний стан транспортних засобів. Несправність транспортного засобу може призвести до серйозних проблем, загрожуючи безпеці на дорозі.

Для того, щоб покращити ситуацію на дорогах та значно зменшити шанс виникнення аварійної пригоди, вчені та інженери активно працюють над удосконаленням та впровадженням систем попередження дорожньо-транспортних пригод. Такі системи не лише реагують на потенційні небезпеки, передбачаючи їх та передаючи інформацію учасникам руху, але й інформують про можливі технічні несправності транспортних засобів.

Однак, різні автомобілі мають різний рівень технологічного оснащення, в результаті чого існує значна кількість транспортних засобів, які не мають вбудованих систем безпеки.

У цьому випадку, розробка портативної системи безпеки для автомобілів стає привабливим рішенням, що надає безпекові функції в будь-який автомобіль. Цей пристрій, який дуже легко може бути встановлений в автомобіль, може аналізувати технічний стан автомобіля в реальному часі та інформувати водія про будь-які потенційні проблеми.

Портативна система безпеки має потенціал для забезпечення та покращення безпеки на дорозі для великої кількості автомобілів, які не були оснащені певними технічними рішеннями. Система дозволяє водіям активно стежити за технічним станом свого автомобіля та вчасно реагувати на технічні неполадки.

Актуальність роботи полягає в аналізі сучасних систем безпеки та розробці власного портативного пристрою, який буде в режимі реального часу аналізувати технічний стан автомобіля та інформувати про це водія.

Метою кваліфікаційної роботи магістра є покращення безпеки на дорозі та надання власникам транспортних засобів інструменту для своєчасного виявлення та реагування на потенційні технічні проблеми автомобіля.

Поставлена мета досягається розв'язанням таких основних задач:

- дослідити проблеми виникнення аварійних ситуацій на дорогах;
- проаналізувати наявні системи безпеки, їх функціональність, позитивні та негативні сторони;
- розробити модель контрольно-діагностичної підсистеми технічного стану автомобіля
- розробити портативний пристрій, який буде в режимі реального часу виводити технічний стан автомобіля;

Об'єктом дослідження є процес аналізу наявних систем безпеки та процес моніторингу та діагностики технічного стану автомобіля.

Предметом дослідження є кіберфізична підсистема контролю та діагностики технічного стану автомобіля.

Наукова новизна отриманих результатів:

1) набув подальшого розвитку метод моніторингу технічного стану автомобіля, який може працювати у двох режимах: кожної секунди виводити інформацію про стан певних компонентів автомобіля за допомогою власних розташованих датчиків та виводити інформацію про загальний стан автомобіля, враховуючи PID параметри та DTC-коди, підключаючи портативний пристрій до OBD порту автомобіля для проведення більш чіткого моніторингу;

2) набула подальшого розвитку інформаційна архітектура кіберфізичної підсистеми визначення технічного стану автомобіля з інтеграцією OBD-II порту для зчитування діагностичних даних з автомобіля, який є кроком у покращенні збору та аналізу інформації про стан автомобіля. Такий підхід дозволяє отримувати

більш повну та детальну картину стану автомобіля, що сприяє покращенню його ефективності та безпеки в експлуатації.

В результаті виконаного наукового дослідження розроблена архітектура і компоненти кіберфізичної підсистеми визначення технічного стану автомобіля, яка може бути реалізована у вигляді портативного, невеликого за розмірами, пристрою з підключеними датчиками для вимірювання необхідних параметрів (датчики температури, датчики тиску, ультразвукові датчики).

За темою кваліфікаційної роботи магістра опубліковані статті, у яких я брав участь як співавтор (додаток А):

1) Т. Novorushchenko, О. Pavlova, Y. Binkovskyi, А. Bilinska, А. Holovatiuk, D. Melnychuk. Road Accident Prevention System. In *2023 13th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT)*. 2023. Pp. 1-7.

2) О. Павлова, А. Білінська, А. Головатюк, Я. Біньковський, Д. Мельничук. Automated system for determining speed of cars ahead. *Computer systems and information technologies*. 2023. Pp. 35-39.

3) А. Білінська, Я. Біньковський, А. Головатюк, Д. Мельничук, Т. Говорущенко. Автоматичне виявлення автомобільних порушників за допомогою комп'ютерного зору в рамках кіберфізичної системи запобігання аварійним ситуаціям. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. 2024. №1. С. 176-185.

4) А. Білінська, Я. Біньковський, А. Головатюк, Д. Мельничук, Т. Говорущенко. Аналіз даних для підтримки автоматичного попередження водія для кіберфізичної системи запобігання аварійним ситуаціям. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія «Технічні науки»*. 2024.

1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

1.1 Аналіз причин виникнення дорожньо-транспортних пригод

Дорожньо-транспортні пригоди є невід’ємною частиною сучасного життя, а їх вплив на суспільство та інфраструктуру є значущим. Дорожньо-транспортні пригоди є непередбачуваними подіями, які створюють загрозу для безпеки учасників руху та навколишнього середовища. Аналіз цих пригод дозволяє ідентифікувати та зрозуміти основні причини їх виникнення, а також розробити ефективні стратегії для їх запобігання.

ДТП є однією з найпоширеніших причин смертності та інвалідності в світі. За певними даними, щорічно внаслідок ДТП гине близько 1.35 мільйона людей, а понад 50 мільйонів людей отримують травми.

В Україні ДТП також є серйозною проблемою. Згідно з даними, вказаних в статті, за десять місяців 2023 року в Україні відбулося майже 20.000 ДТП з загиблими або травмованими людьми. 2500 людей загинули в наслідок цих аварій, ще 25000 – отримали травми різної складності.

ДТП мають значний негативний вплив на суспільство та можуть призводити до різноманітних негативних наслідків. Деякі з цих наслідків:

- втрати людських життів – найбільш серйозний наслідок ДТП;
- травми та пошкодження здоров’я – серйозні травми та пошкодження учасників дорожнього руху, які мають довгострокові наслідки;
- економічні витрати – витрати пов’язані з відшкодуванням шкоди, оплата медичної допомоги, відновлення доріг та інші заходи;
- соціальний вплив – спричинення ДТП викликає психологічний стрес учасників, та впливає на негативне громадську думку стосовно безпеки дорожнього руху;
- втрата часу – тимчасові обмеження на дорогах, можливо довгий час на реабілітацію.

Для того, щоб в'яснити причини виникнення аварій на дорогах України, було проведено аналіз аварійних даних за 2023 рік [1]. Результати аналізу продемонстровано у вигляді діаграми на рисунку 1.1.

У результаті проведеного аналізу статистики дорожньо-транспортних пригод 2023 рік, можна спостерігати, що основна причина виникнення аварій відбувається з провини водіїв.



Рисунок 1.1 – Діаграма основних причин виникнення ДТП

Згідно статистики, найпоширенішою причиною виникнення ДТП є перевищення безпечної швидкості, що складає 40% з усіх аварійних ситуацій. Для мінімізації виникнення аварій з цієї причини, необхідно додати ефективний контроль за швидкістю, який буде інформувати водія та понижувати швидкість до безпечної, згідно з правилами дорожнього руху.

Недотримання правил маневрування також є однією значущою причиною виникнення ДТП, частка якої становить 19%. Порухення правил проїзду пішохідних переходів становить 10%, порушення правил проїзду перехресть – 8%. Для зменшення виникнення ДТП по цим причинам, слід інтегрувати систему розпізнавання знаків, яка допоможе правильно проїхати певні частки дороги, та систему сповіщення про перестроювання в смугах дороги.

З провини пішохода, 6% аварій відбулося через перехід дороги в невстановленому місці. Для усунення таких аварій, слід облаштувати більше безпечних місць для переходу.

Також, однією з основних причин виникнення ДТП є несправність технічного стану автомобіля, на яку припадає 5% аварій. Стан транспортного засобу визначає здатність безпечно функціонувати на дорозі та має прямий вплив на рівень безпеки на дорозі.

Найпоширенішими технічними несправностями в автомобілі є проблеми з гальмами, низьким рівнем або відсутністю моторного мастила чи охолоджувальної рідини, рульовим управлінням, освітленням та системою безпеки. Наприклад, неробочі гальма можуть ускладнити ефективне гальмування у важливих ситуаціях, що може мати трагічні наслідки. Відсутність моторного мастила може призвести до тертя та зносу у двигуні, перегріву чи потенційної несправності автомобіля. Відсутність охолоджувальної рідини також може викликати перегрів двигуна, корозію чи низьку ефективність охолодження. Відсутність обох рідин може призвести до серйозних проблем, які впливають на надійність, ефективність та безпеку автомобіля [2].

Для мінімізації виникнення аварій та уникнення технічних несправностей, регулярна перевірка стає невід'ємною частиною догляду за автомобілем. Часті перевірки дозволяють вчасно виявляти потенційні проблеми та усувати їх, забезпечуючи безпеку та надійність транспортного засобу.

Ось чому було вирішено розробити власну кіберфізичну систему попередження дорожньо-транспортних пригод. Контрольно-діагностична підсистема технічного стану автомобіля дозволить в режимі реального часу

аналізувати важливі параметри транспортного засобу, серед яких буде температура, рівень рідин, а також інші датчики, які вимірюють різні характеристики автомобіля. Вся інформація, отримана від цих датчиків, буде виводитись на дисплей, який буде інформувати водія про можливі проблеми.

1.2 Аналіз існуючих систем безпеки

Для зменшення кількості виникнення аварійних ситуацій на дорогах, компанії по всьому світі активно впроваджують власні системи безпеки. Кожен автовиробник розробляє та вдосконалює свої технологічні рішення, такі як система автоматичного гальмування, модифікований круїз-контроль, системи попередження про зіткнення та інші інноваційні розробки. Розгляд цих індивідуальних підходів до безпеки на дорозі може надати розуміння у вдосконаленні та оптимізації систем, спрямованих на підвищення рівня безпеки в умовах збільшення автопарку. Приклад популярних систем безпеки в сучасних транспортних засобах продемонстровано на рисунку 1.2 [3].



Рисунок 1.2 – Схематичне зображення наявних підсистем в системі безпеки

Зазначені інноваційні рішення у сфері безпеки на дорозі свідчать про серйозний підхід автовиробників до забезпечення безпеки водіїв та їх пасажирів. Під час аналізу таких систем слід звертати увагу на те, як вони взаємодіють з реальними умовами на дорозі, та наскільки ефективно вони діють в певних ситуаціях.

Важливо вивчити можливості інтеграції цих систем з іншими технологічними рішеннями в автомобільній промисловості. Наприклад, як система безпеки буде співпрацювати із системами штучного інтелекту, автономними транспортними засобами та іншими елементами автомобільного обладнання.

Також, потрібно не забувати враховувати питання вартості та доступності цих технологій для різних класів автомобілів. Аналізуючи різні підходи до модернізації систем безпеки, можна визначити, які технології стають більш доступними для широкого кола водіїв.

Серед великого розмаїття доступних систем безпеки, було проаналізовано кілька інноваційних розробок, таких як Toyota Safety Sense, Volvo City Safety, Mercedes-Benz PRE-SAFE, Honda Sensing та BMW Active Protection. Кожна з цих систем має свій власний набір функцій та технологій, що спрямовані на підвищення загального рівня безпеки.

Toyota Safety Sense є однією з перших систем, яка впроваджує широкий спектр функцій для активної безпеки. Система включає в себе різноманітні технології, такі як попередження про зіткнення з попереднім автомобілем, включаючи систему автоматичного гальмування, попередження про виїзд зі смуги руху, автоматичне перемикавання ближнього та дальнього світла фар, розпізнавання пішоходів [4].

Volvo City Safety вражає своєю інтегрованою системою, спроектованою на уникнення та пом'якшення наслідків при міському водінні. Вона використовує радар та камери для виявлення перешкоди, такої як автомобіль, пішохід або велосипедист, та самостійно активує автоматичне гальмування, якщо водій не реагує на потенційну небезпеку. В модифікованих версіях, система може мати функцію автоматичного гальмування при виїзді з паркінг-місця, щоб уникнути

аварії з автомобілем, який знаходиться в сліпій зоні. Система виводить інформацію про технічний стан автомобіля та дисплей або на панель приборів. Інформація включає в себе повідомлення про помилка та несправності автомобіля, стан системи безпеки, стан двигуна та трансмісії [5].

Mercedes-Benz PRE-SAFE відрізняється своєю передовою системою передавання даних між різними компонентами автомобіля. Система використовує датчики і алгоритми для розпізнавання ситуацій, які можуть призвести до аварії, та може автоматично затягнути ремні безпеки, щоб забезпечити кращий контакт тіла пасажирів з сидінням і підготувати їх до потенційного зіткнення. Також, система може автоматично регулювати положення сидінь для максимальної ефективності роботи подушок безпеки та закривати вікна й дах автомобіля. Це система, яка дозволяє пасажирам бути максимально захищеним навіть до початку настання небезпечної ситуації [6].

Honda Sensing відзначається своєю ефективною системою контролю треку та адаптивного круїз-контролю. Система допомагає зберігати оптимальну відстань і автоматично реагувати на рухи інших транспортних засобів. Окрім цих систем, Honda Sensing включає в собі: систему управління автоматичною зупинкою, систему виявлення та сповіщення про зіткнення спереду, систему утримання на полосі, автоматично керуючи при цьому автомобілем, систему виявлення сліпих зон та розпізнавання дорожніх знаків [7].

BMW Active Protection враховує не лише потенційні зіткнення, але й здатна реагувати на небезпеку для здоров'я і комфорту пасажирів. Система активно взаємодіє з багатьма компонентами системи для надання додаткового рівня захисту. Основні функції цієї системи це: динамічний аналіз поведінки водія, попередження водія про стомленість або поганий стан, закриття вікон у випадку зіткнення, аналіз ситуації для уникнення зіткнення.

Розглянуті системи безпеки є інноваційними розробками, які спрямовані на підвищення загального рівня безпеки дорожнього руху. Загальна мета цих систем є передбачення потенційних небезпек та активне управління автомобілем для уникнення аварій.

Ці системи вигідні тим, що вони допомагають водіям в управлінні автомобілем, підвищуючи реагування, та сприяють загальній безпеці на дорозі. Але слід зауважити, що ці системи не можуть повністю виключити виникнення аварій, тому повністю їм довіряти не слід [8].

Інтегровані системи безпеки, які було розглянуто, здійснюють значний внесок у підвищення безпеки на дорозі, проте важливо врахувати, що вони призначені для конкретних моделей автомобілів. Це може обмежувати їх доступність для широкого кола водіїв, оскільки вони встановлюються заводом-виробником.

В зв'язку з цим ідея розробки портативної системи безпеки для автомобілів стає цікавою та перспективною. Портативні системи безпеки можуть надати можливість власникам різних автомобілів вдосконалювати рівень безпеки своїх транспортних засобів без потреби продажі чи заміни автомобіля. Створення такої системи є важливим кроком у напрямку універсальності передових технологій безпеки на дорозі.

1.3 Датчики визначення технічного стану автомобіля

Датчики, що будуть використовуватись для визначення технічного стану автомобіля, відіграють надзвичайно важливу роль у забезпеченні безпеки, ефективності та тривалості експлуатації транспортних засобів. Ці інтелектуальні пристрої забезпечують постійний моніторинг різноманітних параметрів автомобіля, таких як атмосферний тиск у шинах, температура двигуна та в салоні автомобіля, рівень мастила та інших рідин, з метою оперативного виявлення можливих технічних несправностей та попередження водія про них. Схема отримання інформації з датчиків автомобіля проілюстрована на рисунку 1.3, яке показує, як дані з наявних датчиків передаються до водія або до системи моніторингу транспортного засобу.

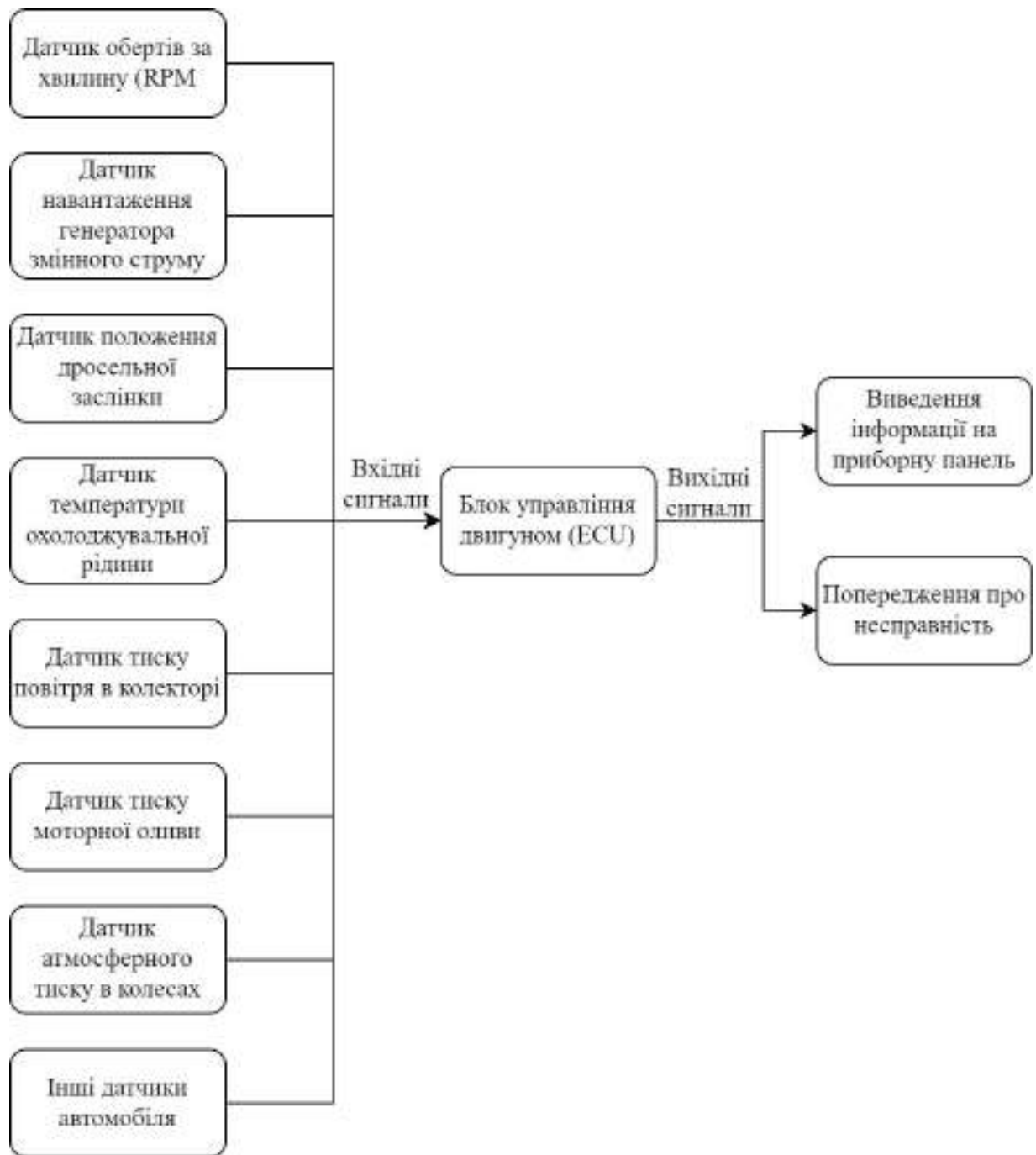


Рисунок 1.3 – Схема отримання інформації з датчиків

Можливості датчиків для визначення технічного стану орієнтовані на різні аспекти автомобільної експлуатації. Вони використовуються для визначення рівня різних рідин, тиску у шинах, температури двигуна, обертів коліс, положення автомобіля на дорозі та інші параметри. Ці датчики можуть миттєво реагувати на появу аномалії та автоматично сповіщати водія про необхідність технічного обслуговування або ремонту транспортного засобу [9-12].

Один із важливих датчиків, які присутні в кожному автомобілі – це датчик виявлення тиску мастила. Датчик вимірює тиск мастила у двигуні і надає важливу інформацію про його робочий стан. Якщо тиск мастила знижується нижче норми, це може свідчити про несправність або його недостатність.

У сучасній автомобільній індустрії застосовуються два основних види датчиків тиску мастила: механічний та електронний.

Механічний датчик тиску працює за допомогою механічного елемента, який реагує на тиск мастила шляхом деформації. Деформація елемента перетворюється на електронний сигнал, який потім передається на інформаційну панель автомобіля. Хоча цей тип датчик є простим у використанні та відносно надійним, він має деякі обмеження щодо точності вимірювання порівняно з електронними датчиками. Механічні датчики частіше використовуються в бюджетних моделях автомобілів, а також на деяких вантажних автомобілях і спецтехніці, де не вимагається висока точність вимірювання [13].

Натомість, електронні датчики тиску мають інший принцип роботи. Вони використовують електронні елементи, які змінюють свої електричні властивості, наприклад опір, під тиском мастила. Ці зміни в електричних властивостях перетворюються на вимірювані значення, які дозволяють отримати докладнішу інформацію про тиск мастила в двигуні.

Електронні датчики тиску відомі своєю високою точністю вимірювань та можливістю працювати в широкому діапазоні значень тиску. Однак вони є дорогими в установці та підтримці, оскільки потребують складніших електронних систем. Тому вони частіше застосовуються в більш висококласних автомобілях або там, де вимагається особлива точність вимірювань тиску мастила.

Схематичне зображення принципу роботи датчика тиску моторної оливи продемонстровано на рисунку 1.4.

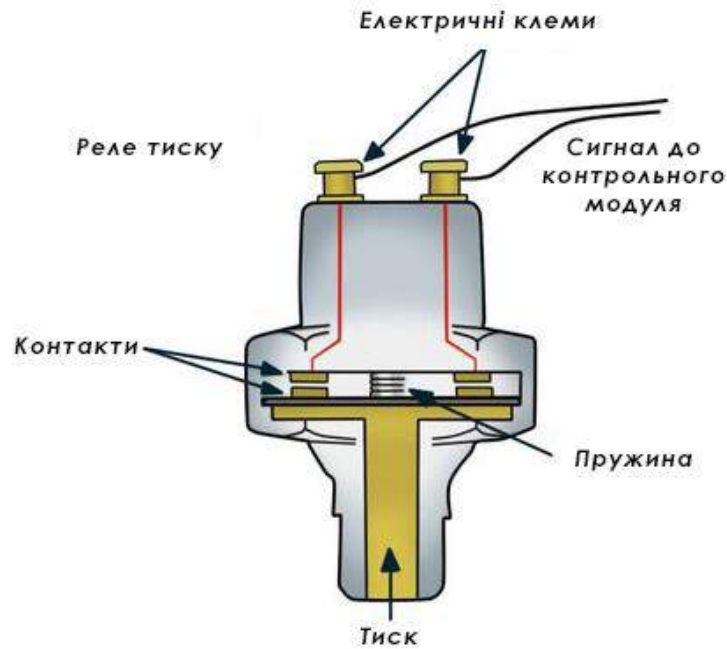


Рисунок 1.4 – Зображення датчика тиску моторного мастила [13]

Для того, щоб побільше дізнатись про різницю між цими датчиками тиску мастила, перейдемо до їх порівняння в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняння характеристик датчиків тиску

Характеристика	Механічні датчики тиску	Електронні датчики тиску
Принцип роботи	Механічний елемент деформується під дією тиску, деформація перетворюється на електричний сигнал. Сигнал може бути «Так» або «Ні» (1/0).	Електронний елемент змінює свої електричні властивості під дією тиску. Під дією тиску змінюється індуктивність або опір, що показує більш конкретний результат.
Точність	Менша, ніж у електронних датчиків	Більша, ніж у механічних датчиків
Діапазон вимірювання	Широкий	Широкий

Кінець таблиці 1.1 – Порівняння характеристик датчиків тиску

Характеристика	Механічні датчики тиску	Електронні датчики тиску
Вартість	Низька	Висока
Складність	Прості, легко встановлюються та обслуговуються	Складні, вимагають кваліфікованого монтажу та обслуговування
Надійність	Висока, можуть працювати в екстремальних умовах	Висока, можуть працювати в екстремальних умовах
Чутливість до забруднення	Чутливі до забруднення, можуть давати неточні результати.	Менш чутливі до забруднення, більш точні результати

У таблиці надано огляд двох основних датчиків тиску мастила, а саме механічного та електронного. Кожен датчик має свої переваги та недоліки. Якщо необхідно висока точність та надійність, то краще використовувати електронний датчик тиску. Якщо потрібна простота та низька вартість – то можна використати механічний датчик тиску.

Інший важливий датчик – це датчик температури двигуна. Його завдання полягає в моніторингу температури двигуна та охолоджувальної рідини та переданні цих даних на панель приладів або інші електронні системи автомобіля.

Існує два основних типи датчиків температури охолоджувальної рідини – це резисторні та термоелектричні датчики [15].

Резисторні датчики працюють за принципом зміни опору резистора в залежності від температури, приклад залежності продемонстровано на рисунку 1.5. Згідно рисунку, можна зрозуміти, що зі збільшенням температури опір зменшується. Цей змінний опір передається на блок управління двигуном, який перетворює його в цифровий сигнал.

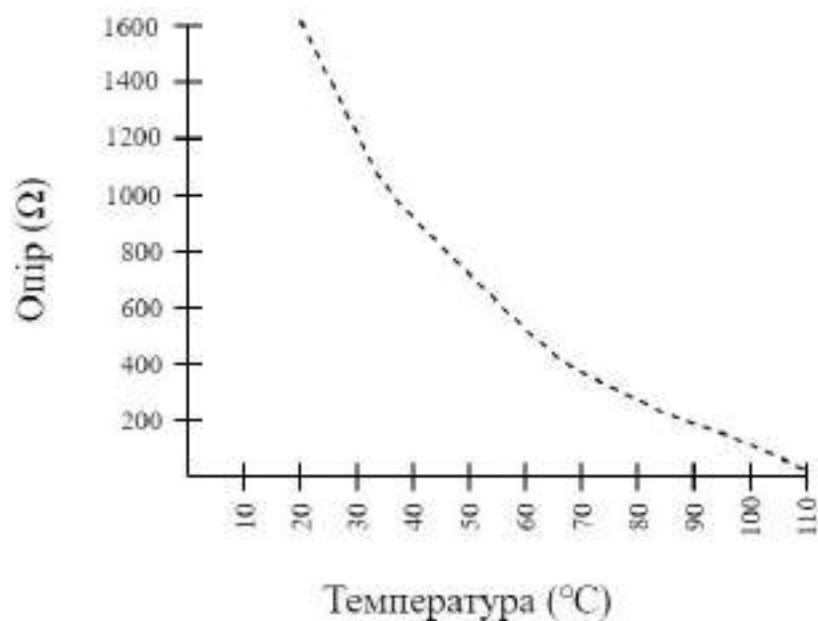


Рисунок 1.5 – Графік залежності опору від температури

Термоелектричні датчики працюють за принципом термоелектричного ефекту. У середині датчика знаходиться термопара, яка складається з двох різнорідних металів. При різниці температур між кінцями термопари виникає електричний струм, сила якого пропорційна різниці температур.

Резисторні датчики температури найчастіше використовуються в автомобілях, оскільки вони є більш дешевшими та довговічними. В той час як термоелектричні датчики використовуються в тих автомобілях, де потрібна висока точність вимірювання температури та де наявна регульовальна система впорскування палива [16-18].

Правильний тиск в колесах та справність системи гальмування – це два немало важливі фактори, які впливають на безпеку водіння. Багато автомобілів нових моделей оснащені датчиками, які допомагають контролювати ці параметри.

Система датчиків тиску в шинах (TPMS), що зображена на рисунку 1.6, є доволі поширеною, але найчастіше зустрічається на більш дорогих автомобілях [54-56]. Система складається з 4 ковпачків з встановленими в них датчиками, які в режимі реального часу сканують тиск в колесах, та міні-комп'ютеру, на який за допомогою Bluetooth або Wi-Fi модуля передається інформація. З 2014 року, багато нових легкових автомобілів зобов'язані мати TPMS [19].



Рисунок 1.6 – Система контролю тиску в шинах (TPMS) [19]

Датчики гальм вимірюють знос гальмівних колодок та передають інформацію на приладову панель. Знос гальмівних колодок вираховується за допомогою датчика, який встановлюється на початок тормозної колодки. Датчик вимірює відстань від тормозних колодок до гальмівного диску. Якщо відстань стає дуже малою, або датчик починає торкатись диску – датчик посилає сигнал на приладову панель, щоб попередити водія про необхідність заміни колодок [20].

Всі розглянуті вище датчики визначення технічного стану автомобіля дійсно роблять значний позитивний внесок у підвищення безпеки дорожнього руху, незалежно від того, який в них тип та яку інформацію вони можуть надати. Для підвищення безпеки дорожнього руху, рекомендується переходити від механічних до електронних датчиків [21]. Основні переваги переходу:

- точність вимірювання: електронні датчики мають кращу точність вимірювань порівняно з механічними, завдяки чому дані про стан є більш достовірними;
- інформативність: електронні датчики можуть надавати набагато більше інформації, ніж механічні, що може більше допомогти в діагностиці проблем з двигуном;

– можливість створення нових систем: електронні датчики можуть використовуватись для створення або модифікації систем, які підвищують безпеку та комфорт. Наприклад, система контролю тиску в шинах може автоматично підкачувати шини на ходу;

– зручність використання: електронні датчики більш зручні. Їх дані можна легко зчитувати за допомогою смартфонів та спеціальних приладів.

Слід зазначити, що використання електронних датчиків та системи бортової діагностики OBD-2 дозволить створити ефективну контрольну-діагностичну підсистему технічного стану автомобіля, яка буде в режимі реального часу виявляти та повідомляти про несправності, проводити регулярну діагностику для виявлення проблем на ранній стадії та значно допоможе запобігти виникненню аварійних ситуацій.

У випадках, коли автомобіль не має системи бортової діагностики OBD-2, підсистема буде зчитувати дані з інших розташованих датчиків, які буде мати в своїй комплектації. Для прикладу, це можуть бути різноманітні датчики температури повітря, датчики наявності газу, ультразвукові датчики, датчики тиску та інші.

1.4 Постановка задачі

Аналіз наявних методів та засобів безпеки на дорозі показав, що розроблені системи запобігання аварійним ситуаціям мають високу ефективність та забезпечують належне покращення безпеки шляхом швидкого аналізу з датчиків та інформування водія про небезпеку. Кожна система є особлива, і її використання залежить від потреб користувача.

Аналіз наявних методів та засобів проведення діагностики автомобіля підтверджує важливість систематичної перевірки та обслуговування транспортних засобів. Проведений аналіз показав, що сучасні технології дозволяють застосовувати різні методи та засоби для ефективної діагностики автомобілів.

Певним недоліком розглянутих систем безпеки є те, що ці системи є вбудованими в автомобіль, і не можуть бути встановлені в інші марки автомобіля. Також, одним з недоліків є те, що старі автомобілі не лише не оснащені такими системами безпеки, але й не мають бортового комп'ютера, який потрібен для проведення швидкої діагностики та моніторингу параметрів.

З метою покращення безпеки для любого водія з любим типом автомобіля, було прийнято рішення розробити портативну систему, яка буде аналізувати технічний стан автомобіля як з використанням власних розташованих датчиків, так із використанням вбудованих датчиків та бортового комп'ютера. Також, система повинна аналізувати та обробляти помилки, отриманні з бортового комп'ютера, без використання дороговартісних діагностичних сканерів.

Головним пріоритетом розробки такої системи є можливість її інтеграції у будь-яких автомобіль.

Для досягнення цієї мети, необхідно:

1. Проаналізувати причини виникнення ДТП та методи діагностики автомобіля.
2. Проаналізувати наявні системи безпеки, їх функціональні можливості, їх переваги та недоліки.
3. Визначити потреби та вимоги користувачів стосовно розроблювальної системи які функції вони хочуть бачити, що для них важливо.
4. Визначити та вибрати необхідні компоненти з урахуванням їх характеристик для моніторингу ключових параметрів роботи автомобіля, підключити до Raspberry Pi 3 Model B+ та розробити програмне забезпечення.
5. Ознайомитись з технологією OBD-II порту та декодуванням інформації з CAN-шини, пов'язати ці технології до раніше розробленої підсистеми.
6. Розробити нейронну мережу для модуляції експлуатації автомобіля, провести тестування розроблювальної системи.
7. Розробити зручний інтерфейс для керування розроблений пристроєм та для коректного відображення отриманої під час діагностики даних на дисплей пристрою.

1.5 Висновки

У першому розділі магістерської кваліфікаційної роботи було проаналізовано причини виникнення аварій, що становить ключовий аспект забезпечення безпеки на дорогах. За допомогою діаграми причин було ідентифіковано основні фактори, що сприяють аварійним ситуаціям, що відкриває шлях для подальшого розроблення заходів для зменшення ризику виникнення аварій.

Крім того, були розглянуті наявні вбудовані системи безпеки автомобілів, серед яких можна виділити системи стабілізації, системи контролю тиску у шинах та інші, які відіграють ключову роль у запобіганні аваріям та забезпеченні безпеки водіїв. Було визначено їх позитивні та негативні сторони.

Детально було розглянуто прилади, які використовуються в автомобілях для визначення технічного стану. Прилади включають в себе автомобільні датчики тиску та температури, які дозволяють постійно контролювати різні параметри автомобіля. Було розглянуто портативний пристрій для визначення кількості атмосферного тиску в колесах, його принцип роботи.

На основі проведеного аналізу була поставлена мета дослідження, яка включає в себе розробку нової портативної контрольної-діагностичної підсистеми на основі використання сучасних датчиків для визначення технічного стану автомобіля з ціллю запобігти виникнення дорожньо-транспортних пригод.

2 РОЗГЛЯД МОДЕЛЕЙ ТА ВИБІР КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ РОЗРОБКИ ПІДСИСТЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЯ

2.1 Загальна відомість про математичну модель

Математична модель – це формальне представлення реального об'єкта, процесу або цілої системи за допомогою математичних виразів, рівнянь чи правил. Модель використовується для проведення чіткого аналізу, передбачення, оптимізації та вирішення проблем в різних галузях науки, техніки, економіки та інших сферах.

В основному, математичні моделі використовуються для наступних цілей:

- аналіз системи: математичні моделі допомагають розібратися у структурі та взаємозв'язках усіх компонентів системи, досліджуючи їх поведінку та взаємодію;

- прогнозування: математичні моделі дозволяють передбачити майбутню поведінку системи, аналізуючи надходження вхідних даних та параметрів системи;

- оптимізація: розглядаючи математичні моделі, можна знаходити оптимальні рішення та параметри для досягнення певних цілей;

- керування: математичні моделі допомагають розробляти повноцінну систему керування, яка автоматично в режимі реального часу буде реагувати на зміни вхідних параметрів системи та призводити до активації запобігаючих дій;

- визначення ризиків: математичні моделі допомагають оцінювати можливі ризики та невизначеності у системах, тим самим дозволяють приймати найкраще й найоптимальніші рішення.

Основними елементами при створенні математичної моделі є:

- змінні: параметри або величини, які змінюються в залежності від умов або з плином часу. До прикладу, зміна швидкості автомобіля, температура двигуна.

- параметри: це певні величини, по інакшому константи, які залишаються сталими протягом усього аналізу. До прикладу, це може бути об'єм двигуна, маса автомобіля, коефіцієнт тертя і т.д.

- функції та вирази: математичні вирази, які визначають залежність між змінними та параметрами. Вирази включають в себе рівняння, формули, алгоритми та інші математичні конструкції.

- параметризація та апроксимація: в деяких випадках точне визначення взаємозв'язків може бути доволі складним, тому в такому випадку можна використовувати параметризацію або апроксимацію, де на основі наближених взаємозв'язків буде будуватись математична модель.

Розглянемо процес розробки математичної моделі. На першому етапі розробки необхідно ідентифікувати предметну область, яку необхідно пояснити або вирішити. Далі необхідно створити модель, яка буде відображати вибрану задачу за допомогою математичних виразів та рівнянь, і визначення відповідних змінних, які представляють залежні та незалежні параметри. Сформулюємо гіпотез щодо взаємозв'язків між змінними та створюємо методи, які будуть використовуватись для перевірки раніше описаних гіпотез. Після перевірки гіпотез, можна перейти до розв'язання моделі за допомогою математичних методів та порівнюємо визначені результати з реальним даними. Якщо результати не співпадають – модель можна скорегувати.

2.2 Математичні моделі та методи визначення технічного стану автомобіля

Створенням математичних моделей для визначення технічного стану автомобіля є важливим інструментом для прогнозування, діагностики та контролю за різними аспектами його роботи. Такі моделі базуються на фізичних принципах, статистичних даних або емпіричних спостереженнях. Вони можуть включати різні типи рівнянь і алгоритмів, а також враховувати взаємодію різних систем [47-50].

Основні мети математичних моделей для визначення технічного стану автомобіля включають в себе:

- прогнозування роботи різних систем автомобіля на основі їх поточних параметрів та стану;

- виявлення несправностей та потенційних проблем з різними компонентами автомобіля, завчасне реагування та уникнення аварій;
- постійний моніторинг технічного стану автомобіля, що сприяє збереженню ефективності та безпеки;
- оцінка залишкового ресурсу різних компонентів та прогнозування їх терміну служби;
- оптимальне управління технічним станом автомобіля, що допомагає зменшити витрати на ремонт та експлуатацію.

Перейдемо до розгляду кількох ключових математичних моделей, які відіграють важливу роль у визначенні технічного стану автомобіля. Ці моделі надають можливість аналізувати та прогнозувати різні підсистеми роботи автомобіля.

2.2.1. Математична модель двигуна

Математична модель двигуна дозволяє описати його роботу та взаємодію з навколишнім середовищем. Однією з важливих складових цієї моделі є модель теплопровідності, яка визначає, як тепло розповсюджується в системі охолодження двигуна [22]. Модель базується на законах теплопередачі та розповсюдженні тепла в матеріалах. Модель теплопровідності виражається у вигляді диференційного рівняння теплопровідності, а саме:

$$\frac{dT}{dt} = k * (T_{ext} - T_{eng}), \quad (2.1)$$

де T_{ext} – це зовнішня температура, T_{eng} – це температура самого двигуна, k – коефіцієнт теплопровідності.

Нехай $T_{eng}(x, t)$ буде температурою в двигуні в певній точці x в момент часу t . Тоді модель теплопровідності можна описати наступним рівнянням:

$$\frac{dT_{eng}}{dt} = k * \frac{dT_{eng}}{dx^2} + \frac{Q_{gen}}{\rho * c_p}, \quad (2.2)$$

де k – той самий коефіцієнт теплопровідності матеріалу двигуна, ρ – щільність матеріалу, c_p – теплоємність матеріалу, Q_{gen} – теплова потужність, що генерується внаслідок роботи двигуна.

Рівняння теплопровідності включає в себе два компоненти. Перший компонент відповідає за розподіл тепла в просторі через теплопровідність матеріалу, поки другий компонент враховує теплове вироблення у двигуні під час роботи.

Знаючи теплову потужність, що генерується внаслідок роботи двигуна та знаючи енергетичну потужність палива можемо визначити швидкість витрати палива за наступною формулою:

$$F_{consumption} = \frac{Q_{gen}}{E_{fuel}}. \quad (2.3)$$

Для розрахунку економії палива, нам необхідно буде використати витрату палива, яку ми отримали з попереднього розрахунку. За певний проміжок часу t розраховується середня витрата палива та середня швидкість автомобіля, й на основні цих значень можна визначити середню економію палива за такою формулою:

$$F_{economy} = \frac{F_{consumption}}{V_{avg}}. \quad (2.4)$$

Робота двигуна визначається як сума всіх його механічних або електричних робіт, які виконуються внаслідок згорання палива. Для визначення роботи двигуна, необхідно знати витрату палива, теплову потужність, яка генерується в двигуні, та енергію, яка витрачається на теплові втрати. Визначити роботу двигуна можна за такою формулою:

$$A_{engine} = Q_{gen} - Q_{loss}. \quad (2.5)$$

Знайшовши роботу двигуна з попередньої формули (2.5), можна розрахувати коефіцієнт корисної дії (ККД), який визначає, яка частка енергії, що виділяється під час згорання палива, використовується для корисної роботи, а яка – на теплові витрати. Формула для розрахування ККД:

$$\eta_{engine} = \frac{A_{engine}}{Q_{gen}}. \quad (2.6)$$

Схематичне зображення загальної математичної моделі двигуна проілюстровано на рисунку 2.1.

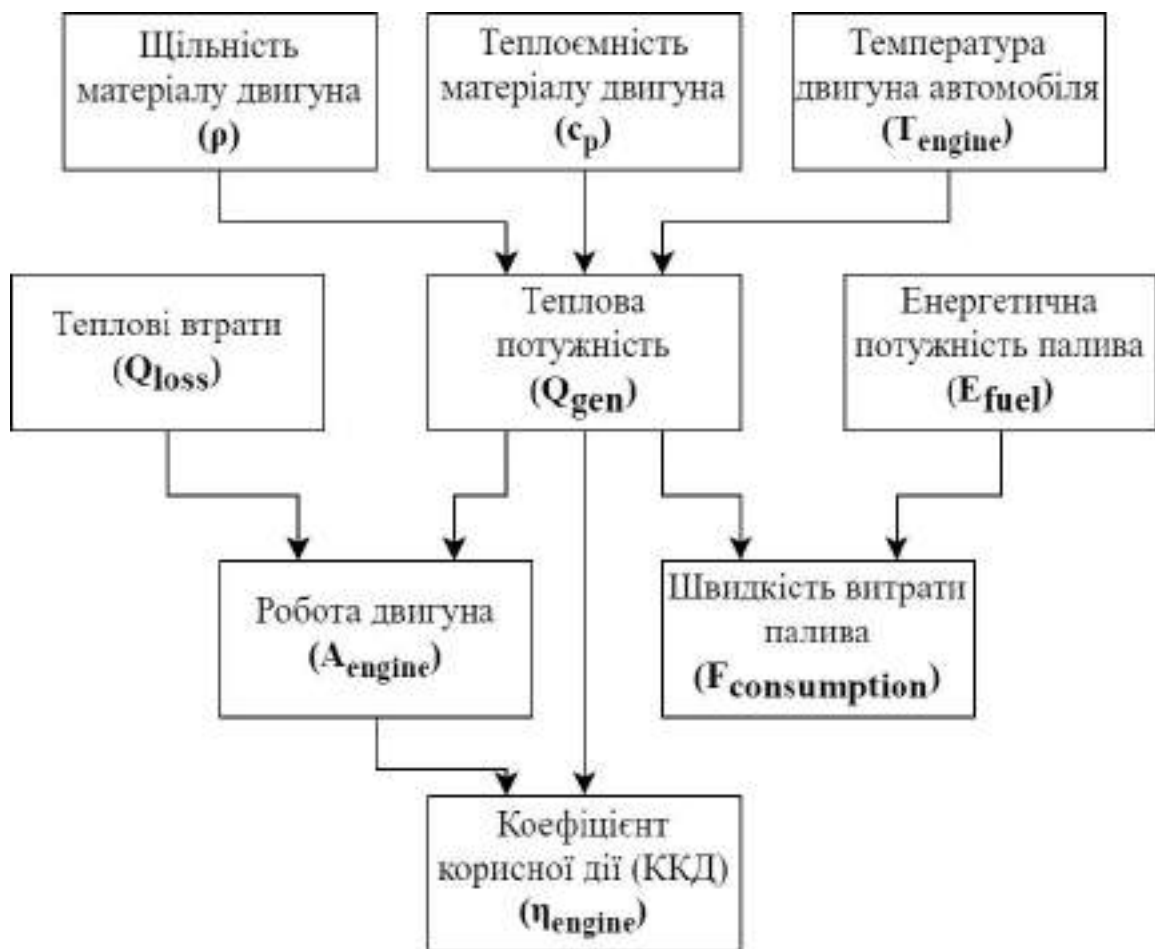


Рисунок 2.1 – Схема математичної моделі двигуна

Розглянуті вище математичні моделі надають можливість систематично аналізувати різні аспекти роботи двигуна [23]. Модель теплопровідності дозволяє розуміти теплові процеси всередині двигуна, що прогнозує його тепловий режим і виявляє можливі проблеми з охолодженням або тепловими втратами. Модель витрати палива оцінює ефективність використання палива та визначає, чи відповідає витрата палива вимогам та стандартам. Визначення роботи та ККД двигуна дозволяє оцінювати яка частина енергії використовується для корисної роботи.

Всі ці математичні моделі разом створюють комплексний підхід до аналізу технічного стану двигуна автомобіля.

2.2.2 Математична модель системи охолодження двигуна

Система охолодження двигуна є критично важливою для його ефективної роботи та тривалого функціонування. Система забезпечує регулювання температури двигуна шляхом відведення тепла, що виробляється під час його роботи. Основними компонентами системи охолодження є радіатор, водяний насос, термостат, вентилятор та охолоджуюча рідина [24].

Водяний насос забезпечує неперервний рух охолоджувальної рідини по всій системі для ефективного охолодження двигуна, термостат відкриває або закриває шлях для рідини через радіатор в залежності від його температури. При високій температурі, термостат відчиняє шлях, і все тепло переходить на радіатор, де за допомогою вентилятора охолоджується.

Розглядаючи систему охолодження двигуна, важливо зрозуміти процеси теплообміну, які в ній відбуваються. Одним з ключових аспектів цього процесу є теплообмін в системі охолодження, який визначає, як тепло переходить від двигуна до взаємодії з охолоджувальною рідиною. Для кращого розуміння процесу, розглянемо таке рівняння:

$$Q_{coolant} = m * c * (T_{out} - T_{in}), \quad (2.7)$$

де $Q_{coolant}$ – це теплове навантаження, яке поглинається охолоджувальною рідиною, m – масовий потік охолоджувальної рідини, c – теплоємність охолоджувальної рідини, T_{out} та T_{in} – температура вихідної та вхідної охолоджувальної рідини відповідно. Виходячи з цього, можна скласти диференціальне рівняння для регулювання температури охолоджувальної рідини T з плином часу t :

$$m * c * \frac{dT}{dt} = Q_{engine} - Q_{loss}. \quad (2.8)$$

Тепло, яке накопичується в охолоджувальній рідині, потрібно відвести за допомогою радіатора. Розглянемо модель охолодження через радіатор за допомогою такого рівняння:

$$Q_{loss} = U * A * (T_{engine} - T_{external}), \quad (2.9)$$

де U – коефіцієнт теплопередачі радіатора, A – площа поверхні радіатора, T_{engine} та $T_{external}$ – температура двигуна та навколишнього середовища відповідно.

Виходячи з вище описаних рівнянь, загальну математичну модель системи охолодження можна розглянути за допомогою вихідного рівняння теплового балансу, а саме:

$$Q_{engine} - Q_{loss} - Q_{coolant} = 0. \quad (2.10)$$

Розгляд цих математичних моделей дозволять проаналізувати та прогнозувати роботу системи охолодження двигуна в різних умовах експлуатації, що дозволить забезпечити ефективне та безперебійне функціонування.

Розглянемо принцип роботи охолоджувальної системи, що зображений на рисунку 2.2. Після запуску двигуна автомобіля, насос охолоджувальної рідини

починає циркулювати охолоджувальну рідину через двигун. Ця рідина проходить через канали двигуна та поглине тепло від нагрітих деталей, таких як блок циліндрів, головка блока циліндрів і теплообмінників.

Після цього, нагріта рідина по спеціальним шлангам потрапляє в радіатор, де вона охолоджується за рахунок теплообміну з навколишнім середовищем. Якщо температура рідини в радіаторі занадто висока – термостат відкривається, щоб дозволити рідині циркулювати через радіатор та охолоджуватися більш ефективно.

Завдяки електричним вентиляторам, які розташовані перед або за радіатором, система можна регулювати швидкість охолодження, активуючи їх при необхідності [25]. Вентилятори можуть працювати в двох режимах – втягувати й викидати повітря. При високій температурі двигуна й низькій температурі повітря в навколишньому середовищі вентилятора пріоритетно працюють на втягування повітря та ефективному охолодженні радіатора. При високій температурі двигуна та при високій температурі навколо, вентилятора активно працюють на викидання повітря з-під капоту автомобіля [26].

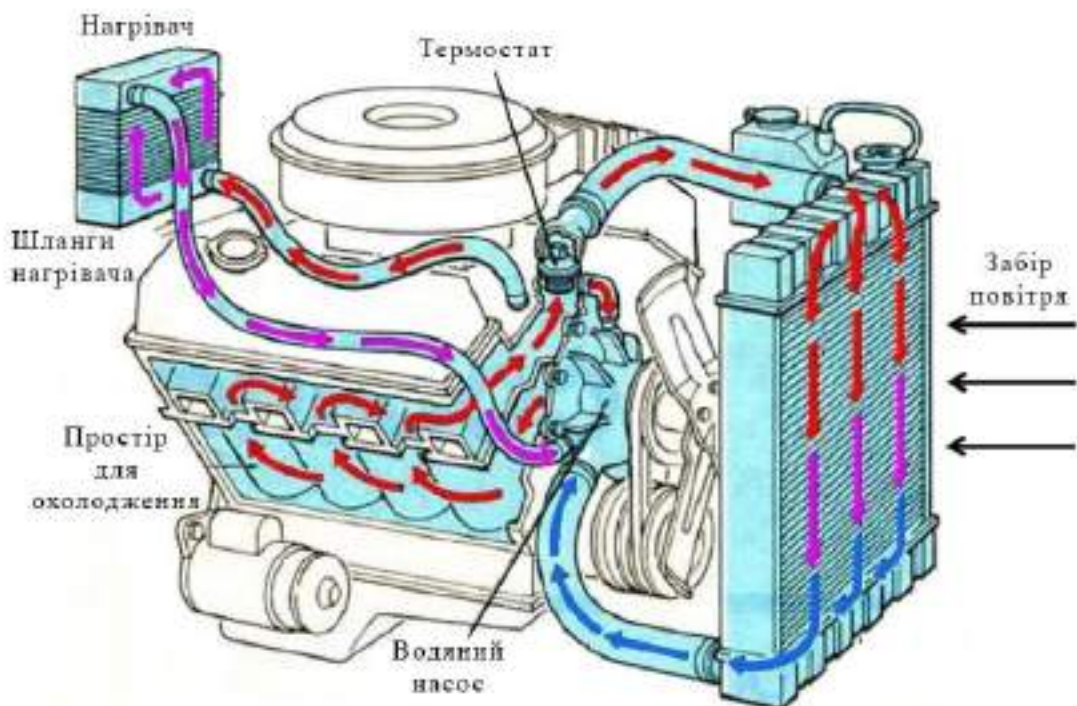


Рисунок 2.2 – Принцип роботи охолоджувальної системи автомобіля

2.2.3 Математична модель гальмівної системи

Гальмівна система автомобіля має значну роль у забезпеченні безпеки та керуваності автомобіля. Основною функцією гальм є зниження швидкості або зупинка автомобіля шляхом перетворення кінетичної енергії руху в теплову енергію. Розглянемо математичну модель гальмівної системи, яка допоможе аналізувати та передбачати процеси гальмування.

Для початку, розглянемо закон Ньютона про рух тіл. Це рівняння дозволяє визначити, яка сила потрібна для зупинки автомобіля з певною масою m та прискоренням g :

$$F_{normal} = m * g. \quad (2.11)$$

Далі перейдемо до рівняння динаміки гальмування, яка визначить силу, необхідної для гальмування автомобіля враховуючи коефіцієнт тертя:

$$F_{brake} = \mu * F_{normal}, \quad (2.12)$$

де μ – це коефіцієнт тертя, F_{normal} – нормальна сила, що діє на гальмівну систему. Коефіцієнт тертя гуми по сухому асфальту становить 0.45, коли коефіцієнт тертя гуми по мокрому асфальту становить 0.2.

Крім того, врахуємо кінетичну енергію автомобіля, яка дозволяє оцінювати енергію, яка випромінюється під час гальмування:

$$KE = \frac{1}{2} * m * v^2. \quad (2.13)$$

Знаючи кінетичну енергію, можна визначити роботу, необхідної для зупинки автомобіля, яка базується на зміні кінетичної енергії під час гальмування. Формула для знаходження роботи:

$$A_{brake} = \Delta KE = \frac{m \cdot (v_{start}^2 - v_{stop}^2)}{2}. \quad (2.14)$$

Розгляд математичних моделей гальмівної системи дозволяє ретельно досліджувати процеси гальмування та їх вплив на різні аспекти гальмівної системи, включаючи механічні та теплові аспекти.

2.2.4 Математична модель контролю атмосферного тиску в колесах

Для виявлення проблем з тиском чи проколу колеса використовують просту логіку порівняння тисків і визначенням аномальних відхилень. Маємо тиск кожного колеса P_i , де i – це номер колеса.

Для початку, обчислюється середнє значення тиску по всім колесам за таким рівнянням:

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i. \quad (2.15)$$

Далі знаходиться максимальне можливе відхилення тиску від середнього значення за таким рівнянням:

$$\Delta P_{max} = (P_i \max - \bar{P}). \quad (2.16)$$

Далі вказують порогове значення тиску, і порівнюють з ним відхилення тиску кожного колеса. Якщо відхилення колеса більше чим задане порогове значення, значить є підозра на протік у колесі i .

Різницю тисків в колесах можна побачити на рисунку 2.3. При нормальному тиску в колесах, вся їхня поверхня має тісний контакт з дорожнім покриттям, що сприяє рівномірному розподілу навантаження. Однак, при зниженому тиску, основне навантаження концентрується на бічних сторонах шин, що може призвести до швидкого зносу цих ділянок шини. У випадку підвищеного тиску, центральна

частина шини зазнає більшого контакту з дорогою, що збільшує знос центральної частини шини. [27]



Рисунок 2.3 – Зображення впливу різного тиску в колесах [27]

2.2.5 Метод визначення рідини в баку

Вимірювання рівня рідини в баку є критично важливим у багатьох промислових та автомобільних застосуваннях. Наприклад, у системах, де мастило забезпечує змащення деталей та відведення тепла, точне визначення кількості мастила може запобігти перегріву або недостатньому змащенню, що може призвести до відмови обладнання. У випадку охолоджувальної системи, забезпечення правильної кількості охолоджувальної рідини може уникнути перегріву двигуна або обладнання [28].

Один з методів визначення кількості рідини у баку – це використання ультразвукових датчиків. Цей метод базується на відправці ультразвукових хвиль у рідину й вимірюванні часу, який займає їх повернення до датчика. Згідно з діаграмою, яка продемонстрована на рисунку 2.4, ультразвуковий датчик варто встановити на кришці баку під кутом 90 градусів, щоб результат був найбільш точним.

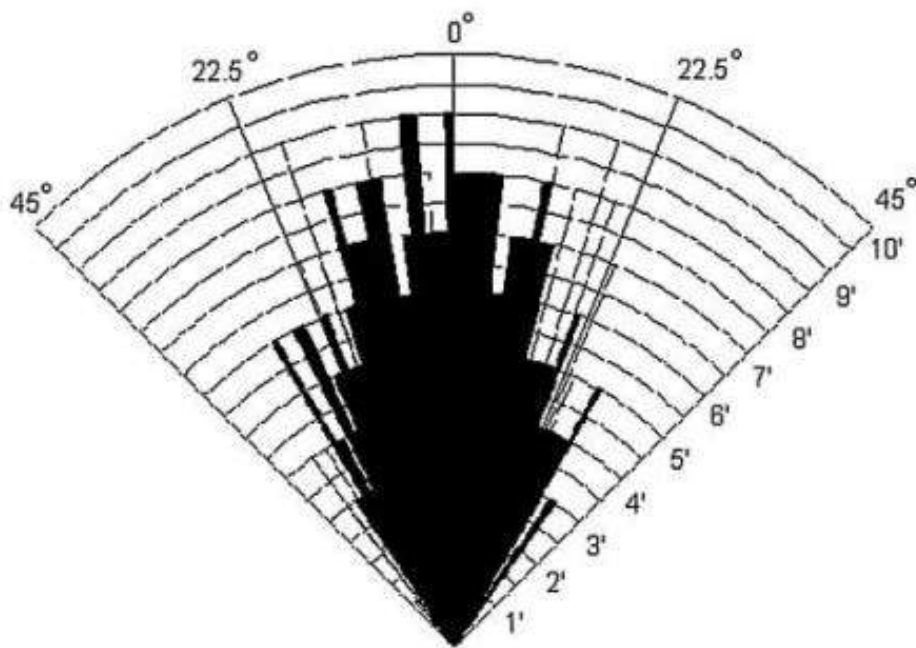


Рисунок 2.4 – Діаграма спрямованості звуку датчика [28]

Визначити кількість рідини в баку можна за такою формулою:

$$V = \frac{\pi * d^2}{4} * (H_{total} - H_{empty} - H_{sound}), \quad (2.17)$$

де V – об'єм рідини в баку (вимірюється в літрах);

– d – діаметр баку (вимірюється в сантиметрах);

– H_{total} – загальна висота баку;

– H_{empty} – висота рівня рідини в баку при пустому баку;

– H_{sound} – висота рівня рідини в баку, яку займає звукова хвиля.

2.3 Вибір необхідних компонентів для реалізації підсистеми визначення технічного стану автомобіля

Сучасні технології та високий рівень автомобільної індустрії вимагають постійного вдосконалення методів діагностики технічного стану автомобілів. Створення ефективної підсистеми діагностики є ключовим етапом у забезпеченні портативної безпеки та надійності транспортних засобів.

Слід пам'ятати, що не всі автомобілі мають в своїх комплектаціях велику кількість необхідних датчиків, тому для таких автомобілів потрібно оснащати систему додатковими датчиками. Для початку розробки підсистеми, слід проаналізувати та вибрати компоненти, які допоможуть надійно та точно визначити технічний стан транспортного засобу.

Мікрокомп'ютер Raspberry Pi 3 Model B+ є потужною та універсальною платформою для основи розробки. Він оснащений чіпом BCM2837B0, який має 64-бітний 4-ядерний процесор ARMv8, який забезпечує високу продуктивність та швидкість обробки даних. Цей мікрокомп'ютер має достатній обсяг оперативної пам'яті, щоб впоратись з певною кількістю завдань, включаючи роботу в межах підсистеми діагностики технічного стану автомобіля [30].

Особливість Raspberry Pi 3 Model B+ полягає в високій продуктивності, що робить його ідеальним вибором для застосувань, де потрібна велика обчислювальна потужність. Це може бути використано для створення загальної кіберфізичної системи, спрямованої на уникнення дорожньо-транспортних пригод.

Мікрокомп'ютер може бути використаний для виконання різноманітних завдань, включаючи визначення швидкості автомобіля попереду та відстані між ними, розпізнавання дорожніх знаків та світлофорів в режимі реального часу. Це дозволить створити комплексний підхід до покращення безпеки на дорогах.

Зовнішній вигляд мікрокомп'ютера відповідає стандартному форм-фактору для пристроїв цієї серії, що робить його легкою установкою в будь-якому просторі. Його розпинівка, яка продемонстрована на рисунку 2.5, забезпечує легке підключення до різноманітних датчиків та пристроїв, що надає можливість

розширювати функціональні можливості системи в залежності від конкретних вимог.

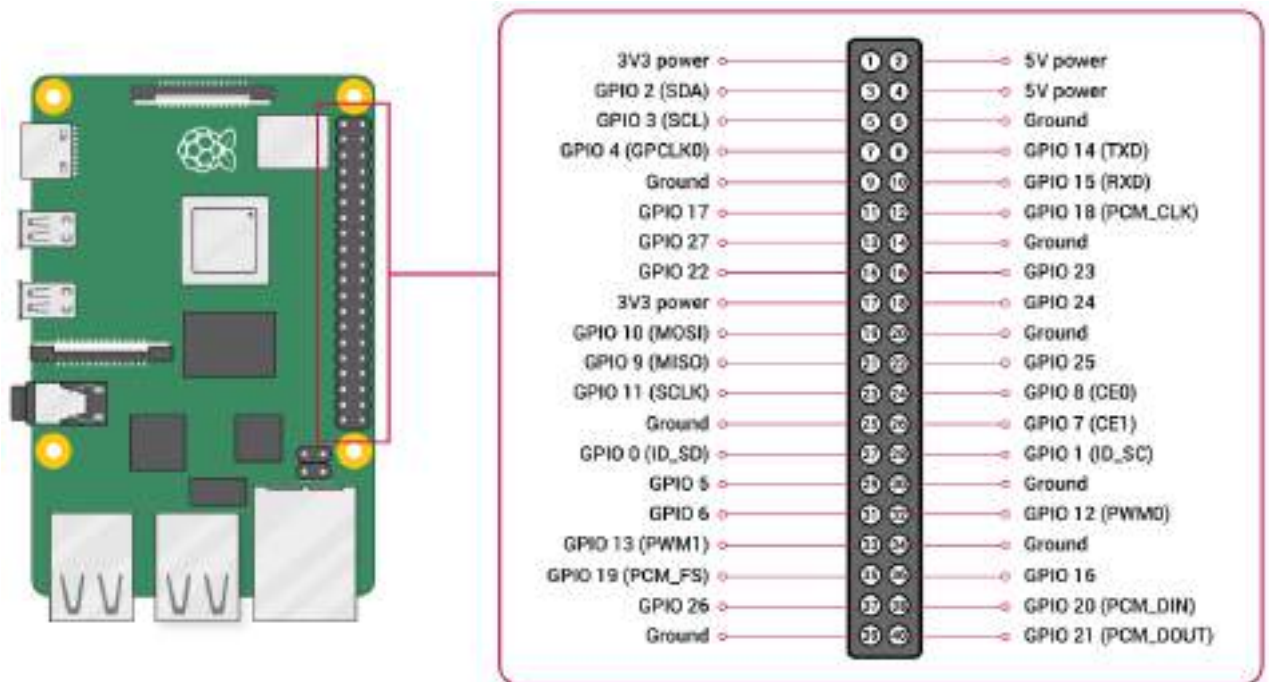


Рисунок 2.5 – Розпинівка Raspberry Pi 3 Model B+ [30]

Датчик HC-SR04 є популярним ультразвуковим датчиком відстані, який часто використовується в різноманітних проектах робототехніки, автоматизації та багатьох інших сферах. Він має компактний розмір та низьку вартість, що робить його привабливим для широкого кола користувачів.

Внутрішня схема датчика включає в себе трансмітер та приймач ультразвукових хвиль. Трансмітер генерує ультразвуковий імпульс, який направляє вперед, а приймач отримує відбитий сигнал. Приймай перетворює отриманий сигнал в електричний, який можна обробити мікроконтролером.

Ультразвуковий датчик HC-SR04 має широкий діапазон вимірювання від 3 до 400 см з досить високою точністю (похибка приблизно в 3мм). Він може працювати при широкому температурному діапазоні від -15°C до $+70^{\circ}\text{C}$, що робить його придатним для використання в різних умовах експлуатації. Також, важливою характеристикою є низьке споживання енергії в активному режимі, що становить

15 мА, що робить його ефективним у використанні з батарейними пристроями або мобільними застосунками [31].

Датчик може бути легко підключений до різних мікроконтролерів або одноплатних комп'ютерів за допомогою невеликої кількості дротів. Для підключення до мікроконтролера, використовуються 4 контакти: VCC – живлення 5В, який можна підключити до мікроконтролера, GND – земля, Trig – пін для відправлення ультразвукового сигналу (подається короткий сигнал 10 мс) та Echo – пін для отримання сигналу, що повертається.

Принцип роботи датчика полягає в надсиланні ультразвукового сигналу та вимірюванні часу, який потрібно для його відбиття від об'єкта та поверненню назад до датчика. З цього часу можна визначити відстань до об'єкта, використовуючи властивості звуку повітря. Зазвичай, швидкість звуку в повітрі становить близько 343 метрів за секунду при нормальних умовах.

Графічне зображення принципу роботи датчика продемонстровано на рисунку 2.6. Для вимірювання відстані, датчик використовує час, який потрібно ультразвуковому сигналу, щоб пройти туди й назад. Цей час вимірюється з точністю до мікросекунд, що дозволяє отримати високу точність вимірювання. Виміряти відстань до об'єкта з його використанням можна за таким рівнянням:

$$S = (t_{imp} * V_{sound}) : 2, \quad (2.18)$$

де t_{imp} – вимірний час проходження імпульсу, V_{sound} – швидкість звуку.

Датчик DHT-22 є одним з найпоширеніших і найбільш ефективних засобів для вимірювання температури та вологості повітря в різних застосунках, від домашнього клімат-контролю до промислових систем автоматизації. Він володіє рядом характеристик, які роблять його привабливим для різноманітних процесів [15].

Зовнішній вигляд датчика DHT-22 зображено на рисунку 2.7.

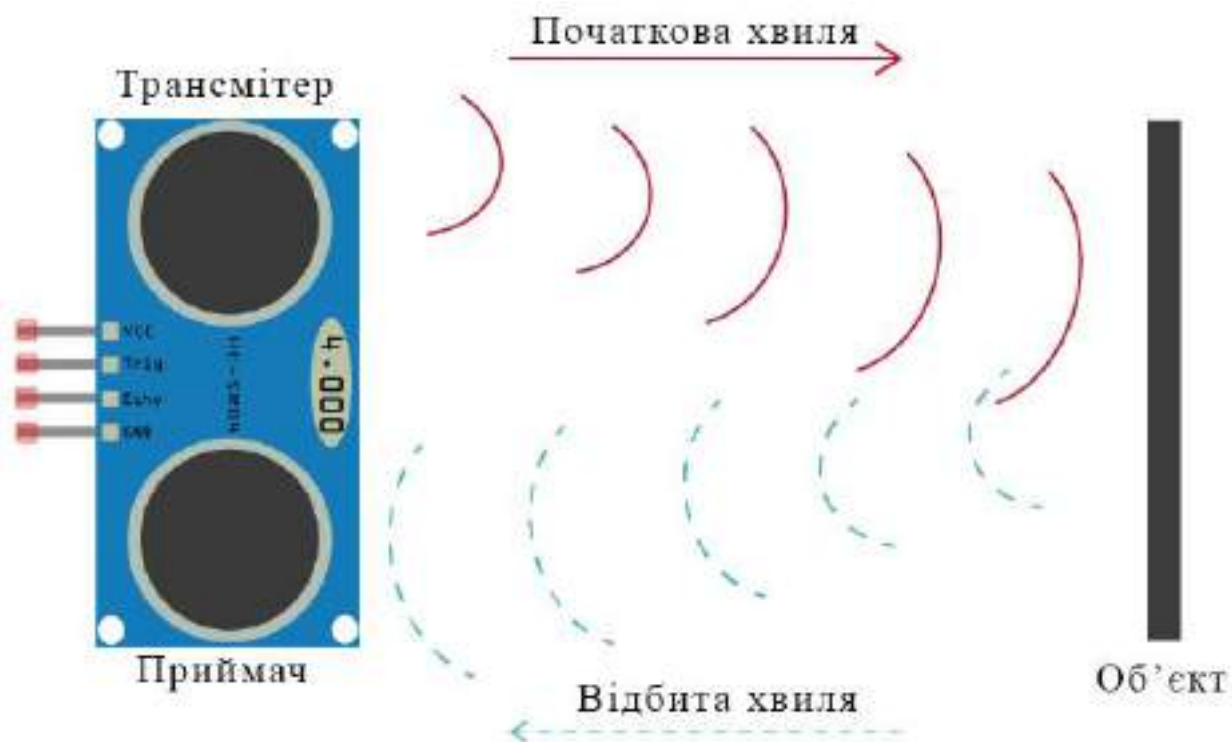


Рисунок 2.6 – Принцип роботи ультразвукового датчика



Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд датчика температури та вологості DHT-22 [32]

Специфікація обраного датчика:

- тип сенсора: дигітальний датчик температури та вологості;
- діапазон вимірювань температури становить від -40°C до $+80^{\circ}\text{C}$;
- точність температурного вимірювання становить приблизно 0.5°C ;

- діапазон вимірювань вологості становить від 0% до 100% RH (відносної вологості);
- може працювати при напрузі як 3.3В, так і при 5В;
- потужність датчика становить 2.5 мА при активному вимірюванні, та менше 100 мкА в режимі очікування;
- частота оновлення даних становить 2 секунди.

Завдяки цим характеристикам, датчик DHT-22 є ідеальним вибором для проєктів, де необхідно надійно вимірювати температуру та вологість повітря. Його цифровий інтерфейс та компактні розміри спрощують інтеграцію в різноманітні проєкти, такі як система контролю клімату, домашні та комерційні застосування для моніторингу умов середовища.

Датчик тиску BME280 – це високоточний мультисенсорний пристрій, призначений для вимірювання тиску та температури в навколишньому середовищі. Він забезпечує надійне та точне вимірювання параметрів атмосфери та має ряд характеристик, які роблять його ідеальним для використання в різних застосуваннях [16]. Зовнішній вигляд датчика BME280 зображено на рисунку 2.8.

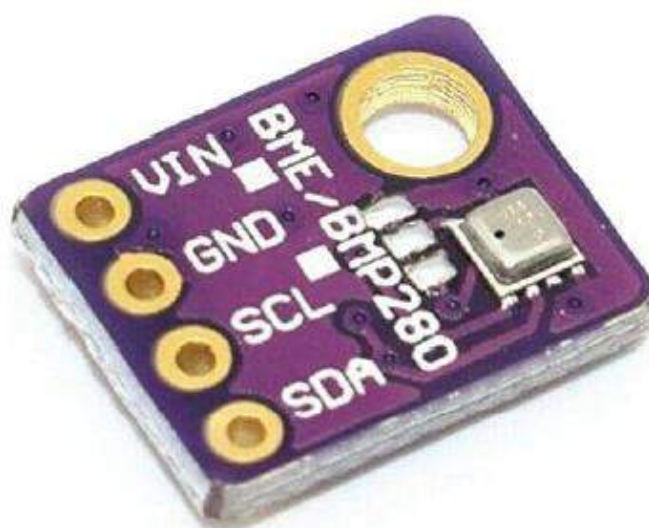


Рисунок 2.8 – Зовнішній вигляд датчика тиску BME280 [33]

Розглянемо основні характеристики датчика. Діапазон вимірювання тиску становить від 300 до 1100 гектопаскалей (гПа) з точністю вимірювання приблизно

1 гектопаскаль. Це дозволяє датчику надійно виміряти тиск в широкому діапазоні умов, включаючи різні метеумови та зміну висотних зон. Вимірювання температури відбувається в рамках від 40°C до +85°C з точністю вимірювання в 1°C. Це забезпечує точне вимірювання температури в широкому спектрі умов, включаючи екстремально низькі та високі температури. Діапазон вимірювання вологості становить від 0% до 100% з точністю приблизно в 3%. Це дозволяє вимірювати вологість в широкому діапазоні, що корисно для моніторингу умов середовища.

Датчик підтримує зв'язок через шину I2C або SPI, що дозволяє легко інтегрувати його в різні системи контролю та зв'язку. Працювати цей датчик може від напруги 1.8В до 5В, що дозволить використовувати його з різними джерелами живлення.

Датчик BME280 має компактний розмір та низьке споживання енергії, що робить його ідеальним варіантом для інтеграції в підсистему вимірювання тиску в автомобільних колесах. Використання цього датчика дозволить ефективно виявляти проколи або зниження тиску у колесах автомобіля, забезпечуючи безпеку та комфорт водія і пасажирів. В загальному, датчик BME280 забезпечує надійне та точне вимірювання тиску, температури та вологості, що робить його цінним компонентом для широкого спектру застосувань.

Модуль реального часу RTC DS3231 є надзвичайно корисним пристроєм для точного вимірювання часу в різних пристроях та системах. Є надійним джерелом часу, яке можна використовувати в різних застосунках, від звичайних годинників до складних автоматизованих систем [34].

Основною функціональністю модуля є збереження поточної дати та часу з високою точністю. Він використовує вбудований кварцовий кристал для забезпечення стабільності і точності часу, що робить його ідеальним вибором для застосувань.

Крім того, модуль забезпечує можливість реалізації акумуляторної пам'яті для збереження додаткових налаштувань та даних навіть у випадку втрати живлення. Це дозволить зберігати налаштування годинника та іншу важливу

інформацію безперервно. Інтерфейс модуля досить простий і дозволяє з легкістю зчитувати та налаштовувати час та дату за допомогою мікроконтролера з інтерфейсом зв'язку I2C або SPI. Багато функцій модуля можна керувати програмно, що робить його гнучким для інтеграції в проекти. Його з легкістю можна використати для запуску певних дій або подій у визначені моменти часу, або для відліку часу для задач.

Зовнішній вигляд модуля реального часу DS3231 продемонстровано на рисунку 2.9.

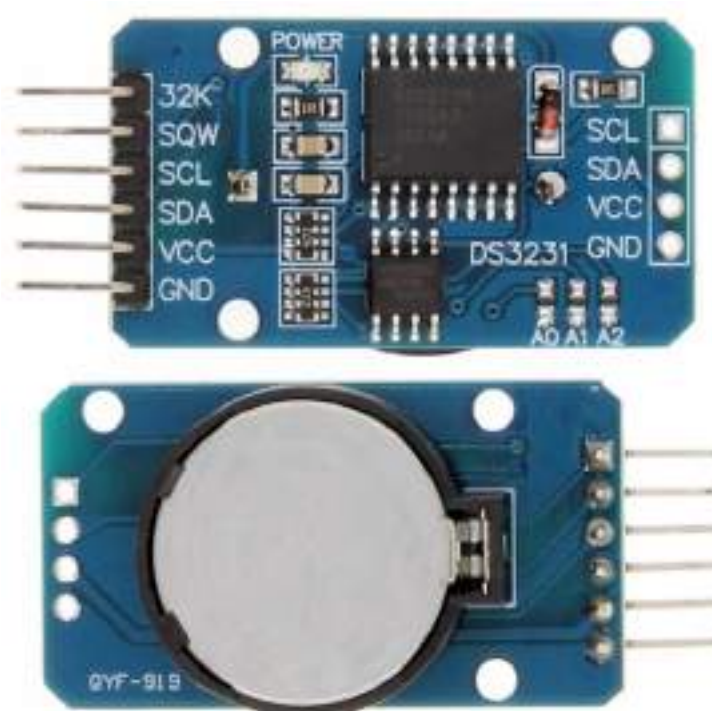


Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд RTC DS3231 [34]

Мікросхема ELM237 – це невеликий, але потужний пристрій для зчитування діагностичної інформації з автомобілів через стандартний OBD-II порт. Цей пристрій широко використовується в області автомобільної діагностики завдяки своїй універсальності та здатності взаємодіяти з широким спектром автомобілів різних марок та моделей. Він підтримує різні діагностичні протоколи, такі як ISO9141, KWP2000, CAN, SAE J1850 PWN, SAE J1850 VPW та інші, що дозволяє використовувати його з більшістю автомобілів. Мікросхема може працювати через

різні інтерфейси зв'язку, такі як USB, Wi-Fi або Bluetooth, що надає можливість використовувати його з різними комп'ютерами або мобільними пристроями. За допомогою мікросхеми ELM237 можна отримати доступ до різноманітної діагностичної інформації про автомобіль, включаючи параметри двигуна, системи безпеки, комфорту та інші. Також, вона дозволяє зчитувати коди помилок, вимірювати параметри, виконувати тестування системи. Мікросхема має компактний розмір і простоту використання, що робить її доступною для широкого кола користувачів.

Зовнішній вигляд мікросхеми ELM237 в пластиковому контейнері зображено на рисунку 2.10.



Рисунок 2.10 – Зовнішній вигляд конектора ELM327 [35]

2.4 Структура підсистеми визначення технічного стану автомобіля

Підсистема визначення технічного стану є невід'ємною частиною комплексної системи безпеки та ефективності автомобіля. Ця підсистема складається з ряду різноманітних компонентів, які співпрацюють між собою для забезпечення точного та надійного збору, аналізу та інтерпретації даних, що були

отримані з різних датчиків та систем автомобіля. Ключовим елементом в такій підсистемі є діагностування автомобіля, звідки можна отримати детальну інформацію про стан різних систем і агрегатів автомобіля.

Основна мета підсистеми полягає в оперативному діагностуванні, моніторингу та виявленні потенційних проблем з автомобілем, таких як перегрів двигуна, низький рівень рідини або недостатній тиск у шинах, для проведення ремонтних робіт або уникнення аварій.

Основним компонентом підсистеми є платформа Raspberry Pi 3 Model B+, який виступає в якості основного контролера та обчислювального пристрою. Пристрій забезпечує потужну обчислювальну потужність та можливість взаємодіяти з різними компонентами та пристроями.

Ключовими компоненти підсистеми є датчики, кожен з яких контролює певний параметр автомобіля. Ультразвукові датчики HC-SR04 вимірюють кількість моторного мастила та рівень охолоджувальної рідини в відповідних баках. Датчики температури DHT-22 використовуються для вимірювання температурного режиму як під капотом (наприклад, температура двигуна), так і в салоні автомобіля. Датчики тиску BME 280, що розташовані на ободах коліс, відслідковують тиск повітря на відсутність проколів в шинах, контролюючи безпеку руху. Всі ці датчики узгоджено працюють для надання детальної інформації про стан автомобіля та навколишнього середовища для запобігання виникнення проблем.

Модуль RTC DS3231 забезпечує точний час, що є важливим для синхронізації збирання даних, та виступає як елемент тимчасового живлення. Пристрій OBD-II використовується для зчитування інформації з автомобільної діагностичної системи та проведенню детального аналізу.

Зібрана інформація відображається на дисплеї, де водій може спостерігати за технічним станом автомобіля в реальному часі. Це дозволяє йому оперативно реагувати на будь-які проблеми та приймати необхідні заходи для їх вирішення, що забезпечує надійність використання транспорту.

Детальніше про взаємодію між розроблювальною системою та системою бортової діагностики автомобіля зображено на рисунку 2.11.

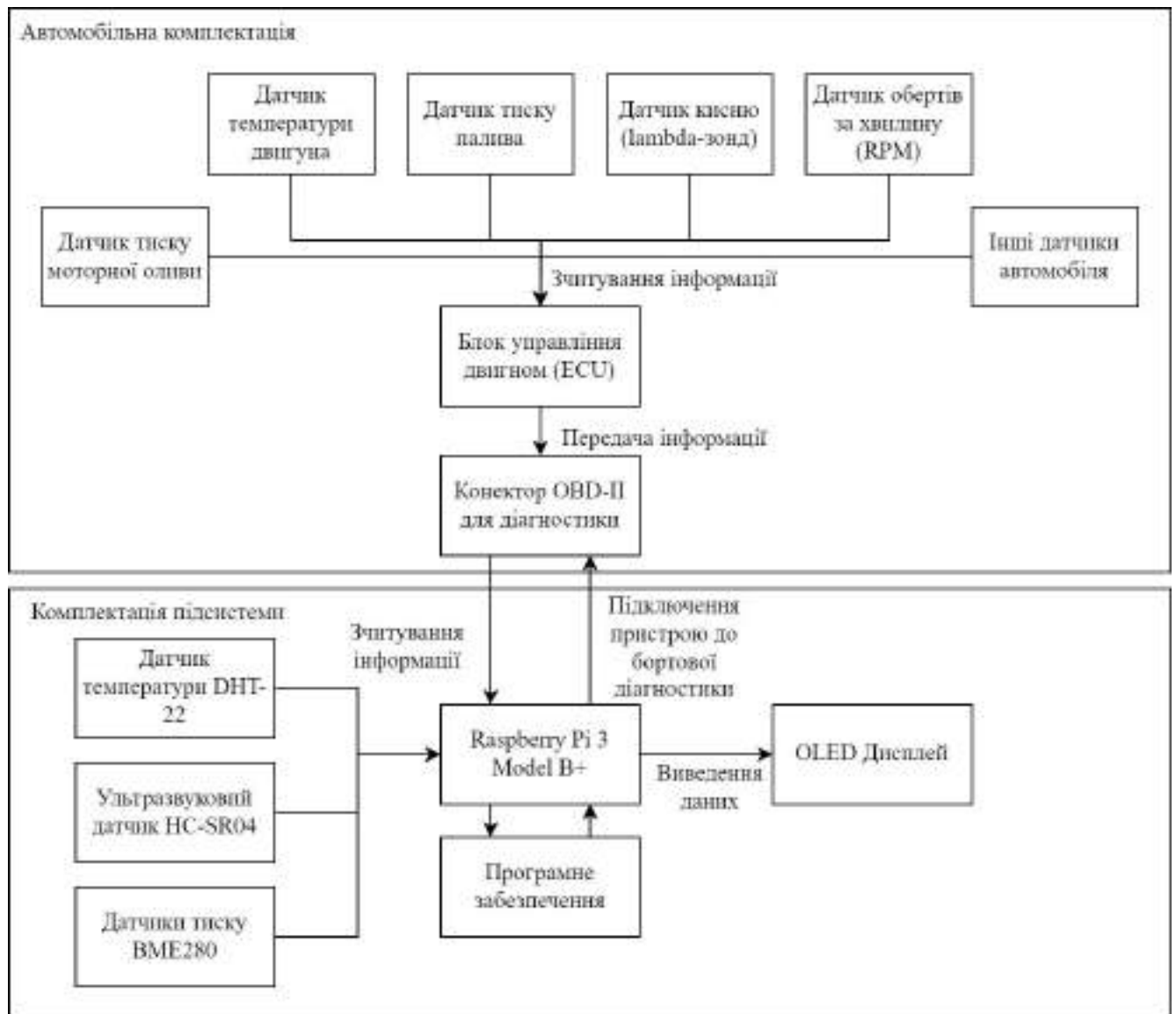


Рисунок 2.11– Взаємодія вбудованої системи безпеки з розроблювальною підсистемою

Розглянувши рисунок, стає зрозумілим, як ключові компоненти розроблювальної системи повинні взаємодіяти з системою безпеки автомобіля для забезпечення ефективного функціонування.

Мета розроблювальної системи – це забезпечення водія інформацією про стан автомобіля для уникнення потенційних проблем та забезпечити безпеку для користувачів під час експлуатації автомобіля.

2.5 Висновок

У другому розділі кваліфікаційної роботи було проведено аналіз математичних моделей, що становлять основу для визначення технічного стану автомобіля. Спочатку було розглянуто загальне поняття про математичну модель, що визначається як абстрактна система, яка описує поведінку реального об'єкта або процесу з використанням математичних чи диференціальних рівнянь.

Були детально проаналізовані математичні моделі для визначення технічного стану різних систем автомобіля, а саме модель двигуна, охолодження, гальмівної системи, системи контролю тиску, а також метод для визначення кількості рідини в баку. Ці моделі враховують фізичні закономірності та характеристики компонентів для точного визначення стану.

Було проведено вибір необхідних компонентів для підсистеми та розроблена структура системи безпеки автомобіля з використанням підсистеми, яка повинна бути розроблена. Це включає в себе вибір необхідних датчиків, пристроїв та програмного забезпечення для подальшої розробки портативного пристрою визначення технічного стану автомобіля.

3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ДЛЯ ПІДСИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЯ

3.1 Проектування системи з використанням програмного забезпечення Fritzing

Підсистема визначення технічного стану автомобіля буде складати з себе портативний пристрій, який можна встановити в будь-який тип автомобіля з будь-якою комплектацією. Пристрій буде зчитувати інформацію з датчиків, які підключенні до нього та виводити інформацію на дисплей, вказуючи на можливі помилки в системі автомобіля.

Також, до пристрою за допомогою USB порту можна підключити діагностичний конектор OBD-II, який підключається до бортового комп'ютера автомобіля, якщо такий наявний, для проведення швидкої діагностики та зчитування помилок автомобіля. Використання такої підсистеми визначення технічного стану автомобіля є зручним та відносно економним рішенням. Адже крім портативності цього пристрою, його вартість, в порівнянні з діагностичними сканерами, є доволі низькою [36].

На рисунку 3.1 зображено блок-схема, на якій зображено компоненти контрольно-діагностичного пристрою та як вони працюють. Принцип роботи пристрою: При запуску двигуна активується контрольно-діагностичний пристрій, який ініціалізує всі підключені компоненти та перевіряє їх працездатність, після чого з періодичністю посилає сигнали до датчиків для отримання необхідних параметрів автомобіля. Також, пристрій перевіряє підключення конектора OBD-II через USB-порт. При його підключенні, активується додатковий Python код, який буде зчитувати інформацію з бортового комп'ютера автомобіля.

Для створення моделі портативного контрольно-діагностичного пристрою використаємо програмне забезпечення Fritzing. Вибір саме такого програмного забезпечення обумовлений його зручним інтерфейсом, можливістю швидкої розробки прототипів та гнучкістю в роботі з електронними схемами.

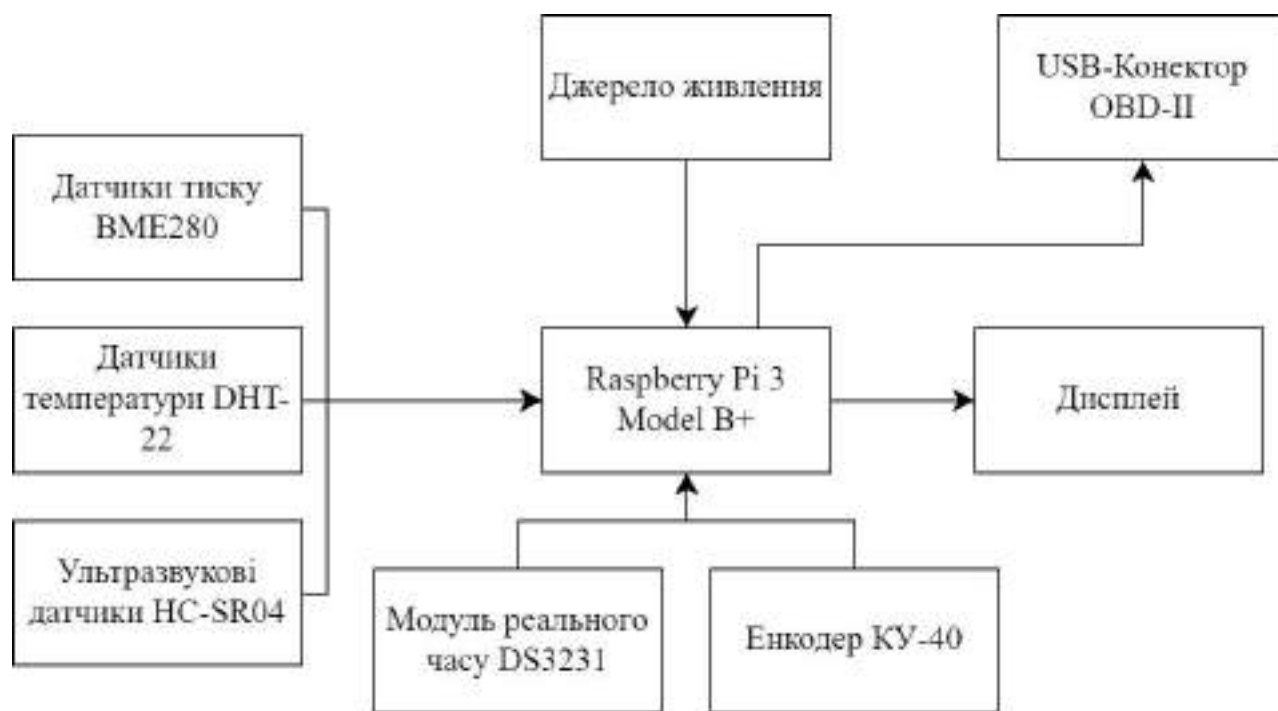


Рисунок 3.1 – Блок схема портативного контрольно-діагностичного пристрою

В стартових бібліотеках Fritzing не всі компоненти підсистеми наявні, тому їх можна знайти на GitHub або в інших відкритих джерелах. Використання Fritzing з додатковими компонентами з GitHub дозволить створити повноцінну модель контрольно-діагностичного пристрою з урахуванням всіх його компонентів та функціональності.

Для створення детального схематичного підключення контрольно-діагностичного пристрою використаємо запропоновану спеціальну плату Breadboard. Плата дозволяє зручно розміщувати та підключати різноманітні електронні компоненти до одного піну без необхідності паяння. Такий підхід дозволяє швидко та зручно створювати та тестувати прототипи електричних систем.

Для початку, розставимо необхідні компоненти для нашої системи: головний мікрокомп'ютер Raspberry Pi 3 Model B+, датчики тиску BME280, датчики температури DHT-22, модуль реального часу RTC DS3231, ультразвукові датчики HC-SR04. Датчики тиску BME280 будуть підключені за допомогою шини I2C. Шина I2C – це зв'язкова шина, яка призначена для з'єднання мікроконтролерів,

сенсорів, периферійних пристроїв в єдину систему [37]. Вона використовує лише два протоколи – один для передачі даних (SDA) і один для тактового сигналу синхронізації (SCL). Кожен пристрій, підключений по цій шині, має свою власну адресу, яку можна вказати в коді, завдяки чому мікроконтролер може звертатися до кожного пристрою окремо [38]. Розглянемо підключення компонентів, яке зображено на рисунку 3.2.

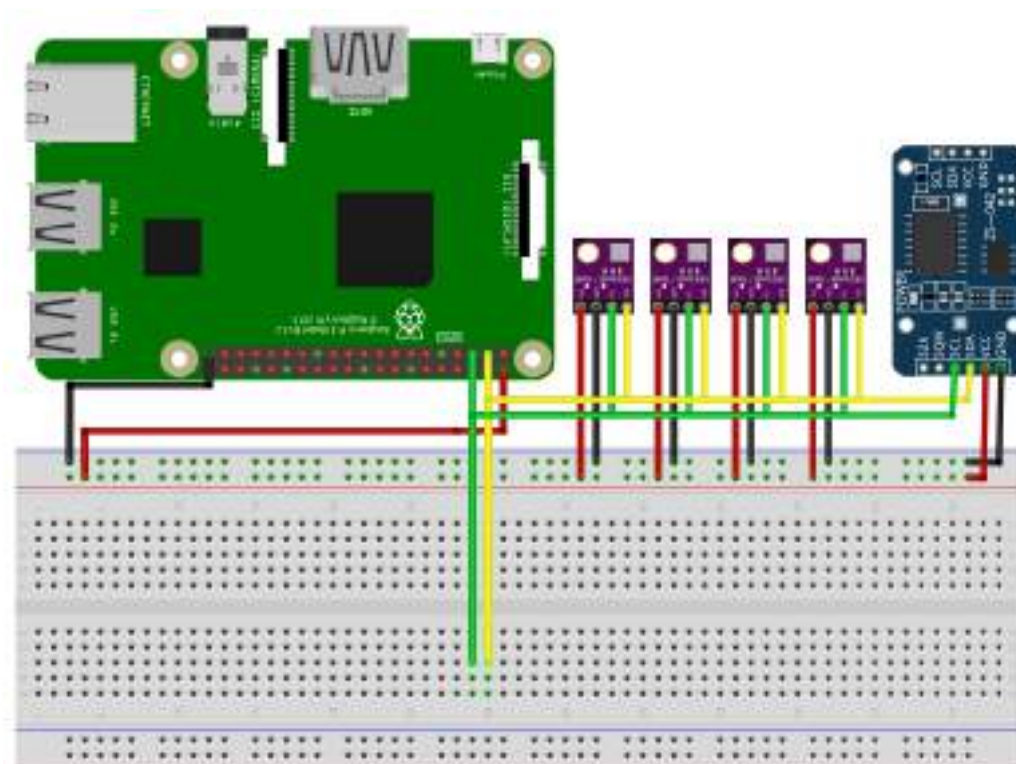


Рисунок 3.2 – Підключення компонентів по I2C шині

При підключенні модуля реального часу DS3231 і датчиків тиску BME280 до плати Raspberry Pi потрібно дотримуватись таких з'єднань: VCC піни на датчиках тиску та модулі реального часу слід підключити до 5V піна на Raspberry Pi, а GND піни – до GND піну на Raspberry Pi. Щодо SDA пінів датчиків тиску, вони повинні бути підключенні до основного GPIO2 (SDA) піна Raspberry Pi, а SCL піни - до основного GPIO3 (SCL) піна Raspberry Pi. Це забезпечить правильне з'єднання та можливість комунікації між мікроконтролером та підключеними пристроями. Червоний колір провідника на схемі відповідає за живлення 5V для всіх

компонентів, чорний колір провідника – за заземлення. Жовтий колір провідника відповідає за підключення всіх SDA портів компонентів, зелений колір провідника – за SCL порти.

Розглянемо загальну картину підключення всіх компонентів системи, яка продемонстрована на рисунку 3.3. Для підключення датчиків температури DHT-22 та ультразвукових датчиків HC-SR04 до мікрокомп'ютера Raspberry Pi 3 Model B+, потрібно приділити увагу розподілу GPIO пінів. Датчики температури DHT-22 передають дані про температуру та вологість та потребують лише одного GPIO піна для кожного датчика для зчитування даних. Отже, ми підключимо один датчик температури до піну GPIO 12, а інший - до GPIO 16.

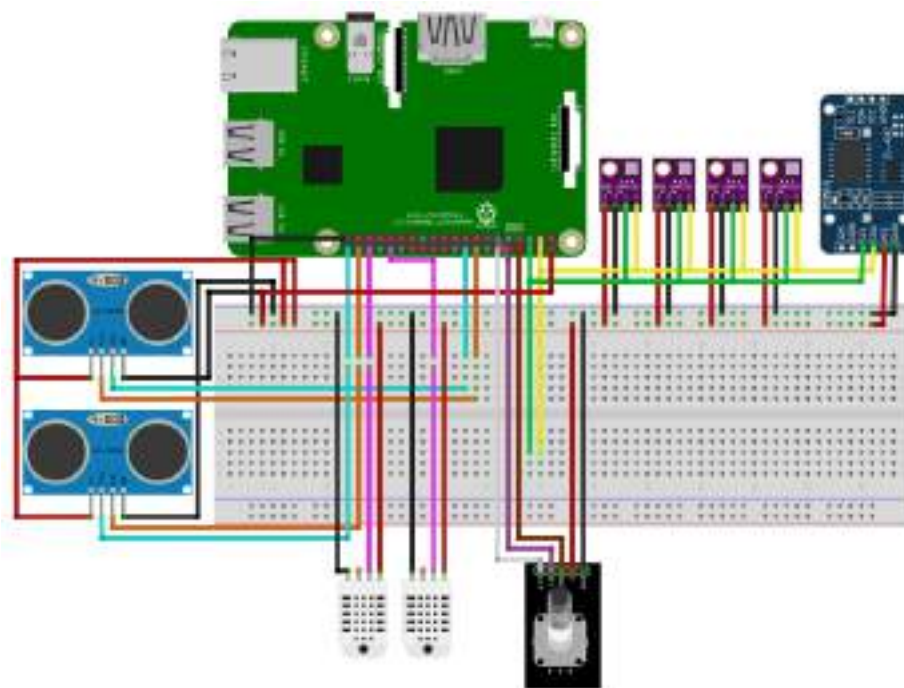


Рисунок 3.3 – Загальне підключення компонентів системи

Щодо ультразвукових датчиків HC-SR04, то кожен датчик вимагає два GPIO піни. Один пін використовується для відправлення звукового сигналу, а інший – для отримання ехо-сигналу. Отже, ми підключимо ультразвукові датчики таким чином: Trig та Echo піни першого ультразвукового датчика підключимо до GPIO 23 та 24 пінів на Raspberry Pi відповідно, а Trig та Echo піни іншого ультразвукового датчика підключимо до GPIO 20 та 21 відповідно.

3.2 Алгоритми роботи підсистеми визначення технічного стану автомобіля

Контрольно-діагностичний пристрій визначення технічного стану автомобіля може працювати за двома основними алгоритмами. Перший алгоритм передбачає сканування даних, які надходять з датчиків, що підключені безпосередньо до мікроконтролера Raspberry Pi. Серед таких датчиків можуть бути використані датчики тиску BME280, датчики температури DHT-22, ультразвукові датчики та інші. Ці датчики забезпечують зчитування різних параметрів автомобіля та виводять їх на дисплей.

Другий алгоритм базується на використанні OBD-2 протоколу та штучного інтелекту для зчитування інформації з датчиків, які вже встановлені в автомобілі. OBD-2 стандартний протокол для діагностики й контролю різних систем автомобіля, який дозволяє отримати доступ до різних параметрів автомобіля [39].

Перший алгоритм роботи пристрою можна використовувати в тих автомобілях, які не оснащені бортовим комп'ютером OBD-2. Алгоритм роботи пристрою, який зображений на рисунку 3.5, можна описати наступним чином:

1. Зчитування даних: для того, щоб якісно контролювати технічний стан власного автомобіля та вчасно реагувати на зміни його параметрів, необхідно зібрати дані про стан системи (атмосферний тиск в колесах автомобіля, температура під капотом та у салоні автомобіля, рівень рідин в баках). Для цього використовуються датчики, які вимірюють та надсилають відповідні параметри.

2. Аналіз даних: після збору даних, відбувається процес їх аналізу та обробки. Під час цього аналізу порівнюються зчитані значення тиску з рекомендованими нормами, перевіряється температура під капотом та в салоні автомобіля, порівнюються виміряні дані з максимальними та мінімальними рівнями рідини. У випадках, якщо виявляються значні відхилення від норми, система генерує відповідне повідомлення та сигналізує про це на дисплей.

3. Відображення результатів: результати проведеного аналізу виводяться на дисплей, який підключений до мікрокомп'ютера Raspberry Pi. На дисплеї інформацію про тиск у кожному колесі, температура, рівень рідин та час можна

виводити у вигляді текстових повідомлень або з використанням графічного інтерфейсу для зручності сприйняття.

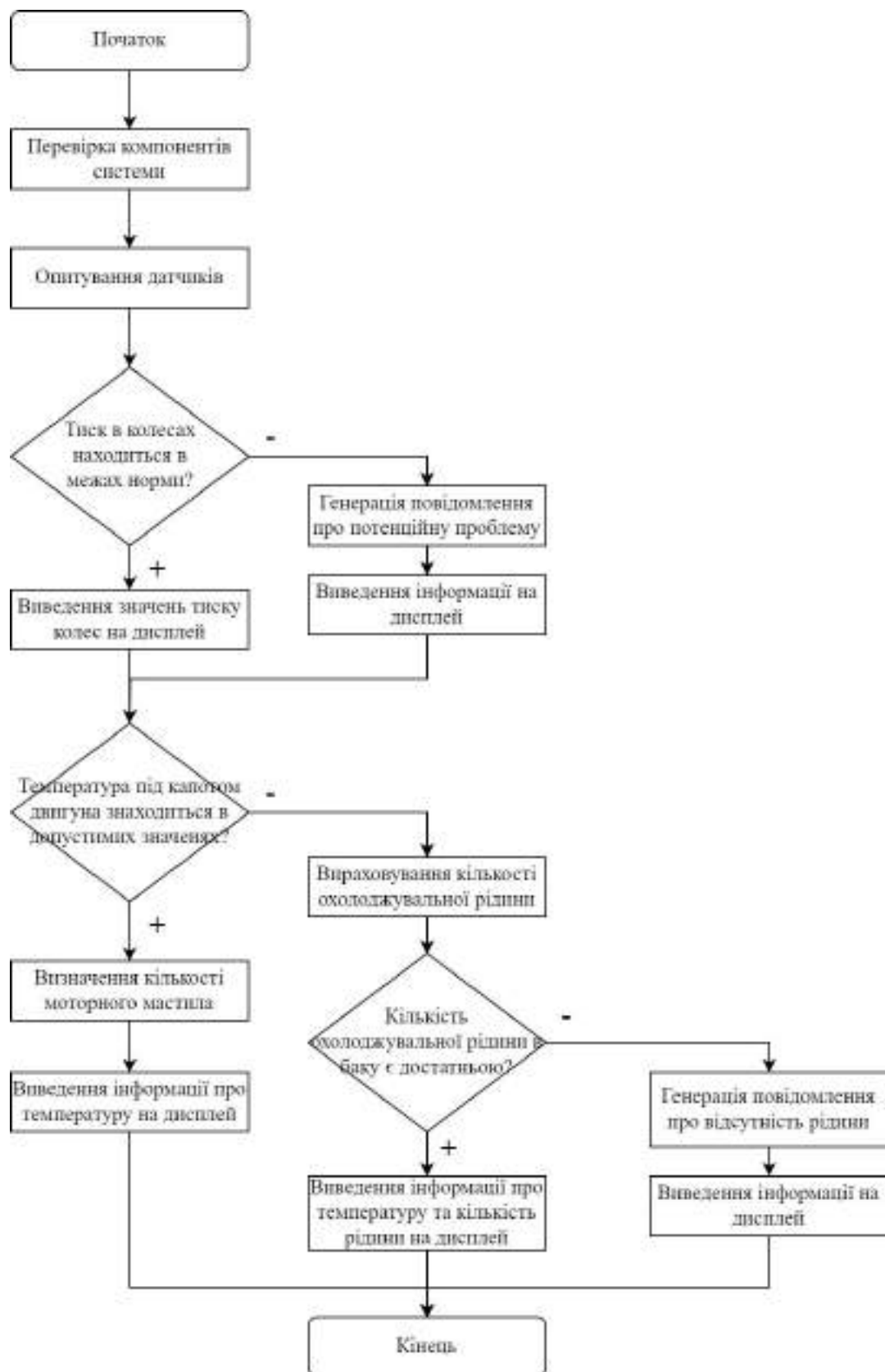


Рисунок 3.5 – Алгоритм роботи підсистеми з використанням власних датчиків

Для більш детального розуміння алгоритму, можна розглянути його у вигляді псевдокоду.

```

if tire_pressure not within recommended_range:
    alert_message = "Low tire pressure detected!"
    display_notification(alert_message)
if temperature_under_hood > max_temperature_under_hood:
    alert_message = "High temperature under the hood detected!"
    display_notification(alert_message)
for fluid, level in fluid_levels.items():
    if level < min_fluid_level:
        alert_message = f"Low {fluid} level detected!"
        display_notification(alert_message)
if coolant_level < min_coolant_level:
    alert_message = "Low coolant level detected!"
    display_notification(alert_message)

```

Значення параметрів та діапазони їх вимірювань можуть відрізнятися в залежності від конкретної марки та моделі автомобіля, а також від технічного стану та умов експлуатації [40]. На основі цього, в таблиці 3.1 вказані середні значення параметрів автомобілів, незалежно від їх типу та моделі, та допустимий діапазон вимірювань [41].

Таблиця 3.1 – Середнє значення параметрів автомобіля

Параметри	Середнє значення	Допустимий діапазон
Температура двигуна	90°C - 104°C	85°C - 110°C
Температура під капотом	30°C - 60°C	20°C - 80°C
Тиск в колесах	30 psi – 35 psi	28 psi – 38 psi
Кількість рідини в баку	1/4 - 3/4 об'єму	1/8 – повний об'єм

Кінець таблиці 3.1 – Середнє значення параметрів автомобіля

Параметри	Середнє значення	Допустимий діапазон
Кількість моторного мастила	2.5л – 4л	2л – 8л
Стан акумулятора (напруга)	Від 12.6В до 12.8В	Від 12.4В до 12.8В
Рівень охолоджувальної рідини	3л	2л - 6л

Розглянемо інший алгоритм роботи контрольно-діагностичної системи, яка буде використовувати діагностичний сканер ELM327, який буде підключений через USB-порт. Алгоритм роботи пристрою, який зображений на рисунку 3.6, можна описати так.

1. Підключення до бортового комп'ютера: для початку, підключаємо адаптер OBD-2 до роз'єму OBD-2 автомобіля та до мікрокомп'ютера Raspberry Pi за допомогою USB-порту. Перевіряємо наявність зв'язку між ними.

2. Зчитування даних з бортового комп'ютера: при наявності зв'язку між Raspberry Pi та бортовим комп'ютером, активується програмне забезпечення, яке починає активно зчитувати дані з бортового комп'ютера кожні одну-дві секунди. Це такі параметри, як швидкість, оберти двигуна, температура двигуна, помилки й інші діагностичні дані.

3. Аналіз та обробка вхідних даних: отриманні дані піддаються аналізу та обробці для виявлення будь-яких відхилень від норми або потенційних проблем. Обробка даних включає в себе порівняння зчитаних значень з рекомендованими стандартами.

4. Відображення результатів на дисплей: після аналізу та обробки дані відображаються на дисплеї, підключеного до пристрою, для зручності та контролю користувача.

5. Повідомлення про проблеми: у разі виявлення відхилень від норми або проблем, система згенерує відповідне повідомлення або сигналізує про це користувачу на дисплеї.

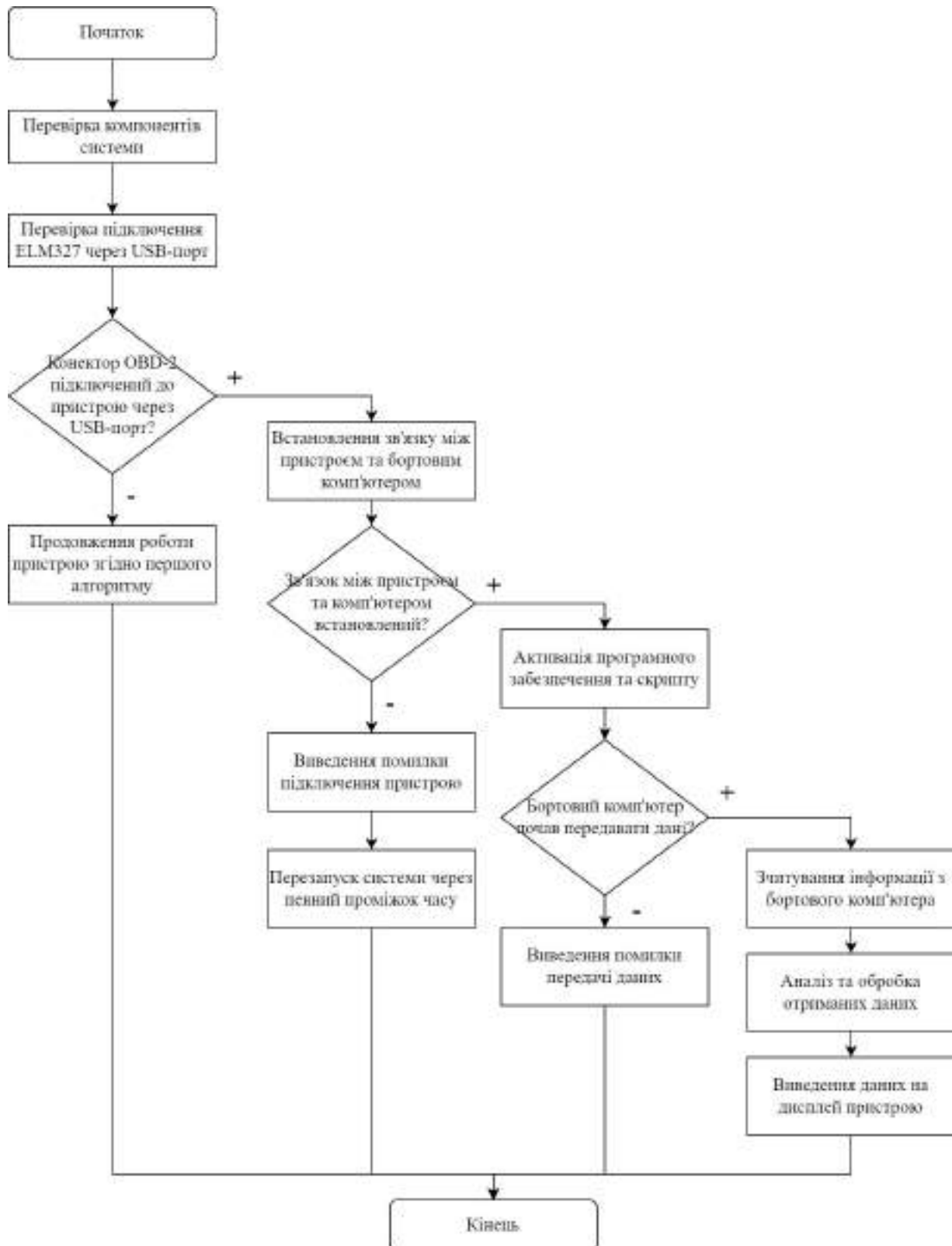


Рисунок 3.6 – Алгоритм роботи пристрою з використанням ELM327

Щоб детальніше зрозуміти алгоритм роботи пристрою з використанням діагностичного сканера OBD-2, розглянемо його у вигляді псевдокоду.

```
initialize OBD-II connection
```

```
if OBD-II connection is successful:
```

```
    loop:
```

```
        read_data = read_OBD-II_data()
```

```
        if read_data is not None:
```

```
            if tire_pressure not within recommended_range:
```

```
                alert_message = "Low tire pressure detected!"
```

```
                display_notification(alert_message)
```

```
            if temperature_under_hood > max_temperature_under_hood:
```

```
                alert_message = "High temperature under the hood detected!"
```

```
                display_notification(alert_message)
```

```
            for fluid, level in fluid_levels.items():
```

```
                if level < min_fluid_level:
```

```
                    alert_message = f"Low {fluid} level detected!"
```

```
                    display_notification(alert_message)
```

```
            if coolant_level < min_coolant_level:
```

```
                alert_message = "Low coolant level detected!"
```

```
                display_notification(alert_message)
```

```
        else:
```

```
            alert_message = "Error: Unable to read OBD-II data!"
```

```
            display_notification(alert_message)
```

```
    else:
```

```
        alert_message = "Error: Unable to establish OBD-II connection!"
```

```
        display_notification(alert_message)
```

3.3 Технологія OBD та CAN шини, методи декодування PID та DTC кодів

Технологія OBD (On-Board Diagnostic) є системою, яка використовується в сучасних автомобілях для моніторингу та діагностування їх стану. Вона стала невід'ємною частиною автомобільної індустрії завдяки своїм перевагам у підвищенні ефективності та безпеки автомобілів [42].

Використовуючи систему OBD, водій автомобіля може постійно контролювати різні параметри, такі як рівень викидів газу, температура двигуна, швидкість, оберти, функціонування систем електронної безпеки та інші. У випадку виявлення будь-яких проблем, система може генерувати спеціальні діагностичні коди помилок, які ідентифікують наявність проблеми та допомагають в швидкому виявленні та вирішенні.

Однією з ключових переваг OBD є її стандартизація. Більшість автомобільних виробників повинні дотримуватись стандартів OBD, що сприяє сумісності між різними марками та моделями автомобілів. Це дозволяє використовувати одні й ті ж інструменти та сканери для діагностики різних автомобілів [43].

16-контактний роз'єм J1962 є стандартизованим апаратним інтерфейсом для систем OBD-2. Дев'ять контактів роз'єму мають фіксовані функції, інші сім контактів визначаються виробником автомобіля. Є два варіанти комплектації такого роз'єму: перший зустрічається в легкових автомобілях і має вихід живлення 12В, інший зазвичай зустрічається в транспортних засобах середньої та великої вантажопідйомності та має вихід живлення 24В.

Цей стандарт визначив схему підключення роз'єму, яка продемонстрована на рисунку 3.7. Це дозволяє виробникам діагностичного обладнання створювати універсальне обладнання, яке може працювати з усіма автомобілями [44].

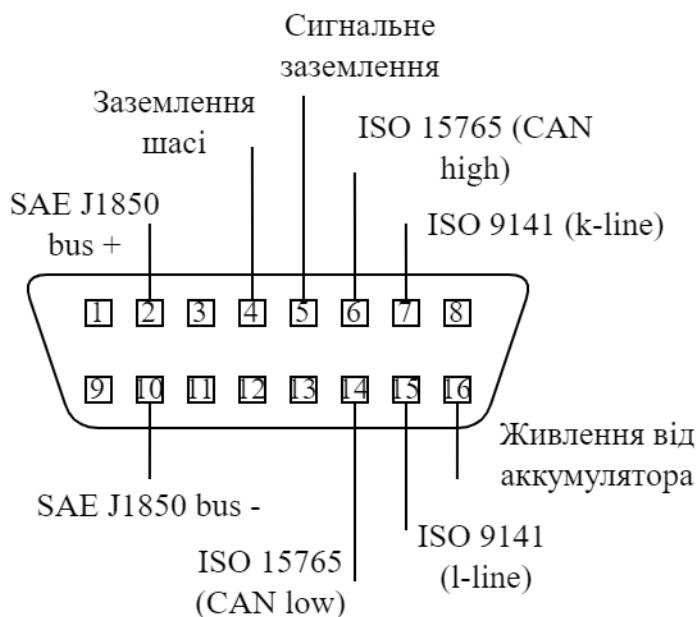


Рисунок 3.7 – Схема-розпинівка J1962 роз'єму OBD-2 конектора

Інформацію про стан автомобіля можна отримати за допомогою отримання та розшифрування PID-ідентифікатора. PID – це спеціальний ідентифікатор параметру, який використовується для отримання конкретних даних з різних систем автомобіля. При отриманні PID через шину CAN, ці дані розшифровуються та відображаються для водія або механіка у зручній формі, яка дозволяє відслідковувати роботу різних систем автомобіля в реальному часі. Електронний блок керування автомобіля видає інформацію про стан автомобіля в 16-ковому коді [45]. Існує дев'ять доступних режимів роботи PID:

1. Режим 1 - надає параметри двигуна в реальному часі.
2. Режим 2 - надає інформацію про несправності, виявлені в двигуні.
3. Режим 3 - виводить коди DTC, які зберігаються в ECU.
4. Режим 4 - відправляє команду для очищення всіх кодів та вимикання індикаторної лампи несправності.
5. Режим 5 - перевіряє результати моніторингу з кисневого датчика.
6. Режим 6 - виводить результати тестування інших датчиків автомобіля.
7. Режим 7 - показує очікуванні коди.
8. Режим 8 - контролює роботу бортової системи.
9. Режим 9 - виводить VIN-код двигуна.

Для зчитування даних з шини CAN зазвичай використовують протокол ISO 15765. Цей стандарт визначає методи взаємодії та обміну даними між різними електронними пристроями через мережу CAN. Протокол встановлює правила для передачі даних, забезпечуючи стабільну та надійну комунікацію між різними компонентами автомобіля [46].

CAN-шину можна описати як спеціальну мережу, яка зображена на рисунку 3.8. Вона використовується в автомобільній промисловості для забезпечення взаємозв'язку та обміну даними між різними електронними системами транспортного засобу.

Вона дозволяє підключати і контролювати різні пристрої та системи, такі як двигун, трансмісія, системи безпеки, комфорту тощо, шляхом обміну короткими повідомленнями між вузлами мережі [47]. Таке інформування забезпечує ефективне управління та моніторинг різних частин автомобіля.

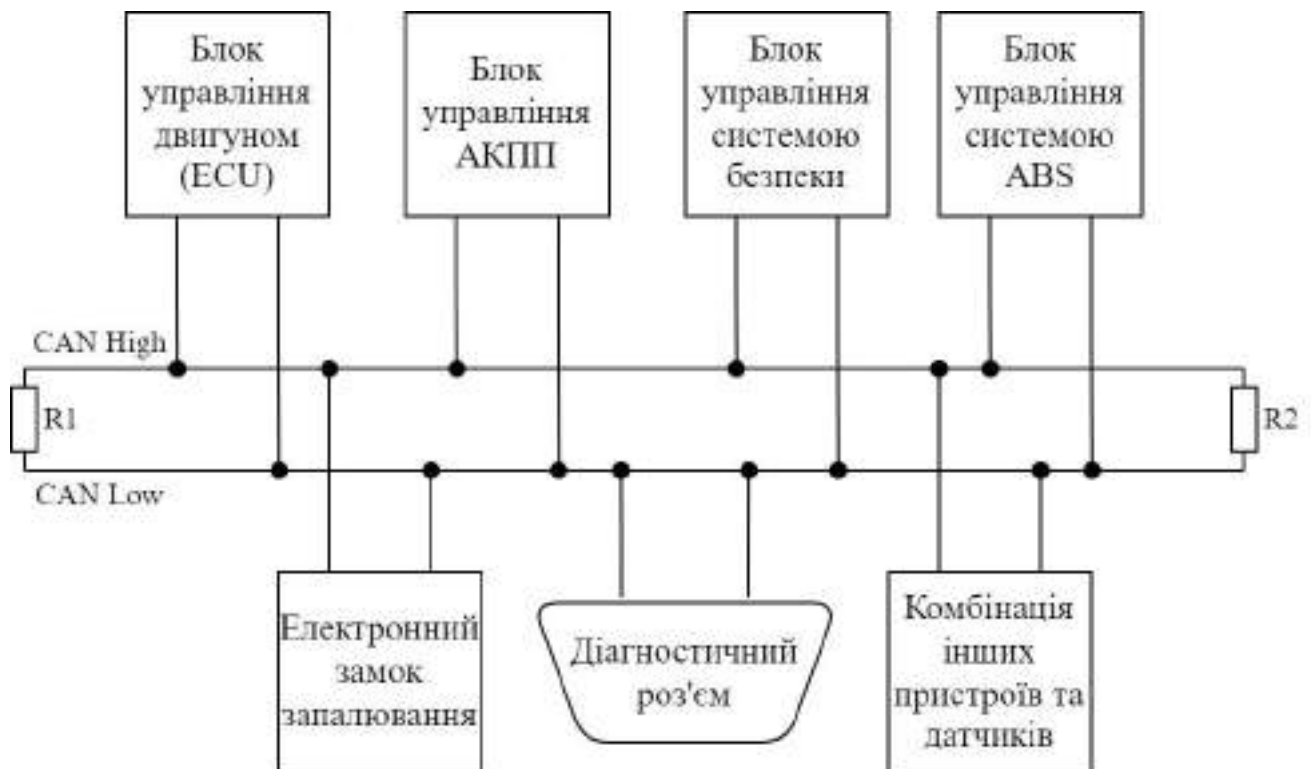


Рисунок 3.8 – Схема роботи CAN-шини

ELM327 – діагностичний пристрій, який працює за допомогою PID – унікального ідентифікатора, який вказує на конкретний параметр, що може бути зчитаний або налаштований в автомобільній системі [48].

PID використовується для запиту різних даних з різних частин автомобіля, таких як система керування двигуном, система запалювання, система охолодження тощо. Кожен PID має своє унікальне значення, яке вказує на конкретний параметр.

Список основних PID зчитування показано в таблиці 3.2 [49]. Ці параметри дозволяють отримувати важливу інформацію про роботу різних систем автомобіля, що може бути корисною для діагностики та обслуговування.

Таблиця 3.2 – Приклад існуючих PID кодів та їх значення

PID (hex)	Опис	Мінімальне та максимальне	Одиниця вимірювання
05	Температура охолоджувальної рідини двигуна	-40 - 215	°C
0C	Швидкість обертів двигуна	0 - 16384	rpm
0D	Швидкість автомобіля	0 - 255	km/h
10	Масовий витрат повітря	0 – 655.35	gram/sec
11	Положення дросельної заслінки	0 - 100	%
14	Параметри кисневого датчика	0 – 1 -100 - 99	V %
2F	Рівень палива	0 - 100	%
43	Тиск палива в системі впрыску	0 - 255	kPa
5C	Температура мастила двигуна	-40 - 210	°C

Розглянувши таблицю з основними PID та її характеристиками, можна отримати інформацію щодо важливих параметрів автомобіля. Наприклад, PID 05 надає інформацію про температуру охолоджувальної рідини двигуна та контролює стан системи охолодження. PID 0C та PID 0D вказують на швидкість обертів двигуна та поточну швидкість автомобіля.

Інші параметри, такі як положення дросельної заслінки PID 11, рівень палива PID F2 та тиск палива в системі впрыску PID 43 надають важливу інформацію щодо роботи двигуна та системи палива.

Розглядаючи PID ідентифікатори, можна ефективно виконувати діагностику та моніторинг різних систем автомобіля, що допомагає забезпечити безпеку та ефективність його експлуатації.

Визначити несправність автомобіля можна за допомогою DTC – спеціальних кодів, створені системою OBD для виявлення та вирішення проблем автомобіля. Кожна несправність або помилка, яка виникає в системі автомобіля, призводить до генерації унікального коду, що відображається у вигляді DTC [50].

DTC складаються з п'яти символів, перша буква яких вказує на систему, у якій відбулась проблема:

- 1) P: силова система, пов'язана з двигуном, трансмісією та паливною системою;
- 2) B: кузов автомобіля, проблеми з подушками безпеки, центральним замком чи освітленням;
- 3) C: система шасі, гальмівна система автомобіля, підвіска чи кермо;
- 4) U: мережа, система зв'язку між електронними блоками управління.

Другий символ вказує на тип несправності. «0» – це загальний код, який відповідає стандарту OBD-2, «1» – виробничий код заводу-виробника, який залежить від марки та моделі автомобіля, «2» – виробничий код заводу-виробника, який залежить від типу силової установки.

Третій символ в діагностичному коді вказує на тип конкретної проблеми у системі автомобіля. Цей символ поділяє різні види несправностей на категорії для полегшення діагностики. В залежності від виробника автомобіля та моделі, конкретні значення третього символу можуть відрізнятися, але основні категорії зазвичай залишаються стандартизованими. Цифри «1» та «2» вказують на систему подачі палива чи повітря, цифра «3» – система запалювання, «4» – система допоміжного контролю відпрацьованих газів, «5» – система контролю швидкості, «6» – ланцюги ECU, «7» та «8» – помилки у функціонуванні трансмісії [51].

Четвертий та п'ятий символ коду конкретизують саму помилку або несправність. Приклад визначення технічної проблеми продемонстровано на рисунку 3.9.



Рисунок 3.9 – Приклад визначення помилки за допомогою DTC

Отримання необхідної інформації з CAN шини включає в себе кілька кроків, від постановки запиту до обробки отриманих даних [52]. Процес отримання даних працює за таким алгоритмом:

- створюється запит на отримання певної інформації з визначенням ідентифікатора повідомлення (ID);
- відправлення сформованого повідомлення на CAN-шину;
- перехоплення повідомлення певним вузлом на CAN-шині;
- перевірка ідентифікатора повідомлення для визначення, чи може цей вузол відповісти на запит;
- формування відповіді та відправлення відповіді по CAN-шині;
- отримання повідомлення, його розшифрування та використання даних.

Розглянемо структури CAN-повідомлення, які зображені на рисунках 3.10 та 3.11. Кожне CAN-повідомлення починається з початку кадру, Start of Frame. Це 1 біт, який вказує на початок кадру та завжди має значення «0». Арбітражне поле, Arbitration Field, складається з 11 або 29 біт та визначає пріоритет повідомлення.

Перший біт, який відрізняється між ідентифікаторами – визначає повідомлення, яке буде домінуючим [53].

Розглянемо одночасну передачу повідомлень двома вузлами, що зображено на рисунку 3.12. Перші біти двох ідентифікатор, а саме 0 1 0 є ідентичні, тому повідомлення в мережі продовжує надсилатись. Далі можна спостерігати, що четвертий біт другого вузла має значення «0», в той час четвертий біт першого вузла має значення «1». Це означає, що вузол з значенням біта «0» має вищий пріоритет і його повідомлення буде передано по шині CAN швидше [54]. Якщо вузли намагаються передавати повідомлення з різними довжинами ідентифікаторів (11 та 29 біт), то повідомлення з ідентифікатором більшої довжини має вищий пріоритет.



Рисунок 3.10 – Структура стандартного CAN-повідомлення [36]

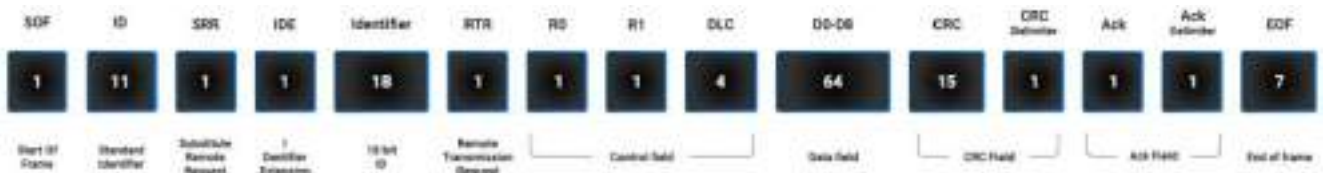


Рисунок 3.11 – Структура розширеного CAN-повідомлення [36]

Поле Control складається з трьох основних частин: IDE, R-bit та DLC. Це поле, яке визначає тип повідомлення та довжину переданих даних. Біт IDE вказує яким є тип ідентифікатора, який використовується для передачі повідомлення на CAN-шині. Якщо біт дорівнює 0, то використовується 11-бітний ідентифікатор, якщо біт дорівнює 1 – використовується розширений 29-бітний ідентифікатор. Біт R-bit вказує, чи є повідомлення запитом на віддалену передачу. Якщо біт дорівнює 1, то вузол надсилає запит на передачу даних, але не самі дані. Якщо біт дорівнює

0, то це повідомлення містить фактичні дані для передачі. DLC вказує кількість байтів даних, які можна передати повідомленням.

SOF	ARB							
0	0	1	0	1	1	0	1	Ідентифікатор №1
0	0	1	0	0	0	1	1	Ідентифікатор №2
0	0	1	0	0	0	1	1	CAN мережа

Рисунок 3.12 – Приклад визначення пріоритету повідомлення в CAN шині

Основна кількість даних, яка буде передаватись за допомогою CAN повідомлення, буде розміщуватись в полі Data. Розмір поля даних залежить від значення DLC та може бути від 0 до 64 біт.

Поле CRC є важливою частиною структури CAN-повідомлення та використовується для виявлення помилок в переданих даних. Приймаючий вузол отримує повідомлення, обчислює CRC для отриманих даних і порівнює його з значенням CRC що було передано з повідомленням. Якщо обчислене значення вмісту DATA не відповідає переданому значенню, приймаючий вузол може зробити запит на повторне надсилання повідомлення.

Поле ACK використовується для підтвердження успішного прийому повідомлення. Після того, як повідомлення було відправлено в CAN-шину, створюється «пауза», тобто відправник робить шину рецесивною. Якщо повідомлення було успішно прийнято, то інший вузол надсилає сигнал, роблячи шину домінантною.

Поле EOF є заключним полем в структурі CAN-повідомлення та вказує на завершення кадру. Поле складається з 7 послідовних біт, які всі мають значення «1».

Розглянемо появу сигналів на шині CAN. Система використовує метод трансляції, коли передавач надсилає повідомлення на шину CAN. Кожен вузол, підключений до однієї шини, отримує це повідомлення. Відправник вказує в повідомленні, для яких саме вузлів це повідомлення призначене [55-57]. На рисунку 3.13 продемонстровано приклад вимірювання сигналу за допомогою осцилографа. Сигнал шини містить високу напругу (CAN High) та низьку напругу (CAN Low). Сигнал високого та низького рівня шини однакові, але інвертовані. В момент, коли шина домінує, висока напруга CAN high зростає до 3.5 Вольт, а низька напруга CAN low падає до 1.5 Вольт. У стані очікування, коли по шині CAN не передаються повідомлення, обидві напруги становлять близько 2.5 Вольт.

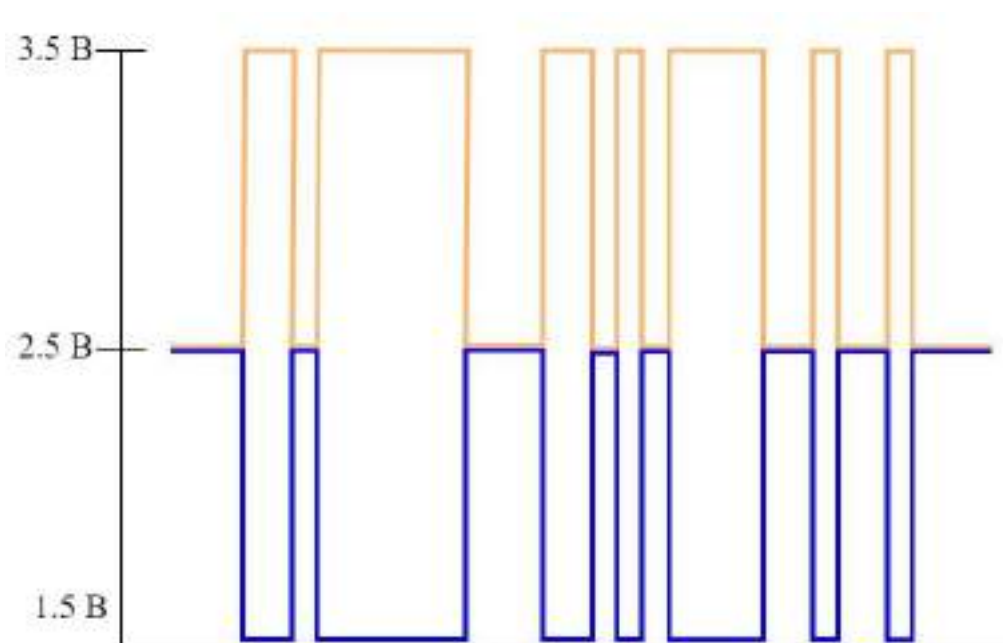


Рисунок 3.13 – Вимірювання сигналу CAN з використанням осцилографа

Коли різниця між напругою CAN High та CAN Low становить 2 Вольт, це відповідає значенню «0» у двійковому коді. Цей стан відображається на шині CAN як домінуючий, коли відправник надсилає повідомлення.

Коли різниця між напругою CAN High та CAN Low на шині CAN становить 0 Вольт, це відповідає значенню «1» у двійковому коді. Приклад розпізнавання повідомлення продемонстровано на рисунку 3.14.

Binary Code	0	1	0	1	1	0	1
CAN High	3.5	2.5	3.5	2.5	2.5	3.5	2.5
CAN Low	1.5	2.5	1.5	2.5	2.5	1.5	2.5

Рисунок 3.14 – Приклад розпізнавання повідомлення за допомогою високої та низької напруги

На рисунку 3.15 зображено блок-схему процесу зчитування та декодування PID та DTC кодів з використанням пристрою та OBD-II порту. Процес починається з ініціалізації самого пристрою, яка включає в себе встановлення необхідних з'єднань та підготовки пристрою для початку зчитування даних [62].

Далі відбувається підключення пристрою до автомобіля, щоб встановити зв'язок між ним та системою моніторингу технічного стану. Після успішного підключення, відбуваються активація пристрою, після чого користувач має можливість обрати процес, який він хоче виконати в даний момент: це може бути як зчитування PID кодів (активація процесу моніторингу параметрів автомобіля) так і зчитування DTC кодів (проведення діагностики та виявлення помилок в системі автомобіля).

Якщо введена команда є PID, то система систематично надсилає відповідні запити до автомобіля, отримує та декодує відповідь, після чого виводить отриманий результат користувачеві на дисплей.

У випадку, якщо була введена команда DTC, то активується процес діагностування та виявлення помилок в автомобілі. Система надсилає відповідні запити, отримує відповідь та декодує кожен з кодів, після чого виводить список помилок з можливими проблемами на дисплей.

Якщо ні один з вище зазначених процесів не був обраним, підсистема буде проводити моніторинг технічного стану автомобіля, використовуючи дані з підключених до пристрою датчиків.

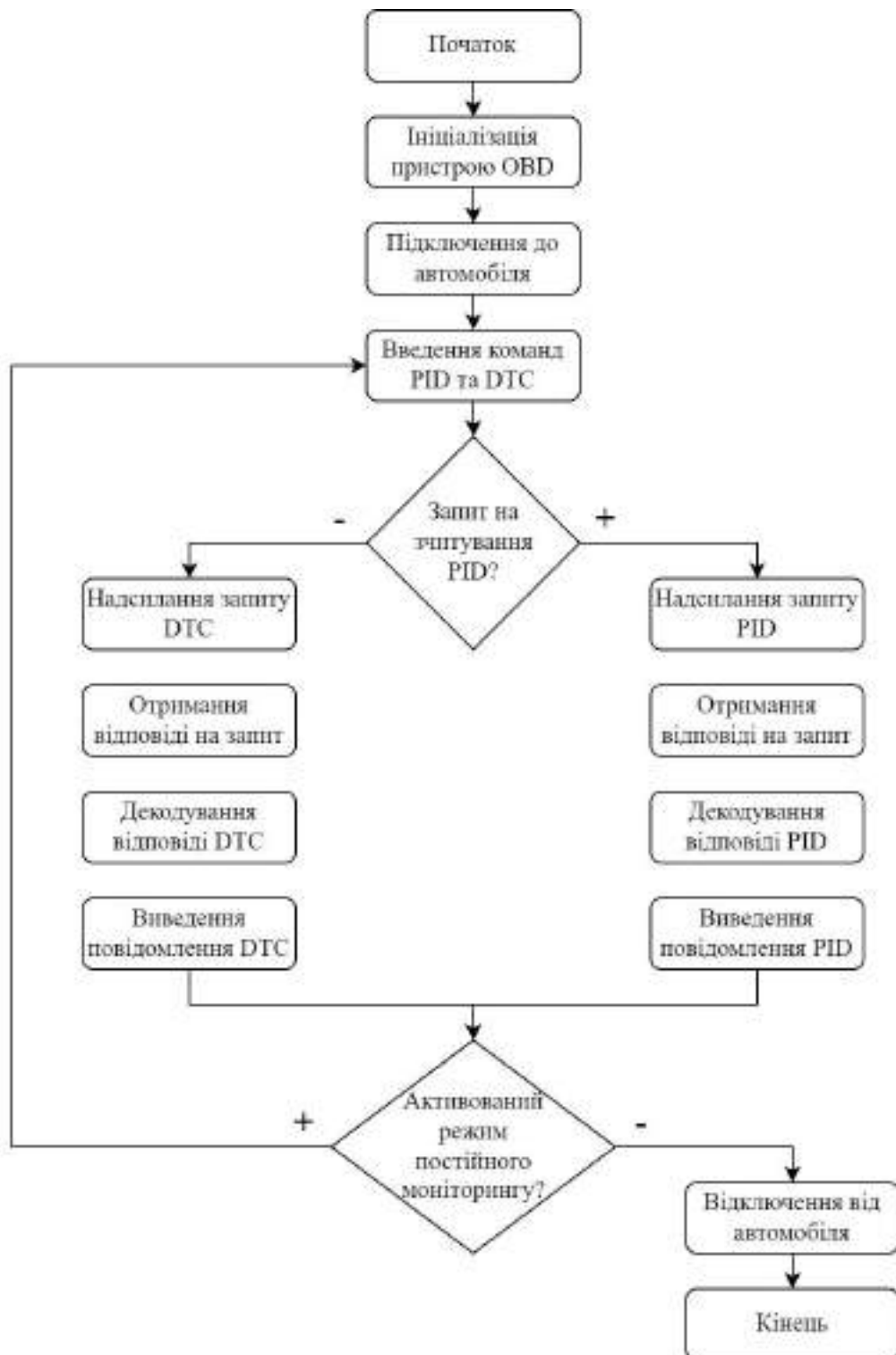


Рисунок 3.15 – Блок-схема методу декодування повідомлень

Вище зазначений процес може бути втілений для реалізації функціоналу зчитування та декодування PID та DTC кодів. Розгляд блок-схеми полегшує розробку програмного забезпечення для взаємодії з автомобільною системою діагностики з використанням OBD пристрою.

3.4 Висновки

У цьому розділі кваліфікаційної роботи магістра було розглянуто проектування системи з використанням програмного забезпечення Fritzing, яке дозволяє детально показати підключення компонентів в системі та створити електрично-принципову схему. Це дозволяє зрозуміти фізичну архітектуру системи та взаємозв'язки між її функціональними складовими.

Було описано алгоритми роботи підсистеми, яка може визначати технічний стан автомобіля як з використанням власних датчиків, так і за допомогою датчиків автомобіля, використовуючи OBD-II порт. Використання цього підходу розширює можливості підсистеми, дозволяючи отримувати більше інформації для аналізу й ефективно слідкувати за технічним станом власного автомобіля.

Крім того, було розглянуто метод декодування PID та DTC кодів при передачі повідомлення по CAN-шині. Було наведено приклад даних кодів та продемонстровано, як правильно їх розшифрувати. Було розглянуто структуру стандартного та розширеного CAN повідомлення та виявлено їх відмінності. Було визначено, що пріоритетність повідомлення визначається за його ідентифікатором, де менші значення вказують на вищий пріоритет.

Було розглянуто сигнал, який можна виміряти за допомогою осцилографа, який дозволяє зрозуміти, яка біт-інформація передається в конкретний момент. Було розроблено блок-схему методу декодування повідомлень, яка показує процес від ініціалізації пристрою до отримання необхідної користувачеві інформації.

4 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ПІДСИСТЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЯ

4.1 Моделювання системи визначення технічного стану

Моделювання системи визначення технічного стану автомобіля є одним з способів вивчити та проаналізувати функціонування системи в різних умовах та обставинах. Цей процес надає можливість змоделювати та аналізувати параметри різних частин автомобіля, таких як температуру двигуна, атмосферний тиск в колесах, рівень рідин та інші, які можуть впливати на ефективність або безпеку автомобіля.

Моделювання системи включає в себе генерацію випадкових значень для кожного параметра автомобіля або використання реальних наявних даних для створення моделі та прогнозування майбутнього стану автомобіля. Цей етап є корисним для реалізації стратегій по обслуговуванню автомобіля, виявлення потенційних проблем та вдосконалення ефективності.

Для моделювання системи було розроблено власну нейронну мережу, яка на основі реальних вхідних даних аналізує параметри стану автомобіля, такі як швидкість, температура, тиск та інші. Ця мережа виконує процес симуляції для перевірки працездатності системи контролю та сповіщення.

Для того, щоб навчити нейронну мережу ефективно симулювати автомобіль, необхідно виконати наступні кроки:

- зібрати необхідні дані для тренування самої моделі. Це дані про швидкість автомобіля, температура двигуна, температура охолоджувальної рідини, кількість рідин в баках, атмосферний тиск в колесах, температура в салоні тощо. Дані можуть бути отримані шляхом їх записування під час експлуатації автомобіля;
- необхідно підготувати дані для використання в моделі, а саме нормалізувати їх, розподілити їх на тренувальний та тестовий набори, створити додаткові ознаки на основі наявних даних;
- створити архітектуру нейронної мережі та саму мережу, яка буде приймати дані про стан автомобіля та передбачати ситуації на дорозі, в залежності

від наявних показників. Це може бути одношарова або багатошарова мережа з різними видами шарів, в залежності від складності задач;

- використати підготовленні раніше дані для навчання нейронної мережі.

Це включає в себе передачу даних та налаштування параметрів навчання, таких як кількість епох, розмір пакету, функція втрат тощо;

- після завершення навчання оцінити результати моделі на тестовому наборі даних, з'ясувати, наскільки добре модель навчилася симулювати на основі наявних даних, провести калібрування моделі;

- провести додаткові етапи тестування моделі зі зміною певних показників та при виконанні калібрування моделі для перевірки ефективності, після чого використовувати систему для симуляції.

Етап збору даних та їх підготовка є першим ключовим етапом в розробці системи моделювання технічного стану автомобіля. На цьому етапі потрібно здійснити збір реальних даних про роботу автомобіля з його датчиків або з систем моніторингу, підготувати їх та розділити їх на навчальний та тестовий набори.

Навчальний набір даних буде використовуватись для навчання моделі правильно моделювати автомобіль, а тестовий набір – для оцінки ефективності самої моделі. Набір даних, які будуть використовуватись для навчання моделі, знаходяться в CSV файлах, які містять таблиці з даними, де кожен рядок відповідає окремому екземпляру даних, а кожний стовпчик – конкретній змінній.

Приклад CSV файлу, який повинен бути використаний для навчання, зображено на рисунку 4.1.

ENGINE_RPM	ENGINE_LOAD	ENGINE_TEMP	ENGINE_OIL_PRESS	ENGINE_OIL_TEMP	ENGINE_OIL_PRESS	ENGINE_LOAD	ENGINE_TEMP	ENGINE_OIL_PRESS	ENGINE_OIL_TEMP	ENGINE_LOAD	ENGINE_TEMP	ENGINE_OIL_PRESS	ENGINE_OIL_TEMP	ENGINE_LOAD	ENGINE_TEMP	ENGINE_OIL_PRESS	ENGINE_OIL_TEMP
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	49.00000	16.00000	21.00000	16.00000	0.00000	101.00000	0.00000	0.00000
1000	0.00000	0.00000	17.00000	0.00000	78.00000	-0.00000	0.00000	101.00000	21.00000	4							

Для початку, імпортуємо необхідні бібліотеки, які будуть використовуватись для навчання моделі.

```
import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from keras.models import Sequential
from keras.layers import Dense
```

Після імпорту необхідних бібліотек, потрібно зчитати дані з CSV-файлу та вибрати необхідні параметри, які нейронна мережа буде імітувати. Зчитування даних буде відбуватись за допомогою `data = pd.read_csv("drive8.csv")`, вибір необхідних компонентів – за допомогою `selected_columns = ["engine_rpm", "vehicle_speed", "throttle", "engine_load", "fuel_tank", "coolant_temperature", "intake_manifold_pressure", "absolute_barometric_pressure"]` `data = data[selected_columns]`.

Розділяємо потік вхідних даних на тренувальний та тестовий набори даних `train_data, test_data = train_test_split(data, test_size=0.2, random_state=42)`.

Далі будуємо модель нейронної мережі.

```
import tensorflow as tf
def build_model(self):
    model = tf.keras.Sequential([
        tf.keras.layers.Dense(units=64, activation='relu', input_shape=(1,)),
        tf.keras.layers.Dense(units=64, activation='relu'),
        tf.keras.layers.Dense(units=1)
    ])
    model.compile(loss='mean_squared_error', optimizer='adam')
    return model
```

Нейронна мережа була створена з використанням бібліотеки TensorFlow, яка надає зручні засоби для роботи з нейронними мережами та їх тренування. Для компіляції моделі було використано функція втрати MSE (Mean Squared Error), яка оцінює точність прогнозу. Оптимізатор Adam використовується для навчання

моделі та є потужним алгоритмом оптимізації. Мережа має архітектуру з трьома повністю з'єднаними шарами. Перші два шари містять по 64 нейрони кожен, які використовують функцію активації ReLU, яка відкидає будь-які від'ємні значення та залишає позитивні значення без змін. Останній шар має один нейрон без активації, оскільки цю мережу буде використано для регресії, тобто передбачення неперервних значень.

На наступному етапі відбувається навчання моделі. Код для навчання виглядає таким чином: `model.fit(train_data_scaled, train_data_scaled[:, 0], epochs=50, batch_size=32, verbose=1)`.

Результат проведення навчання та тестування на тестовому наборі даних продемонстровано на рисунку 4.2. Втрата на тестовому наборі даних становить 0.00047, що свідчить про те, що модель добре вивчила взаємозв'язки в тренувальних даних та зможе ефективно відтворити їх при тестуванні підсистеми технічного стану автомобіля.

```

70/70 [=====] - 0s 2ms/step - loss: 2.1461e-04
Epoch 41/50
70/70 [=====] - 0s 2ms/step - loss: 2.7975e-04
Epoch 42/50
70/70 [=====] - 0s 2ms/step - loss: 4.7064e-04
Epoch 43/50
70/70 [=====] - 0s 2ms/step - loss: 4.8531e-04
Epoch 44/50
70/70 [=====] - 0s 2ms/step - loss: 4.1163e-04
Epoch 45/50
70/70 [=====] - 0s 2ms/step - loss: 4.6759e-04
Epoch 46/50
70/70 [=====] - 0s 2ms/step - loss: 6.1646e-04
Epoch 47/50
70/70 [=====] - 0s 2ms/step - loss: 3.8947e-04
Epoch 48/50
70/70 [=====] - 0s 2ms/step - loss: 2.6831e-04
Epoch 49/50
70/70 [=====] - 0s 2ms/step - loss: 3.3652e-04
Epoch 50/50
70/70 [=====] - 0s 2ms/step - loss: 4.0459e-04
18/18 [=====] - 0s 1ms/step - loss: 4.7287e-04
Test Loss: 6.80847287478818176253

```

Рисунок 4.2 – Результат проведення навчання нейронної мережі

Проведемо тестування роботи підсистеми визначення технічного стану автомобіля. Для цього нейронна мережа, яка навчилась на тренувальних даних, буде використовуватись для прогнозування параметрів автомобіля під час його експлуатації. Задавши початкові значення для кожного параметру, таких як швидкість, температура, тиск, використаємо модель для подальшої зміни цих параметрів відносно часу. Під час тестування спостерігаємо, як буде відбуватись моніторинг за станом автомобіля та реакцію підсистеми на значні відхилення показників.

Приклад моделювання зображено на рисунку 4.3. На зображенні видно всі параметри, які симулюються створеною нейронною мережею. Відсутність сповіщень вказує на те, що наявні показники транспорту знаходяться в допустимих межах та не вказують на можливу проблему з автомобілем.

```
Speed: 86.4814291948334 km/h
Engine temperature: 76.17757869336877 C
Cabin temperature: 22.806191280368385 C
Wheel pressures (PSI): [30.689513490441755, 28.68786308112297, 28.4759338446283397, 30.551321862549628]
Antifreeze amount: 4.667302717652299 L
Oil amount: 2.3861728430698374 L
```

Рисунок 4.3 – Моделювання експлуатації автомобіля

На рисунку 4.4 зображено графік, що відображає динаміку декількох параметрів автомобіля протягом певного проміжку часу (в даному випадку ітерацій). Синя лінія графіку відображає зміну температури двигуна автомобіля протягом часу. Високе значення (понад 100°C) може свідчити про перегрів двигуна, тоді як спад може вказувати на ефективне охолодження двигуна. Помаранчева лінія вказує на зміну швидкості автомобіля відносно часу. Зелена лінія вказує на зміну температури в салоні автомобіля. Високе значення температури може вказувати про недостатню ефективність системи кондиціонування, тоді як низьке значення може вказувати на проблему з системою опалення. Коричнева та фіолетова лінії показують кількість рідин в баках.

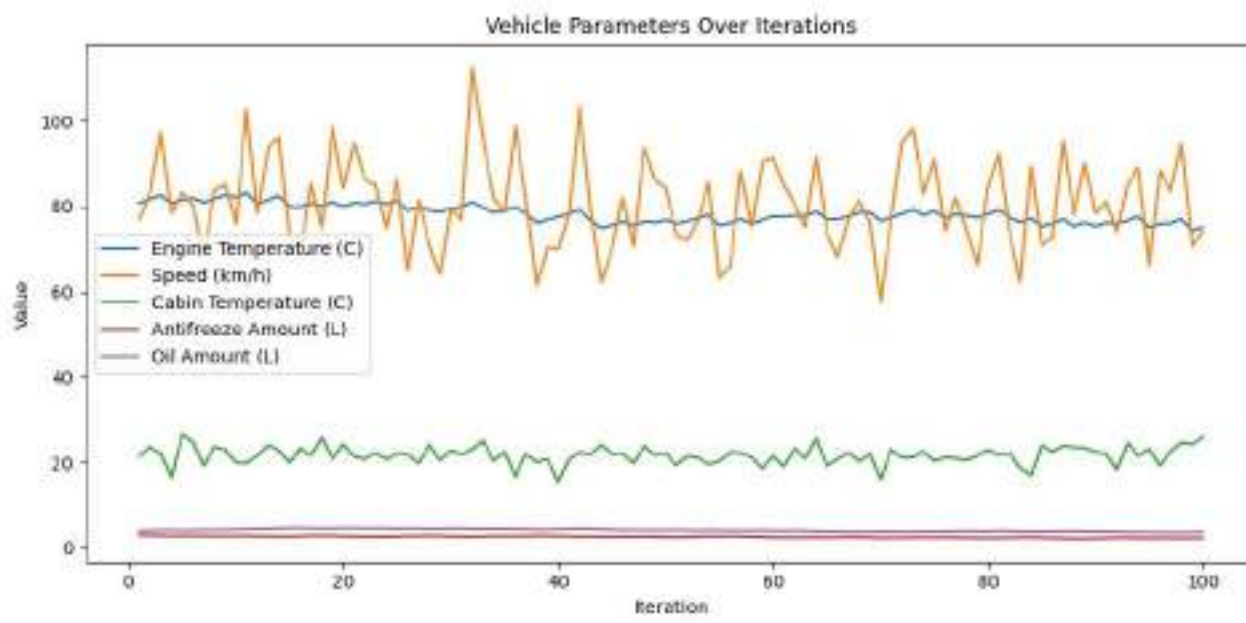


Рисунок 4.4 – Графік зміни параметрів автомобіля протягом часу

4.2 Архітектура підсистеми визначення технічного стану на основі зчитування даних з датчиків

Для розробки портативного контрольно-діагностичного пристрою визначення технічного стану автомобіля було вирішено обрати рівневу архітектуру для організації цієї підсистеми. Вибір саме такої архітектури базується на декількох ключових факторах, серед яких висока ефективність роботи підсистеми, її зручність у розробці та тестуванні.

Рівнева архітектура дозволяє розділити важливі етапи роботи на окремі рівні. Різні аспекти функціональності будуть реалізовуватись на різних рівнях, забезпечуючи модульність та легкість у вдосконаленні або заміні окремих компонентів.

Архітектура розроблювальної підсистеми складається з трьох рівнів та представлена на рисунку 4.5.

Розглянемо ці рівні детальніше. На першому фізичному рівні архітектури відбувається розміщення компонентів в автомобілі, підключення компонентів до головного мікроконтролера, подача живлення на всю підсистему та перевірка

комунікації між ними. При успішній ініціалізації всіх компонентів, відбувається початок процесу моніторингу.

Після зчитування інформації з наявних датчиків, інформація передається до другого програмного рівня. На цьому рівні відбувається збір необхідної інформації, її аналіз та обробка, після чого підсистема приймає рішення для подальшого відображення цієї інформації на дисплей. Якщо параметри, які були зчитані датчиками, знаходяться в допустимих нормах – пристрій виведе цю інформацію на дисплей. У випадку, якщо один з параметрів значно змінився – пристрій виведе сповіщення про можливу проблему для користувача.

На третьому мережевому рівні відбувається комунікація між пристроєм та іншими системами. Це може бути як надсилання параметрів автомобіля за допомогою мережі Ethernet або Wi-Fi, так і підключення пристрою до OBD порту автомобіля для зчитування інформації.

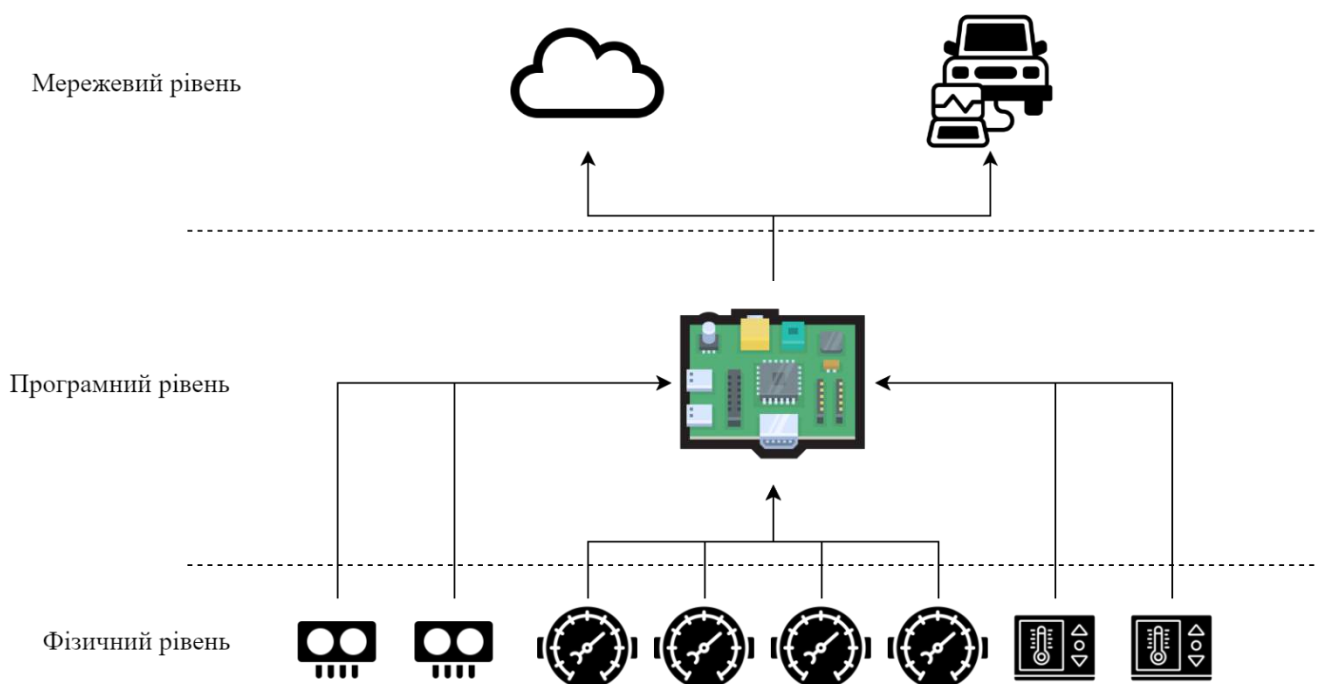


Рисунок 4.5 – Архітектура підсистеми визначення технічного стану автомобіля

На рисунку 4.6 зображено розташування пристрою всередині автомобіля. OBD сканер використовується для отримання даних із CAN-шини автомобіля. Порт OBD-II в сучасних автомобілях найчастіше розташований під кермом, як показано

на рисунку, або біля ручного гальма. Портативний пристрій розташовується на розсуд користувача, як йому зручніше. Головна умова – це як найменша відстань між головною платою та компонентами, щоб мінімізувати втрату сигналу.



Рисунок 4.6 – Розташування пристрою та сканера всередині автомобіля

4.2.1 Діаграма варіантів використання підсистеми

Діаграма варіантів використання є одним з видів UML-діаграм, яка використовується для моделювання функціональних вимог до системи шляхом уявлення взаємодії користувачів з системою.

Головна мета діаграми використання – це визначення різних способів використання системи або програмного продукту з точки зору різних користувачів або систем. На діаграмі зображуються варіанти використання, які представляють собою конкретні дії або послідовність подій, які можуть виконуватись користувачем або системою.

Діаграма варіантів використання для розроблювальної підсистеми визначення технічного стану автомобіля продемонстрована на рисунку 4.7.



Рисунок 4.7 – Діаграма варіантів використання підсистеми

4.2.2 Діаграма класів підсистеми

Діаграма класів – це структурний вид з видів UML-діаграми, яка використовується для візуалізації структури системи та взаємозв'язків між класами, об'єктами, інтерфейсами. Діаграма класів відображає абстрактну структуру систему, а не конкретні екземпляри.

Основними елементами діаграми класів включають класи, типи взаємозв'язку між класами (асоціація, агрегація, композиція, спадкування), їхні атрибути, операції та методи. Це допомагає отримати графічне уявлення про структуру програми, її складові частини.

Нижче, на рисунку 4.8, продемонстровано діаграму класів для розроблювальної підсистеми визначення технічного стану автомобіля.

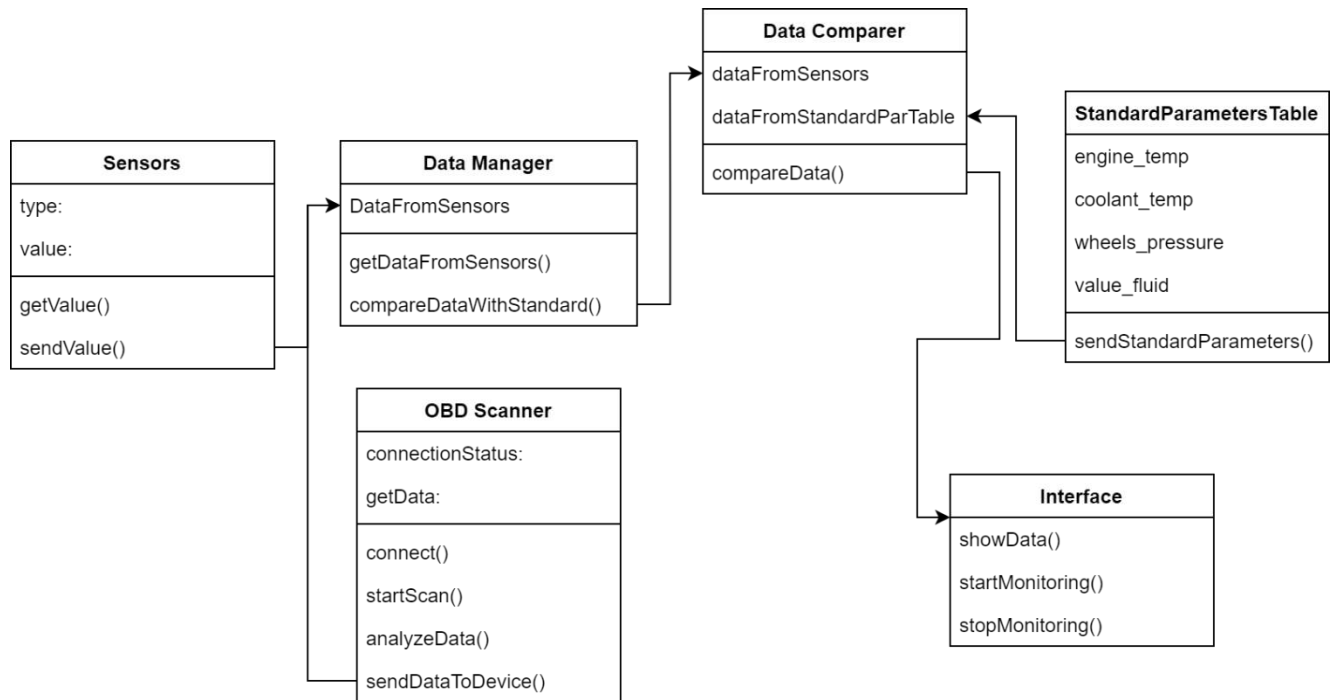


Рисунок 4.8 – Діаграма класів підсистеми

4.2.3 Діаграма станів підсистеми

Діаграма станів – це наступний вид UML-діаграми, яка використовується для відображення можливих станів системи та переходів між цими станами в залежності від події або надходженні вхідних даних. Цей вид діаграми дозволяє моделювати поведінку системи або об'єкту як скінченний автомат, що складається з набору станів, в яких система може перебувати, та переходів, які відбуваються між цими станами.

Кожен стан в діаграмі має відповідний набір дій, які виконуються при входженні в цей стан або при виході з нього. Переходи між станами відбуваються внаслідок подій, які відбуваються у системі або надходять як дані.

Діаграма станів є корисним інструментом для аналізу та візуалізації поведінки системи, яка допомагає розробникам краще зрозуміти логіку та поведінку системи.

Нижче, на рисунку 4.9, продемонстровано діаграму станів підсистеми визначення технічного стану автомобіля.

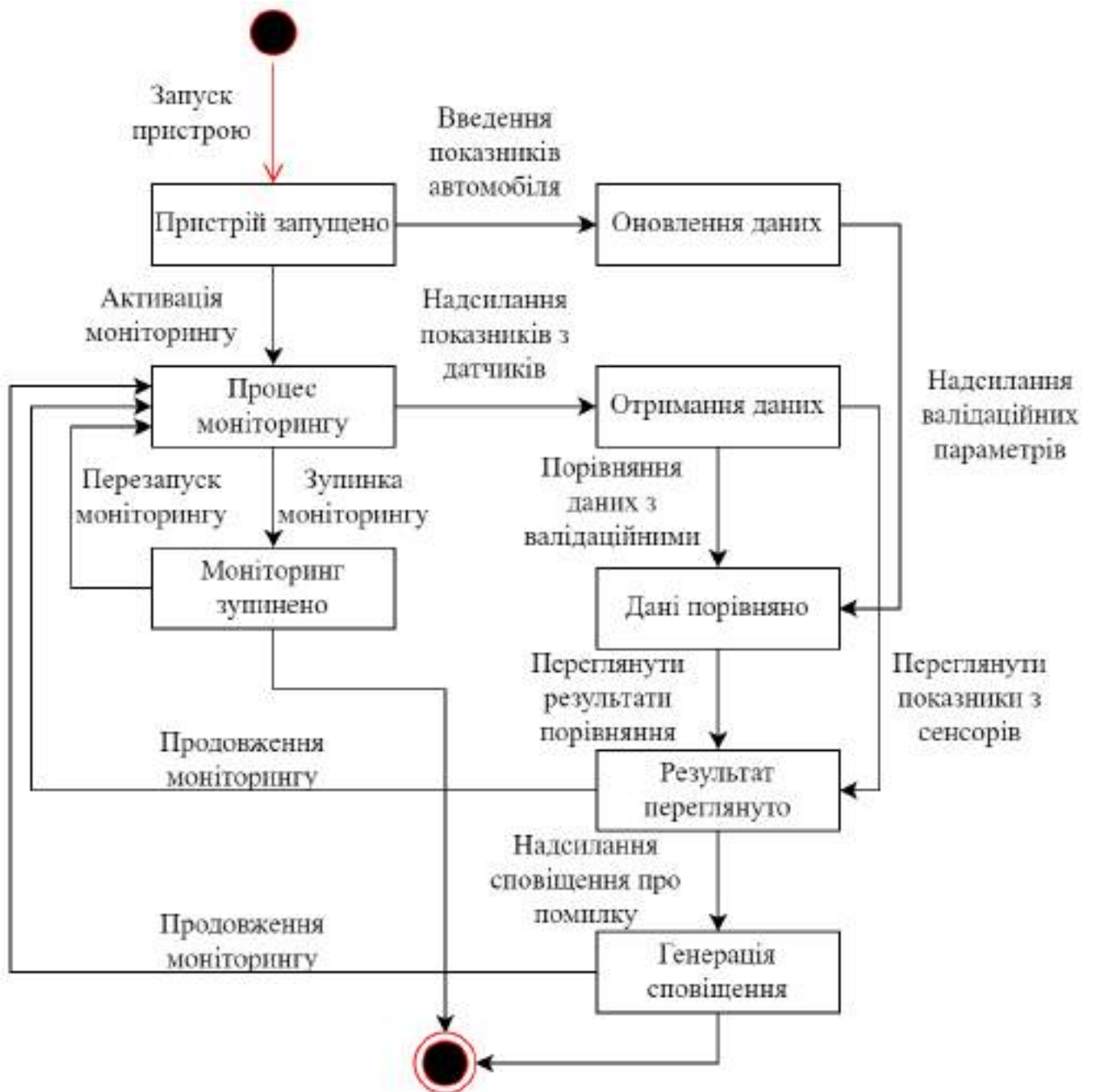


Рисунок 4.9 – Діаграма станів підсистеми

4.3 Експериментальне тестування розроблювальної підсистеми

У цьому підрозділі було проведено тестування розроблювальної підсистеми, яке спрямоване на моделювання технічного стану автомобіля та перевірки підсистеми на її працездатність та ефективність. Для наглядності, наведемо декілька прикладів з використанням розроблювальної підсистеми.

Для прикладу 1 розглянемо встановлення портативного пристрою визначення технічного стану в певний автомобіль. Завчасно було розміщено всі наявні сенсори, а саме: датчики температури під капотом (над двигуном) та в салоні автомобіля; ультразвукові датчики в баку з охолоджувальною рідиною та з моторним мастилом; датчики тиску на дисках автомобіля (на одне колесо – один датчик). Під час експлуатації автомобіля розроблювальна підсистема проводить активний моніторинг стану автомобіля, й видає сповіщення про те, що температура в салоні автомобіля перевищує 25°C, як зображено на рисунку 4.10.

Фахівці запевняють, що оптимальна температура в салоні автомобіля вважається 21°C, з розбіжністю в 1-2 градуси. Саме в такому кліматі водій буде найбільш сконцентрований. При нижчих температурах є ризик застудитись, при вищих – швидка втома та зниження концентрації.

Варто зазначити, що датчики можуть відображати некоректні значення з певною похибкою в вимірюваннях. Похибка під час вимірювання температури в салоні автомобіля може відбуватись через неправильне калібрування датчика чи при високому рівню вологості. Висока вологість повітря в салоні може призвести до затуманення сенсору та спотворенню результатів. Для більш точного моніторингу, потрібно слідкувати за всіма умовами, в яких знаходяться датчики, перевіряти правильність та точність їх вимірювання.

Використання підсистеми в цьому випадку сповістило водія про можливо високу температуру в салоні автомобіля та необхідність включити кондиціонер при його наявності, або відчинити вікно та зменшити швидкість, для уникнення аварій та проблем зі здоров'ям.



```
Speed: 68.4071881388702 km/h
Engine temperature: 83.770155668419 C
Cabin temperature: 25.03952530450986 C
Wheel pressures (PEI): [31.903890668549517, 38.186938686755904, 38.072896160832043, 38.74667522881934]
Antifreeze amount: 4.630924247739811 L
Oil amount: 3.1765459624490195 L
Warning: Cabin temperature is above 25C. Fans may be activated.
```

Рисунок 4.10 – Тестування підсистеми сповіщення про високу температуру в салоні автомобіля

Для прикладу 2 також розглянемо встановлення портативного пристрою визначення технічного стану в певний автомобіль. В цьому автомобілі відсутня наявність порту OBD-II, тому пристрій буде працювати згідно першого алгоритму роботи. Аналогічно першому прикладу розмістимо всі наявні сенсори. Під час експлуатації автомобіля розроблювальна підсистема проводить активний моніторинг стану автомобіля та генерує сповіщення про те, що температура двигуна перевищує 110°C, як зображено на рисунку 4.11.

Запевняють, що робочою температурою двигуна вважається діапазон від 90°C до 105°C, в рідких випадках до 110°C. Така висока температура може вказувати на поломку в системі охолодження або погану якість чи відсутність охолоджувальної рідини.

Враховуючи місце, в якому розташований цей датчик, а саме під капотом автомобіля над самим двигуном, є ймовірність отримати результати, які можуть бути спотвореними високими температурами, що випромінюються двигуном. Висока температура двигуна може призвести до перегріву датчика та відображення завищених значень. Також, відображення некоректних значень може бути від дії електромагнітного поля від інших систем безпеки. Тому датчик варто розмістити подалі від прямого тепла та створити бар'єр, щоб зменшити тепловий вплив на датчик.

Використання портативної підсистеми в цьому випадку сповістило водія про високу температуру двигуна, заставивши водія зупинитись на бічній смузі, надати можливість двигуну вистигнути та вияснити проблему високої температури. Ультразвуковий датчик вказує на те, що охолоджувальна рідина в баку є, тому проблема може бути в самій системі охолодження.

```

speed: 77.97940993233816 km/h
Engine temperature: 118.58462352411467 C
Cabin temperature: 22.945422072201983 C
Wheel pressures (PSI): [30.64189535240031, 30.288828005525417, 30.487610389560753, 29.165725020507699]
Antifreeze amount: 4.462582378102953 L
Oil amount: 4.805197320863445 L
Warning: Engine temperature is above 110C. Possible engine overheating or cooling system malfunction.

```

Рисунок 4.11 – Тестування підсистеми сповіщення про високу температуру

Для прикладу 3 розглянемо встановлення портативного пристрою визначення технічного стану в певний автомобіль. Автомобіль не оснащений OBD-II портом, тому пристрій буде працювати згідно першого алгоритму. Аналогічно попереднім прикладам, було розміщено всі наявні сенсори. Під час експлуатації автомобіля в нічний час, водій випадково наїхав на розбите скло, не замітивши цього. Розроблювальна підсистема, яка активно контролювала показники автомобіля згенерувала сповіщення про те, що тиск одного з коліс почав стрімко знижуватись (рисунок 4.12). Різниця між найбільшим та найнижчим показником тиску в колесах становить більше 5 PSI, що вказує на наявність проколу колеса.

Використання портативної системи в цьому випадку сповістила водія про можливий прокол колеса, заставивши водія зупинитись на бічній смузі дороги та перевірити стан коліс. Сповіщення було згенеровано правильно, прокол відбувся в задньому лівому колесі.

```
Speed: 45.15878523424644 km/h
Engine temperature: 80.98089332194428 C
Cabin temperature: 23.498759527473484 C
Wheel pressures (PSI): [38.193439794886995, 28.085408760508415, 25.773972379550496, 32.19981085568172]
Antifreeze amount: 4.684269920838652 L
Oil amount: 4.8947774648794296 L

Warning: Deviation in wheel pressures detected. Possible issue with one of the wheels.
```

Рисунок 4.12 – Тестування сповіщення про можливий прокол колеса автомобіля

Для прикладу 4 розглянемо встановлення портативного пристрою визначення технічного стану в певний автомобіль. Автомобіль має в наявності OBD-II порт для проведення моніторингу та діагностики. Розміщаємо всі наявні сенсори, підключаємо пристрій до OBD-II порту автомобіля за допомогою перехідника. Відбувається завантаження пристрою, після чого водій може вибрати, який тип моніторингу буде виводитись на дисплей: показники будуть зчитуватись з датчиків автомобіля через OBD-II за допомогою CAN-шини, або показники будуть зчитуватись з розміщених раніше власних датчиків.

Також, в водія є можливість не лише спостерігати за показниками технічного стану автомобіля, а й спостерігати помилкові DTC коди та вчасно з ними ознайомлюватись.

Після проведення тестування розроблювального пристрою, було проведено калібрування кожного датчика. Для цього було застосовано особливий підхід до калібрування, щоб забезпечити максимальну точність вимірювання.

Для калібрування датчика температури DHT-22 було зібрано декілька наборів даних з виміром температур при різних умовах експлуатації автомобіля, після чого було визначено середнє значення та середнє відхилення між результатами.

Для калібрування ультразвукового датчика HC-SR04, було проведено декілька вимірів рівня рідини у різних баках та порівняно з їх відомими значеннями. Обчислено приблизну похибку між цими вимірюваннями, яка надалі буде врахована.

Для калібрування датчика тиску BME280, було проведено порівняння отриманих вимірів з точним манометром, враховуючи вплив температури та інших систематичних похибок.

Результати виконання калібрування продемонстровано в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Таблиця отриманих параметрів до та після калібрування

Датчик	Параметр вимірювання	Точність до калібрування	Точність після калібрування
DHT-22	Температура двигуна	$\pm 5^{\circ}\text{C}$	$\pm 1^{\circ}\text{C}$
	Температура в салоні	$\pm 3^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
HC-SR04	Рівень рідини в баку	± 0.5 л	± 0.2 л
BME280	Тиск в колесах	± 0.1 бар	± 0.05 бар

4.4 Вимоги для розробки портативного пристрою

Портативна контрольно-діагностична підсистема визначення технічного стану автомобіля призначена для забезпечення користувачів оперативною та надійною інформацією про різні параметри автомобіля.

Для забезпечення ефективної роботи та задоволення потреб користувачів, було проаналізовано ряд вимог, а результати аналізу занесено в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Аналіз вимог до підсистеми визначення технічного стану автомобіля

Вимоги	Характеристика	Ступінь відповідності
Надійність	Підсистема повинна бути надійною та стабільною, відображати технічний стан автомобіля без відмов та збоїв.	Достатня
Функціональність	Підсистема повинна мати широкий спектр функцій для надійного визначення технічного стану автомобіля	Часткова
Ефективність	Підсистема має працювати швидко та ефективно, забезпечуючи оперативну інформацію про стан автомобіля.	Часткова
Захист даних	Забезпечення захисту конфіденційності та цілісності даних.	Відсутня
Портативність	Підсистема є легкою та компактною, щоб користувач міг легко переносити між автомобілями.	Достатня
Інтеграція	Сумісність з існуючими системами безпеки автомобіля або доповнення їх функціоналу.	Часткова
Моніторинг	Активний постійний моніторинг технічного стану автомобіля та виведення інформації.	Повна

4.5 Висновки

У цьому розділі кваліфікаційної роботи було проаналізовано роботу підсистеми визначення технічного стану автомобіля. В межах даного аналізу, було розроблено та проведено моделювання процесу, пов'язаного з експлуатацією автомобіля та генерацію його параметрів технічного стану за допомогою створеної нейронної мережі для валідації роботи підсистеми.

Було розроблено трирівневу архітектуру підсистеми визначення технічного стану автомобіля, побудовано діаграми варіантів використання, класів та станів. Це дозволило чітко визначити функціональні можливості та взаємозв'язки між компонентами розробленої підсистеми.

Також, було проведено експериментальне тестування розробленої підсистеми, яке дозволило перевірити працездатність та ефективність її роботи. Результати тестування показали, що необхідно провести калібрування деяких компонентів підсистеми з метою підвищення точності вимірювання показників. Після проведення повторного тестування та аналізу результатів, було виявлено підвищення точності вимірювання та надійності у порівнянні з результатами, що демонструвала підсистеми до калібрування.

Додатково, було проведено аналіз вимог до розробки портативного пристрою та визначено, які з вимог були враховані та реалізовані під час розробки. Вимоги включають в себе технічні та функціональні характеристики, які дозволяють забезпечити максимальну зручність та ефективність використання для користувачів.

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної магістерської роботи було проведено глибокий аналіз та дослідження проблеми забезпечення безпеки на дорогах. Було зібрано характеристики різноманітних компонентів та систем безпеки, які можуть використовуватись для підвищення безпеки водія на дорозі. Мета цієї роботи полягає в зменшенні кількості аварій на дорогах через несправність автомобіля шляхом вдосконалення систем визначення технічного стану автомобіля.

У першому розділі було проведено детальний аналіз причин виникнення дорожньо-транспортних пригод. Розглянувши статистику, було ідентифіковано ряд основних факторів, які сприяють виникненню аварій, одним з яких є несправність автомобіля. Було розглянуто існуючі системи безпеки, які є вбудованими в сучасні автомобілі, їх характеристики, виявлено їх позитивні та негативні сторони. Також, було зачеплено характеристики пристроїв, які використовуються для моніторингу показників автомобіля. На основі цього аналізу, було поставлено за мету розробити портативний пристрій з використанням сучасних датчиків, який в режимі реального часу буде контролювати показники автомобіля в реальному часі, та який можна встановити в будь-який автомобіль.

У другому розділі було проведено аналіз математичних моделей, що є одним з основних факторів для визначення технічного стану автомобіля. Додатково було зачеплено загальне поняття про математичні моделі, їх специфікацію. Розглянуто математичні моделі для визначення технічного стану різних систем автомобіля, та запропоновано метод для визначення кількості рідини в баках з використанням ультразвукових датчиків. Проведено вибірку необхідних компонентів для подальшої реалізації підсистеми, розроблено структуру загальної системи безпеки.

У третьому розділі було проведено проєктування підсистеми за допомогою програмного забезпечення Fritzing, в якому детально відображено підключення кожного компонента в одну загальну підсистему, створено принципову схему підсистеми. Розроблено та описано два алгоритма роботи, згідно яких може працювати розроблений пристрій. Перший алгоритм роботи базується на

використанні даних, отриманих з власних датчиків, другий алгоритм – на зчитуванні інформації з OBD-II порту автомобіля. Детально проаналізовано технологію OBD-II та структуру CAN-шини, методи декодування PID та DTC кодів, розроблено блок-схему як приклад декодування DTC помилкових кодів.

У четвертому розділі було проведено моделювання процесу експлуатації автомобіля з генерацією показників технічного стану. Моделювання відбувалося за допомогою створення власної нейронної мережі, яка навчилася розпізнавати норми показників технічного стану на реальних даних. Далі було проведено тестування розробленої підсистеми, яке мало показати ефективність та точність її роботи. Результати тестування вказали на вимушене калібрування датчиків для підвищення точності їх вимірювання. Повторні тести показали підвищення точності вимірювання та надійність роботи підсистеми. Додатково, розроблено трирівневу архітектуру підсистеми, побудовано необхідні діаграми для демонстрації функціональних можливостей та проведено аналіз вимог, які були враховані та реалізовані.

За темою кваліфікаційної роботи магістра опубліковані статті, у яких я брав участь як співавтор (додаток А):

1. T. Novorushchenko, 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)*. 2023. Pp. 1-7.

2. О. Павлова, А. Білінська, А. Головатюк, Я. Бінковський, Д. Мельничук. Automated system for determining speed of cars ahead. *Computer systems and information technologies*. 2023. Pp. 35-39.

3. А. Білінська, Я. Бінковський, А. Головатюк, Д. Мельничук, Т. Говорущенко. Автоматичне виявлення автомобільних порушників за допомогою комп'ютерного зору в рамках кіберфізичної системи запобігання аварійним ситуаціям. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. 2024. №1. С. 176-185.

4. А. Білінська, Я. Бінковський, А. Головатюк, Д. Мельничук, Т. Говорущенко. Аналіз даних для підтримки автоматичного попередження водія для

кіберфізичної системи запобігання аварійним ситуаціям. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія «Технічні науки»*. 2024.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Скільки ДТП із загиблими сталося у 2023 році. URL: <https://glavcom.ua/techno/auto/skilki-dtp-iz-zahibliimi-stalosja-u-2023-rotsi-infohrafika-971914.html> (дата звернення: 15.02.2024).
2. Т. Novorushchenko, 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)*. 2023. Pp. 1-7.
3. О. Павлова, А. Білінська, А. Головатюк, Я. Бінковський, Д. Мельничук. Automated system for determining speed of cars ahead. *Computer systems and information technologies*. 2023. Pp. 35-39.
4. Toyota Safety Sense. URL: <https://www.toyota.ua/discover-toyota/safety> (дата звернення 18.02.2024)
5. Стандартні системи безпеки Volvo Cars URL: <https://www.winnerauto.ua/about/sogodennya/standartni-sistemi-bezpeki-volvo-cars-skorochnut-kilkist-strahovih-zvernen-za-rezultatami-dtp-na-28-/>. (дата звернення: 18.02.2024)
6. Mercedes-Benz S-Class представляє інтелектуальну концепцію безпеки. URL: <https://mercedes-benz-kiev.com/mercedes-benz-s-class-predstavlyaye-intelektualnu-kontsepsiuyu-bezpeky-2046> (дата звернення 18.02.2024)
7. Концепція безпеки Honda Sensing. URL: <https://honda.ua/bezpeka-rukhu/#servis-e1-1083> (дата звернення 18.02.2024)
8. А. Білінська, Я. Бінковський, А. Головатюк, Д. Мельничук, Т. Говорущенко. Аналіз даних для підтримки автоматичного попередження водія для кіберфізичної системи запобігання аварійним ситуаціям. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія «Технічні науки»*. 2024.
9. Hermawan G., Husni E. Acquisition, modeling, and evaluating method of driving behavior based on OBD-II: A literature survey. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. July, 2020. Vol. 879, No. 1.

10. Sarode P. L., Suryawanshi S. D. Analysis of vehicle accidents in a parameter of quantitative study and evaluation of safety parameters. *Materials Today: Proceedings*, 72. 2023. Pp.802-809,
11. Chinonso E. A., Anayo O. H., & Anikwe C. V.. Vehicle Monitoring System based On IOT, Using 4G/LTE. *International Journal of Engineering and Management Research*, 11. 2021
12. E. F. da Silva Neto, A. R. S. Feitosa, George D.C. Cavalcanti, A. G. Silva-filho. Detecting Anomalies in the Engine Coolant Sensor Using One-Class Classifiers. *2019 IEEE 90th Vehicular Technology Conference (VTC2019-Fall)*, м. Honolulu, HI, USA, 2019.
13. Датчик тиску масла: принцип роботи і як перевірити. URL: <https://vkazivka.com/poradu/datchik-tisku-masla-princip-roboti-i-yak-pereviriti.html> (дата звернення 21.02.2024)
14. Aman A., Angriawan R., Amiruddin E. G. Android-Based Car Tire Pressure Monitoring System. *Ceddi Journal of Information System and Technology (JST)*, 2022. Vol. 1, No 1. Pp.7-11.
15. Датчик температури охолоджувальної рідини. URL: <https://avtoad.com.ua/base/daticik-temperaturi-oholodzuucoi-ridini-dtor> (дата звернення: 22.02.2024)
16. Pakhira, M., Shrivastava, R., Mishra, V. K., & Varshney, L. Performance Analysis of Adaptive Cruise Control Using Arduino for Healthcare. In *Machine Learning, Deep Learning, Big Data, and Internet of Things for Healthcare*. Chapman and Hall/CRC. 2022. Pp. 157-168.
17. Dragomir, L. M., & Pantazică, M. Air Quality Monitoring System Inside and Outside a Vehicle. In *2022 IEEE 28th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME)*. October, 2022. Pp. 218-222.
18. Belova T. I., Torikov V. E., Titenok A. V., Shirobokova O. E., Starchenko, E. V.. Increasing the safety of the vehicle driver using the braking distance detectors. *NVEO-NATURAL VOLATILES & ESSENTIAL OILS Journal/ NVEO*, 2021. Pp.7830-7839

19. Solar tire pressure monitoring system operating instructions. URL: <https://www.scribd.com/document/553815970/Manual-TPMS-Leepee-medidor-presion-neumaticos> (дата звернення: 24.02.2024)
20. Matharou G. S., Gupta C., Pradhan, V., Ahlawat T. The design and development of advanced braking system with microcontroller. *ECS Transactions*, 2022. Vol. 107, No 1. P.2883.
21. А. Білінська, Я. Бінковський, А. Головатюк, Д. Мельничук, Т. Говорущенко. Автоматичне виявлення автомобільних порушників за допомогою комп'ютерного зору в рамках кіберфізичної системи запобігання аварійним ситуаціям. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. 2024. №1. С. 176-185.
22. Nasibuan A., Qodri A., Isa M. Temperature monitoring system using arduino uno and smartphone application. *Bulletin of Computer Science and Electrical Engineering*, 2021. Vol. 2, No 2. Pp.46-55.
23. Fényes D., Németh B., Gáspár P. Data-Driven Reachability Analysis for the Reconfiguration of Vehicle Control Systems. *IFAC-PapersOnLine*. 2018. Vol. 51, No. 24. P. 831–836.
24. Hossain M. D., Inoue H., Ochiai H., Fall D., Kadobayashi Y. LSTM-based intrusion detection system for in-vehicle can bus communications. *IEEE Access*, 8, 2020. Pp.185489-185502.
25. Jain A., Sarkar A., Ather D., Raj D. Temperature based automatic fan speed control system using arduino. *Proceedings of the Advancement in Electronics & Communication Engineering*, 2022.
26. Singh R., Gehlot A., Jain V., Malik P. K. Handbook of research on the internet of things applications in robotics and automation. *IGI Global*. 2019.
27. Все що потрібно знати про тиск в шинах. URL: <https://tshina.ua/ua/blog/vse-chto-nuzhno-znat-o-davlenii-v-shinakh/> (дата звернення 19.02.2024)

28. Ультразвуковий датчик відстані Arduino HC SR04. URL: https://wiki.tntu.edu.ua/Ультразвуковий_датчик_відстані_Arduino_HC_SR04 (дата звернення 01.03.2024)
29. Caron, J. The benefits of implementing tire pressure control systems (TPCS) in northwestern Ontario : Doctoral dissertation. 2022.
30. Raspberry Pi Documentation. URL: <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/raspberry-pi.html> (дата звернення 05.03.2024)
31. HC-SR04: Datasheet, Specs, and More. URL: <https://www.electroschematics.com/hc-sr04-datasheet/> (дата звернення: 02.03.2024)
32. Boniface A., Nasir A. Y., Hassan A. M. Arduino based gas leakage and temperature monitoring and control system. *International Journal of Informatics and Communication Technology (IJ-ICT)*. 2020. Vol. 9, №3. Pp. 171 – 178.
33. Humidity sensor BME280. URL: <https://www.bosch-sensortec.com/products/environmental-sensors/humidity-sensors-bme280/> (дата звернення 08.03.2024)
34. Aguiari D., Chou K. S., Tse R., Pau G. Monitoring electric vehicles on the go. In *2022 IEEE 19th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC)*. January, 2022. Pp. 885-888.
35. Srividya K., Ganesh S., Faizal F. M., Nandhu S., Adithya K. S.. AR Based Vehicle Diagnostic Tool. In *2023 Intelligent Computing and Control for Engineering and Business Systems (ICCEBS)*. December, 2023. Pp. 1-6.
36. Ultimate CAN Protocol Guide: Simply Explained [2024]. URL: <https://www.autopi.io/blog/can-bus-explained/> (дата звернення: 23.03.2024).
37. Astuti N. P., Ritzkal R., Hendrawan A. H., Prakosa B. A.. Vehicle security system using short message service (SMS) as a danger warning in motorcycle vehicles. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 2020. Vol. 1, No .6. Pp.224-228.
38. Sabri Y., Siham A., Maizate A.. Internet of things (IoT) based smart vehicle security and safety system. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2021. Vol. 12.

39. Moniaga J. V., Manalu S. R., Hadipurnawan D. A., Sahidi F.. Diagnostics vehicle's condition using OBD-II and Raspberry Pi technology. *Journal of Physics: Conference Series*. 2018. IOP Publishing.
40. Emission Control. URL: <https://www.britannica.com/technology/automobile/Brakes> (дата звернення: 10.03.2024)
41. Nithin B. C., Suresh P., Sharmila S. S.. On-Board Vehicle Fault Monitoring System. *Perspectives in Communication, Embedded-systems and Signal-processing-PiCES*, 2020. Vol.4, No 5. Pp.82-84.
42. Kirthika, V., Vecraraghavatr, A. K.. Design and development of flexible on-board diagnostics and mobile communication for internet of vehicles. *2018 International Conference on Computer, Communication, and Signal Processing (ICCCSP)*. Chennai, 2018. Pp. 1-6.
43. Singh S. K., Singh A. K., Sharma A. OBD-II based Intelligent Vehicular Diagnostic System using IoT. In *ISIC*. February, 2021. Vol. 21.
44. OBD2 Explained – A Simple Intro [2023]. URL: <https://www.csselectronics.com/pages/obd2-explained-simple-intro> (дата звернення: 15.03.2024)
45. Santonicola E., Adinolfi E. A., Coppola S., Pascale F.. Automotive Cybersecurity Application Based on CARDIAN. *Future Internet*, 2023. Vol. 16, No 1.
46. OBD 2 Pinout Explained. URL: <https://www.flexihub.com/oobd2-pinout/> (дата звернення: 27.02.2024)
47. The CAN Bus Protocol Tutorial. URL: <https://www.kvaser.com/can-protocol-tutorial/> (дата звернення: 29.02.2024).
48. A. H. F. A. Hamid, K. W. Chang, R. A. Mohd, M. S. Abdullah. Smart Vehicle Monitoring and Analysis System with IOT Technology. *International Journal of Integrated Engineering*. 2019. Vol. 11, No 4.
49. Rocha D., Teixeira G., Vieira E., Almeida J., Ferreira J. A modular in-vehicle C-ITS architecture for sensor data collection, vehicular communications and cloud connectivity. *Sensors*. 2023. Vol.23, No 3. Pp. 1724.

50. Chen S. H., Wang J. Y., Hsu Y. T., Chen C. H., Chen C. Y. Development of a Vehicle Monitoring System for Low-Emission Zone Application Based on OBD Technology. In *Advances in Smart Vehicular Technology, Transportation, Communication and Applications: Proceeding of the Third International Conference on VTCA, 15–18 October 2019, Arad, Romania*. 2021. Pp. 205-211.
51. Goyal N., Goel V., Anand M., Garg S. Smart vehicle: Online prognosis for vehicle health monitoring. *Journal of Innovation in Computer Science and Engineering*, 2020. Vol.9, No 2. Pp.12-22.
52. Rimpas D., Papadakis A., Samarakou M. OBD-II sensor diagnostics for monitoring vehicle operation and consumption. *Energy Reports*. 2020. Vol. 6. Pp. 55–63.
53. L. C. Reveles-Gómez, C. Barria-Huidobro, R. Solis-Robles. Detection of Pedestrians in Reverse Camera Using Multimodal Convolutional Neural Networks. *Sensors*. 2023. Vol. 23, No. 17. P.7559.
54. Wang Y., Masoud N., Khojandi A. Real-time sensor anomaly detection and recovery in connected automated vehicle sensors. *IEEE transactions on intelligent transportation systems*, 2020. Vol. 22, No 3. Pp.1411-1421.
55. CAN-шина. URL: <https://www.mvwautotechniek.nl/uk/canbus/> (дата звернення 02.03.2024)
56. Goh C.C., Kamarudin L.M., Zakaria A., Kanagaraj E. Real-Time In-Vehicle Air Quality Monitoring System Using Machine Learning Prediction Algorithm. *Sensors*. 2021. Vol. 21, No 15. Pp. 4956.
57. Maalik U., Pirapuraj P. Intelligent Vehicle diagnostic system for service center using OBD-II and Iot. 2021.
58. Anand M., Kumar S. P., Selvi M., SVN S. K., Ram G. D., Kannan A. Deep learning model based IDS for detecting cyber attacks in IoT based smart vehicle network. In *2023 International Conference on Sustainable Computing and Data Communication Systems (ICSCDS), IEEE*. March, 2023. Pp. 281-286.
59. Dixit A., Kumar Chidambaram R., Allam Z. Safety and risk analysis of autonomous vehicles using computer vision and neural networks. *Vehicles*, 2021. Vol. 3, №3. Pp.595-617.

60. Vaszary M., Slovacek A., Zhuang Y., Chang S. Y. Securing tire pressure monitoring system for vehicular privacy. In *2021 IEEE 18th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC), IEEE*. 9-12 January, 2021. Pp. 1-6.
61. Parthasarathy G., Justindhas Y., Soumya T. R., Ramanathan L., AnigoMerjora A. Vehicle Monitoring and Accident Prevention System Using Internet of Things. In *Emerging Trends in Computing and Expert Technology*. 2020. Pp. 1389-1398.
62. Dabarera W. N. S., Jayatilake N. T., Jayathissa R. H. N. S., Weerawardane T. L. Towards an IoT based Vehicle Management System for Vehicle Tracking & Vehicle Diagnostics with OBD2 telem. 2022.
63. Abbi A., Ramakrishnaiah T. Tyre pressure monitoring system. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021. Vol. 1042, No. 1. P. 012024.
64. d'Ambrosio S., Vitolo R. Potential impact of active tire pressure management on fuel consumption reduction in passenger vehicles. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 2019. Vol. 233, No 4. Pp. 961-975.
65. Mandal V., Mussah A. R., Jin P., Adu-Gyamfi Y. Artificial intelligence-enabled traffic monitoring system. *Sustainability*, P.9177.
66. Maltezo M. R. C., Thio-ac A. C., Castillo A. M. C., Gattu L. E., Hernandez C. E. A., Labuan J. J. C., Tolentino L. K. S. Arduino-based battery monitoring system with state of charge and remaining useful time estimation. *International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration*, 2021. Vol. 8, No 76.
67. Singh S. K., Singh A. K. Driving pattern analysis to determine driver behaviors for local authority based on cloud using OBD II. *International journal of electrical and computer engineering systems*, 2022. Vol. 13, No 10. Pp.937-944.
68. Albrektsson J., Åslund J. Road Estimation and Fuel Optimal Control of an Off-Road Vehicle. *3rd International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems, Porto, Portugal, 22–24 April 2017*. 2017.

69. Achmad S., Adinugroho R., Hendrawan N. S., Franklin T. IoT Based Vehicle Safety Controller Using Arduino. *Engineering, Mathematics and Computer Science Journal (EMACS)*, 2023. Vol. 5, No 1. Pp.1-6.
70. Kaur P., Das A., Borah M. P., Dey S. Smart vehicle system using arduino. *ADBU Journal of Electrical and Electronics Engineering (AJEEE)*, 2019. Vol. 3, No 1. Pp.20–25.
71. Widjaja D., Octaviandra M. F. D., Achmad S., Sutoyo R. Important Security Factors for Implementing Internet of Things in Smart Home Systems. *2022 International Conference on Informatics Electrical and Electronics (ICIEE)*. 2022. Pp.1–7.
72. Husni M., Ginardi R. V. H., Gozali K., Rahman R., Indrawanti A. S., Senoaji M. I. Mobile Security Vehicle's based on Internet of Things. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 2021. Vol. 2, No 6, Pp.546–551.
73. A. R. Chougule, K. Suganthi. IoT Based Smart Car Monitoring System. *2018 Tenth International Conference on Advanced Computing (ICoAC)*, Chennai, India, 2018. Pp. 281-285.
74. Pareek G., Vinay M. IoT based prototype for smart vehicle and parking management system. *Indian Journal of Science and Technology*, 2018. Pp.1-8.
75. Ramprasad P., Reddy C. V., Prasad B. S. Digital Fuel Monitoring System For Automobiles. In *2021 Second International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC)*, August, 2021. Pp. 6-10.
76. Babu M. R., Reddy B. P. P., Manisha B., Anusha M., Vaishnavi S. IOT cloud based real time automobile monitoring system. *International Journal of Engineering and Management Research*, 2021. Vol.11, No 3. Pp.102-105.
77. Hapsari A. W., Prastowo H., Pitana T. Real-Time Fuel Consumption Monitoring System Integrated With Internet Of Things (IOT). *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 2021. Vol. 18, No 2, Pp.88-100.
78. Dashora C., Sudhagar P. E., Marietta J. IoT based framework for the detection of vehicle accident. *Cluster Computing*, 2020. Vol. 23, No 2. Pp.1235-1250.

79. Kumar K. P. M. An IOT Based Vehicle Accident Detection and Speed Control. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 2021. Vol.12, No 7. Pp.773-776.

80. Campbell S., O'Mahony N., Krpalcova L., Riordan D., Walsh J., Murphy A., Ryan C. Sensor technology in autonomous vehicles: A review. In *2018 29th Irish Signals and Systems Conference (ISSC)*, June, 2018. Pp.1-4.

ДОДАТОК А
(обов'язковий)

КОПІЇ ОПУБЛІКОВАНИХ НАУКОВИХ СТАТЕЙ

1. T. Novorushchenko, 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). 2023. Pp. 1-7.

2. О. Павлова, А. Білінська, А. Головатюк, Я. Біньковський, Д. Мельничук. Automated system for determining speed of cars ahead. Computer systems and information technologies. 2023. Pp. 35-39.

3. А. Білінська, Я. Біньковський, А. Головатюк, Д. Мельничук, Т. Говорущенко. Автоматичне виявлення автомобільних порушників за допомогою комп'ютерного зору в рамках кіберфізичної системи запобігання аварійним ситуаціям. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2024. №1. С. 176-185.

4. А. Білінська, Я. Біньковський, А. Головатюк, Д. Мельничук, Т. Говорущенко. Аналіз даних для підтримки автоматичного попередження водія для кіберфізичної системи запобігання аварійним ситуаціям. Вісник Хмельницького національного університету. Серія «Технічні науки». 2024.

Road Accident Prevention System

Tetiana Hovorushchenko
Department of Computer Engineering
& Information Systems of Khmelnytskyi
National University
Khmelnytskyi, Ukraine
ht_tymaj@ukr.net

Olya Pavlova
Department of Computer Engineering
& Information Systems of Khmelnytskyi
National University
Khmelnytskyi, Ukraine
olya1607pavlova@gmail.com

Yaroslav Binkovskiy
Department of Computer Engineering
& Information Systems of Khmelnytskyi
National University
Khmelnytskyi, Ukraine
binkovsky22@gmail.com

Ada Bilinska
Department of Computer Engineering
& Information Systems of Khmelnytskyi
National University
Khmelnytskyi, Ukraine
bilinska_ada5@gmail.com

Andrii Holovatiuk
Department of Computer Engineering
& Information Systems of Khmelnytskyi
National University
Khmelnytskyi, Ukraine
holovatiukao@gmail.com

Denys Melnychuk
Department of Computer Engineering
& Information Systems of Khmelnytskyi
National University
Khmelnytskyi, Ukraine
denyska.melnychuk@gmail.com

Abstract—In the modern world, road safety remains a relevant issue as the number of vehicles on the road continues to grow. The alarming statistics of accidents, injuries and fatalities demonstrate the urgent need for effective measures to prevent dangerous situations on the road. This article discusses an advanced system developed to address this issue by combining various subsystems. These include speed detection, safe distance calculation, determination of the speed of the vehicle in front of you, road sign recognition, driver notification, and violation data collection. By integrating these subsystems, the system aims to improve road safety and reduce the risks associated with accidents.

Keywords— road safety, accidents, injuries, fatalities, system, speed detection, safe distance calculation, vehicle speed detection, road sign recognition, driver notification, violation data collection, camera, recognition, fixation.

1. INTRODUCTION

The topic of preventing road accidents is extremely relevant in the modern world. Every year the number of cars on the roads is growing, which leads to more traffic and an increased risk of accidents. According to the World Health Organization, millions of accidents occur on the roads every year, resulting in loss of life, injuries and significant material damage [1]. The system has great potential to reduce accidents and improve road safety. These subsystems help drivers detect and avoid potentially dangerous situations, promote compliance with traffic rules, and provide a timely response to danger [2]. The constant development of technology allows us to improve such systems and make them accessible to a wide range of motorists. Ensuring road safety is a priority for society, as it affects the lives and health of millions of people every day [3-5]. Therefore, the relevance of this topic lies in the need to implement innovative systems that prevent road accidents and improve road safety. This will help to reduce accidents, save lives and health, and reduce material damage associated with road accidents.

The situation on the roads of Ukraine is disappointing and alarming. Every day, the news reports on terrible accidents that result in deaths. The reason for such a critical situation on the roads is often irresponsible drivers who violate traffic rules and endanger their own lives and the lives of other road users [3]. This problem becomes especially acute during the mass vacation period, when the number of road trips and reckless drivers increases.

The data from the Traffic Police Department of the Ministry of Internal Affairs over the past six months shows the terrible reality on Ukraine's roads. More than 12.5 thousand road accidents caused thousands of deaths and more than 15 thousand injuries. Every 21 minutes an accident with victims occurs, and every 2 hours a person dies. These figures are impressive and make us make every effort to change the situation for the better [1].

In order to study and understand the state of accidents on Ukrainian roads, a detailed statistical analysis of data for 2021 was conducted. The results of this analysis were presented in the form of Figure 1, which clearly shows the distribution of accidents caused by drivers and pedestrians. Analysing the chart that shows the accident statistics for 2021, you can see the distribution of accidents caused by drivers and pedestrians. This data is very important for understanding the causes of accidents and developing effective measures to prevent them.

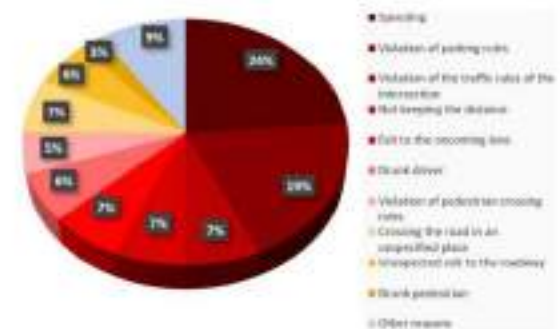


Fig. 1. Pie chart of statistics on the main causes of road accidents

According to the chart, 24% of accidents were caused by speeding, making it one of the most common causes. Violations of manoeuvring rules account for 19%, and violations of intersection rules and failure to maintain distance account for 7%. Additionally, 7% of accidents were caused by driving on the wrong side of the road, 6% by drunk drivers, and 5% by violations of pedestrian crossing rules.

In the case of pedestrians, 7% of accidents were caused by crossing the road in the wrong place, 6% by unexpectedly

entering the roadway, and 3% by drunken pedestrians. In addition, 9% of accidents were caused by other factors.

This diagram emphasizes the need for a road accident prevention system. The introduction of such systems can reduce the number of accidents because they aim to eliminate the factors that lead to accidents. For example, speed monitoring and lane departure warning systems help to avoid accidents related to speeding and manoeuvring violations.

In addition, automatic braking and pedestrian detection systems can help avoid accidents caused by pedestrians unexpectedly entering the roadway.

Implementing accident prevention systems is an important step in improving road safety. They can ensure that potential hazards are responded to more quickly and efficiently, helping to reduce the number of accidents and protect the lives and health of road users.

Therefore, based on this diagram, we can confirm the need to use accident prevention systems to reduce road accidents and save lives.

II. RELATED WORKS

Accident prevention systems may include subsystems such as vehicle speed detection, determination of the safe distance to vehicles ahead, determination of the speed of vehicles ahead, road sign recognition, driver alerts, and a system for collecting information about traffic violations. Therefore, the works of other scientists on this topic were reviewed.

The speed of a car on the road in different systems can be determined using different algorithms. In article [6], the car speed is determined using the method of vector motion interpolation. Modelling in MATLAB showed that the use of interpolation is quite effective, and the minimum error is less than 3%. In [7], the speed is determined by analysing the blurring of a car on a fragment. The system analyses the car in the area of interest and determines the final speed of the car using the droplet tracking method.

Another paper [8] proposes to use a two-stage cascade system for detecting objects on the road based on regression. The system simultaneously uses one-stage object detection methods, which are extremely fast, and two-stage methods, which have a high detection accuracy rate but have limitations in speed. Frame recognition and road sign detection can be performed using colour-based segmentation and detection

using the Hough transform, followed by classification using a capsule neural network [9].

The detection of vehicles with different vehicle characteristics (length/height) can be demonstrated by creating a neural network [10]. Such a system has a low complexity but significant measurement accuracy. Other researchers [11] have presented an innovative approach that uses a convolutional neural network (CNN) and an R-CNN mask to solve the problem of detecting and recognizing road signs.

In [12], the system combines the power of deep learning-based detection with the previous maps used in the IARA automotive platform. It allows recognizing appropriate traffic lights on predefined routes. The process consists of two phases: an offline phase for mapping and annotating traffic lights and an online phase for recognizing and identifying traffic lights while the vehicle is driving.

A vehicle distance measurement system can be developed using two cameras [13]. The distance between cars is calculated using the image of the car's position on the two cameras, the distance between the cameras, and the angle of the cameras' field of view. The paper [14] uses an algorithm that combines convolutional neural network (CNN) with computer vision methods, which allows for recognition on low-power, small-shaped platforms. Such platforms are lightweight, portable, and can be installed on autonomous vehicles in daylight.

Additionally, the authors considered the problem of ensuring security, which can be solved with the help of a smart parking software system [15] that uses car recognition methods. Another article [16] is devoted to this topic, namely the development of a cyber-physical system for smart parking based on Google Cloud Vision computer vision technology and using a model based on a reinforced convolutional neural network to detect free and occupied parking spaces in images, which showed good performance and practical value with an accuracy of 85.4%. Article [17] analyses various methods and tools for creating smart parking lots with evidence of the advantage of the camera-based method, and aims to recognize images for a camera-based smart parking system using convolutional neural networks.

The individual solutions are summarized in Table 1 and the positive and negative aspects of each study are highlighted.

TABLE I. ANALYSIS OF PAPERS THAT PROVIDE THE EMERGENCY PREVENTION SYSTEM TASK SOLUTION

Reference	Year	Algorithm / Model	Advantages	Disadvantages
[6]	2019	Interpolation of motion vectors	Not an expensive system, detects several cars simultaneously, high accuracy, high computing speed.	Using characteristics from the comparison set may make it difficult to recognize real road conditions due to a small error in matching the detection data.
[7]	2019	Blur analysis on a fragment	The system has great development opportunities and low costs.	It is important to properly configure the algorithm parameters and the region of interest, as the information from the comparison dataset may not be sufficient for recognition in real-world conditions.
[8]	2019	Two-step regression-based cascade object detection system	Fast and accurate vehicle detection system. Combining the advantages of two methods, providing better performance.	The need to adjust the parameters and the region of interest. Using information from the comparison dataset may limit the effectiveness of the system in real-world conditions.

[9]	2019	Colour-based segmentation	The use of a capsule neural network, which provides better resistance to spatial deviations and high reliability.	The use of a capsule network may be less fast than other methods, which may be important for real-time applications.
[10]	2019	Scale-insensitive deep convolutional neural network (SNet)	Neural network for fast and accurate detection. Use of context-aware RoI pooling and multi-branch decision network to improve detection.	May require high computing resources and training on large datasets to ensure optimal accuracy.
[11]	2020	CNN and R-CNN mask	Utilizing convolutional neural networks with finite learning for efficient detection.	Challenges with detecting road signs due to similarity to other categories, wide-viewing angles, and obstructions
[12]	2020	Distance measurement with two cameras	High measurement accuracy. Using a stereo camera and simple algorithms for efficient real-time measurement.	Possible limited performance in conditions of limited visibility or unstable weather conditions. Dependence on correct vehicle recognition.

Crash prevention systems in cars have become a necessary component for improving road safety. Rapid technological advances have made it possible to develop solutions that actively intervene to avoid accidents, provide timely information to the driver, and reduce risks on the road.

Toyota Safety Sense (TSS) – is a safety package that includes a variety of features to help prevent accidents. These features include automatic emergency braking, pedestrian detection, and driver attention monitoring. TSS detects obstacles in the vehicle's path and provides warning or active intervention to avoid potential accidents [18]. A safety package that includes a variety of functions to prevent accidents. Among these functions are automatic emergency braking, pedestrian recognition, and driver attention monitoring. TSS detects obstacles in the vehicle's path and provides warning or active intervention to avoid potential accidents [18].

Volvo City Safety – it uses radars and cameras to detect cars, pedestrians, and cyclists on the road. This system provides automatic emergency braking, which is triggered if a possible collision is detected, as well as a collision warning system and a traffic sign recognition system. Volvo City Safety helps to ensure safety and avoid accidents on the road [19].

Mercedes-Benz PRE-SAFE – the system anticipates possible emergencies and warns the driver, as well as takes measures to reduce risks. This system includes automatic braking, driver attention monitoring, stability control and other safety functions. Mercedes-Benz PRE-SAFE reacts to potential dangers and actively intervenes to prevent accidents and ensure passenger safety [20].

Honda Sensing – the system includes various functions such as automatic emergency braking, road sign recognition, and lane departure warning. This system helps drivers avoid collisions and improves overall road safety [21].

BMW Active Protection – the system incorporates a number of technologies, including a driver attention monitoring system, a lane departure warning system, automatic emergency braking, and a passenger protection system in the event of an accident. It recognizes potential hazards and actively intervenes to prevent accidents and ensure safety [22].

As part of the development of this project, we also reviewed and compared existing solutions on the market. Table 2 provides an overview of different crash prevention systems from different automakers, including Toyota Safety Sense, Volvo City Safety, Mercedes-Benz PRE-SAFE, Honda Sensing, and BMW Active Protection. Each system has its own unique features and capabilities aimed at improving road safety.

In general, these accident prevention systems are highly effective and improve road safety by actively intervening and informing the driver of potential dangers. Each system has its own characteristics, and the choice of a particular system depends on the driver's needs and preferences.

The main disadvantage of these systems is that they are built into cars by manufacturers. Therefore, it was decided to make the system portable so that it could be installed in any car.

TABLE II ANALYSIS OF EXISTING SYSTEMS ON THE MARKET

Safety system	Toyota Safety Sense	Volvo City Safety	Mercedes-Benz PRE-SAFE	Honda Sensing	BMW Active Protection
Automatic emergency braking	High	High	High	High	High
Pedestrian recognition	Yes	Yes	Yes	No	No
Driver attention control system	High	High	High	High	High
Collision warning system	High	High	High	Medium	Medium
Traffic sign recognition system	No	Yes	Yes	No	No
Stability control	High	High	High	Medium	High
Lane departure warning system	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Reaction to potential hazards	High	High	High	Medium	High
Occupant protection in the event of an accident	No	No	Yes	No	Yes

III. METHOD AND SYSTEM OF PREVENTING ROAD ACCIDENTS

During the project development, the system was decomposed. The system should consist of the following subsystems:

1. Determining the speed of the vehicle in which the system is installed;
2. Determining the safe distance to the vehicles in front;
3. Determination of the speed of the cars in front of you;
4. Recognition of road signs;
5. Driver alerts;
6. A system for collecting information about a vehicle that violates traffic rules.

The method of operation of the emergency prevention system can be as follows:

1. Determine the speed of the vehicle in which the system is installed:
 - a. The vehicle speed detection subsystem is used based on the calculation of the time and distance between the previous positions of the vehicle.
 - b. The time elapsed between two positions of the vehicle is measured.
 - c. The speed is calculated based on the distance and time travelled.
2. Determining the speed of the car in front of you:
 - a. A subsystem for detecting the speed of cars in front of you is used based on the analysis of the displacement of their positions in the image.
 - b. The time elapsed between the two positions of the car in front is measured.
 - c. The speed is calculated based on the known distance, time and speed of the user's car.
3. Determine the safe distance to the vehicle in front of you:
 - a. A subsystem for detecting a safe distance between cars is used based on the analysis of the distance between them in the image.
 - b. Computer vision techniques, such as object detection and image processing, are used to detect vehicles and measure the distance between them.
 - c. The measured distance is compared to a certain safe distance threshold. If the distance is less than the threshold, the distance is considered unsafe.
4. Recognize road signs and traffic light colors:
 - a. The subsystem for detecting and recognizing road signs based on image processing is used.
 - b. Computer vision and machine learning techniques are used to detect and classify road signs in images.
 - c. Recognized signs are analyzed to determine their meaning and instructions.
5. Driver alerts:
 - a. If the system detects a dangerous situation, such as failure to maintain a safe distance or recognizes a specific road sign, the driver is notified.

- b. The warning can be realized by means of audible signals, visual indicators on the dashboard or a message system.
6. A subsystem for collecting information about a vehicle that violates traffic rules:
 - a. If the system detects a vehicle that violates traffic rules, such as speeding or running a red light, it can collect information about that vehicle.
 - b. Information, such as the license plate number or an image of the vehicle, may be captured for later use, such as to share information with law enforcement.

All of the above subsystems and the relationships between them were depicted in a decomposition diagram (Figure 2).

The following algorithm is used to determine the safe distance to the cars ahead.

The first step is to add a cascade classifier file (cascadeSource) to the project and specify the path to the video footage (videoSource). Based on the cascade classifier file, a cascade classifier for car recognition is created (carCascade). A video stream is created from a link to video materials (capture). The following frame (img) is looped from the video stream, blurred and converted to black and white color space (gray).

The next step is to recognize cars in the black-and-white frame using a cascade classifier. The list of detected cars is written to the "cars" variable. After that, for each detected car, its coordinates (x, y, w, h) are determined, based on which the distance to them from the user's car is calculated. Also at this stage, each car is assigned its own serial number. The results of the calculations are used to visualize the safety distance for the driver.

The algorithm for determining the safe distance to the cars ahead is shown in the parametric diagram (Figure 3).

The Haar cascade classifier is a machine learning algorithm used to detect objects in images using Haar features. These features include a set of rectangular regions with variable sizes and relative pixel intensities [24].

To calculate the value of a particular Haar feature for any image, you need to add the brightnesses of the image pixels in the first and second groups of rectangular areas separately, and then subtract the second from the first sum. The resulting difference is the value of a specific Haar feature for a given image.

The cascade classifier uses several stages, each with its own tree classifier, to sequentially filter out negative areas and identify the areas containing the object. Properly trained, the Haar cascade is very fast and has good robustness to various kinds of outliers. This method was originally developed for face recognition, but it can also be used to detect other objects.

In this subsystem, the file contains a description of a cascade classifier that has been trained on a certain dataset to detect cars. It contains information about the cascade structure (stages and trees), as well as parameters (thresholds, left and right branch values) for each classifier tree. These parameters are used to decide whether a car is present in each individual frame of the video [25].

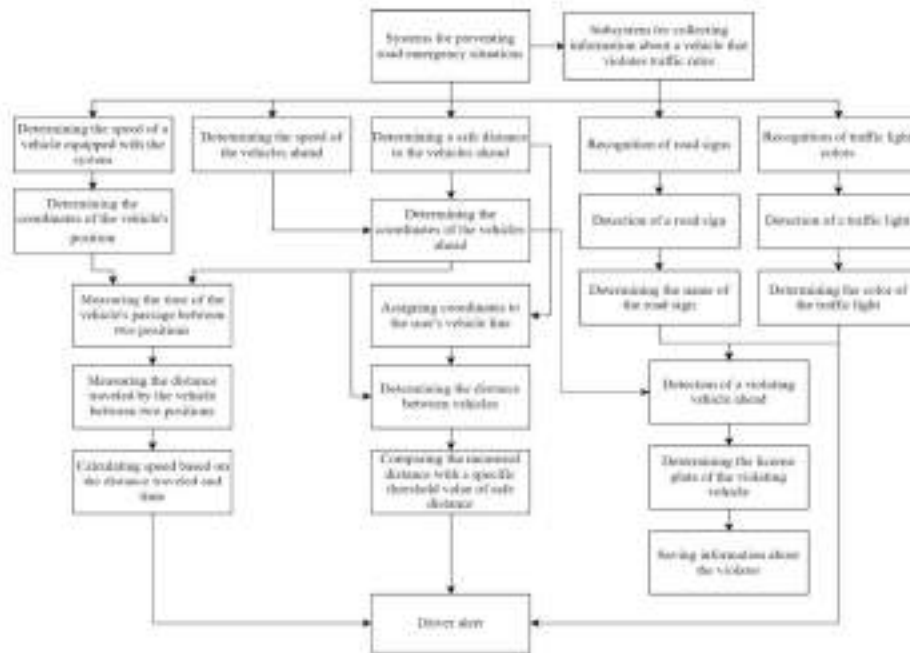


Fig. 2. System decomposition diagram

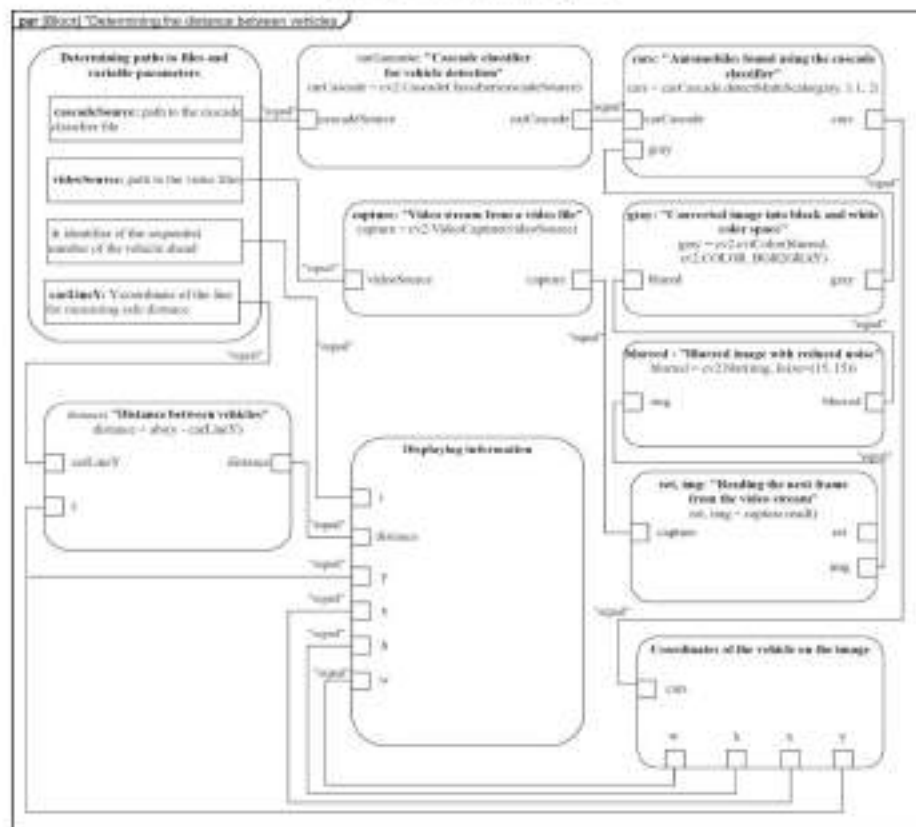


Fig. 3. Parametric diagram for calculating the distance between cars

When using the Haar cascade classifier, it is loaded using `cv2.CascadeClassifier(cascadeSource)`. Next, the stages of car recognition are performed, as shown in Figure 4.



Fig. 4. Stages of car recognition in a photo: a) Reading a frame from a video stream b) Image blurring and noise reduction c) Converting the image to black and white d) Detected car

To read the next frame from the video stream, use the `ret` function, `img = cap.read` (Figure 4(a)). Then, the image is blurred and shimmer is reduced using the function `blurred = cv2.blur(img, ksize=(15, 15))` (Figure 4(b)). The image is also converted to black and white color space (Figure 4(c)). Next, the `carCascade.detectMultiScale` function is executed on each frame of the video, which uses a cascade classifier to detect cars (Figure 4(d)). Using the result of this detection, the cars are processed and the distance between them and the Y coordinate of the user's car line is calculated. Thus, the cascade classifier file acts as a trained classifier that determines how to detect cars in the video and recognize them.

IV. EXPERIMENTS AND RESULTS

For the experiment, we took a video recording from a car's dashcam, downloaded from the YouTube platform [26]. According to previous studies, the subsystem should determine whether the distance between cars is safe. We considered different scenarios of car location affected by the speed of the user's car (Figure 5).

In the first case, the user's car is moving at a speed of 120 km/h, and the distance between cars should be at least 67 meters. In the second scenario, the car is traveling at 80 km/h, and the distance between the cars should be at least 45 meters. In the third case, the car is traveling at a speed of 40 km/h, and the distance between them should be at least 23 meters.

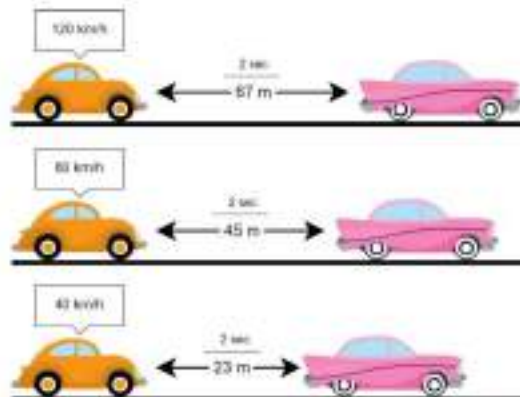


Fig. 5. Approximate distance between cars according to traffic rules

During the experiment, an example of a situation where the car in front is moving at a safe distance was recorded, as shown in Figure 6. And also, an example of a situation with an unsafe distance (Figure 7).

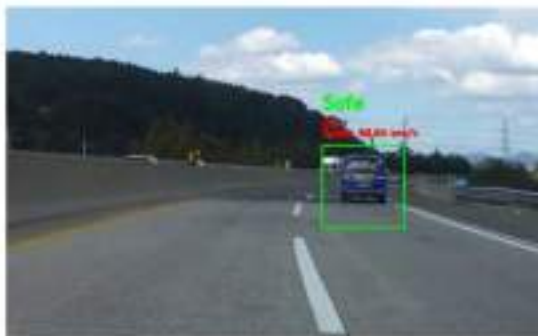


Fig. 6. Example of system operation at a safe distance

As part of our research on this topic, we developed software that processes the video stream from a camera installed in a car. It uses computer vision algorithms to recognize cars moving ahead of the car with the installed system. The following steps are taken for the detected cars:

- sets the serial number for the found car;
- the distance to the car is determined;
- the time of passing through points A and B (set beforehand) is calculated;
- based on the time and distance, the vehicle speed is calculated;
- based on the speed and distance, calculates whether the distance to the vehicle is safe;
- display the serial number of the vehicle (Car number);
- display the vehicle speed (Speed);
- display the Safe or Unsafe parameter of the distance to the vehicle in the appropriate colour;
- displaying a square around the detected vehicle in the corresponding colour according to the safety.



Fig. 7. Example of system operation at a dangerous distance

Also, if the distance to the car in front of you is too close, the user will be informed about it by a special signal. This signal should not be loud and harsh so as not to distract the driver from the road. Instead, the signal should be clearly audible and easily distinguishable from other signals. It is assumed that after hearing this signal, the user will be more vigilant to the situation on the road and pay extra attention to the "dangerous" car. This will make it possible to increase the distance to it and, if necessary, make appropriate manoeuvres.

V. CONCLUSIONS

In this article, we have reviewed the road accident prevention system, its relevance and the research of other scholars on road safety. Given the above facts and research, it can be concluded that this system is an extremely significant step in improving road safety. The integration of subsystems for speed detection, safe distance, road sign recognition, driver alerts, and information collection on rule violators allows the system to adapt to changing road conditions and respond in a timely manner to ensure maximum safety.

However, it is important to note that the system cannot replace the driver's responsibility and attention. The purpose of the system is to help and support drivers, but the driving remains in their hands. During testing, the system was found to be quite fast and accurate in use. It is capable of recognizing, analysing, and informing the driver at a high speed, which will increase the time for the user to make decisions based on the information collected.

While working on the system, we also reviewed more than a dozen works by other scholars. We also analysed the methods used by the researchers in these works, their advantages and disadvantages. Additionally, the pros and cons of solutions already on the market, such as Toyota Safety Sense, Volvo City Safety, Mercedes-Benz PRE-SAFE, Honda Sensing, and BMW Active Protection, were considered. Based on these studies, adjustments were made to the road accident prevention system.

In the future, it is planned to expand the system's functionality, which will further increase its usefulness. A number of additional tests will also be conducted to correct previously unnoticed errors and increase the system's reliability.

REFERENCES

- [1] Statistics on Road accidents (accessed July 15, 2023) URL: <https://rsgo.kiev.ua/post/logvna5x1-strahna-statistika-avarij>.
- [2] Car accident statistics for 2023 (accessed July 28, 2023) URL: <https://www.forbes.com/advisor/legal/car-accident-statistics/>.
- [3] Patrol police of Ukraine. Statistics (accessed July 28, 2023) URL: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/>.
- [4] Quantity of road accidents in Ukraine. OpenDataBot (accessed July 28, 2023) URL: <https://stopline.media/461735-kilko-rt-dp-v-ukraini-mostuo-opendatobot/>.
- [5] The statistics are positive: The police reported on the number of road accidents in 2022 (accessed July 28, 2023) URL: <https://www.rbc.ua/rus/news/statistika-e-positivna-ovu-politsiyi-prov-na-ali-1676036106.html>.
- [6] J. K. Josephine Julina, T. Sree Sharmila and S. J. Gladwin. "Vehicle Speed Detection System using Motion Vector Interpolation," 2019 Global Conference for Advancement in Technology (GCAT), Bangalore, India, 2019, pp. 1-5. doi: 10.1109/GCAT47503.2019.8978375.
- [7] A. Toumani, A. Shabbahani, A. Akouhidi, S. Khazrou, C. Y. Suan. "Motion-based vehicle speed measurement for intelligent transportation systems." *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing*, 2019, pp. 42-44.
- [8] X. Dai. "HybridNet: A fast vehicle detection system for autonomous driving." *Signal Processing: Image Communication*, 2019, pp. 79-88.
- [9] M. H. Keeshi. "Computer vision based traffic sign sensing for smart transport." *Journal of Innovative Image Processing*, 2019, pp. 11-19.
- [10] X. Hu, X. Xu, Y. Xiao, H. Chen, S. He, J. Qin, P. A. Heng. "SINet: A Scale-Invariant Convolutional Neural Network for Fast Vehicle Detection," in *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2018, vol. 20, no. 3, pp. 1010-1015. doi: 10.1109/ITIS.2018.2838132.
- [11] D. Tobeniak and D. Skočaj. "Deep Learning for Large-Scale Traffic-Sign Detection and Recognition," in *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2020, vol. 21, no. 4, pp. 1427-1429. doi: 10.1109/ITIS.2019.2913588.
- [12] L. C. Possath, R. Guidolini, V. B. Cardoso, R. F. Berrid, T. M. Paixão, C. Balde, T. Oliveira-Santos. "Traffic light recognition using deep learning and prior maps for autonomous cars." In 2019 international joint conference on neural networks (IJCNN), 2019, pp. 1-4. doi: 10.1109/IJCNN.2019.8851927.
- [13] A. Zazrane, I. Slimani, W. Al Okasha, I. Atoui, A. Hamdoun. "Distance measurement system for autonomous vehicles using stereo camera." *Army*, 2020, pp. 1-3.
- [14] G. Gokavranoglu, I. Martinez-Alfaro, Q. Wang, J. M. Alcaraz-Calero. "Robust real-time traffic light detector on small-form platform for autonomous vehicles." *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 2023, pp. 1-4. doi: 10.1080/15472450.2023.2205018.
- [15] T. Hovorushchenko, O. Pavlova, and M. Kostuk. "Method of Increasing the Security of Smart Parking System", *JCSANDM*, vol. 12, no. 03, pp. 297-314.
- [16] P. Radzik, O. Pavlova, II. El Boudissi, V. Avsyrych, V. Kovalenko. "Convolutional neural network for parking slots detection," 2022, pp. 1-3.
- [17] O. Pavlova, V. Kovalenko, T. Hovorushchenko, V. Avsyrych. "Neural network based image recognition method for smart parking," 2021, pp. 49-51.
- [18] Toyota Safety Sense(TSS) (accessed July 16, 2023) URL: <https://www.toyota.ua/discover-toyota/safety>.
- [19] Standard security systems Volvo Cars (accessed July 16, 2023) URL: <https://www.winnerrauto.ua/about/sogodennya/standartni-sistemi-bezpeki-volvo-cars-skorochut-kilko-strahovih-zvenen-zo-vezlannami-dtp-na-28/>.
- [20] The Mercedes-Benz S-Class presents an intelligent safety concept (accessed July 16, 2023) URL: <https://mercedes-benz-kiev.com/mercedes-benz-s-class-predstavlyaye-intelektualni-konceptsiyu-bezpeky-2016/>.
- [21] Honda Sensing Safety Concept (accessed July 16, 2023) URL: <https://honda.ua/bezpeka-rukhu/servis-cl-1083>.
- [22] What Is Active Protection In Your BMW? (accessed July 16, 2023) URL: <https://www.scharrers.com/what-is-active-protection-in-your-bmw/>.
- [23] L. Zhang, J. Wang, Z. An. "Vehicle recognition algorithm based on Haar-like features and improved Adaboost classifier" in *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 2023, vol. 14, no.3, pp. 807-810.
- [24] T. R. Tamim, S. Alam, A. Asmi. "An Enhancement in Accuracy of Vehicle Detection in Parking Areas Employing Haar-Like Features and AdaBoost Algorithm" in *Proglad Elektrotechnicy*, 2021, vol. 97, no. 9.
- [25] A. Luo, F. An, X. Zhang, H. J. Mattarshi. "A hardware-efficient recognition accelerator using Haar-like feature and SVM classifier" in *IEEE Access*, 2019, pp. 14472-14487.

<https://doi.org/10.31893/csiit.2023.3-4>

UDC 004.89: 004.3

Olga PAVLOVA, Ada BILINSKA, Andrii HOLOVATIUK,
Yaroslav BINKOVSKYI, Denys MELNYCHUK
Klimentyivskiy National University**AUTOMATED SYSTEM FOR DETERMINING SPEED OF CARS AHEAD**

Road accidents and speeding violations are pervasive issues that pose substantial threats to road users on a daily basis. In an ongoing effort to improve road safety and reduce the frequency of accidents, researchers and engineers have been dedicated to the development and implementation of new technologies. One such significant innovation is the utilization of speed control systems based on traffic cameras.

This paper delves into a thorough exploration of the pivotal role and significance of speed control systems on our roadways. It investigates the operational principles, advantages, and various strategies employed to enhance the efficiency of these systems, with the ultimate goal of achieving optimal results in speed control and ensuring road safety. Speeding remains a widespread concern that significantly contributes to road accidents. Such incidents lead to injuries, fatalities, and extensive property damage, underscoring the urgent need for effective speed control measures. Among the arsenal of solutions available, speed control systems utilizing traffic cameras have emerged as a prominent and promising approach. These systems function by monitoring and recording the speed of vehicles at specific locations, which is later used to enforce speed limits and penalize offenders. The advantages of speed control systems based on traffic cameras are multifaceted. They offer an objective and reliable method for detecting and documenting speeding violations, eliminating the need for law enforcement personnel to be present at all times. This aspect not only frees up law enforcement resources but also ensures consistent and unbiased enforcement of speed limits. Additionally, the data collected by these systems can serve as a valuable resource for traffic management, accident analysis, and road safety research.

Keywords: speed control system, traffic camera, road safety, speeding, road accidents.

Ольга ПАВЛОВА, Ада БІЛІНСЬКА, Андрій ГОЛОВАТЮК,
Ярослав БІНЬКОВСЬКИЙ, Денис МЕЛЬНИЧУК
Кліментівський національний університет**АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ АВТОМОБІЛІВ, ЩО
РУХАЮТЬСЯ ПОПЕРЕДУ**

Дорожньо-транспортні пригоди та порушення швидкісного режиму є поширеними проблемами, які щодня становлять серйозну загрозу для учасників дорожнього руху. У постійній зусиллях щодо покращення безпеки дорожнього руху та зменшення частоти аварій дослідники та інженери прагнуть собі розробити та впровадити нових технологій. Одним із таких важливих нововведень є використання систем контролю швидкості на основі камер руху.

Ця стаття детально досліджує ключову роль і значення систем контролю швидкості на наших дорогах. Він досліджує принципи роботи, переваги та різні стратегії, що використовуються для підвищення ефективності цих систем, з кінцевою метою досягнення оптимальних результатів у контролі швидкості та забезпеченні безпеки дорожнього руху. Порушення швидкості залишається широко поширеною проблемою, яка значною мірою сприяє дорожньо-транспортним пригодам. Такі інциденти призводять до травм, смертельної втрати життя і значної матеріальної шкоди, що підкреслює нагальну потребу в ефективних заходах контролю швидкості. Серед арсеналу доступних рішень системи контролю швидкості, які використовують камери дорожнього руху, стали видатним і багатобачним підходом. Ці системи функціонують шляхом моніторингу та реєстрації швидкості транспортних засобів у певних місцях, що згодом використовується для дотримання обмежень швидкості та покарання порушників. Переваги систем контролю швидкості на основі відеокамер багатогранні. Вони пропонують об'єктивний і надійний метод виявлення та документування порушень швидкісного режиму, усуваючи необхідність постійної присутності правоохоронних органів. Цей аспект не тільки звільняє ресурси правоохоронних органів, але й забезпечує послідовне та неупереджене дотримання обмежень швидкості. Крім того, дані, зібрані цими системами, можуть служити цінним ресурсом для управління дорожнім рухом, аналізу аварій і дослідження безпеки дорожнього руху.

Ключові слова: система контролю швидкості, камера дорожнього руху, безпека дорожнього руху, порушення швидкості, дорожні пригоди.

Introduction

On the modern roads, where road transport has become an integral part of life, ensuring the safety of all road users is one of the key tasks for states and bodies responsible for road traffic. Given the growing number of motor vehicles, it is necessary to constantly develop and implement new technologies that contribute to reducing the risk of traffic accidents and violations of traffic rules [1].

One of the promising solutions for controlling compliance with the speed limit on roads is the use of traffic camera systems. These systems, based on advanced technologies, provide effective traffic monitoring and detect violations such as speeding, which are certainly one of the most common causes of road accidents [2].

A continued focus on road safety is an important task, and effective speed control systems play an important role in achieving this goal. The use of advanced technologies and systems that allow accurate measurement of the speed of vehicles reduces the risk of accidents and contributes to the improvement of road discipline.

Domain analysis

Road speed is an important aspect of road safety, but the lives and safety of thousands of people are put at risk every day because of the unconscious attitude of some drivers to this aspect. Speeding is one of the most common and dangerous causes of road accidents, which leads to serious and tragic consequences for road users. [3].

According to the collected statistics (2011 - 2021), at least 25 percent of the total number of deaths and 10 percent of people injured in road accidents are due to speeding incidents. These statistics are detailed in Table 1 [4-5].

The data from the table were structured and displayed in the form of two diagrams in Figures 1 and 2 [5]. According to the charts presented about the number of people killed and injured in the world from 2011 to 2021 due to speeding, excessive speed has quite serious consequences. During the last decade, the number of people killed due to speeding has increased by 23% - from 10,001 people in 2011 to 12,330 people in 2021. In general, during the studied period, the loss of life due to speeding is approximately 29% of the total number of road accident fatalities, and the number of injured persons was also 13%. These are very alarming indicators that require immediate attention and action.

Table 1

Killed and injured people due to speeding in 2011-2021

Year	Number	Percent	Total	Number	Percent	Total
Killed			Injured			
2011	10 001	31	32 479	459 776	21	2 227 209
2012	10 329	31	33 782	502 846	21	2 369 083
2013	9 696	29	32 893	383 137	17	2 318 992
2014	9 283	28	32 744	339 189	14	2 342 621
2015	9 723	27	35 484	348 16	14	2 454 778
2016	10 291	27	37 806	376 914	12	3 061 885
2017	9 947	27	37 473	361 95	13	2 745 268
2018	9 579	26	36 835	358 924	13	2 710 059
2019	9 592	26	36 355	326 554	12	2 740 141
2020	11 258	29	38 824	308 013	13	2 282 015
2021	12 330	29	42 939	328 946	13	2 497 657

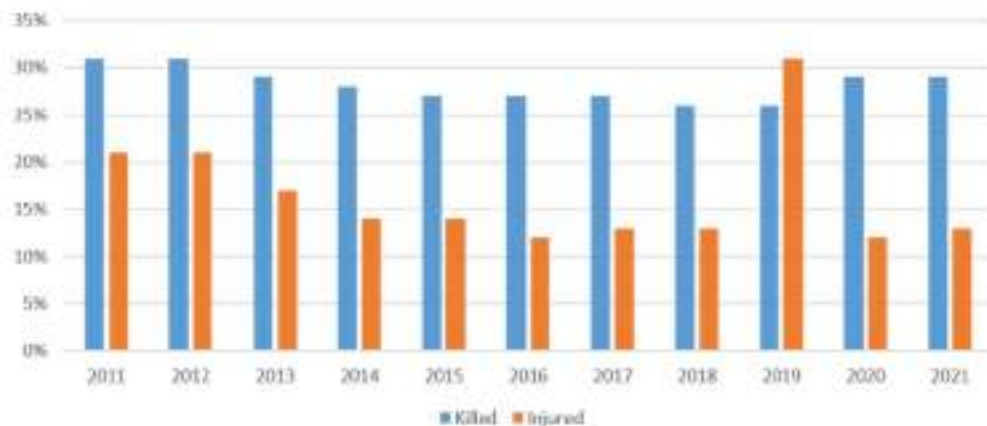


Fig. 1. Percentage representation of killed and injured people due to speeding in 2011-2021

Table 2

Comparison of already existing solutions for speeding control

Characteristic	State speeding video recording systems	Dashcam	Speedometer PRO
Principle of the operation	Video recording of traffic violations using cameras installed on the roads	Video recording of traffic violations using cameras installed in the car	Tracking car speed using GPS
Accessibility	Available in all regions of Ukraine	Available for both - iOS and Android-based devices	Available for both - iOS and Android-based devices
Functionality	Tracking speeding, recording traffic violations, photographing traffic violations	Tracking speeding, recording traffic violations, photographing traffic violations, video recording	Speed tracking, speeding capture
Resource consumption	High	Medium	Low
Video quality	resolution up to 720p, frame rate up to 30 fps	resolution up to 1080p, frame rate up to 30 fps	Information is unavailable
Resource management	Automatic	Manual	Automatic
Advantages	High accuracy, the possibility of bringing violators to justice	High accuracy, the possibility of bringing violators to justice, the possibility of recording violations of traffic rules on roads where there are no cameras	High accuracy, the ability to control the speed of the car
Disadvantages	The cost of cameras installing	The cost of cameras installing	Impossibility of traffic rules violations recording
General impression	A successful system that helps make Ukrainian roads safer	A successful system that helps make Ukrainian roads safer	A successful system that helps drivers to control the car speed

Based on the comparison of existing systems, the authors propose to develop their own device, which will combine various functions from these systems, to increase safety and comfort on the road. Combining the features of existing driver assistance systems, our device will determine the speed of the vehicle in which the system is located, determine the speed of the vehicle ahead, collect information about cars violating traffic rules and take specific measures to punish offenders and keep other drivers on the road safe.

The operation of automated system for determining speed of cars ahead

The system for determining the speed of the car in front can work as a separate link or as part of another system. As a separate component of the system, it increases vehicle safety by providing the driver with information about the speed of vehicles moving in front of him. This information helps the driver to respond in time to changes in the speed of other cars and ensures safer driving.

The system works according to the following algorithm: when the car engine is turned on, this system is turned on together with it. The first step is to find the cars ahead. At this stage, cars are recognized using the Gaur classifier method. The search is conducted until at least one vehicle is found. When a car is found, the system determines its coordinates and assigns an index (serial number) to it. For a given car, the distance traveled in a certain period of time is calculated and, based on this, its speed is calculated.

The next step is to track the detected car and its speed. This stage works while he is in the camera's field of view. If the car begins to brake and is at a short distance from the car in which the system is installed, the user will be notified of this by a special sound signal played from the speaker. This will focus the driver's attention on the situation on the road and give additional time to prevent a possible accident.

Also, when following a car, it may happen that it exceeds the permitted speed. In this case, the system will collect data about the violator and save it in the storage. At the same time, the user will have the opportunity to inform the law enforcement authorities about this event.

Every time the system identifies a new car, this algorithm is restarted. It is also provided for the simultaneous operation of the algorithm when recognizing more than one car.

The graphic representation of the abovementioned algorithm is presented in Figure 3.

For a detailed introduction to the operation of the car speed detection system, a parametric diagram was created (Figure 4). After recognizing the car in front, with the help of a cascade classifier, the coordinates of the car in the image are determined [11]. An integral step will be to determine the Y coordinate of the center of the car, to compare with the Y coordinates of lines A and B to determine the speed of the car. You also need to determine the time of crossing lines A and B, which will help determine the time the car travels the distance between them. The speed of the car will be calculated using the determined parameter of the distance between the lines and the passing time.

Experiments and directions of further work

Using the speed control system in a car is a key component of safe road operation and reducing road accidents. This system helps drivers maintain a safe speed and a safe distance from the vehicle in front by providing timely warning of dangerous distance, speeding or sudden braking.

Such speed control systems are becoming increasingly popular in the automotive industry as they demonstrate their effectiveness in preventing accidents and reducing injuries. They help drivers to become more attentive and responsible road users, and also contribute to the preservation of life and health of everyone on the roads [6]. The application of speed control systems is an important step towards achieving a safer and more stable road traffic, which is important for humanity.

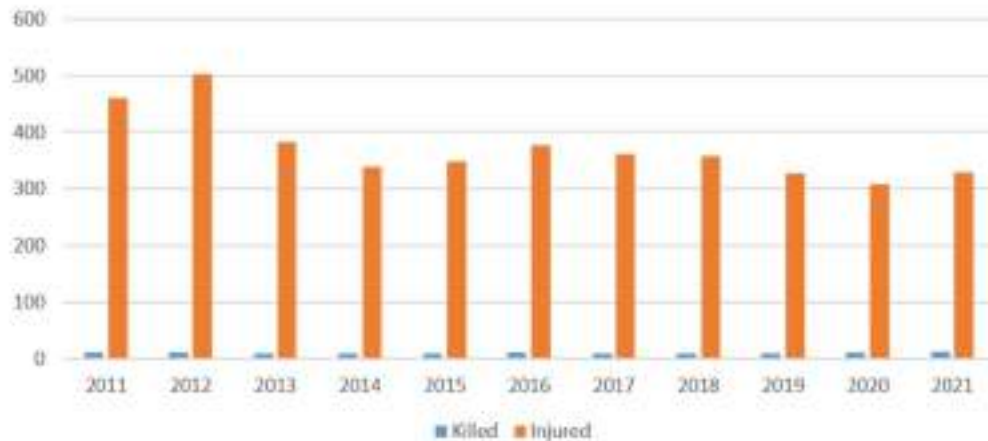


Fig.2. Quantitative representation of killed and injured people due to speeding in 2011-2021

Analysis of existing solutions and technologies

Preventing road accidents and ensuring road safety is a priority for every driver. In this regard, within the framework of the development and improvement of vehicle safety systems, great attention is paid to ready-made solutions that are available on the market. Modern technological progress offers us a variety of systems that help monitor compliance with speed limits, record traffic situations and ensure the preservation of video with the prospect of use as evidence [7].

Overview of the ready-made systems will allow to understand their advantages and make a significant contribution to improving road safety and reducing the risk of road accidents:

1. State speeding video recording system

State speeding video recording systems, located on roads and highways, work on the basis of special cameras and sensors that record the movement of vehicles. Cameras can be placed on stationary posts or mobile devices. When a vehicle exceeds the set speed, the system automatically registers its license plate and time, and then generates a special ticket, which is sent to the owner of the vehicle by mail or email. The owner of the vehicle receives a notification of the violation and instructions to pay the fine. These systems help monitor compliance with speed limits on roads and ensure the safety of road users [8].

2. Dashcam - an application for recording traffic violations

Dashcam is an application that provides video from the car camera recording and stores it in the cloud. The application allows you to view recorded videos, download them to your computer or phone, and share them with others. To use Dashcam, you must first install the app on your phone or tablet. After installation, you need to create an account and connect the car camera to the application. After that, you can start recording the video. Dashcam allows you to record videos in Full HD (1080p) or HD (720p) quality. The app also allows you to adjust recording parameters such as video duration, resolution, and frame rate [9].

3. Speedometer Pro

Speedometer Pro is a mobile application that provides car speed tracking. The app is available for iOS and Android devices and displays the current speed, maximum speed, average speed, distance traveled and driving time. It is possible to view the history of tracking your own speed over a certain period of time [10].

After researching the available driver assistance systems and conducting the analysis, we can proceed to an in-depth comparison of these solutions. This process will allow us to uncover the unique characteristics of such systems, identify key benefits, and consider potential limitations. A comparison of the characteristics of the considered systems is presented in Table 2.

During the development of the speed detection subsystem, it was decided to conduct testing on video footage from a traffic camera.

During the experiments, it was found that for a more accurate measurement of the speed, it is necessary to reduce the resolution of the video stream. This will reduce the load on the microcontroller and allow more accurate determination of the car's position.

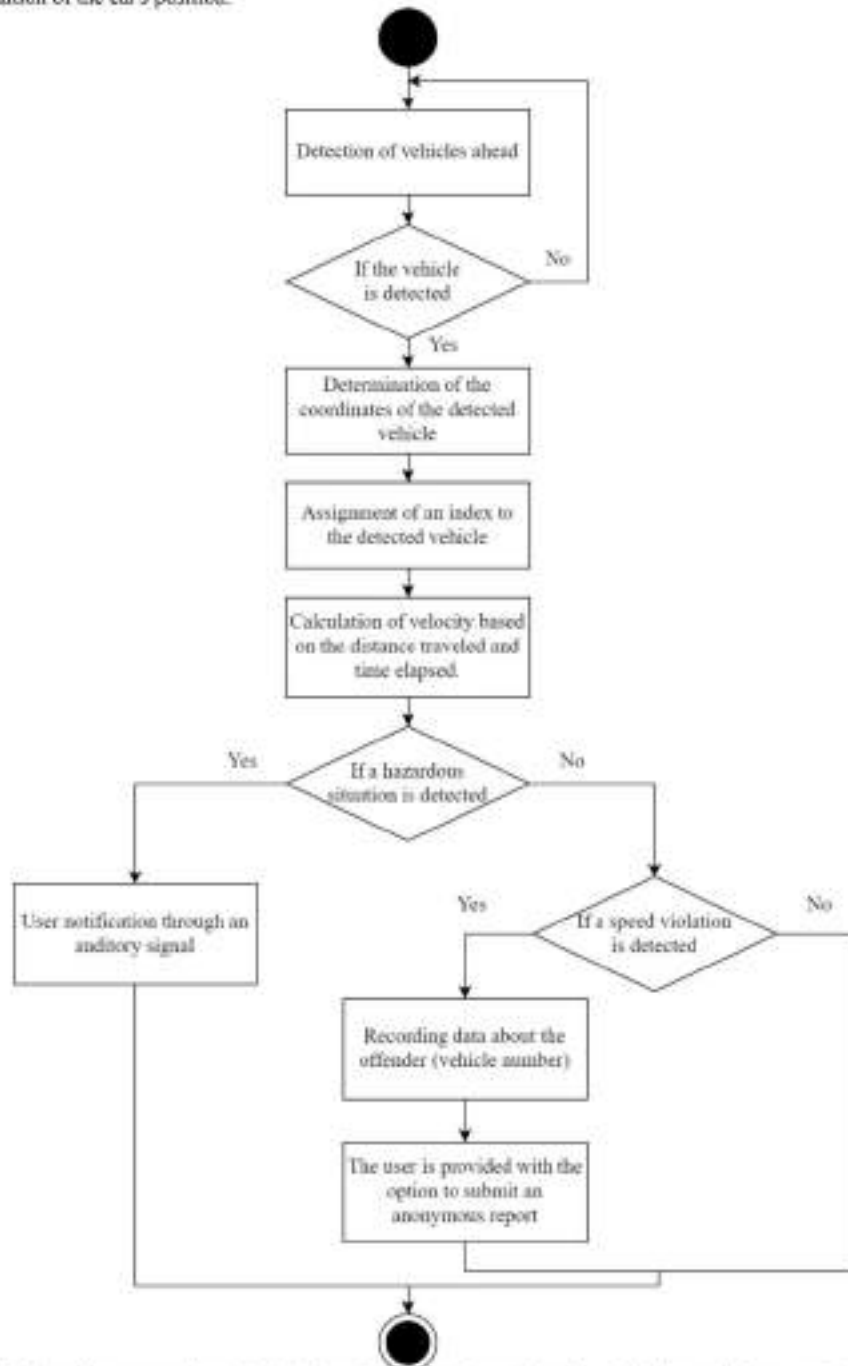


Fig.3. Graphic representation of the algorithm of the automated system for determining the speed of cars moving ahead

- The test results are shown in Figures 5 and 6. They show the operation of the system, namely:
- display found cars;
 - current state of the system ("Calculating");
 - the position of two lines for measuring the time during which the car traveled the distance between them, on the basis of which the speed is measured;
 - display of line B in green when a car crosses it;
 - speed of the car when crossing line B.

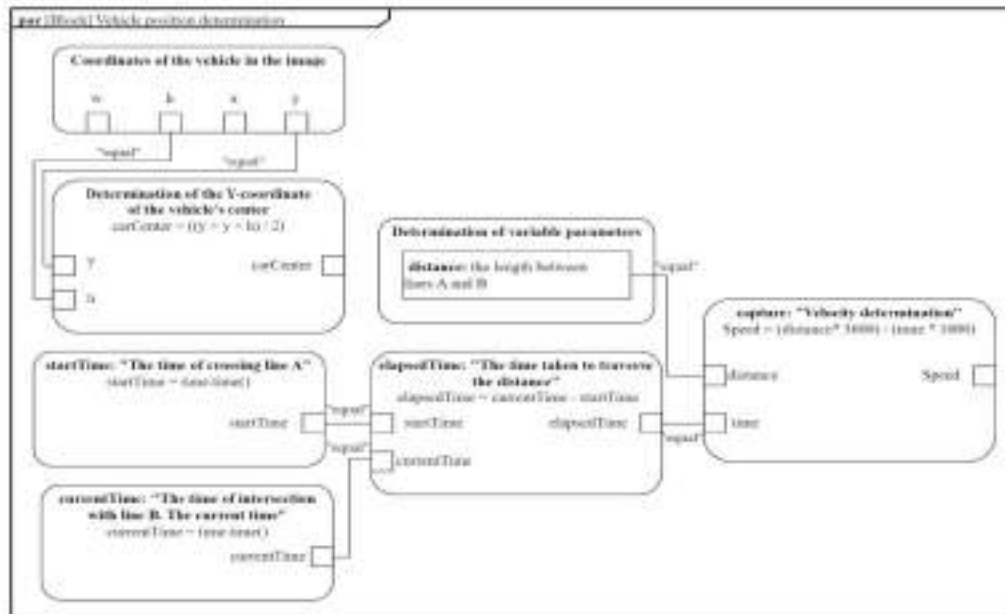


Fig.4. Parametric diagram of car speed determining

To develop a vehicle speed detection device, the first step is to research the necessary functionality and requirements that are important for such a device. One of the important aspects of device development is ensuring high accuracy of speed determination. Accuracy in such a device is a critical factor, as inaccurate speed information can lead to dangerous situations on the road or false alerts to law enforcement.

To develop a vehicle speed detection device, the first step is to research the necessary functionality and requirements that are important for such a device. One of the important aspects of device development is ensuring high accuracy of speed determination. Accuracy in such a device is a critical factor, as inaccurate speed information can lead to dangerous situations on the road or false alerts to law enforcement.



Fig.5. Cars recognition in a video frame



Fig.6. Crossing line B by car

As a result, certain requirements for the further development of the device were formed based on the main factors mentioned above:

- 1) increase in accuracy - research of new methods of speed measurement;
- 2) integration with other safety systems - compatibility of the device with other safety systems, such as stability control, automatic emergency braking, etc.;
- 3) data analysis and forecasting - using data analysis and AI to track various driver behaviors, assess risks and improve systems;
- 4) cooperation with law enforcement agencies - enabling the user to send information about violators of traffic rules to law enforcement agencies, which can potentially reduce the number of violators on the roads;
- 5) anonymity - ensuring the anonymity of the user when sending a message about an offense.

Conclusions

Considering the statistics of the number of people killed and injured on the world's roads from 2011 to 2021, related to speeding, it is clear that excessive speed is a serious problem and affects the safety of road users. Over the past ten years, due to the increase in road traffic, the number of victims and victims of speeding accidents has remained high.

After analyzing the ready-made solutions, such as the state video recording system of speeding, Dashcam, Speedometer PRO, the disadvantages and advantages of these systems were taken into account and the work of the own system for determining the speed of the car in front was developed, which will combine various functions from these systems to increase the safety and comfort on the road. Combining the features of existing driver assistance systems, our device will determine the speed of the vehicle in which the system is located, the speed of the vehicle in front, collect information about cars violating traffic rules and will allow the user to send information to law enforcement agencies for the safety of other drivers on the road.

Taking into account the negative impact of speeding on road safety, it is important to actively promote the introduction of speed control systems in cars. These systems allow the car to determine the optimal speed and safe distance to the vehicle in front, as well as provide the driver with appropriate warnings of dangerous situations, such as speeding by the vehicle in front or sudden braking.

Implementation of speed control systems is a mandatory measure to improve road safety and reduce the number of traffic accidents related to non-observance of speed limits. Such technologies will help reduce the number of victims and injured on the roads, save the lives and health of road users and make the roads safer for everyone. Therefore, the use of a speed control system in cars is an important step in improving road safety.

References

1. H. T. Moufleh, M. Erö-Kantarci, S. Soome, *Connected and Autonomous Vehicles in Smart Cities*. CRC Press, 2020. pp. 174-177.
2. M. F. Kabir, Roy, S. *Real-time vehicular accident prevention system using deep learning architecture*. *Expert Systems with Applications*, 2022.
3. R. S. Job, C. Brodie, *Road safety evidence review: Understanding the role of speeding and speed in serious crash trauma: A case study of New Zealand*. *Journal of road safety*, 2022. pp. 5-25.
4. Статистика ДТП в Україні (accessed July 15, 2023) URL: <https://ngu.kiev.ua/post/kv.gov.ua/1-strashna-statistika-avari>.

5. National Center for Statistics and Analysis. Speeding: 2021 data (Traffic Safety Facts, Report No. DOT HS 813 473). National Highway Traffic Safety Administration, 2023. pp. 2. <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/813473>.
6. M. B. A. Rafhani, M. A. Mizarat, W. S. Alshoul, S. Ayub, H. Bakluni, M. Altai. Road accident data collection systems in developing and developed countries: a review. *International Journal of Integrated Engineering*, 2022. pp. 336-352.
7. D. N. Venu, G. Rakoth, K. Munesaha, K. Anisha, S. Meruga, A. Mohammad. Smart Road Safety and Vehicle Accident Prevention System for Mountain Road. *International Journal from Innovative Engineering and Management Research (IJEMR)*, 2022. pp. 38-47.
8. Запуск системи автоматичної фіксації порушень Правил дорожнього руху (accessed July 19, 2023) URL: <https://rms.gov.ua/uk/ministry-projekti-rms/avtofoto-video/fiksatsiya-porushen-pdr/zapusk-sistemi-avtomatichnoyi-fiksatsiy-porushen-pravil-dorozhnogo-ruhu-1>.
9. Shift the way you drive. Dashcam/UA (accesses July 19,2023) URL: <https://dashcam.in.ua/>.
10. Speedometer PRO (accessed July 19, 2023) URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=pl.mobim.android.speedometer2>.
11. R. Singh, A. Gehlot, V. Jain, P. K. Malik. Handbook of research on the internet of things applications in robotics and automation. IGI Global, 2019.
12. T. Hovurashchenko, O. Pavlova, and M. Kostjuk. "Method of Increasing the Security of Smart Parking System", *JCSANDM*, vol. 12, no. 03, pp. 297-314.

Olga Pavlova Ольга Павлова	PhD, Associated professor of Computer Engineering & Information Systems Department, Khmelnytskyi National University, Khmelnytskyi, Ukraine, e-mail: olga1607pavlova@gmail.com https://orcid.org/0000-0001-7019-0354	доктор філософії, доцент кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем, Хмельницький національний університет, Хмельницький, Україна.
Ada Bilinska Ада Білінська	Student of Computer Engineering & Information Systems Department, Khmelnytskyi National University, Khmelnytskyi, Ukraine, e-mail: bilinska.ada5@gmail.com	студентка кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем, Хмельницький національний університет, Хмельницький, Україна.
Andrii Holovatuk Андрій Головатюк	Student of Computer Engineering & Information Systems Department, Khmelnytskyi National University, Khmelnytskyi, Ukraine, e-mail: golovatukao@gmail.com	студент кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем, Хмельницький національний університет, Хмельницький, Україна.
Yaroslav Binkovskiy Ярослав Бінковський	Student of Computer Engineering & Information Systems Department, Khmelnytskyi National University, Khmelnytskyi, Ukraine, e-mail: binkovskv22@gmail.com	студент кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем, Хмельницький національний університет, Хмельницький, Україна.
Denys Melnychuk Денис Мельничук	Student of Computer Engineering & Information Systems Department, Khmelnytskyi National University, Khmelnytskyi, Ukraine, e-mail: deniska.melnichuk@gmail.com	студент кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем, Хмельницький національний університет, Хмельницький, Україна.

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-77-22>
УДК 004.89; 004.3

БЛІНСЬКА Ада
Хмельницький національний університет
e-mail: blinska.ada5@gmail.com
БІНЬКОВСЬКИЙ Ярослав
Хмельницький національний університет
e-mail: binovsky22@gmail.com
ГОЛОВАТЮК Андрій
Хмельницький національний університет
e-mail: gholovatyuk@gmail.com
МЕЛЬНИЧУК Денис
Хмельницький національний університет
e-mail: deniska.melnychuk@gmail.com
ГОВОРУЩЕНКО Тетяна
Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0009-0002-7942-1847>
e-mail: govorushchenko@gmail.com

АВТОМАТИЧНЕ ВИЯВЛЕННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ПОРУШНИКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ В РАМКАХ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ ЗАПОБІГАННЯ АВАРІЙНИМ СИТУАЦІЯМ

У сучасному світі, де темпи розвитку технологій прикордоняться, питання безпеки дорожнього руху залишається актуальним завданням. Автоматизація процесів і застосування новітніх технологій у сфері дорожнього руху можуть допомогти зменшити кількість ДТП та порушень правил.

Автоматичне виявлення автопорушників за допомогою комп'ютерного зору в рамках кіберфізичної системи запобігання аварійним ситуаціям є перспективним напрямком досліджень, спрямованим на забезпечення комфортного та безпечного дорожнього руху. Однак, для ефективного реалізації цієї технології, необхідно вирішити ряд технічних та організаційних питань.

У цій статті буде досліджено роль комп'ютерного зору у виявленні автомобільних порушників та розвитку реалізацію кіберфізичних систем, спрямованих на запобігання аварійним ситуаціям на дорозі. Було розглянуто проблему покращення якості зчитування зображення для ефективного виявлення об'єктів за допомогою комп'ютерного зору для забезпечення стандартів безпеки.

Також, у статті виконано аналіз технологій, методів та проблем, пов'язаних з цим процесом. Зокрема, вивчення можливостей використання штучного інтелекту та нейронних мереж у комп'ютерному зорі для підвищення швидкості та точності виявлення порушників.

Мета дослідження – визначити переваги та перспективи подальшого розвитку систем виявлення порушників на дорозі, зокрема, їх внесок у покращення безпеки дорожнього руху та можливості використання для розвитку інтегрованих транспортних систем майбутнього для запобігання аварійним ситуаціям.

Ключові слова: автоматичне виявлення порушників, комп'ютерний зір, кіберфізична система, безпека на дорозі, аварійні ситуації, технології комп'ютерного зору, покращення якості зображення, системи виявлення порушень ПДР, безпека дорожнього руху, транспортні засоби, сенсори.

BILINSKA Ada, BINKOVSKYI Yaroslav,
HOLOVATIUK Andrii, MELNYCHUK Denis, HOVORUSHCHENKO Tetiana
Khaneytskyi National University

AUTOMATIC DETECTION OF MOTOR VEHICLE OFFENDERS USING COMPUTER VISION AS PART OF A CYBER-PHYSICAL EMERGENCY PREVENTION SYSTEM

In today's world, where the pace of technological development is accelerating, road safety remains a pressing issue. Automation of processes and the use of the latest technologies in the field of road traffic can help reduce the number of accidents and violations of the rules. Automatic detection of motorists using computer vision as part of a cyber-physical accident prevention system is a promising area of research aimed at ensuring comfortable and safe road traffic. However, for the effective implementation of this technology, a number of technical and organizational issues need to be addressed.

This article will investigate the role of computer vision in detecting automotive offenders and consider the implementation of cyber-physical systems aimed at preventing road accidents. The problem of improving the quality of image reading for effective detection of objects using computer vision to ensure safety standards was considered.

The article also includes an analysis of the technologies, methods and issues involved. In particular, the article explores the possibilities of using artificial intelligence and neural networks in computer vision to increase the speed and accuracy of intrusion detection. The purpose of the study is to determine the advantages and prospects for further development of road violator detection systems, in particular, their contribution to improving road safety and the possibility of using them to develop integrated transport systems in the future to prevent accidents.

Keywords: automatic detection of violators, computer vision, cyber-physical system, road safety, emergencies, computer vision technologies, image quality improvement, traffic violation detection systems, road safety, vehicles, sensors.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

З кожним роком автомобільний трафік стає все інтенсивнішим, а безпека на дорогах залишається однією з найбільш актуальних проблем. Порушення правил дорожнього руху, такі як перевищення швидкості, їзда смуги без відповідних сигналів та проїзд на червоне світло, не лише ставлять під загрозу безпеку водіїв та пасажирів, але й можуть призвести до серйозних аварійних ситуацій.

Традиційні методи та системи розкриття злочинів не тільки витрачають сили та ресурси поліції, але й є вкрай неефективними. В даний час виявлення порушень ПДР в основному базується на ручних методах, а точність і швидкість роботи систем виявлення порушень транспортних засобів мають очевидні недоліки.

Зараз, завдяки швидкому розвитку технологій комп'ютерного зору та інтеграції їх у сучасні автомобілі, виникають нові можливості у сфері безпеки на дорозі. Кіберфізичні системи, що базуються на комп'ютерному зорі, дозволяють автомобілям автоматично виявляти порушення правил дорожнього руху та надавати водіямчасні попередження або навіть втручатися для запобігання аварій. Також, на основі зібраних даних існує можливість передавання інформації про порушника до правоохоронних органів.

У сучасному автомобільному виробництві кіберфізичні системи відіграють ключову роль у забезпеченні безпеки та ефективності дорожнього руху. Кіберфізичні системи представляють собою інтеграцію фізичних компонентів, таких як датчики, актуатори та регулюючі пристрої, з програмним забезпеченням, що забезпечує обробку даних та прийняття рішень в реальному часі.

Одним з основних завдань кіберфізичних систем у автомобільній промисловості є підвищення безпеки на дорозі шляхом розробки та запровадження різноманітних систем попередження аварійних ситуацій та їх уникнення. Ці системи включають в себе системи антиблокування гальм, системи контролю стабільності, системи попередження зіткнень, системи автоматичного розпізнавання дорожніх знаків, сигналів світлофора, світлових сигналів інших автомобілів та інші [1].

Завдяки поєднанню різноманітних сенсорів, таких як радары, камери та лазерні сканери з потужними обчислювальними системами, кіберфізичні системи можуть аналізувати навколишнє середовище, виявляти потенційні загрози та надавати водіямчасні попередження або навіть автоматично керувати автомобілем для уникнення аварій.

Технологія комп'ютерного зору може своєчасно і точно аналізувати та розуміти зібрані дані із зображення, швидко розпізнавати об'єкти на зображенні тачасно виявляти порушення. Завдяки технології взаємодії людини та комп'ютера, інформація з автоматичних систем може об'єднуватися для багаторазового виявлення порушень транспортних засобів. Це зменшує проблеми, викликані несправністю одного датчика або помилковими спрацюваннями, роблячи систему виявлення більш точною, надійною та стійкою до збоїв.

Порушення правил дорожнього руху є однією з основних причин дорожньо-транспортних пригод і створює серйозну загрозу безпеці життя та майна людей. Завдяки взаємодії людини з комп'ютером і комп'ютерним зором автоматичні системи виявлення порушень транспортних засобів можуть своєчасно виявляти порушення, зменшувати ймовірність дорожньо-транспортних пригод і підвищувати безпеку руху.

Водночас, порушення спричиняють затори та хатривки, впливаючи на ефективність пересування людей та комфорт подорожей. Тому, запровадження автоматичних систем виявлення порушень транспортних засобів можуть зменшити кількість порушень, згладити рух транспорту та зменшити проблеми заторів у містах.

Розгляд існуючих рішень

У сучасний період часу автотранспорт виступає ключовим засобом переміщення людей. На жаль, транспортні засоби не лише додають комфорту в повсякденне життя, але й підвищують ймовірність аварій та порушень правил дорожнього руху. Вирішення цієї проблеми, що привергла увагу численних дослідників, може бути досягнуте за допомогою систем запобігання аварійним ситуаціям [2].

Під час розроблення власної системи було проаналізовано вже існуючі дослідження. В одному розглянутому рішенні було запропоновано систему відслідкування за дорожнім рухом, яка автоматично керує світлофорами та виявляє аварії. Використовують гібридний медіанний фільтр та гібридну весторну машини підтримки для обробки відео та відстеження транспортних засобів. Система виявляє шіральність руху, переключас світлофори для екстрених служб та використовує нейронні мережі для виявлення прибуття швидкої допомоги. Результати вказують на покращення ефективності управління та ідентифікації аварій в реальному часі [3].

У наступній вивченій статті дослідники пропонують систему інтелектуального управління сигналами дорожнього руху, зокрема біля адаптацію до бездротових технологій через виявлення транспортних засобів за допомогою бездротового зв'язку. Авторі описали алгоритм з використанням підходу із підкріпленням навчання для ефективного керування дорожніми сигналами в умовах обмеженого виявлення транспортних засобів. Ефективність системи вимірюється при різних умовах, таких як потоки автомобілів та рівень виявлення.

покращуючи здатність системи скорочувати час очікування транспортних засобів на перехресті та поліпшувати рух на дорозі [4].

У іншій статті досліджується автоматизована система виявлення порушень правил дорожнього руху. Використовуючи камери відеоспостереження, система запікує дорожній рух та застосовує genetic algorithm (GA) для виявлення порушень. Процес включає в себе відняття фону, використання технології Haar для виявлення транспортних засобів та оптимізацію вхідних даних Genetic algorithm для створення ефективних правил виявлення порушень. Мета полягає в досягненні найбільш оптимального набору правил [5].

У ще одній статті розглядаються проблеми контролю за порушеннями правил дорожнього руху, зокрема через недостатність фізичного моніторингу та великі обсяги трафіку. В ній подано систему, яка використовує Yolo-v4 у комплексі з DeepSORT для виявлення порушень та Yolo-v4 у комплексі з Tesseract для розпізнавання номерних знаків. Зазначено високу точність системи в тестових сценаріях, що підтримує ідею використання штучного інтелекту для автоматизації видачі штрафів та поліпшення безпеки дорожнього руху [6].

В загальному було проведено порівняльну характеристику існуючих досліджень і наведено результати в таблицю 1.

Загалом, дослідження, спрямовані на виявлення порушень транспортних засобів, дали певний результат, але є певні недоліки у точності виявлення, які можна було б поліпшити. Також, подані системи функціонують за допомогою камер, які розміщено безпосередньо на певних ділянках доріг. Це є ефективним лише на цих ділянках, ігноруючи більшу частину доріг. Система, запропонована у даній статті, буде встановлюватися всередину автомобіля, що забезпечує ефективне виявлення порушень на усьому маршруті транспортного засобу. У випадку масового використання, система може покрити дуже велику частину автомобільних доріг, збільшуючи безпеку усіх учасників руху.

Алгоритм роботи системи виявлення автомобільних порушень

Майбутня система виявлення правопорушників має взаємодіяти з іншими системами в загальній структурі забезпечення аварійним ситуаціям. Так як для ідентифікації зводів потрібно, щоб система могла ідентифікувати пішоходів, автомобілі, дорожні знаки, дорожні смуги та сигнали світлофорів. Було складено загальний алгоритм роботи системи, який представлено на рис. 1.

Таблиця 1.

Порівняння параметрів існуючих рішень

Параметри	Джерело			
	[3]	[4]	[5]	[6]
Використані технології	Гібридний медіанний фільтр, гібридні векторні машини підтримки, нейронні мережі	Бездротові технології, підрізане навчання	Камери відеоспостереження, технологія Haar, Genetic algorithm	Yolo-v4, DeepSORT, Tesseract
Застосування	Відеоспостереження за дорожнім рухом, автоматичне керування світлофорами, виявлення аварій	Адаптивні сигнали дорожнього руху до бездротових технологій, ефективне керування сигналами	Виявлення порушень правил дорожнього руху за допомогою Genetic algorithm	Виявлення порушень правил дорожнього руху, розпізнавання номерних знаків
Особливості	Гібридні фільтри та машини для обробки відео, використання нейронних мереж для виявлення іррегулярної зливки допомоги	Виворочення підрізаного навчання для ефективного управління дорожніми сигналами	Застосування Genetic Algorithm для виявлення порушень та оптимізації правил	Використання Yolo-v4 та DeepSORT для виявлення порушень, Yolo-v4 та Tesseract для розпізнавання номерних знаків
Результати	Покращення управління та ідентифікації аварій в реальному часі	Скорочення часу очікування на перехресті та поліпшення руху	Створення ефективних правил виявлення порушень за допомогою Genetic algorithm	Висока точність в тестових сценаріях, можливість автоматизації видачі штрафів та поліпшення безпеки дорожнього руху

Система виявлення автомобільних порушень включає наступні етапи:

1) Захоплення зображення: Система починає свою роботу з захоплення зображення з встановлених у автомобілі камер.

2) Передобробка зображення: Отримане зображення піддається передобробці, яка включає в себе зменшення шуму, підвищення контрастності та інші операції для покращення якості зображення.

3) Виявлення дорожніх об'єктів: Система використовує алгоритми комп'ютерного зору для виявлення дорожніх об'єктів на зображенні, таких як автомобілі, дорожні знаки, пішоходи тощо. Даний етап виконується за допомогою інших підсистем системи запобігання аварійних ситуацій. До них відносяться підсистеми розпізнавання дорожніх знаків, сигналів світлофора та автомобілів (частина функціоналу підсистеми визначення безпечної відстані між автомобілями);

3) Відслідковування об'єктів: Після виявлення дорожніх об'єктів система відстежує їх рух та маршрут. Це може бути важливо для визначення траєкторії руху та передбачення майбутніх дій об'єктів.

4) Класифікація об'єктів: Отримані дані про об'єкти аналізуються для визначення, чи відбувається порушення правил дорожнього руху. Цей етап включає в себе використання класифікаторів, які можуть розрізняти різні види порушень, такі як перевищення швидкості, проїзд на червоне світло, тощо.

5) Виявлення порушень: Якщо система виявляє порушення, вона здійснює відповідні дії, а саме надішле попередження водіви.

6) Запис і аналіз даних: Система записує дані про порушення та порушника для подальшого аналізу та використання у випадку, якщо вони будуть потрібні для подальшої обробки або судового розгляду.]

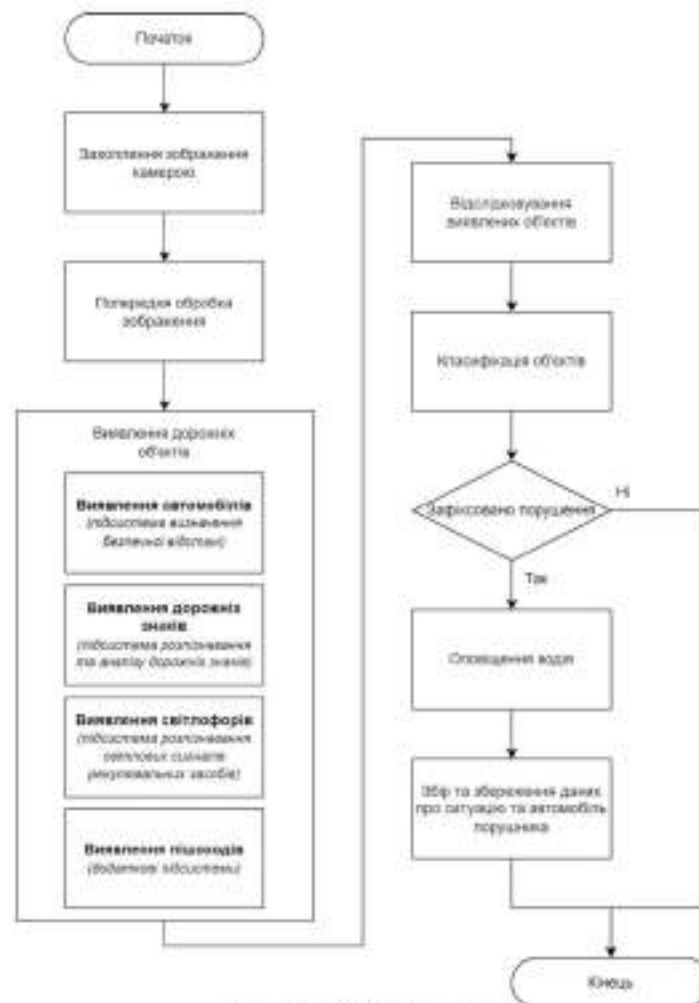


Рис. 1. Алгоритм роботи підсистеми
Комп'ютерний зір в автоматизованих системах безпеки на дорозі.

Комп'ютерний зір представляє собою галузь штучного інтелекту, яка вивчає алгоритми та методи для розпізнавання та розуміння зображень та відео. У сфері безпеки на дорозі комп'ютерний зір може бути використаний для реалізації систем виявлення та реагування на автомобільні порушення.

Основні етапи роботи систем комп'ютерного зору включають завантаження зображення або відео з встановлених камер, обробку отриманих даних для виявлення об'єктів та їх класифікації, а також прийняття відповідних рішень на основі отриманих результатів.

Застосування комп'ютерного зору у системах безпеки на дорозі включає в себе розпізнавання дорожніх знаків, виявлення пішоходів та велосипедистів, а також виявлення порушень правил дорожнього руху, таких як перевищення швидкості, проїзд на червоне світло та інші.

Для реалізації цих функцій системи комп'ютерного зору використовують різноманітні методи та алгоритми, включаючи машинне навчання, глибоке навчання та обробку сигналів. Вони дозволяють системам автоматично аналізувати великий обсяг даних та виявляти порушення з високою точністю та швидкістю.

Автоматичне виявлення автомобільних порушень є важливою складовою кіберфізичних систем безпеки на дорозі.

Для автоматичного виявлення порушень правил дорожнього руху системи комп'ютерного зору використовують алгоритми обробки зображень та машинного навчання. Зображення, отримані з камер, піддаються аналізу для виявлення об'єктів інтересу, таких як автомобілі, дорожні знаки та сигнали світлофора. Після цього застосовуються алгоритми класифікації для визначення того, чи відбувається порушення правил дорожнього руху.

Одним із ключових викликів у розробці таких систем є підвищення точності виявлення порушень та зниження кількості помилок. Для досягнення цієї мети використовуються техніки глибокого навчання та нейронні мережі, які можуть ефективно виявляти та класифікувати об'єкти на зображеннях з високою точністю.

Завдяки автоматичному виявленню порушень правил дорожнього руху, системи безпеки на дорозі можуть надавати водіямчасні попередження та надіють можливість користувачам передати інформацію про порушення до правоохоронних органів, використовуючи записані матеріали.

Покращення якості зображення

Коли зображення автомобілів реструктурюються та передаються цифровими засобами, виникають численні труднощі, пов'язані з впливом обладнання та зовнішніх факторів, які відображаються у вигляді шумових ефектів на отриманих зображеннях. Суттєвий внесок у цей ефект роблять піксельні блоки або елементи, які утворюються на зображенні раптово та не передбачено, представляючи собою прояв цього шуму.

У зазначеному контексті важливо зазначити, що негативний вплив шумів на зображення автомобілів може викликати різке погіршення якості, роблячи зображення не читим та менш інформативним. Тому необхідно застосовувати методи фільтрації для подолання цього ефекту.

Метод середньої фільтрації виявляється ефективним рішенням для цієї задачі. Згідно з математичним виразом, він спирається на розрахунок середнього значення градацій сірого шуму для пікселя, замінюючи це значення середнім значенням усіх його сусідніх пікселів. Це призводить до вирівнювання значень та зменшення впливу шумових ефектів на окремі пікселі, покращуючи зовнішній вигляд зображення. Математичний вираз для цього виглядає наступним чином:

$$G(x,y) = \frac{1}{N} \sum_{(i,j) \in \mathcal{N}} f(x,y) (x-i, y-j), \quad [1]$$

де \mathcal{N} – це набір усіх найближчих пікселів, визначений точкою (x,y) , N представляє кількість найближчих пікселів, визначену (x, y) точками, $f(x, y)$ представляє значення градацій сірого вихідного зображення в точках (x, y) , тоді як $G(x, y)$ представляє значення градацій сірого зображення після середньої фільтрації для пікселя.

Наступним кроком було проведено порівняння ефектів середньої фільтрації на вихідному зображенні. У процесі порівняльного аналізу реальне зображення (рис. 2), яке відображає реальні умови, порівнюється із зображенням, де до реального шуму додані зернистість та пашеровий шум (рис. 3). Після застосування методу середньої фільтрації відбувається пом'якшення чи видалення шуму, що виражається покращенням чіткості та деталізації зображення (рис. 4).

Цей аналіз охоплює кілька аспектів, включаючи якість відтворення деталей, зменшення шуму та збереження кольорів. Він служить об'єктивною мірою ефективності методу середньої фільтрації в умовах, де автомобільні зображення супроводжуються різноманітними шумовими артефактами.

На оригінальному знімку (рис. 2) автомобіля в реальних умовах виявляються деталі та контури з високою передачею кольорів. Однак, ймовірно, наявні шуми та неспівні артефакти, спричинені випадковими факторами, можуть обмежувати чіткість зображення та впливати на його загальний вигляд.



Рис. 2. Оригінальне зображення

Після введення штучної зернистості та пилерового шуму на зображення виникає ефект випадкових блоків та точок (рис. 3). Це може створювати враження низької якості та викликати втрату деталей на зображенні, внаслідок випадкової появи пікселів, які виглядають як артефакти.

Після використання методу середньої фільтрації спостерігається помітне поліпшення якості зображення (рис. 4). Шуми, які раніше були внесені, видаляються або пом'якшуються, внаслідок чого зображення стає більш чітким і зберігає більше деталей. Кольори залишаються природними, а контури стають більш визначеними, що сприяє виправленню впливу шумових ефектів.

Таким чином, в порівнянні з реальним та штучно згенерованим шумом зображенням, застосування методу середньої фільтрації суттєво покращує якість та чіткість зображення, зменшуючи вплив шуму та підвищуючи його інформативність.

Погодні умови та прозорість відеокамери можуть значно впливати на якість отриманих зображень. Таким чином, удосконалення контрастності кадрів відеозображень з порушеними транспортних засобів є ще критично важливою задачею. Одним з можливих труднощів є те, що деякі області на зображенні мають меншу інтенсивність пікселів, що може призводити до нечіткості деталей. Для вирішення цього питання можна використовувати метод вирівнювання гистограми, який сприяє нормалізації гистограми цільового зображення. Цей метод є ефективним та простим у використанні і широко використовується для покращення якості зображень. У даній системі планується у майбутньому використати даний метод для підвищення якості порівняння зображень.

Суть вирівнювання гистограми полягає в розширенні діапазону значень відтінків сірого, використовуючи більше пікселів при обробці зображення та об'єднуючи значення градацій сірого. Це призводить до покращення контрастності та чіткості зображення. На рисунках 5 та 6 представлені зображення до та після вирівнювання гистограми, разом із відповідними гистограмами, демонструючи вплив цього методу на якість зображень транспортних засобів.

Починаючи зі оригінального зображення, помітно, як розширення діапазону значень відтінків сірого призводить до покращення контрастності та чіткості деталей. Зони з меншою інтенсивністю пікселів, які раніше виглядали нечіткими, стають більш визначеними та відділяються чітко на фоні.



Рис. 3. Зображення після додавання звітності та підвищеного шуму



Рис. 4. Зображення після середньої фільтрації

Актуалізація параметрів чи правил навчання становить необхідну складову в процесі машинного навчання, яка описує, як модель адаптує свої внутрішні параметри для оптимізації продуктивності при роботі з новими даними. У випадку контрольованого навчання цей процес часто включає у себе мінімізацію функції втрат, яка вимірює відмінність між прогнозами моделі та фактичними мітками. Для системи виявлення порушень на транспортних засобах ці мітки вказують на присутність порушень та їхній характер на зображеннях. Професійні анотатори або команди використовуються для позначення зібраних зображень.

транспортних засобів. Процес маркування повинен відповідати уніфікованим критеріям, щоб забезпечити точність кожного етикету. Для забезпечення точності анотації дані можуть бути випадково вибрані та перевірені для виявлення та усунення можливих помилок.

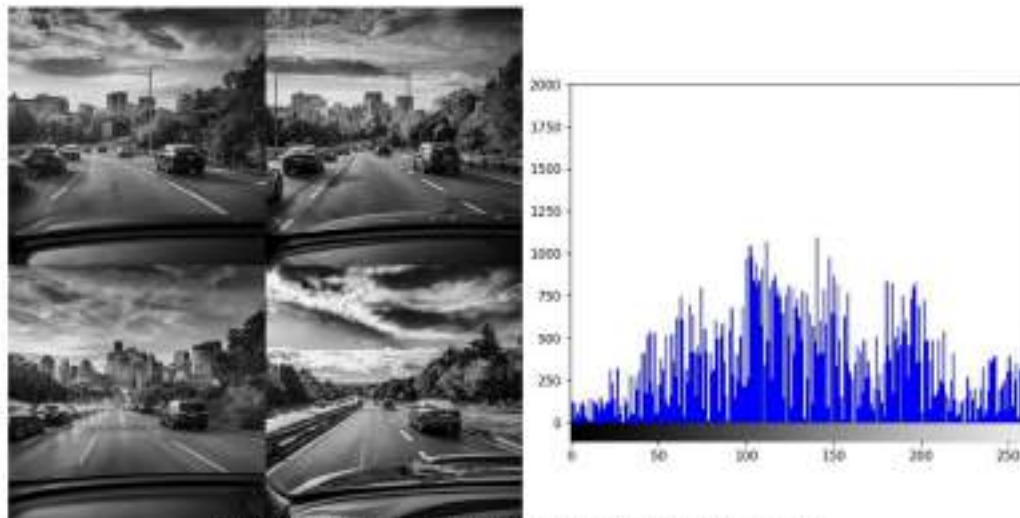


Рис. 5. Оптимізовані зображення у відеіних кадрах та відповідні гістограми

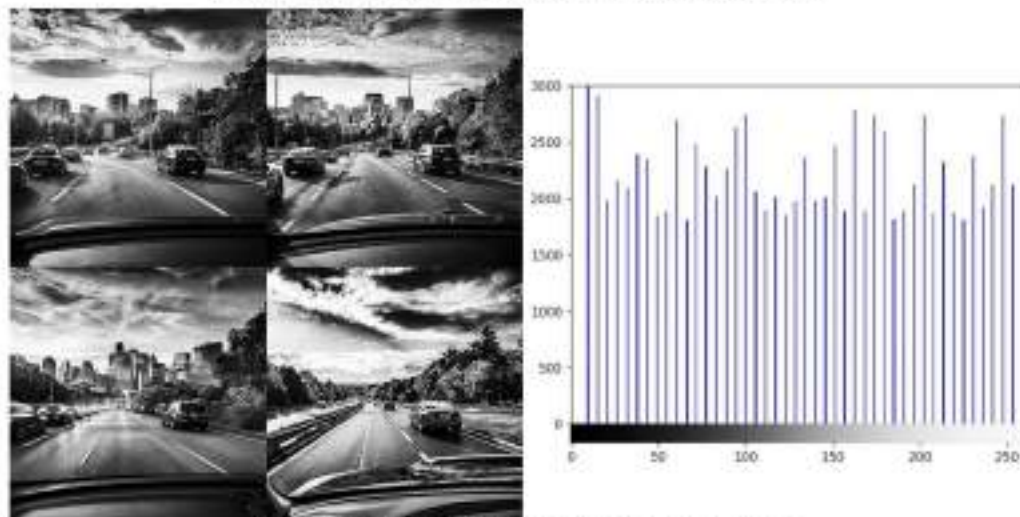


Рис. 6. Зображення та гістограми після вирівнювання гістограм

Складення списку порушень

Дана підсистема розрахована на певний перелік порушень, які вона може розпізнати. Нижче наведено список даних порушень:

1) **Перевищення швидкості:** Система виявляє транспортні засоби, які рухаються зі швидкістю, що перевищує встановлені обмеження. Це може включати виявлення транспортних засобів, які рухаються з великою швидкістю на автострадах, в міських зонах або в інших областях з обмеженою швидкістю. Дані збираються на основі швидкості руху автомобіля потенційного порушника та виявлених знаків обмеження швидкості;

2) **Рух без увімкнених фар:** Система виявляє транспортні засоби, які рухаються без увімкнених фар в умовах низької видимості, наприклад, вночі або при поганих погодних умовах. Це може бути небезпечним для інших учасників дорожнього руху та може призвести до аварій;

3) **Порушення меж дорожньої розмітки:** Система виявляє транспортні засоби, які перетинають межі смуги руху без використання сигналів повороту, без необхідного обґрунтування або у невідповідному місці (перетин сучільних смуг, тощо);

4) **Порушення правил проїзду світлофора:** Система виявляє транспортні засоби, які проїжджають перехрестя при червоному світлі світлофора. Це може бути небезпечно для інших учасників дорожнього руху та призвести до серйозних аварій;

5) **Рух в забороненому напрямку:** Система виявляє транспортні засоби, які рухаються в забороненому напрямку (по зустрічній смузі руху). Це може призвести до зіткнень та серйозних наслідків для безпеки на дорозі;

6) **Порушення правил обгону:** Система виявляє транспортні засоби, які обганяють інші автомобілі в небезпечних місцях, де це заборонено правилами дорожнього руху;

7) **Порушення правил паркування:** Система виявляє транспортні засоби, які паркуються в заборонених місцях або перешкоджають руху інших автомобілів, що може призвести до перешкод для учасників дорожнього руху;

8) **Ігнорування дорожніх знаків:** Система виявляє випадки, коли водії ігнорують важливі дорожні знаки та вказівки, такі як заборона обгону, зупинки, обмеження швидкості та знаки пріоритету;

9) **Порушення правил руху через залізничний переїзд:** Система виявляє транспортні засоби, які переїжджають залізничний переїзд, коли це заборонено. Це може призвести до небезпечних ситуацій та аварій на дорозі;

10) **Порушення правил проїзду пішохідних переходів:** Система виявляє випадки, коли водії проїжджають пішохідний перехід в той момент, коли пішоходи переходять дорогу на зелене світло або мають перевагу за правилами дорожнього руху.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

У результатах цієї роботи було детально розглянуто роль системи виявлення порушень правил дорожнього руху на основі комп'ютерного зору у підвищенні безпеки на дорозі. Застосування комп'ютерного зору у системах безпеки на дорозі дозволить ефективно виявляти різноманітні порушення, такі як перевищення швидкості, рух без ввічаних фар, порушення меж дорожньої розмітки та багато інших, що сприяє зменшенню аварійності та збереженню людських життів.

Застосування таких систем сприяє покращенню загальної безпеки на дорозі та зменшенню кількості аварійних ситуацій. Подальші дослідження та розвиток цих технологій можуть призвести до їх більш широкого впровадження та забезпечити вищий рівень безпеки для всіх учасників дорожнього руху.

Новизна автоматизованої системи виявлення порушень транспортних засобів, що базується на взаємодії людини з комп'ютером і комп'ютерним зором, представлена рядом ключових аспектів:

1) **Інтегроване використання технологій взаємодії людини з комп'ютером і комп'ютерним зором:** Система об'єднує функції взаємодії людини з комп'ютером та комп'ютерним зором, створюючи можливість не лише автоматичного виявлення та ідентифікації порушень, але й надання інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу моніторингу для управління дорожнього руху. Це сприяє ефективній взаємодії людини і машини;

2) **Акцент на зручному дизайні:** Особлива увага приділяється зручному дизайну, що відрізняється від традиційних систем моніторингу. Завдяки технології взаємодії людина-комп'ютер користувачі можуть інтуїтивно сприймати інформацію про порушення, швидко реагуючи на неї. Це значно поліпшує ефективність та зручність управління трафіком;

3) **Динамічне налаштування та адаптивне навчання:** Система має можливість динамічного налаштування та адаптивного навчання, а також автоматично регулює режим роботи відповідно до різних умов і середовищ. Це гарантує точність виявлення порушень. Крім того, система постійно покращує свої навички виявлення через постійний процес навчання і самокорекції.

Література

1. Hovorushchenko T. Road Accident Prevention System / T. Hovorushchenko, O. Pavlova, Y. Binkovskiy, A. Bilinska, A. Holovatiuk, D. Melnychuk // In 2023 13th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT). IEEE. – 2023. – Pp. 1-7.
2. Sahraoui Y. DeepDist: a deep-learning-based IoV framework for real-time objects and distance violation detection / Y. Sahraoui, C. A. Kerrache, A. Korichi, B. Nour, A. Adnane, R. Hussain // IEEE Internet Things Magaz. – 2021. – Vol. 33. – Pp. 30-34.
3. Maha Vishnu V.C. Intelligent traffic video surveillance and accident detection system with dynamic traffic signal control / V.C. Maha Vishnu, M. Rajalakshmi, R. Neduschezian // Cluster Comput. – 2018. – Vol. 215. – Pp. 135-147.
4. Zhang R. Using reinforcement learning with partial vehicle detection for intelligent traffic signal control / R. Zhang, A. Ishikawa, W. Wang, B. Striner, O.K. Tonguz // IEEE Trans. Intellig. Transport. – 2020. – Pp. 404-415.

5. Bhat A.T. Traffic violation detection in India using genetic algorithm / A.T. Bhat, M.S. Rao, D.G. Pai // Glob. Trans. Proc. – 2021. – Vol. 2(2). – Pp. 309–314.
6. Charran, R. S. Two-Wheeler Vehicle Traffic Violations Detection and Automated Ticketing for Indian Road Scenario. / R. S.Charran, R. K. Dubey // IEEE Trans. Intellig. Transport. Syst. – 2022. – Pp. 22002–22007.

References

1. T. Hovmashchenko, O. Pavlova, Y. Binkovskiy, A. Bilinska, A. Holovanik, D. Mielychuk. Road Accident Prevention System // In 2023 13th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT). IEEE. – 2023. – Pp. 1-7.
2. Y. Sahnouni, C. A. Kerraiche, A. Kerichi, B. Nour, A. Adnane, R. Hussain. DeepDist: a deep-learning-based IoT framework for real-time objects and distance violation detection // IEEE Internet Things Magazine. – 2021. – Vol. 13. – Pp. 80–84.
3. V.C. Maha Vishnu, M. Rajalakshmi, R. Nedunchezhiyan. Intelligent traffic video surveillance and accident detection system with dynamic traffic signal control // Cluster Comput. – 2018. – Vol. 215. – Pp. 135–147.
4. K. Zhang, A. Ishikawa, W. Wang, B. Striner, O.K. Tonguz. Using reinforcement learning with partial vehicle detection for intelligent traffic signal control // IEEE Trans. Intellig. Transport. – 2020. – Pp. 404–415.
5. A.T. Bhat, M.S. Rao, D.G. Pai. Traffic violation detection in India using genetic algorithm // Glob. Trans. Proc. – 2021. – Vol. 2(2). – Pp. 309–314.
6. R. S.Charran, R. K. Dubey. Two-Wheeler Vehicle Traffic Violations Detection and Automated Ticketing for Indian Road Scenario // IEEE Trans. Intellig. Transport. Syst. – 2022. – Pp. 22002–22007.

УДК 004.89: 004.3

А. С. БІЛІНСЬКА
Хмельницький національний університет
e-mail: bilinska_ada5@gmail.com

Я. В. БІНЬКОВСЬКИЙ
Хмельницький національний університет
e-mail: binkovsky22@gmail.com

А. О. ГОЛОВАТЮК
Хмельницький національний університет
e-mail: golovatiukao@gmail.com

Д. Р. МЕЛЬНИЧУК
Хмельницький національний університет
e-mail: deniska.melnychuk@gmail.com

Т. О. ГОВОРУЩЕНКО
Хмельницький національний університет
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7942-1857>
e-mail: tat_yana@ukr.net

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

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

У цій статті розглядається можливість попереджувальних сповіщень для водія як одного з важливих елементів для забезпечення безпеки дорожнього руху. Невпевненість свідомо попередити водія про можливі проблеми з автомобілем та інші небезпечні ситуації може призвести до виникнення серйозних наслідків, включаючи потрапили аварії на вулиці.

Було розглянуто багато різних причин, що призводять до небезпечних ситуацій на дорозі, таких як порушення або недотримання правил дорожнього руху, злива погодні умови і технічні проблеми автомобіля. У подальшому дослідженні можна зрозуміти, що випадковий аналіз свідчить про відсутність автомобіля на відображенні цих даних на екрані користувачеві допомагають уникнути небезпечних ситуацій та підвищити безпеку під час використання транспортних засобів.

Метою даної статті є розкриття основних аспектів аналізу даних для підтримки автоматичного попередження водія на наданні знань про те, як кіберфізичні системи можуть оптимізувати безпеку на дорозі та зменшувати ризик виникнення аварійних ситуацій.

Ключові слова: безпека на дорозі, аварійні ситуації, попередження водія, кіберфізична система, аналіз даних, автоматичне попередження, дорожній рух, попереджувальні сповіщення, технічні проблеми автомобіля, правила дорожнього руху, свідчі дані, безпека дорожнього руху, розпізнавання, небезпечні ситуації, випадковий аналіз даних, оптимізація безпеки, ризик аварій, транспортний засіб.

A. Y. BILINSKA, Y. V. BINKOVSKIY, A. O. HOLOVATIUK, D. R. MELNYCHUK, T. O. HOVORUSHCHENKO
Khmelnitskyi National University

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

Abstract – 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.

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 notification, 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 автомобіль. Це комплексний процес, який вимагає поєднання різних технологій та методів, що своєчасно і ефективно буде сповіщати водія 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 правила дорожнього руху, технічної несправності автомобіля, зміни погодних умов та інші фактори. Наприклад, водії, які не дотримуються швидкісного режиму, здійснюють неправильний об'їзд 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 потенційні 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 регульованих 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 кінцевої 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 ризик 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 розробити 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, набірний метод Байєса 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 набірного Байєса характеризується невисокою точністю передбачення (менше 20%) і може виявитися нецільовим 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, пішоходів, велосипедистів 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 оперативно реагувати на зміни на дорозі та ефективно попереджати водія 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, перевірку 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 водія 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. Одним із таких параметрів - це рівень мастила. Вимірювання рівня та якості мастила в двигуні дозволяє вчасно виявити можливі проблеми з системою змащення, що може уникнути серйозних пошкоджень двигуна.

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

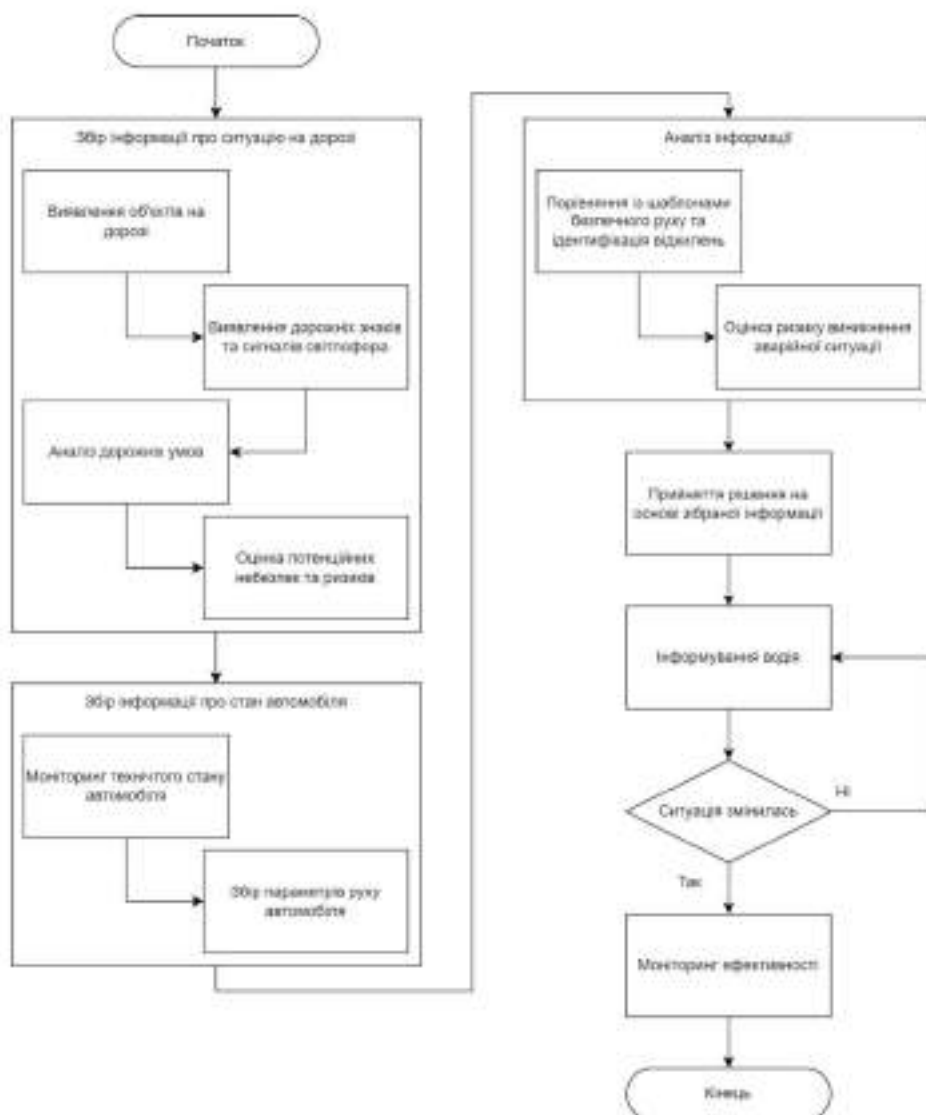


Рис. 1. Алгоритм роботи системи аналізу та моніторингу водія

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 керуваності 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.

Також слід враховувати стан акумулятора, який може відображати 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 зпису 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 порадишити 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 водієві 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.

ДОДАТОК Б (обов'язковий)

ПРЕЗЕНТАЦІЯ ДО ЗАХИСТУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ



АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ ТА ЗАВДАННЯ РОБОТИ

Актуальність роботи полягає в аналізі сучасних систем безпеки, виявленню їх позитивних та негативних рис, та розробці власного портативного пристрою, який буде в режимі реального часу проводити моніторинг технічного стану автомобіля та інформувати про це водія.

Завданням кваліфікаційної роботи є:

- Дослідити причини виникнення дорожньо-транспортних пригод на дорогах;
- Провести аналіз наявних систем безпеки;
- Розробити модель контрольно-діагностичної підсистеми визначення технічного стану автомобіля;
- Провести моделювання та тестування розробленої підсистеми.

НАУКОВА НОВИЗНА ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

- Метод моніторингу технічного стану автомобіля, який може працювати в режимі реального часу у двох режимах. Перший режим - кожної секунди виводити показники певних компонентів автомобіля за допомогою зчитування інформації з власних розташованих датчиків. Другий режим - виводити загальні параметри технічного стану автомобіля, зчитуючи PID та DTC коди, використовуючи OBD-II порт автомобіля.
- Архітектура кіберфізичної підсистеми визначення технічного стану автомобіля з інтеграцією різноманітних видів датчиків та OBD-II порту для зчитування діагностичних даних з автомобіля, який є кроком у покращенні збору та аналізу інформації про стан автомобіля. Такий підхід дозволяє отримувати більш повну та детальну картину стану автомобіля, що сприяє поверненню безпеки під час його експлуатації.

ПРАКТИЧНА ЗНАЧИМІСТЬ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Полягає у розробці та отриманні портативної підсистеми визначення технічного стану автомобіля, яку можна використовувати в будь-якому типі автомобіля. Підсистема може працювати в двох режимах: пристрій буде визначати параметри технічного стану автомобіля за допомогою власних розташованих датчиків при відсутності OBD-II порту в автомобілі, та може визначати параметри за допомогою методу діагностики та OBD-II порту автомобіля.

Отримана портативна підсистема надасть можливість власникам різних автомобілів вдосконалювати рівень безпеки своїх транспортних засобів без потреби продажу чи заміни автомобіля.

АНАЛІЗ ПРИЧИН ВИНИКНЕННЯ ДТП



АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ



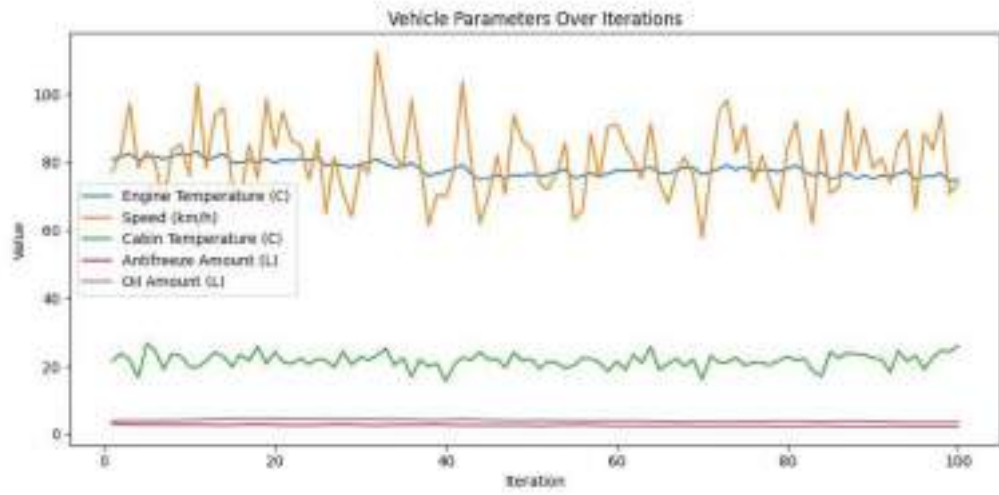
Розглянуті системи безпеки є інноваційними розробками, які спрямовані на підвищення загального рівня безпеки дорожнього руху. Загальна мета цих систем є передбачення потенційних небезпек та активне управління автомобілем для уникнення аварій.

Інтегровані системи безпеки, які були розглянуті, здійснюють значний внесок у підвищення безпеки на дорозі, проте важливо врахувати, що вони призначені для конкретних моделей автомобілів. Це може обмежувати їх доступність для широкого кола водіїв, оскільки вони встановлюються заводом-виробником.

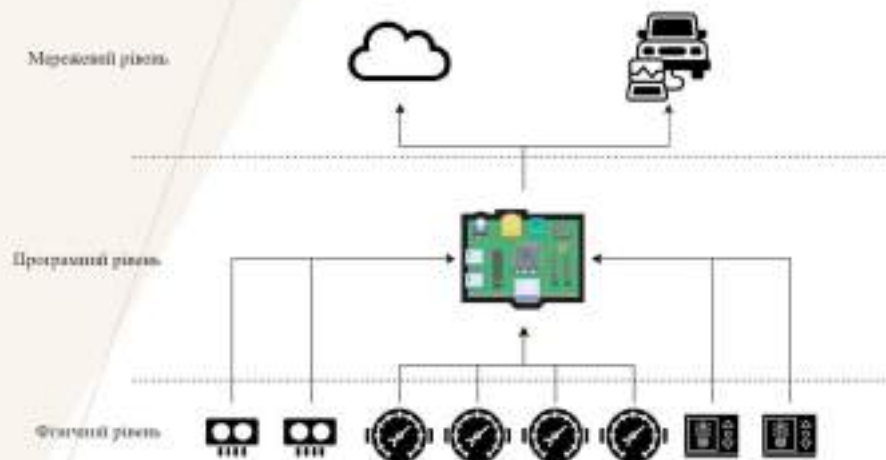
ВИБІР КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ РОЗРОБКИ ПОРТАТИВНОГО ПРИСТРОЮ



ГРАФІК МОДЕЛЮВАННЯ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ АВТОМОБІЛЯ ПРОТЯГОМ ЧАСУ



АРХІТЕКТУРА ПІДСИСТЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЯ



КОНЦЕПЦІЯ ІНТЕРФЕЙСУ КОРИСТУВАЧА КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ



ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі магістра було проведено аналіз проблеми безпеки на дорогах з приділенням уваги на несправності автомобіля. Мета роботи полягала у зменшенні кількості виникнення ДТП шляхом дослідження існуючих систем безпеки та розробки портативного пристрою для моніторингу технічного стану автомобіля в реальному часі. Робота включала в себе аналіз причин виникнення аварій, використання математичних моделей для визначення технічного стану автомобіля, проектування підсистеми з використанням програмного забезпечення, моделювання процесу експлуатації автомобіля та тестування розробленої підсистеми.

Результати роботи вказують на можливість підвищення безпеки на дорозі шляхом вдосконалення систем визначення технічного стану автомобіля.

ПУБЛІКАЦІЇ

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), 2023. Pp. 1-7.
2. О. Павлова, А. Білінська, А. Головатюк, Я. Бінковський, Д. Мельничук. Automated system for determining speed of cars ahead. Computer systems and information technologies. 2023. Pp. 35-39.
3. А. Білінська, Я. Бінковський, А. Головатюк, Д. Мельничук, Т. Говорущенко. Автоматичне виявлення автомобільних порушень за допомогою комп'ютерного зору в рамках кіберфізичної системи запобігання аварійним ситуаціям. Вимірвальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2024. №1. С. 176-185.
4. А. Білінська, Я. Бінковський, А. Головатюк, Д. Мельничук, Т. Говорущенко. Аналіз даних для підтримки автоматичного попередження відії для кіберфізичної системи запобігання аварійним ситуаціям. Вісник Хмельницького національного університету. Серія «Технічні науки». 2024.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

Ім'я користувача:
Кафедра КІ

ID перевірки:
1016210829

Дата перевірки:
25.04.2024 16:53:22 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
25.04.2024 17:11:55 EEST

ID користувача:
100005591

Назва документа: Мельничук_Кіберфізична система попередження дорожньо-транспортних пригод. Портат...

Кількість сторінок: 100 Кількість слів: 17384 Кількість символів: 134128 Розмір файлу: 8.74 MB ID файлу: 1015982728

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

3.46% Схожість

Найбільша схожість: 2.49% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1015981638)

1.62% Джерела з Інтернету

127

Сторінка 102

2.68% Джерела з Бібліотеки

37

Сторінка 103

0% Цитат

Цитати

1

Сторінка 104

Послання

1

Сторінка 104

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

1

Підозріле форматування

17
сторінок

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 2.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 7%

ID: 125490 Назва: МКР Кіберфізична система попередження дорожньо-транспортних пригод. Портативна контрольна-діагностична підсистема технічного стану автомобіля Додано в БД: 2024-04-25 Автора: Мельничук Д.Р. Керівник: Говорухенко Т.О. Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	115099	979	2888 (3%)	26 (3%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Мельничук Денис Русланович

Тема: Кіберфізична система попередження дорожньо-транспортних пригод.

Портативна контрольно-діагностична підсистема технічного стану автомобіля

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг дипломної роботи:

Кількість сторінок записки 41

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є покращення безпеки на дорозі та надання власникам транспортних засобів портативного інструменту для своєчасного виявлення та реагування на потенційні технічні проблеми автомобіля.
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі було проведено детальний аналіз причин виникнення дорожньо-транспортних пригод. Розглянувши статистику, було ідентифіковано ряд основних факторів, які сприяють виникненню аварій, одним з яких є несправність автомобіля. Було розглянуто існуючі системи безпеки, які є вбудованими в сучасні автомобілі, їх характеристики, виявлено їх позитивні та негативні сторони. Також, було зачеплено характеристики пристроїв, які використовуються для моніторингу показників автомобіля. На основі цього аналізу, було поставлено за мету розробити портативний пристрій з використанням сучасних датчиків, який в режимі реального часу буде контролювати показники автомобілі в реальному часі, та який можна встановити в будь-який автомобіль. У другому розділі було проведено аналіз математичних моделей, що є одним з основних факторів для визначення технічного стану автомобіля. Додатково було зачеплено загальне поняття про математичні моделі, їх специфікацію. Розглянуто математичні моделі для визначення технічного стану різних систем автомобіля, та запропоновано метод для визначення кількості рідини в баках з використанням ультразвукових датчиків. Проведено вибірку необхідних компонентів для подальшої реалізації

підсистеми, розроблено структуру загальної системи безпеки. У третьому розділі було проведено проєктування підсистеми за допомогою програмного забезпечення Fritzing, в якому детально відображено підключення кожного компонента в одну загальну підсистему, створено принципову схему підсистеми. Розроблено та описано два алгоритма роботи, згідно яких може працювати розроблений пристрій. Перший алгоритм роботи базується на використанні даних, отриманих з власних датчиків, другий алгоритм – на зчитуванні інформації з OBD-II порту автомобіля. Детально проаналізовано технологію OBD-II та структуру CAN-шини, методи декодування PID та DTC кодів, розроблено блок-схему як приклад декодування DTC помилкових кодів. У четвертому розділі було проведено моделювання процесу експлуатації автомобіля з генерацією показників технічного стану. Моделювання відбувалося за допомогою створення власної нейронної мережі, яка навчилася розпізнавати норми показників технічного стану на реальних даних. Далі було проведено тестування розробленої підсистеми, яке мало показати ефективність та точність її роботи. Результати тестування вказали на вимушене калібрування датчиків для підвищення точності їх вимірювання. Додатково розроблено трирівневу архітектуру підсистеми, побудовано необхідні діаграми для демонстрації функціональних можливостей та проведено аналіз вимог, які були враховані та реалізовані.

4. Позитивні сторони роботи: отримання наукової новизни.

5. Негативні сторони роботи:

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи:

Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно з діючими стандартами оформлення документації.

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на високому науково-технічному рівні.


8. Інші зауваження: _____

9. Оцінка дипломної роботи: відмінно/А.

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) Бармас О.В.,

д.т.н., проф., зав. каф. КН

“ 29 ” 04 2024 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри КПС
д-р.техн.наук, проф. Говорущенко Т. О.

Мельничука Дениса Руслановича

ІНБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 2 курсу, групи КІ2м-22-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

25 квітня 2024 року

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Кіберфізична система попередження дорожньо-транспортних пригод. Портативна контрольна-діагностична підсистема технічного стану автомобіля

Автор: Мельничук Денис Русланович

Спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-наукова

Науковий керівник: Говорущенко Тетяна Олександрівна, д.т.н, професор

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи.	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укріплення запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) найбільшу схожість встановлено з одним документом і становить вона 2,49% в частині загальноприйнятої термінології;
- 4) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі україномовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 3,46% і адресується до 164 періодичерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи



Т. О. Говорущенко

Гарант ОНП



О. С. Савенко

Завідувач кафедри КІС



Т. О. Говорущенко