

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-
КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Застосування технології штучного інтелекту для підвищення рівня безпеки
дорожнього руху»

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології
(назва)

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело*

(підпис)

Марк ЖИЛІН

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача

Виконав: здобувач вищої освіти гр. ІСД- 41

Марк ЖИЛІН

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник: PhD Валентина ДАНИЛЬЧЕНКО

науковий ступінь,
вчене звання

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Рецензент: _____

науковий ступінь,
вчене звання

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Київ 2024

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій

Кафедра Інженерії програмного забезпечення автоматизованих систем

Ступінь вищої освіти бакалавр

Спеціальність Інформаційні системи та технології

Освітньо-професійна програма Інформаційні системи та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру ІПЗАС

_____ Каміла СТОРЧАК

« ____ » _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Жиліну Марку Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Застосування технології штучного інтелекту для підвищення рівня безпеки дорожнього руху

керівник кваліфікаційної роботи Валентина ДАНИЛЬЧЕНКО PhD

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від «27» лютого 2024 р. № 36

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «31» травня 2024 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

1. Науково-технічна література з теми бакалаврської роботи.
2. Принципи роботи існуючих систем дорожньої безпеки на основі штучного інтелекту.
3. Принципи функціонування Arduino-сенсорів для виявлення диму та визначення відстані.

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

1. Аналіз існуючих технологій штучного інтелекту та існуючих систем для підвищення безпеки дорожнього руху.
2. Виявлення перспектив та обмежень впровадження існуючих систем для підвищення безпеки дорожнього руху.

3. Розробка та налаштування Arduino-сенсорів для виявлення диму та визначення відстані.

5. Ілюстративний матеріал: *презентація*

6. Дата видачі завдання: «27» лютого 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз наявної науково-технічної літератури	27.02-05.03.2024	
2	Обґрунтування актуальності роботи	06.03-11.03.2024	
3	Аналіз основних принципів впровадження штучного інтелекту в систему безпеки дорожнього руху	12.03-05.04.2024	
4	Існуючі удосконалені системи допомоги водію (ADAS)	06.04-15.04.2024	
5	Розробка Arduino-сенсорів виявлення диму та відстані	16.04-15.05.2024	
7	Оформлення роботи: вступ, висновки, реферат	16.05-22.05.2024	
8	Розробка демонстраційних матеріалів	23.05-24.05.2024	

Здобувач(ка) вищої освіти

_____ (підпис)

Марк ЖИЛІН

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Валентина ДАНИЛЬЧЕНКО

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавра: 66 стор., 1 табл., 28 рис., 26 джерел.

Мета роботи – теоретичний огляд і аналіз систематизації існуючих знань та досліджень у сфері застосування технології штучного інтелекту для підвищення безпеки дорожнього руху.

Об'єкт дослідження – системи дорожнього руху, в яких застосовується технологія штучного інтелекту.

Предмет дослідження – застосування технології штучного інтелекту в системах безпеки дорожнього руху для підвищення безпеки дорожнього руху.

Короткий зміст роботи: У роботі проаналізовано можливості використання штучного інтелекту для підвищення безпеки на дорогах. Використовуючи системний підхід та теорії моделювання, створено чітку архітектуру систем, яка відповідає останнім вимогам розвитку інтелектуальних транспортних систем. Робота розглядає існуючі інструменти та системи штучного інтелекту, їх перспективи та можливі обмеження. Особлива увага приділена ефективності використання Arduino-сенсорів в інтегрованих системах дорожньої безпеки.

Результати дослідження показують, що застосування штучного інтелекту в управлінні дорожнім рухом значно підвищує безпеку, оптимізуючи транспортні потоки та зменшуючи ризик аварійних ситуацій. Використання алгоритмів машинного навчання та глибокого навчання дозволяє адаптувати системи до змін у дорожніх умовах та постійно вдосконалювати їх ефективність.

Ключові слова: ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, БЕЗПЕКА ДОРОЖНЬОГО РУХУ, МАШИННЕ НАВЧАННЯ, ГЛИБОКЕ НАВЧАННЯ, ARDUINO-СЕНСОРИ, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ, ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ.

ABSTRACT

Text part of the bachelor level qualification work: 66 pages, 28 pictures, 1 tables, 26 sources.

The purpose of the work - is a theoretical overview and analysis, systematization of existing knowledge and research in the field of applying artificial intelligence technology to enhance road safety.

Object of research is the traffic systems in which artificial intelligence technology is applied.

Subject of research is the application of artificial intelligence technology in road infrastructure systems to enhance road safety.

Summary of the work: The work analyzes the possibilities of using artificial intelligence to enhance road safety. Using a systematic approach and modeling theories, a clear architecture of systems that meet the latest requirements for the development of intelligent transportation systems has been created. The study examines existing tools and systems of artificial intelligence, their prospects and possible limitations. Particular attention is paid to the efficiency of using Arduino sensors in integrated road safety systems.

The research results show that the application of artificial intelligence in traffic management significantly improves safety by optimizing traffic flows and reducing the risk of accidents. The use of machine learning and deep learning algorithms allows the systems to adapt to changes in road conditions and continuously improve their efficiency.

KEYWORDS: ARTIFICIAL INTELLIGENCE, ROAD SAFETY, MACHINE LEARNING, DEEP LEARNING, ARDUINO SENSORS, INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, INTERNET OF THINGS.

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут _____

ПОДАННЯ
ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ
ЩОДО ЗАХИСТУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Направляється здобувач(ка) Жилін М.І. до захисту кваліфікаційної роботи
(прізвище та ініціали)

за спеціальністю 126 Інформаційні системи та технології
(код, найменування спеціальності)

освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології
(назва)

на тему: «Застосування технології штучного інтелекту для підвищення рівня безпеки дорожнього руху».

Кваліфікаційна робота і рецензія додаються.

Директор ННІТ _____
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Висновок керівника кваліфікаційної роботи

Здобувач(ка) _____

Все це дозволяє оцінити виконану кваліфікаційну роботу здобувача(ки) _____
на
оцінку «_____» та присвоїти йому (їй) кваліфікацію _____.

Керівник кваліфікаційної роботи _____
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)
“___” _____ 20__ року

Висновок кафедри про кваліфікаційну роботу

Кваліфікаційна робота розглянута. Здобувач(ка) Жилін М.І. допускається до захисту даної роботи в Екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедрою _____
(назва) (підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА
на кваліфікаційну роботу
на здобуття освітнього ступеня бакалавра

здобувача(ки) вищої освіти _____ Жилін Марк Ігорович _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: «Застосування технології штучного інтелекту для підвищення рівня безпеки дорожнього руху»

Актуальність.

Кваліфікаційна робота Жиліна Марка Ігоровича на тему «Застосування технології штучного інтелекту для підвищення рівня безпеки дорожнього руху» є надзвичайно актуальною. Проблема безпеки дорожнього руху залишається однією з найгостріших у сучасному світі, і використання технологій штучного інтелекту може значно покращити ситуацію на дорогах. Впровадження інтелектуальних систем, що здатні прогнозувати небезпечні ситуації та автоматично втручатися для їхнього запобігання, є ключовим етапом у розвитку транспортних систем.

Позитивні сторони.

1. Глибокий аналіз існуючих технологій штучного інтелекту у сфері безпеки дорожнього руху, що свідчить про високий рівень теоретичної підготовки здобувача.
2. Розробка та демонстрація датчиків на основі Arduino для виявлення диму та визначення відстані, що демонструє вміння здобувача застосовувати теоретичні знання на практиці.
3. Результати досліджень, які підтверджують ефективність використання запропонованих рішень у системах дорожньої безпеки, є вагомим внеском у розвиток даної галузі.

Недоліки.

1. Деякі розділи роботи потребують більш детального опису методів тестування датчиків та алгоритмів, використаних у дослідженні.
2. Робота могла б бути доповнена більш ґрунтовним аналізом впливу розроблених систем на загальну безпеку дорожнього руху.

Відзначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку кваліфікаційної роботи бакалаврської.

Висновок: кваліфікаційна робота на здобуття ступеня бакалавра заслуговує оцінку «Відмінно», а здобувач(ка) Жилін М.І. заслуговує присвоєння кваліфікації: бакалавр

Рецензент:

науковий ступінь, вчене звання _____ підпис _____

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ _____

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	9
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1 Огляд штучного інтелекту в контексті безпеки дорожнього руху.....	12
1.1 Терміни та основні поняття.....	12
1.2 Виклики та недоліки глибинного навчання.....	20
1.3 Огляд Інтернету речей в контексті безпеки дорожнього руху.....	21
1.4 Переваги та недоліки впровадження штучного інтелекту а також Інтернету речей в сферу безпеки дорожнього руху.....	26
РОЗДІЛ 2 Огляд розширених систем допомоги водію та комп'ютерного зору для підвищення безпеки дорожнього руху.....	29
2.1 Дослідження систем ADAS.....	29
2.2 Загальні переваги та виклики для підвищення рівня безпеки дорожнього руху за допомогою систем ADAS.....	34
2.3 Аналіз систем на різних рівнях ADAS	36
2.4 Виклики та обмеження систем допомоги водієві (ADAS).....	49
2.5 Комп'ютерний зір в системах ADAS.....	50
РОЗДІЛ 3 Інтеграція Штучного Інтелекту та Інтернету Речей у Системи Безпеки Дорожнього Руху.....	60
3.1 Впровадження інтелектуальних транспортних систем (ITS).....	60
3.2 Інтернет речей у дорожній інфраструктурі	64
3.3 Розробка та демонстрація датчиків на Arduino.....	67
3.4 Результат дослідження	71
ВИСНОВКИ.....	74
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	77
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (Презентація)	80

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ

AI – штучний інтелект

ADAS – удосконалені системи допомоги водієві

ML – машинне навчання

DL – глибоке навчання

IoT – інтернет речей

GPU – графічний процесор

DAS – система збору даних

CNN - згорткова нейронна мережа

RNN – рекурентна нейронна мережа

NLP - обробка природної мови

FCW - система попередження зіткнень

GPS - глобальна система позиціонування

ITS - Інтелектуальні транспортні системи

F/RCTA - система попередження перехресного руху

PDS – система допомоги при паркуванні

SAE – товариство автомобільних інженерів

ACC – адаптивний круїз-контроль

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасному світі штучний інтелект відіграє все більш значну роль у різних аспектах життя суспільства, пропонуючи інноватні рішення для підвищення ефективності та безпеки в багатьох галузях. Розвиток транспортних систем, а також постійне зростання кількості транспортних засобів на дорогах ускладнюють управління трафіком та збільшують потребу в більш розвинених рішеннях для підвищення безпеки на дорогах. Наразі, проблема безпеки на дорогах займає одну з найголовніших причин смертності та травматизму у всьому світі. Штучний інтелект має потенціал радикально змінити цю сферу, використовуючи отримані данні, здатності адаптивно навчатися, та автономного прийняття рішення.

Аналізуючи великі обсяги даних в реальному часі, штучний інтелект може прогнозувати потенційні небезпечні ситуації на дорозі, автоматично втручатися, та уникати, або пом'якшувати наслідки дорожньо-транспортних пригод.

Мета і завдання дослідження. Теоретичний огляд та аналіз вже існуючих знань про використання технологій штучного інтелекту для підвищення безпеки дорожнього руху.

Для досягнення мети роботи необхідно вирішити наступні наукові та практичні завдання:

1. Оглянути вже існуючі технології штучного інтелекту, а також системи, що вже впровадженні, та використовуються в сфері безпеки дорожнього руху.
2. Дослідити існуючі інструменти та системи, що використовує штучний інтелект
3. Визначити перспективи та можливі обмеження технології штучного інтелекту для підвищення безпеки дорожнього руху
4. Оцінити ефективність використання Arduino-сенсорів в інтегрованих системах дорожньої безпеки на основі штучного інтелекту.

Об'єкт дослідження. Системи дорожнього руху, в яких застосовується технологія штучного інтелекту

Предмет дослідження. Застосування технології штучного інтелекту в системи дорожньої інфраструктури для підвищення безпеки дорожнього руху

Методи дослідження. Під час проведення досліджень використовувалися наступні наукові методи: теорія системного аналізу, теорії моделювання, метод порівняльного аналізу.

Практичне значення одержаних результатів. Проаналізовані результати можуть бути використані для розробки нових підходів для запобігання дорожньо-транспортним пригодам, оптимізації систем управління дорожнім рухом, тим самим зменшуючи затори та підвищуючи безпеку дорожнього руху.

Апробація:

I Всеукраїнська науково-технічна конференція "Технологічні горизонти: дослідження та застосування інформаційних технологій для технологічного прогресу України і світу " ,28 листопада 2023 року, ДУІКТ – «Застосування штучного інтелекту для підвищення безпеки дорожнього руху»

V МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ «СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІОТ» ,18 квітня 2024, ДУІКТ – «Інтелектуальні системи безпеки дорожнього руху на основі штучного інтелекту »

1 ОГЛЯД ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В КОНТЕКСТІ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

1.1 Терміни та основні поняття

Термін *штучний інтелект (AI)* визначається як інтелект, котрі використовують машини, зокрема комп'ютерні системи. Це галузь досліджень в комп'ютерній науці яка розробляє програмне забезпечення та вивчає, що дозволяють машинам сприймати навколишнє середовище і використовувати навчання та інтелектуальні дії, котрі максимізують їхні шанси на досягнення визначених цілей. Це дозволяє машинам та комп'ютерам демонструвати інтелект, котрий дозволяє приймати рішення, вирішувати складні завдання, та навчатися на основі минулої інформації.

Технології штучного інтелекту, які використовуються в даний час, включають перетворення дорожніх датчиків на інтелектуальних агентів, які можуть автоматично виявляти аварії та бути корисними для прогнозування дорожніх умов. Штучний інтелект може вирішувати стресові та складні проблеми які люди можуть бути не в змозі вирішити. ШІ може виконати поставлене завдання набагато швидше, ніж людина. Можливість помилки зводиться майже до нуля за допомогою правильного впровадження ШІ. Штучний інтелект приймає рішення на основі даних, а не емоцій.

У контексті використання штучного інтелекту для підвищення безпеки дорожнього руху, можна виділити такі ключові технології та концепції як: Комп'ютерний зір, прогностичне моделювання, автоматизоване водіння, адаптивне управління трафіком, інтеграція з іншими системами IoT.

Серед спеціалізованих напрямків штучного інтелекту є машинне навчання (Machine Learning) а також глибоке навчання (Deep Learning), це зображено на рис.

Ці передові підходи у застосуванні штучного інтелекту для дорожньої безпеки не тільки забезпечують адекватне реагування на поточні умови, а й відіграють велику роль у формуванні майбутньої інфраструктури дорожнього руху. Це дозволяє прогнозувати перехід до нової ери, де інтеграція технологій і безпеки забезпечує створення більш захищеного та розумного дорожнього середовища. Використання алгоритмів машинного навчання та глибокого навчання сприяє постійному вдосконаленню систем штучного інтелекту, забезпечуючи їхню здатність адаптуватися до змін у дорожніх умовах та постійно підвищувати рівень безпеки дорожнього руху. Ключовим аспектом є впровадження автоматизованих систем, які здатні самостійно аналізувати дорожні дані та приймати обґрунтовані рішення в реальному часі, тим самим мінімізуючи потенційні ризики для дорожнього руху.

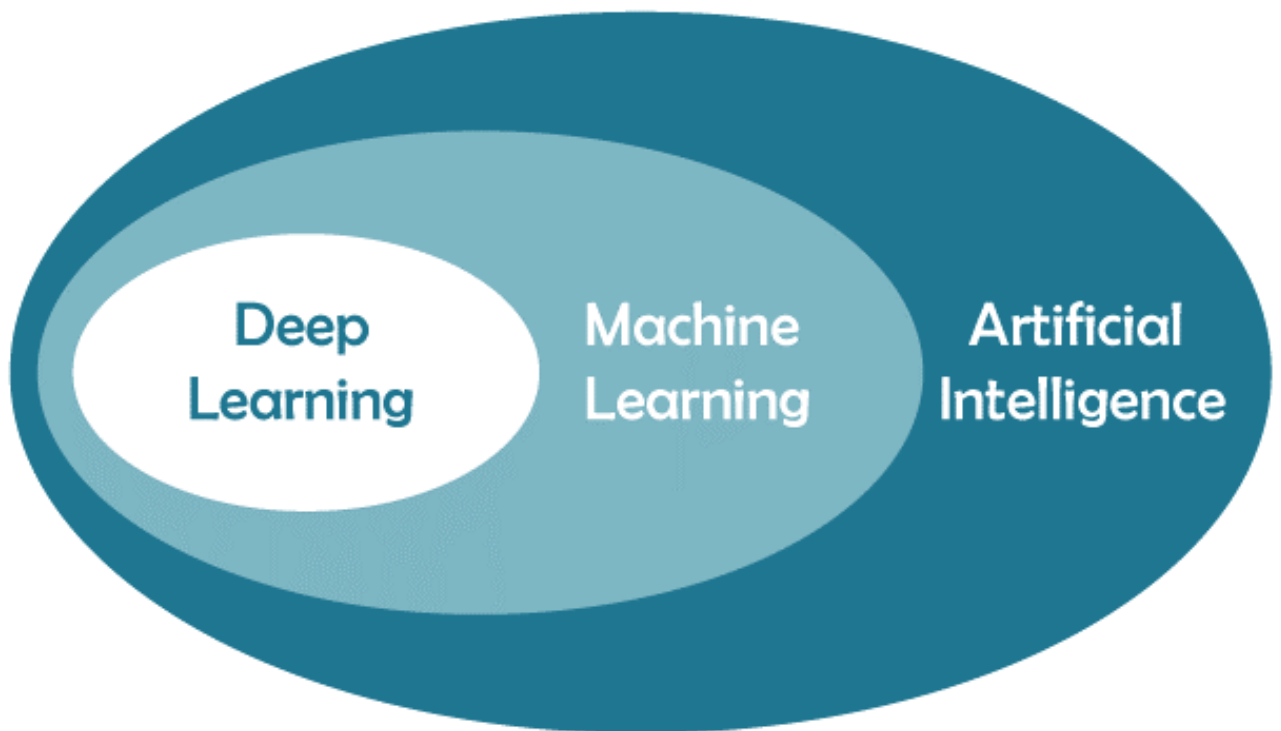


Рис. 1.1 Відношення між штучним інтелектом, машинним навчанням та глибоким навчанням. [14]

Термін Машинне навчання (ML) визначається як галузь штучного інтелекту (ШІ) та комп'ютерних наук, яка фокусується на використанні даних та алгоритмів, щоб допомогти ШІ імітувати мишлення та поведження людини та поступово підвищувати свою точність та ефективність.

Основні принципи роботи машинного навчання можна розглядати через три основні компоненти: процес прийняття рішень, функція помилок та процес оптимізації моделі.

Застосування машинного навчання до безпеки дорожнього руху означає розробку систем, які аналізують величезні обсяги даних про дорожній рух, щоб зробити прогнози або класифікації для підвищення безпеки. Ключовими елементами таких систем є:

- *Процес прийняття рішень:* Використовує такі дані, як положення автомобіля, швидкість і погодні умови, для прогнозування потенційно небезпечних ситуацій на дорозі та автоматично реагує на них, наприклад, регулюючи швидкість автомобіля або видаючи попередження водієві.
- *Функція попередження про помилки:* Оцінює точність прогнозів системи, порівнює прогнозовані дані з фактичними подіями, щоб визначити точність виявлення потенційних дорожніх інцидентів і відповідно коригує алгоритми.
- *Процес оптимізації моделі:* Коригує параметри системи на основі ітеративного аналізу реальних даних для підвищення ефективності та коригування вагових коефіцієнтів алгоритмів для максимально точного виявлення та мінімізації ризиків.

Машинне навчання можна широко класифікувати залежно від того, чи є навчання комп'ютера (тобто підбір моделі) "контрольованим" або "неконтрольованим".

- *Контрольоване машинне навчання:* Контрольоване машинне навчання - це техніка машинного навчання, в якій нейронна мережа вчиться робити прогнози або класифікувати дані на основі маркованих наборів даних. Тут ми

вводимо обидві вхідні ознаки разом з цільовими змінними. нейронна мережа вчиться робити прогнози на основі вартості або помилки, яка виникає через різницю між прогнозованим і фактичним значенням, цей процес називається зворотним поширенням. Алгоритми глибокого навчання, такі як згорткові нейронні мережі, рекурентні нейронні мережі, використовуються для багатьох керованих завдань, таких як класифікація та розпізнавання зображень, аналіз настроїв, мовні переклади тощо.

- *Неконтрольоване машинне навчання*: Некероване машинне навчання - це техніка машинного навчання, в якій нейронна мережа вчиться виявляти закономірності або кластеризувати набір даних на основі немаркованих наборів даних. Тут немає цільових змінних, а машина повинна самостійно визначити приховані закономірності або взаємозв'язки в наборах даних. Алгоритми глибокого навчання, такі як автокодері та генеративні моделі, використовуються для неконтрольованих завдань, таких як кластеризація, зменшення розмірності та виявлення аномалій.
- *Напівконтрольоване навчання*: використовує як мічені, так і немічені дані для підвищення ефективності навчання. Цей метод корисний, коли збір мічених даних вимагає значних зусиль або ресурсів, наприклад, при анотуванні великих обсягів відеозаписів з камер спостереження на дорогах.

Термін *глибоке навчання (Deep Learning)* визначається як галузь машинного навчання, яка базується на архітектурі штучних нейронних мереж. Штучна нейронна мережа використовує шари взаємопов'язаних вузлів, які називаються нейронами, що працюють разом для обробки та навчання на основі вхідних даних.

У повністю пов'язаній глибокій нейронній мережі (рис 1.2) є вхідний шар і один або кілька прихованих шарів, з'єднаних один за одним. Кожен нейрон отримує вхідні дані від нейронів попереднього шару або вхідного шару. Вихід одного нейрона стає входом для інших нейронів у наступному шарі мережі, і цей процес триває доти, доки останній шар не створить вихід мережі. Шари нейронної мережі перетворюють вхідні дані за допомогою серії нелінійних перетворень, що дозволяє

мережі вивчати складні представлення вхідних даних. Сьогодні глибоке навчання стало однією з найпопулярніших і найпомітніших сфер машинного навчання завдяки своїм успіхам у різноманітних додатках, таких як комп'ютерний зір, обробка природної мови та навчання з підкріпленням.

Штучні нейронні мережі побудовані на принципах будови та роботи людських нейронів. Вони також відомі як нейронні мережі або нейромережі. Вхідний шар штучної нейронної мережі, який є першим шаром, отримує вхідні дані із зовнішніх джерел і передає їх до прихованого шару, який є другим шаром. Кожен нейрон прихованого шару отримує інформацію від нейронів попереднього шару, обчислює зважену суму, а потім передає її нейронам наступного шару. Ці зв'язки є зваженими, що означає, що вплив входів з попереднього шару більш-менш оптимізовано шляхом надання кожному входу певної ваги. Ці ваги потім коригуються в процесі навчання для підвищення продуктивності моделі.

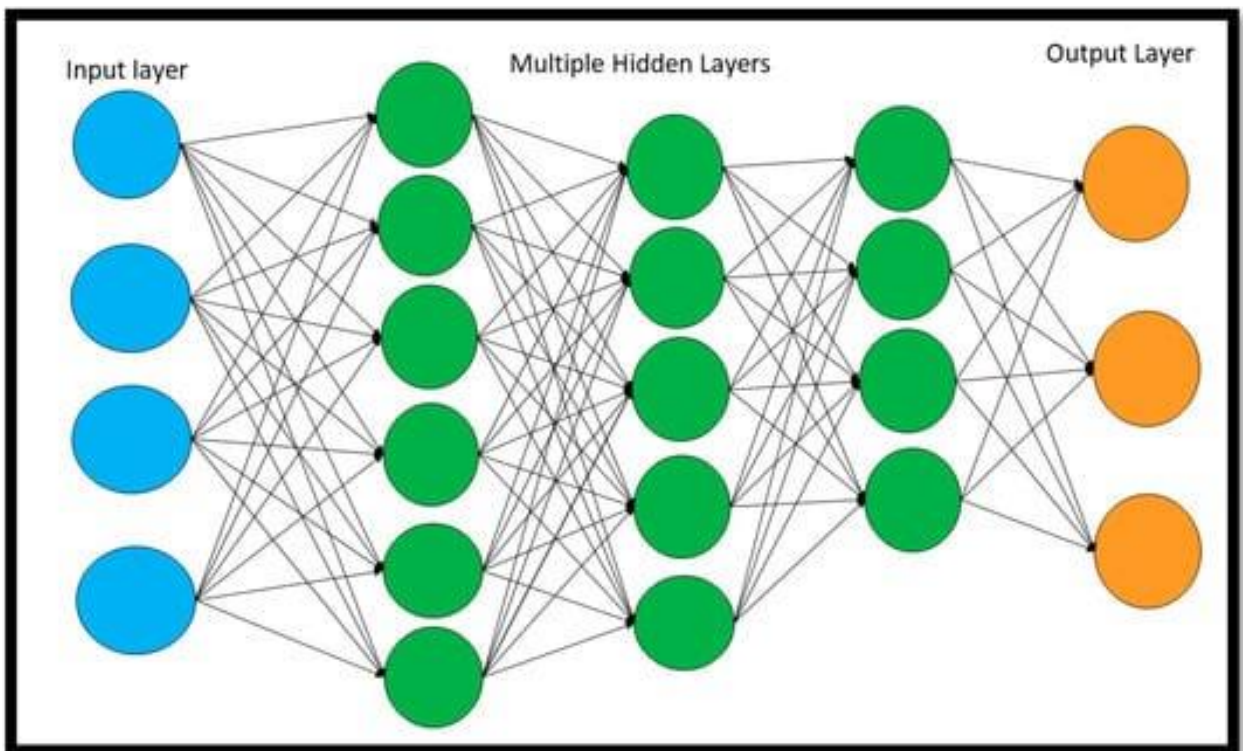


Рис. 1.2 Повністю підключена штучна нейронна мережа [15]

У більшості нейронних мереж одиниці пов'язані одна з одною від одного шару до іншого. Кожен з цих зв'язків має вагу, яка контролює, наскільки сильно один блок впливає на інший. Нейронна мережа дізнається все більше і більше про дані, коли рухається від одного елемента до іншого, і в кінцевому підсумку виробляє вихід з вихідного шару.

Таблиця 1.1

Різниця між машинним навчанням і глибоким навчанням

Машинне навчання	Глибоке навчання
Застосовує статистичні алгоритми для вивчення прихованих закономірностей і взаємозв'язків у наборі даних.	Використовує архітектуру штучної нейронної мережі для вивчення прихованих шаблонів і взаємозв'язків у наборі даних.
Може працювати з меншим обсягом набору даних	Потребує більшого обсягу даних порівняно з машинним навчанням
Краще для завдань з низьким рівнем маркування.	Краще підходить для складних завдань, таких як обробка зображень, обробка природної мови тощо.
Забирає менше часу на навчання моделі.	Потрібно більше часу, щоб навчити модель.
Модель створюється за відповідними ознаками, які вручну витягуються із зображень для виявлення об'єкта на зображенні.	Відповідні ознаки автоматично виділяються із зображень. Це наскрізний процес навчання.
Менш складний і легкий для інтерпретації результат.	Більш складний, працює як чорний ящик, і інтерпретувати результат нелегко.
Він може працювати на центральному процесорі або вимагає меншої обчислювальної потужності порівняно з глибоким навчанням.	Для цього потрібен високопродуктивний комп'ютер з графічним процесором.

Типи нейронних мереж:

Моделі глибокого навчання здатні автоматично вивчати ознаки з даних, що робить їх добре придатними для таких завдань, як розпізнавання зображень,

розпізнавання мови та обробка природної мови. Найпоширенішими архітектурами в глибокому навчанні є нейронні мережі прямого поширення, згорткові нейронні мережі (CNN) та рекурентні нейронні мережі (RNN).

- Нейронні мережі прямого поширення є найпростішим типом з лінійним потоком інформації через мережу. Вони широко використовуються для таких задач, як класифікація зображень, розпізнавання мови та обробка природної мови.
- Згорткові нейронні мережі (CNNs) спеціально розроблені для задач розпізнавання зображень і відео. Штучні нейронні мережі здатні автоматично вивчати особливості зображень, що робить їх добре придатними для таких завдань, як класифікація зображень, виявлення об'єктів і сегментація зображень.
- Рекурентні нейронні мережі (RNN) - це тип нейронних мереж, які здатні обробляти послідовні дані, такі як часові ряди і природна мова. Вони здатні підтримувати внутрішній стан, який фіксує інформацію про попередні входні дані, що робить їх добре придатними для таких завдань, як розпізнавання мови, обробка природної мови та переклад.

Основні застосування глибокого навчання можна розділити на комп'ютерний зір, обробку природної мови (NLP) і навчання з підкріпленням.

У комп'ютерному зорі моделі глибокого навчання дозволяють машинам ідентифікувати і розуміти візуальні дані. Ось деякі з основних застосувань глибокого навчання в комп'ютерному зорі:

- *Виявлення та розпізнавання об'єктів:* Моделі глибокого навчання використовуються для точної ідентифікації та визначення місцезнаходження різних об'єктів на зображеннях та відео. Це дозволяє автономним автомобілям розпізнавати пішоходів, інші транспортні засоби та перешкоди на дорозі, забезпечуючи безпечне маневрування і уникнення аварійних ситуацій.

- *Класифікація зображень*: Застосування глибокого навчання для класифікації зображень може допомогти в автоматизації системи моніторингу трафіку, дозволяючи точно розпізнавати типи транспортних засобів і визначати стан дорожнього покриття. Такий підхід може бути використаний для покращення управління трафіком і зниження ймовірності дорожніх інцидентів.
- *Сегментація зображень*: Методи сегментації дозволяють детально аналізувати зображення дорожнього полотна, виділяючи такі елементи, як дорожня розмітка, сигнальні знаки та світлофори. Це забезпечує важливу інформацію для систем допомоги водіям, що можуть автоматично адаптуватися до змін у дорожніх умовах, підвищуючи тим самим безпеку руху.

Обробка природної мови (NLP) визначається як технологія, що дозволяє комп'ютерам розуміти, інтерпретувати, маніпулювати та генерувати людську мову, забезпечуючи можливість взаємодії між людиною та машиною. У контексті застосування штучного інтелекту для підвищення рівня безпеки дорожнього руху, NLP може відігравати кілька важливих ролей:

- *Розуміння і обробка аварійних дзвінків та повідомлень*: NLP допомагає автоматично розпізнавати і класифікувати зміст екстрених дзвінків або текстових повідомлень до служб реагування, швидко ідентифікуючи ситуації, що вимагають невідкладної уваги.
- *Аналіз соціальних медіа*: За допомогою NLP можна аналізувати повідомлення у соціальних медіа, щоб виявляти згадки про аварії або небезпечні умови на дорозі в реальному часі, дозволяючи реагувати на них швидше.
- *Інтерактивні голосові системи для водіїв*: Використання NLP в голосових асистентах та інтерактивних системах у автомобілях дозволяє водіям отримувати актуальну інформацію про дорожні умови та навігацію без потреби відволікатися на фізичні пристрої.

- Обробка звітів про дорожній рух і інциденти: NLP може ефективно обробляти і аналізувати великі обсяги звітів про дорожні умови і інциденти, що надходять від різних джерел, дозволяючи швидше збирати дані для статистичного аналізу і планування заходів безпеки.

1.2 Виклики та недоліки глибокого навчання та глибинного навчання

Глибинне навчання досягло значних успіхів у різних галузях, але існують певні проблеми, які потребують вирішення. Однією з головних проблем є доступність даних, оскільки для навчання потрібні великі обсяги даних. Також, значні обчислювальні ресурси є необхідними для навчання моделей, адже спеціалізоване обладнання, таке як графічні та обчислювальні процесори (GPU), є обов'язковим. Витрати часу на роботу з послідовними даними також можуть бути значними, інколи займаючи кілька днів або місяців. Інтерпретованість моделей глибокого навчання є складною, адже вони працюють як чорний ящик, і результат важко інтерпретувати. Надмірна пристосованість також є проблемою, коли модель стає занадто спеціалізованою для навчальних даних, що призводить до поганої продуктивності на нових даних.

Глибинне навчання має свої переваги, такі як висока точність, що дозволяє досягати найсучасніших показників у завданнях розпізнавання зображень та обробки природної мови. Воно також дозволяє автоматично виявляти та вивчати відповідні ознаки з даних без необхідності ручної інженерії ознак. Моделі глибинного навчання є масштабованими і можуть обробляти великі й складні набори даних. Гнучкість цих моделей дозволяє застосовувати їх до широкого спектру завдань і обробляти різні типи даних, такі як зображення, текст і мова. Постійне вдосконалення моделей можливе завдяки збільшенню доступності даних.

Проте, глибинне навчання має і свої недоліки. Високі обчислювальні вимоги є значним бар'єром, оскільки моделі потребують великих обсягів даних і

обчислювальних ресурсів для навчання та оптимізації. Необхідність у великих обсягах маркованих даних для навчання також є проблемою, оскільки їх отримання може бути дорогим і трудомістким. Складність інтерпретації моделей ускладнює розуміння того, як вони приймають рішення. Надмірне пристосування до навчальних даних може призвести до низької продуктивності на нових і непередбачуваних даних. Природа чорної скриньки робить важким розуміння роботи моделей та їх прогнозів.

Отже, хоча глибинне навчання має багато переваг, таких як висока точність і масштабованість, воно також має свої недоліки, включаючи високі обчислювальні вимоги, потребу у великих обсягах маркованих даних і проблеми з інтерпретацією. Ці обмеження потрібно враховувати при прийнятті рішення про використання глибинного навчання для вирішення конкретних завдань.

1.3 Огляд Інтернету речей в контексті безпеки дорожнього руху

Інтернет речей (англ. *Internet of Things, IoT*) - концепція обчислювальної мережі фізичних предметів («речей»), оснащених вбудованими технологіями для взаємодії один з одним або з зовнішнім середовищем, яка розглядає організацію таких мереж як явище, здатне перебудувати економічні та суспільні процеси, що виключає з частини дій і операцій необхідність участі людини.

Інтернет речей (IoT) відноситься до величезної кількості «речей», які і підключені до інтернету, щоб вони могли обмінюватися даними з іншими речами – IoT додатками, підключеними пристроями, промисловими машинами і багато чого інше. Підключені до Інтернету пристрої використовують вбудовані датчики для збору даних і в деяких випадках діють на них. Підключені до Інтернету речей пристрої і машини можуть поліпшити нашу роботу і життя.

Інтернет речей (IoT) має великий потенціал для підвищення безпеки дорожнього руху завдяки використанню різних вбудованих технологій і датчиків.

Наприклад, датчики можуть бути прикріплені до транспортних засобів на дорозі для вимірювання відстані, швидкості та різних погодних умов і передавати цю інформацію на центральний сервер для обробки. Ця інформація може бути використана для попередження водіїв про потенційно небезпечні ситуації на дорозі, наприклад, про малу дистанцію до зустрічного транспорту або погані погодні умови. Канали датчиків стежать за станом доріг і мостів, виявляють тріщини та інші дефекти, які необхідно негайно усунути, щоб запобігти аваріям.

Ще однією перевагою Інтернету речей у сфері безпеки дорожнього руху є можливість створювати "розумні" дорожні знаки та сигнали, які можна змінювати в режимі реального часу залежно від поточних умов руху та надзвичайних ситуацій. Наприклад, обмеження швидкості на автомагістралях може автоматично знижуватися в разі густого туману або інтенсивного руху. Це не тільки підвищує безпеку водіїв і пішоходів, але й сприяє більш плавному руху транспорту та знижує ймовірність аварій.

Таким чином, інтеграція Інтернету речей у транспортний сектор відкриває нові можливості для створення безпечнішого та ефективнішого дорожнього середовища.

Інтернет речей (IoT) був розроблений кількома компаніями та дослідницькими установами, включаючи IBM, Cisco та Массачусетський технологічний інститут. Протягом останніх кількох десятиліть вони спільно впроваджували та розвивали концепцію IoT, підключаючи різні пристрої до Інтернету та закладаючи основу для розвитку сучасної інтернет-екосистеми.

Наразі, ця концепція включає в собі такі чотири елементи:

- Рівень датчиків
- Мережевий рівень
- Рівень обробки даних
- Прикладний рівень

The Internet of Things Ecosystem

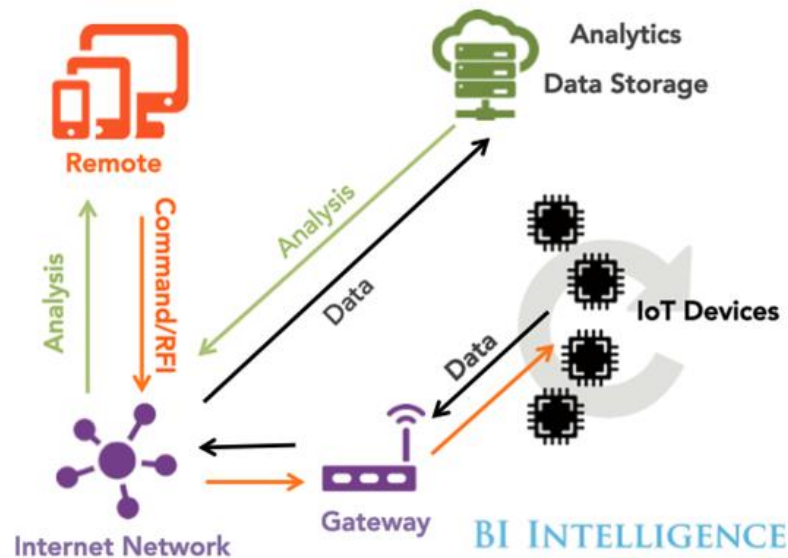


Рис. 1.3 Архітектура мережі IoT [16]

Рівень датчиків

Цей рівень використовують датчики в дорожньому транспорті здійснюючи збір даних із дорожнього оточення, тобто середовища, збирає інформацію про трафік, погодні умови та стан доріг, перетворюючи їх на корисні дані для підвищення безпеки. Виконавчі системи можуть автоматично реагувати на нові умови, як-от змінювати швидкість або увімкнути аварійний сигнал.

Широкий спектр датчиків використовується для моніторингу стану доріг та поведінки транспортних засобів, від простих камер спостереження до складних систем детектування відстані, якості повітря, визначення стану задимлення. Завдяки розвитку Інтернету речей та технологій, які дозволяють збір даних без зовнішнього джерела живлення, можливості в цій сфері постійно зростають.

У контексті застосування ШІ для безпеки дорожнього руху, обробка даних може відбуватися на кожному рівні: від датчика до хмари. Однак обмежені обчислювальні ресурси на датчиках можуть вимагати передачі даних до потужніших систем для глибшого аналізу. Швидкість обробки критично важлива для негайного реагування на потенційні небезпеки.

Для детального аналізу, залучення хмарних технологій та центрів обробки даних може забезпечити інтеграцію даних із різних джерел, забезпечуючи більш повне розуміння дорожніх умов. Це може включати автоматичне оновлення дорожніх знаків та сигналізації в реальному часі на основі зібраних даних.

Датчики, які використовуються у системах безпеки дорожнього руху, включають:

- Датчики руху для виявлення положення та переміщення транспортних засобів.
- Датчики навколишнього середовища, які вимірюють параметри такі як світло, тиск якість повітря, задимлення певних ділянок дороги, що важливо для адаптації до змін умов.
- Датчики місцеположення, включаючи GPS, які використовуються для точного моніторингу маршрутів та орієнтації транспортних засобів, що мають важливе значення для навігаційних систем та аварійних повідомлень.

Мережевий рівень

Основне призначення мережевого рівня систем безпеки на дорозі – передача даних від датчиків, які збирають інформацію в аналоговій формі. Цю інформацію необхідно зібрати, узагальнити та перетворити в цифровий потік для подальшого аналізу на більш високому рівні обробки. Системи збору даних (Data Acquisition Systems, DAS), які беруть участь у цьому процесі, підключаються до мережі датчиків, збирають інформацію та виконують аналого-цифрове перетворення. Інтернет-шлюзи відіграють важливу роль, передаючи зведені цифрові дані до низхідних систем через Wi-Fi, дротову локальну мережу чи Інтернет для глибшої обробки.

Важливим аспектом цього рівня є здатність обробляти великі обсяги інформації, зібраної на попередньому етапі. Обробка такої інформації включає її стиснення до оптимального розміру, підготовку даних для подальшого ефективного аналізу. Цей

процес також включає перетворення даних відповідно до певної термінології та структури.

На рівні мережі важливу роль відіграють стандарти та протоколи передачі даних. Ці стандарти забезпечують безпечну та ефективну передачу інформації та мінімізують затримки та помилки, які можуть виникнути під час процесу передачі. Використання передових технологій, таких як шифрування даних і функції безпеки, допомагає захистити інформацію від несанкціонованого доступу та гарантує її цілісність.

На практиці мережевий рівень інтелектуальної системи безпеки транспорту може включати інтеграцію з різними платформами та обладнанням, що підтримує різні формати даних і стандарти. Це вимагає гнучкості підходу до обробки та передачі даних, а також здатності системи швидко адаптуватися до нових вимог і технологій.

Рівень обробки даних

Рівень обробки даних розумної системи безпеки дорожнього руху займається підготовкою даних з різних датчиків і камер для подальшого аналізу в ІТ-інфраструктурі. Граничні обчислення відіграють особливо важливу роль на цьому рівні, забезпечуючи розширений аналіз і попередню обробку даних. В свою чергу граничне обчислення визначається як технологія обробки даних, яка виконується безпосередньо на межі мережі, тобто на пристрої, що знаходиться найближче до джерела даних, наприклад, на розумній камері. Такий підхід зменшує затримку передачі даних до центральної обчислювальної системи і дозволяє швидше реагувати на зміну умов трафіку.

Через велику кількість даних, що генеруються датчиками Інтернету речей, надсилання всієї цієї інформації безпосередньо в центр управління дорожнім рухом може перевантажити мережеву інфраструктуру та уповільнити її обробку. Тому ефективніше використовувати периферійні обчислювальні системи, які можуть виконувати процеси аналізу на місці, зменшуючи навантаження на основну ІТ-інфраструктуру. Це не тільки зменшує потребу у високій пропускну здатності для

передачі даних, але й знижує ризики, пов'язані з безпекою, зберіганням і затримками в обробці даних.

Поетапний підхід до обробки даних в периферійних системах дозволяє проводити попередню обробку і робити важливі відкриття, які потім можуть бути ефективно передані в центральну систему для більш глибокого аналізу. Такий підхід забезпечує швидкість та ефективність виявлення та реагування на потенційні загрози, а також підвищує безпеку дорожнього руху.

1.4 Переваги та недоліки впровадження штучного інтелекту а також Інтернету речей в сферу безпеки дорожнього руху

Аналізуючи нинішні системи безпеки дорожнього руху, виникає потреба знайти їхні переваги та недоліки. Штучний інтелект (ШІ) та Інтернет речей (ІоТ) обіцяють революцію в цій сфері, але чи вони дійсно відповідають на всі питання безпеки на дорозі?

Переваги впровадження штучного інтелекту

Штучний інтелект (ШІ) приносить значні переваги для безпеки дорожнього руху в кількох ключових сферах. По-перше, ШІ значно підвищує ефективність дорожнього руху завдяки своїй здатності оптимізувати управління дорожнім рухом: системи на основі ШІ можуть аналізувати транспортні потоки в режимі реального часу, адаптувати цикли роботи світлофорів і регулювати обмеження швидкості, щоб мінімізувати затори і знизити ризик дорожньо-транспортних пригод (ДТП), а також забезпечити більш плавний і безпечний рух транспорту.

Покращення діагностики та прогнозування є ще однією важливою перевагою ШІ, оскільки технологія може ефективно аналізувати та обробляти величезні обсяги даних з різних джерел, таких як записи з камер спостереження, придорожні датчики та інформація про транспортні засоби. Це дозволяє не лише виявляти потенційно небезпечні ситуації, а й з високим ступенем точності прогнозувати

місця, де можуть статися аварії. Автоматизоване реагування на ДТП на основі штучного інтелекту сприяє швидшому реагуванню на дорожньо-транспортні пригоди. Автоматизовані системи можуть миттєво виявляти аварії та інші події на дорозі і швидко повідомляти відповідні аварійні служби та поліцію, що значно скорочує час реагування на аварії, надає кращу допомогу постраждалим і мінімізує наслідки аварій. Очікується, що розвиток автоматизованих транспортних засобів зі штучним інтелектом призведе до революції у сфері безпеки на дорогах. Оскільки більшість аварій спричинені людською помилкою, ці технології можуть зменшити кількість дорожньо-транспортних пригод, забезпечуючи, що водії дотримуватимуться правил дорожнього руху і реагуватимуть на непередбачувані ситуації, не втрачаючи концентрації і не втрачаючи швидкість реакції.

Недоліки впровадження штучного інтелекту

Хоча штучний інтелект (ШІ) може зробити значний внесок у безпеку дорожнього руху, необхідно враховувати ряд недоліків: одним з основних бар'єрів на шляху широкого впровадження ШІ є висока вартість розробки, впровадження та підтримки технології. Необхідна інфраструктура, така як дорогі датчики і сервери для обробки даних, це може стати тягарем для бюджетів, особливо в регіонах, де фінансові ресурси обмежені. Ефективність штучного інтелекту безпосередньо пов'язана з якістю та кількістю наявних даних. Неповна або неточна інформація може призвести до неправильних прогнозів і рішень, особливо в ситуаціях, яких система не "бачила" під час навчання. Питання конфіденційності та безпеки даних також є важливими, оскільки збір і аналіз великих обсягів інформації про користувачів може призвести до серйозних порушень конфіденційності в разі витоку даних. Зростаюче використання автоматизованих систем водіння може призвести до зниження навичок водіння серед населення, оскільки залежність від технологій може призвести до зниження концентрації уваги і відсутності обережності. Це може стати проблемою, якщо раптом знадобиться втручання водія. Крім того, використання ШІ на транспорті піднімає низку етичних питань, таких як

прийняття рішень у кризових ситуаціях. Наприклад, якщо вибір не є однозначним - водій, пішохід або пасажир - як система повинна вирішити, кого слід захищати? Розробка алгоритмів, що враховують етичні міркування, є складним завданням. Через ці недоліки необхідний подальший аналіз і обережний підхід до впровадження штучного інтелекту в транспортному секторі, щоб максимізувати його потенціал, мінімізуючи потенційні ризики та виклики.

Переваги впровадження Інтернету речей

Впровадження Інтернету речей у дорожньо-транспортному секторі має низку переваг, які безпосередньо сприяють підвищенню безпеки: Інтернет речей можна використовувати для моніторингу стану дорожнього покриття, виявлення проблемних ділянок на дорозі та аналізу поведінки водіїв у режимі реального часу; інтегруючи датчики Інтернету речей у системи управління дорожнім рухом, на основі актуальних даних про погодні умови, стан доріг та аварійні ситуації, можна оптимізувати роботу світлофорів та скоротити час реагування на аварійні ситуації. На основі цих даних штучний інтелект може запропонувати оптимальні маршрути та організацію руху для мінімізації ризиків та підвищення безпеки дорожнього руху.

Недоліки впровадження інтернету речей

Однак є й недоліки, які слід враховувати при впровадженні IoT. Висока вартість інфраструктури, необхідної для встановлення та обслуговування великої кількості датчиків та інших пристроїв, особливо в районах з обмеженим бюджетом, може стати перешкодою для широкого впровадження. Збір та аналіз великих обсягів даних також може викликати занепокоєння щодо конфіденційності та безпеки і підвищити ризик витоку конфіденційної інформації. Крім того, постійна залежність від Інтернету речей може знизити пильність і швидкість реакції водіїв, роблячи їх менш готовими до самостійного реагування на нестандартні ситуації.

2 Огляд розширених систем допомоги водію та комп'ютерного зору для підвищення безпеки дорожнього руху

2.1 Дослідження систем ADAS

ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) - це набір технологій, покликаних підвищити безпеку та ефективність водіння. Ці системи використовують різноманітні датчики та алгоритми для надання водієві важливої інформації та активного втручання для запобігання потенційним аваріям. ADAS включають автоматичне гальмування, систему утримання в смузі руху, адаптивний круїз-контроль та системи моніторингу сліпих зон.

Історія систем ADAS починається у 1970-х роках, коли перші технології, спрямовані на підвищення безпеки водіння, були впроваджені у виробництво. Однак, справжній прорив відбувся у 1990-х, коли значні технологічні досягнення у галузі електроніки та комп'ютерних технологій дозволили інтегрувати більш складні та ефективні системи в автомобілі. Однією з перших компаній, яка активно почала реалізацію ADAS, була Mercedes-Benz, яка в 1995 році представила систему Elektronisches Stabilitäts-Programm (ESP), спроектовану для підвищення стабільності автомобіля під час маневрування.

Початкове впровадження систем ADAS в автомобілі мало на меті не тільки підвищення безпеки, але й забезпечення більшого комфорту для водіїв. Проте, з часом акцент змістився на автономні технології, які дозволяють мінімізувати або навіть виключити потребу водійського втручання. Це спричинило зростання інтересу та інвестицій в дану галузь, підштовхнуті значними дослідженнями і розробками в області штучного інтелекту та машинного навчання.

З того часу, численні виробники автомобілів, такі як Volvo, Tesla, BMW, та інші, активно інвестували в розвиток та інтеграцію ADAS у свої моделі. Технології стали включати все більше функцій, як-от системи попередження про зіткнення,

автоматичне гальмування в екстрених ситуаціях, системи виявлення пішоходів, адаптивне освітлення та інше.

Системи ADAS продовжують еволюціонувати, і в майбутньому можуть стати фундаментом для повністю автономних транспортних засобів. Така перспектива відкриває нові горизонти для подальших досліджень та розробок у цій області, обіцяючи не тільки змінити спосіб, яким ми водимо автомобіль, але й значно підвищити рівень дорожньої безпеки.

Сучасні системи допомоги водієві (ADAS) доступні майже у всіх нових моделях автомобілів на ринку. Рівень автоматизації цих систем варіюється від систем попередження і короткочасної допомоги (SAE Level 0) до безперервної бічної або поздовжньої допомоги водієві (SAE Level 1) і часткової автоматизації (SAE Level 2).

Загалом, ADAS для запобігання зіткненням демонструють найбільші переваги з точки зору безпеки. Ці системи підтримують водія в небезпечних ситуаціях, де автоматичне розпізнавання і швидкий час реакції є надзвичайно корисними.

Очікується, що інтелектуальна адаптація швидкості також значно підвищить безпеку, особливо в умовах обмежень. На більш високих рівнях автоматизації переваги безпеки є менш очевидними. Оцінки безпеки, наведені на рис. 2.1 базуються на літературних джерелах, процитованих у цьому звіті, і підсумовані нижче.

ADAS SAE level 0	Safety Benefits	ADAS SAE level 1/2	Safety Benefits
Forward Collision Warning (FCW)	+/-	Adaptive Cruise Control (ACC)	Conflicting results
Automatic Emergency Breaking (AEB)	+	Lane Centering (LC)	No clear benefit
FCW + AEB	++	ACC + LC	No clear benefit
Assisted Emergency Steering (AES)	Unknown		
Parking Sensors, Rear Vision Camera & Automatic Braking	+/-		
Rear Cross Traffic Assist (RCTA)	+		
Front Cross Traffic Assist (FCTA)	Unknown		
Left and Right Turn Assist (L/RTA)	Unknown		
Intelligent Speed Adaptation (ISA):			
Warn	+/-		
Assist	+		
Restrict	++		
Curve Speed Warning (CSW)	Unknown		
Lane Departure Warning (LDW)	+/-		
Lane Keeping Assist (LKA)	+		
Blind Spot Monitoring (BSM)	+/-		

Рис. 2.1 Огляд переваг ADAS для безпеки дорожнього руху [1]

ADAS також стикається з такими проблемами, як взаємодія водія та ADAS. Ці виклики стосуються прозорості системи, довіри, плутанини режимів та утримання уваги водія під час моніторингу ADAS. Інші виклики стосуються взаємодії з іншими учасниками дорожнього руху, головним чином, щодо передбачуваності поведінки водія. Нарешті, ADAS також стикається з технологічними проблемами, такими як точність виявлення, дальність дії датчиків і виявлення вразливих учасників дорожнього руху.

Сьогодні всі нові моделі автомобілів оснащуються в тій чи іншій формі сучасними системами допомоги водієві (ADAS). Хоча не існує єдиного визначення ADAS, зазвичай вони відносяться до системи, які підтримують водія у виконанні його основних завдань під час керування автомобілем. Термін "вдосконалений" або "Advanced" означає використання датчиків для спостереження за навколишнім середовищем. Ці системи можуть не тільки інформувати або попереджати водія, але також можуть взяти на себе (частково) керування автомобілем. Товариство автомобільних інженерів (SAE) запропонувало 6 рівнів автоматизації водіння. ADAS підпадають під рівні 0-2, тоді як автоматизоване водіння (AD) відноситься до рівнів 3-5 (рис. 2.2).

Основна відмінність між ADAS і AD полягає в ролі водія. У той час як ADAS лише допомагають водієві у виконанні його завдань, AD може взяти на себе повну відповідальність за водіння принаймні на частину поїздки. Наразі жодна система AD не отримала схвалення ЄС. Деякі ADAS, з іншого боку, отримали схвалення і будуть обов'язковими в майбутніх моделях автомобілів.

	SAE LEVEL 0™	SAE LEVEL 1™	SAE LEVEL 2™	SAE LEVEL 3™	SAE LEVEL 4™	SAE LEVEL 5™
What does the human in the driver's seat have to do?	You are driving whenever these driver support features are engaged – even if your feet are off the pedals and you are not steering			You are not driving when these automated driving features are engaged – even if you are seated in “the driver’s seat”		
	You must constantly supervise these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety			When the feature requests, you must drive	These automated driving features will not require you to take over driving	
Copyright © 2021 SAE International.						
	These are driver support features			These are automated driving features		
What do these features do?	These features are limited to providing warnings and momentary assistance	These features provide steering OR brake/acceleration support to the driver	These features provide steering AND brake/acceleration support to the driver	These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met	This feature can drive the vehicle under all conditions	
Example Features	<ul style="list-style-type: none"> • automatic emergency braking • blind spot warning • lane departure warning 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering OR • adaptive cruise control 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering AND • adaptive cruise control at the same time 	<ul style="list-style-type: none"> • traffic jam chauffeur 	<ul style="list-style-type: none"> • local driverless taxi • pedals/steering wheel may or may not be installed 	<ul style="list-style-type: none"> • same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions

Рис. 2.2 Рівні автоматизації водіння від SAE International. [1]

У цьому розділі розглядаються лише ті ADAS, які використовують датчики для моніторингу оточення транспортного засобу, відповідно до визначення, наданого Голландською радою з безпеки (2019). Системи, які лише використовують датчики для вимірювання стану транспортного засобу (наприклад, моніторинг тиску в шинах та електронний тиск в шинах та електронний контроль стійкості) або стан водія (системи моніторингу водія) не включені. Системи які лише покращують сприйняття, але не попереджають водія або не беруть на себе контроль над транспортним засобом (наприклад, адаптивні фари, системи нічного бачення та

камери заднього виду), або які не спрямовані на підвищення безпеки (наприклад, автоматичне паркування), також не включені. На малюнку 2.3 червоною зірочкою позначені функції, які стануть обов'язковими для нових моделей автомобілів в ЄС з 2022 року. Більше інформації про це можна знайти на веб-сайті ЄК.

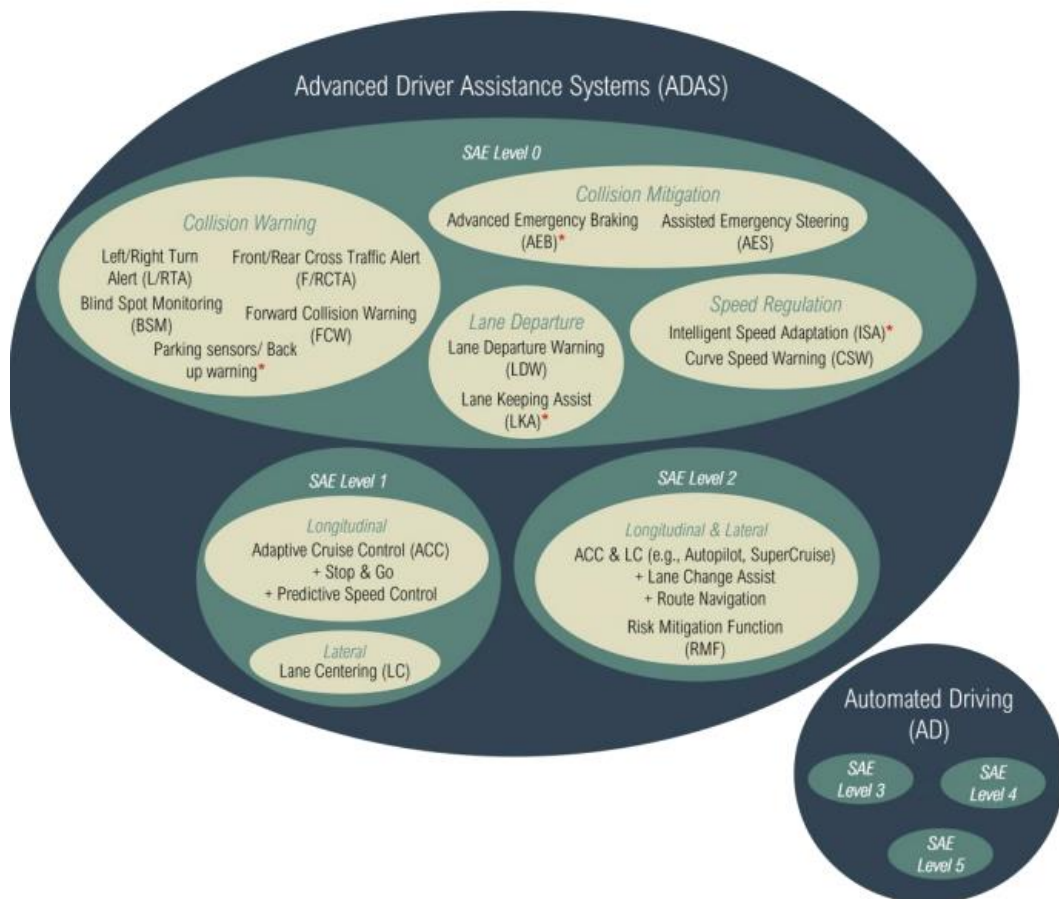


Рис. 2.3 Рівні ADAS, про які йдеться у цьому розділі [1]

Щоб зрозуміти відмінності в ADAS, корисно поглянути на датчики і діапазони датчиків, які визначають їхні особливості. Наприклад, на низьких швидкостях датчики паркування ближнього радіусу дії можуть використовуватися для виявлення перешкод спереду і ззаду автомобіля. І навпаки, на більш високих швидкостях більший радіус дії адаптивного круїз-контролю може бути використаний для виявлення транспортних засобів, що знаходяться далі перед автомобілем, але в меншому бічному діапазоні. Таким чином, дальність дії датчиків

пояснює деякі обмеження різних ADAS (рис 2.4). Як правило чим більший поздовжній радіус дії датчика, тим вузючою є його пропускна здатність. Також датчики великого радіусу дії використовуються на більш високих швидкостях, ніж датчики малого радіусу дії.

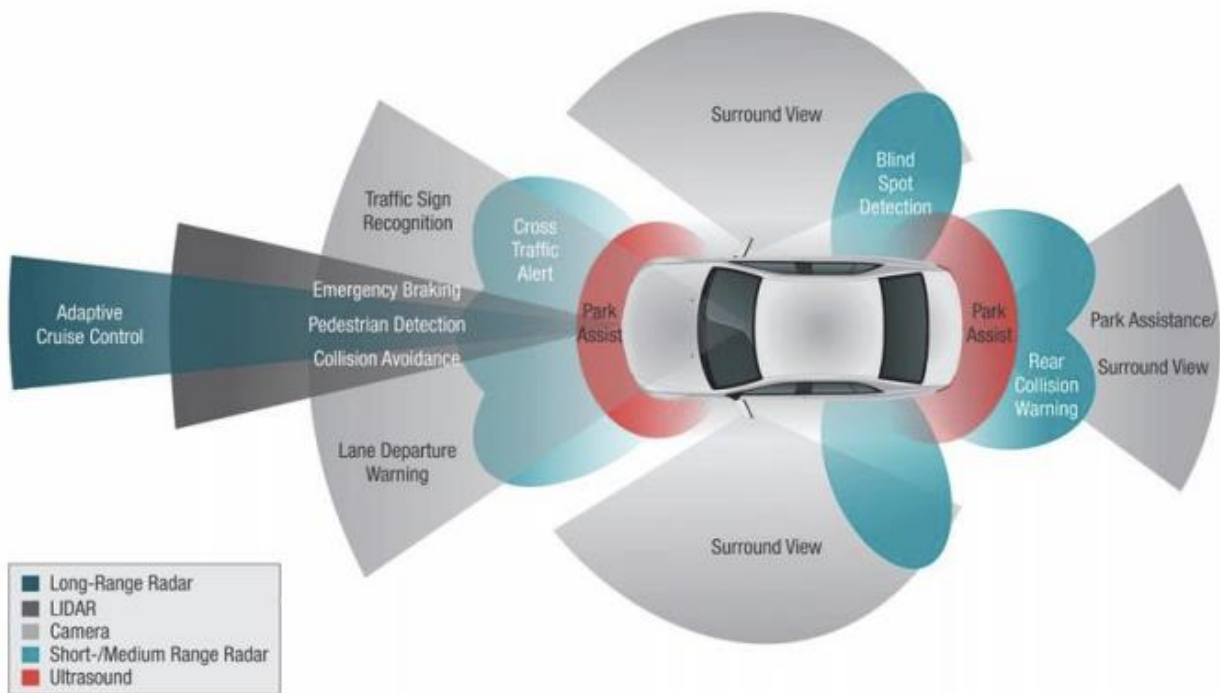


Рис 2.4 Типові діапазони датчиків ADAS [1]

2.2 Загальні переваги та виклики для підвищення рівня безпеки дорожнього руху за допомогою систем ADAS

Загалом, переваги ADAS для безпеки полягають у покращенні часу реакції, кращому сприйнятті та несприйнятливості до типових людських факторів, таких як сонливість і відволікання уваги. Наприклад, деякі ADAS використовують камери, встановлені на задній частині автомобіля, щоб інформувати водія про небезпеку позаду транспортного засобу, яка в іншому випадку залишилася б поза увагою. Як тільки виявлено небезпечну ситуацію, система ADAS може майже миттєво загальмувати або змінити напрямок руху, щоб запобігти зіткненню. Хоча ці

можливості призводять до значних переваг у сфері безпеки деяких ADAS (які обговорюються в наступних розділах), все ще існують проблеми, які потребують вирішення, типовими проблемами

Взаємодія між людиною та транспортним засобом:

- Недостатня прозорість системи, тобто недостатнє розуміння того, як працює система, її можливостей та обмежень, може спричинити несподіванки для водія. Це, в свою чергу, може призвести, наприклад, до збільшення часу реакції в критичних ситуаціях.
- Неналежна довіра до системи може призвести або до невикористання системи (недовіра), або до зловживання системою (надмірна довіра). Система може бути деактивована, хоча вона могла б підвищити безпеку, або активована в ситуаціях, для яких вона не призначена.
- Плутанина режимів, коли водій не розуміє, чи активована певна функція та/або може виконувати певне завдання.
- Тримати водія в курсі подій особливо складно на вищих рівнях автоматизації, коли навантаження на водія значно зменшується. Водії можуть відволікатися або втомлюватися і бути не в змозі адекватно виконувати свої завдання з моніторингу.

Взаємодія з іншими учасниками дорожнього руху:

Люди-водії частково компенсують свій довгий час реакції, передбачаючи небезпечні ситуації. Коли автоматизація поводить ся значно інакше, ніж людина-водій, ця здатність до передбачення погіршується. Багато ситуацій на дорозі вимагають певної форми спілкування між учасниками дорожнього руху. Оскільки ADAS, як правило, не призначена для такого спілкування, це може викликати плутанину. Багато з цих проблем можна вирішити, застосовуючи підхід до проектування, орієнтований на людину при розробці ADAS.

У цьому відношенні як ADAS, так інтерфейси розробляються з урахуванням людських можливостей та обмежень. Система моніторингу стану водія можуть

допомогти водієві бути в курсі подій, відстежуючи стан водія і вживаючи заходів, щоб уникнути відволікання і втоми.

Ці системи стануть обов'язковими для всіх нових моделях автомобілів в ЄС у 2022 році. Крім того, інформування водіїв про можливості та обмеження ADAS також може сприяти прозорості системи та формуванню відповідної довіри. Дослідження проблем, пов'язаних з ADAS та іншою взаємодією з учасниками дорожнього руху, лише останнім часом набирають обертів.

Ці проблеми можуть бути вирішені за допомогою подальших досліджень взаємодії учасників дорожнього руху та використання отриманих результатів при розробці майбутніх ADAS. Багато досліджень вже проводяться з технологічного боку. Наприклад, покращується сприйняття вразливих учасників дорожнього руху. Автовиробники також продовжують розширювати діапазон обставин, за яких можуть працювати певні ADAS.

2.3 Аналіз систем на різних рівнях ADAS

ADAS рівня SAE 0

На цьому рівні ця система може надавати попередження та миттєву допомогу. Наприклад, системи запобігання зіткненням допомагають водієві лише тоді, коли зіткнення неминуче, за допомогою попередження, гальмування або рульового керування. Існує кілька систем попередження зіткнень, кожна з яких має різний кут огляду та дальність дії, а отже, виявляють об'єкти, розташовані в різних місцях навколо автомобіля.

Система попередження зіткнення (Forward Collision Warning, FCW)

Ця система є важливим інноваційним засобом у сучасних автомобілях, який значно підвищує безпеку на дорогах. Ця система спроектована для того, щоб попереджати водія про потенційні перешкоди, які знаходяться прямо перед автомобілем, забезпечуючи цим задовгострокове попередження на відносно

великій відстані. Завдяки цьому водій отримує достатньо часу для реагування та адаптації своєї швидкості або напрямку руху, що особливо корисно при їзді на високих швидкостях, наприклад, на швидкісних трасах. Детектування перешкод здійснюється за допомогою використання різних датчиків, таких як радары, лідари та камери, які аналізують обстановку перед автомобілем (рис. 2.5). Ці датчики можуть виявляти не тільки статичні об'єкти, але й динамічні перешкоди, такі як інші автомобілі, пішоходи або тварини. Вся отримана інформація обробляється високопродуктивними обчислювальними системами, які в мілісекунди можуть оцінити потенційну небезпеку та видали адекватне попередження водію.

Функціональність системи попередження зіткнення включає не тільки візуальні та звукові попереджувальні сигнали, але й можливість автоматичного пригальмовування, якщо водій не реагує на попередження. Це стає незамінною функцією в умовах сучасного дорожнього руху, де швидкість подій може значно перевищувати людську здатність до своєчасної реакції.

Використання такої системи значно знижує ризик дорожньо-транспортних пригод, забезпечуючи більшу безпеку як для водія, так і для всіх учасників дорожнього руху.

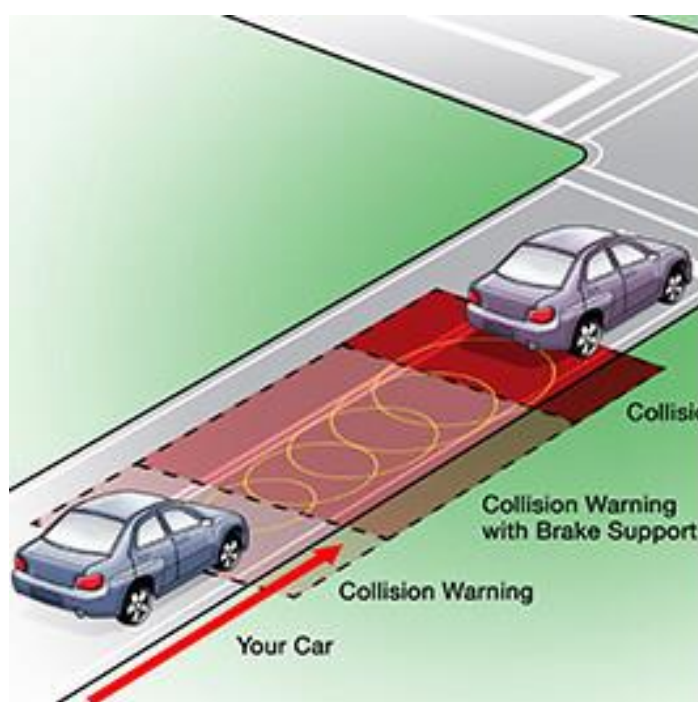


Рис. 2.5 Принцип роботи системи попередження зіткнення [17]

Система попередження перехресного руху (Front/Rear Cross Traffic Alert, F/RCTA)

Система Попередження перехресного руху (СТА) є важливою складовою сучасних автомобільних технологій, спеціалізується на виявленні транспортних засобів, які знаходяться ближче до автомобіля та на значній бічній відстані, перевершуючи можливості системи FCW, яка зосереджена на перешкодах, розташованих безпосередньо перед автомобілем (рис. 2.6). Це відмінність у радіусах дії дозволяє СТА ефективно функціонувати у ситуаціях, де FCW може бути не настільки корисною, наприклад, при маневрах на низьких швидкостях, як-от під час рушання заднім ходом з місця паркування або при наближенні до перехрестя з обмеженим оглядом.

Більший бічний радіус дії системи СТА дає можливість виявляти та моніторити транспортні засоби, які можуть непомітно наближатися до бокових частин автомобіля. Це особливо корисно у міських умовах, де рух може бути дуже інтенсивним і де з'являється багато непередбачених ситуацій. Водночас, датчики системи допомоги при паркуванні, які часто мають ще менший радіус дії, зосереджені на уникненні зіткнень зі стаціонарними об'єктами. Це дозволяє водіям бути впевненими під час паркування, зменшуючи ризик пошкоджень автомобіля чи навколишніх об'єктів.

Такі технології, як СТА та системи допомоги при паркуванні, є невід'ємною частиною сучасного досвіду водіння, пропонуючи водіям додаткові засоби для забезпечення безпеки та комфорту під час руху в складних і часто непередбачуваних дорожніх умовах.

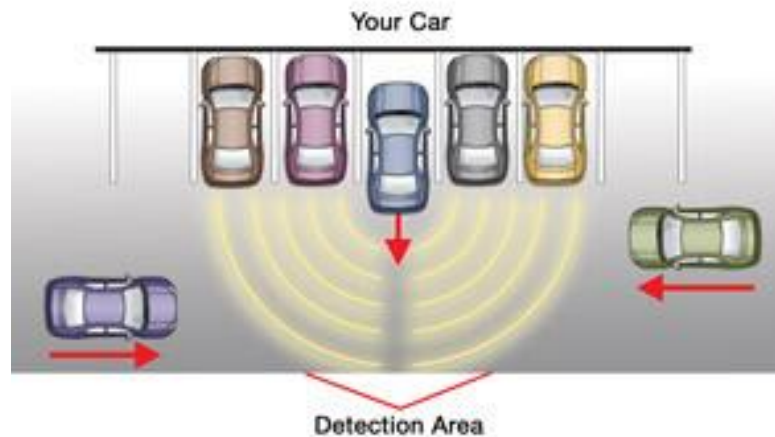


Рис. 2.6 Принцип роботи системи попередження перехресного руху [18]

Система допомоги при паркуванні (Parking Assistance System, PDS)

Система допомоги при паркуванні це спеціальна технологія, яка використовується в сучасних автомобілях для полегшення паркування та забезпечення високої точності і безпеки при маневруванні в обмеженому просторі. Вона складається з датчиків, встановлених навколо автомобіля. Це або ультразвукові датчики, які використовують звукові хвилі для виявлення об'єктів поблизу автомобіля, або радіочастотні датчики, які надають інформацію про відстань до перешкод (рис. 2.7). Системи не тільки активно допомагають водієві об'їжджати стаціонарні об'єкти, але й адаптуються до змін у навколишньому середовищі, реагують на динамічні зміни і вказують на потенційні загрози в складних ситуаціях.

Технологія значно покращує загальний досвід водіння, забезпечуючи додаткову впевненість, особливо під час паркування в обмеженому просторі або на переповнених парковках. Завдяки відмінній інтеграції з іншими системами безпеки, такими як камери заднього виду та інтерактивні мультимедійні системи, ця система стала невід'ємною частиною сучасних автомобільних технологій.

Вони не тільки додають впевненості, пов'язаний з паркуванням, але й значно знижують ризик пошкодження автомобіля або аварії через неуважність або помилку водія.

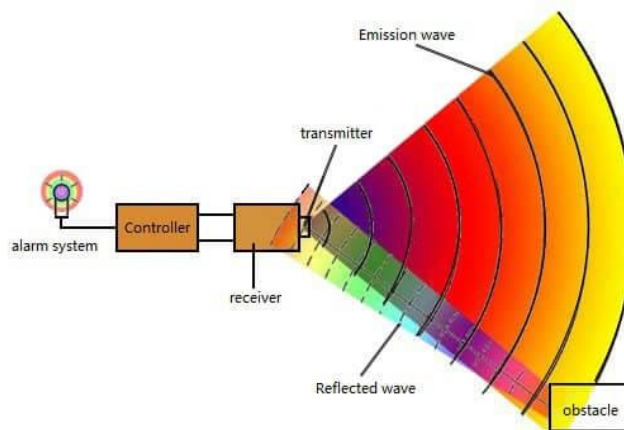


Рис. 2.7 Принцип роботи датчику паркування [19]

Функції попередження про поворот зліва та справа (Left and Right Turn Alert - L/RTA)

Це інноваційна система, призначена для підвищення безпеки руху в складних дорожніх умовах. Функція LTA спрямована на виявлення транспортних засобів, що наближаються збоку, і особливо корисна при поворотах на великих перехрестях і в'їздах на автомагістралі з поганою видимістю. LTA особливо корисна на великих перехрестях з поганою видимістю і при поворотах на в'їздах на автомагістралі. RTA, з іншого боку, активно стежить за рухом автомобіля і попереджає про транспортні засоби, що наближаються збоку.

Коли водій вмикає сигнал повороту і планує повертати, система аналізує дані з датчиків і, в разі виявлення транспортного засобу, що наближається, видає візуальне, звукове або вібраційне попередження, залежно від конкретної конфігурації системи. Це попередження дозволяє водієві вчасно зреагувати і уникнути можливого зіткнення.

Ці системи відіграють важливу роль у зниженні аварійності, особливо в жвавих міських умовах і на перехрестях. Загальна безпека на дорогах значно підвищується, оскільки водії не тільки краще бачать, але й реально усвідомлюють дорожню ситуацію навколо них.

Функції L/RTA стають ще ефективнішими, коли вони інтегровані з іншими системами допомоги водієві, такими як система стабілізації руху, забезпечуючи комплексний підхід до безпечного водіння і знижуючи ймовірність аварій, особливо в критичних ситуаціях.

Система автоматично екстреного гальмування (Automatic Emergency Braking, AEB)

Автоматичне екстрене гальмування є важливою складовою сучасних систем допомоги водієві (ADAS). Ця технологія призначена для забезпечення додаткової безпеки шляхом автоматичного втручання в гальмівну систему автомобіля при виявленні неминучого зіткнення. Система використовує сучасні датчики, такі як радар, лідар і камери, для безперервного моніторингу дорожньої обстановки перед автомобілем. Ці датчики виявляють об'єкти на шляху руху - від інших транспортних засобів до пішоходів і велосипедистів - та оцінюють їхню швидкість і траєкторію руху.

Якщо система визначає, що зіткнення неминуче, вона активує гальма, щоб або уникнути зіткнення, або значно зменшити його наслідки (рис. 2.8). Ця функція має вирішальне значення для безпеки, оскільки гальма застосовуються, навіть якщо водій не встигає зреагувати.

Автоматичне екстрене гальмування не тільки знижує ризик і тяжкість аварії, але й допомагає зменшити стрес водія, забезпечуючи додатковий рівень захисту в складних або непередбачуваних дорожніх умовах. Ця технологія стає все більш поширеною в сучасних автомобілях, оскільки виробники прагнуть створити безпечніші транспортні засоби та зменшити кількість аварій.

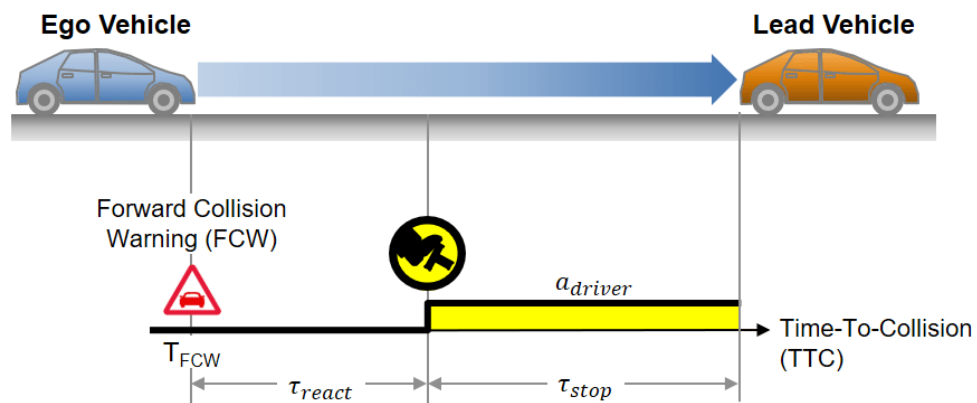


Рис. 2.8 Система автоматичного екстреного гальмування [20]

Система активного екстреного керування (Active Emergency Steering, AES)

Ця система є частиною системи допомоги водієві (ADAS), передової технології, розробленої для підвищення безпеки руху шляхом надання водієві додаткової допомоги в екстрених ситуаціях. Система активно втручається в рух, коли виявляє потенційне зіткнення, якого неможливо уникнути лише гальмуванням (рис. 2.9).

Система використовує складні алгоритми для аналізу умов у режимі реального часу, враховуючи швидкість, траєкторію та інтенсивність руху. Система також інтегрована з радаром, лідаром і відеокамерою, які надають повну інформацію про об'єкти навколо автомобіля. Якщо існує безпосередній ризик зіткнення, система може ініціювати рульове управління, щоб убезпечити автомобіль або мінімізувати ймовірність зіткнення.

Ключовою особливістю системи активного екстреного керування є її здатність допомагати водієві в екстремальних умовах, коли швидке і точне прийняття рішень є критично важливим. Система не тільки реагує на безпосередні загрози, але й адаптується до індивідуального стилю водіння, забезпечуючи більш м'яке та інтуїтивне втручання.

Завдяки цьому, водії не тільки отримують підтримку в критичних ситуаціях, але й підвищують загальну безпеку водіння, зменшуючи ймовірність аварій через людський фактор. Ця технологія є важливим кроком у розвитку автоматичних систем безпеки, які забезпечують кращий контроль і захист для всіх учасників дорожнього руху.

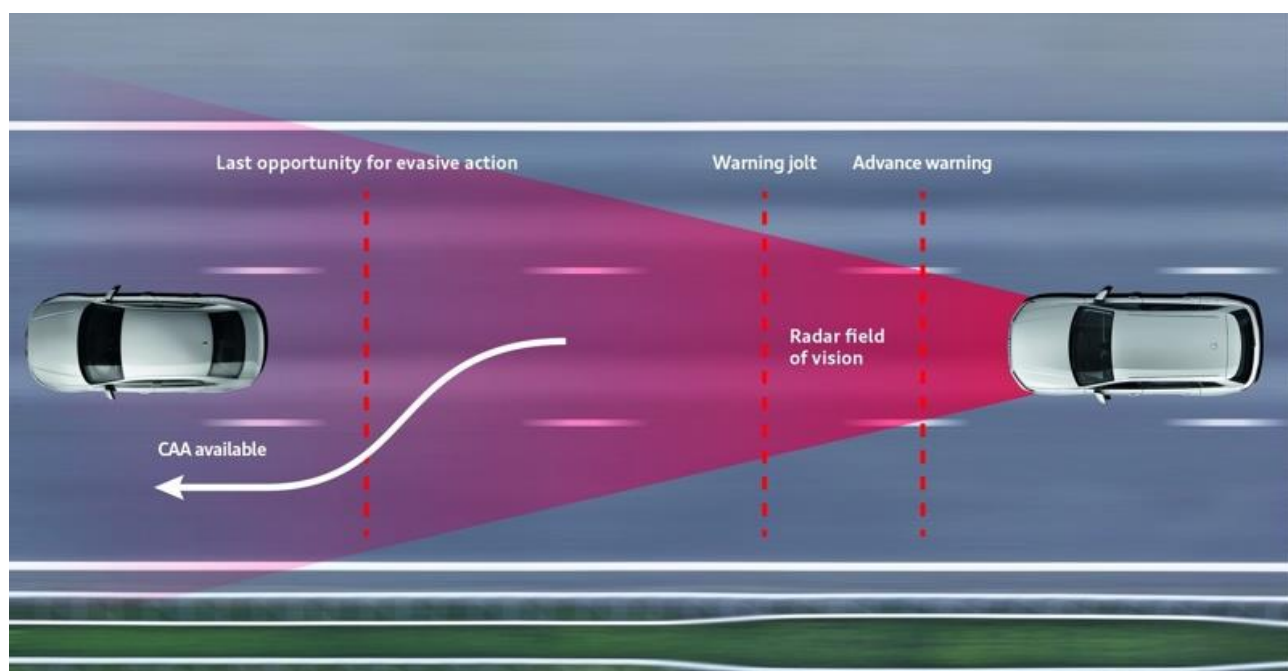


Рис. 2.9 Система активного екстреного керування (AES) [9]

Система попередження про перевищення швидкості на поворотах (Curve Speed Warning, CSW)

Це особлива функція системи допомоги водієві (ADAS), яка підвищує безпеку на поворотах. Технологія активно відстежує швидкість автомобіля та геометрію дороги, особливо коли водій наближається до повороту; CSW використовує дані GPS і карти для визначення місця та радіусу повороту, а також вбудовані датчики для оцінки фактичної швидкості автомобіля.

Якщо система виявляє, що швидкість автомобіля занадто висока для безпечного виконання наступного повороту, водій отримує візуальні та звукові

сигнали (рис. 2.10), які зазвичай відображаються на приладовій панелі. Це дозволяє водієві знизити швидкість і заздалегідь підготуватися до повороту, зменшуючи ризик заносу або з'їзду з дороги.

Ця функція особливо корисна вночі, в погану погоду, при поганій видимості на поворотах і на незнайомих дорогах, де водій може не усвідомлювати складності маршруту попереду. CSW значно підвищує безпеку, допомагаючи водієві адаптуватися до динамічно мінливих дорожніх умов.

Інтегруючись з іншими системами безпеки, такими як система курсової стійкості та антиблокувальна система гальм, система попередження про перевищення швидкості на поворотах є невід'ємною частиною комплексного підходу до максимізації безпеки та комфорту водіння. Ця технологія робить кожну поїздку безпечнішою, не лише попереджаючи вас про потенційні небезпеки, але й активно допомагаючи уникнути аварій.

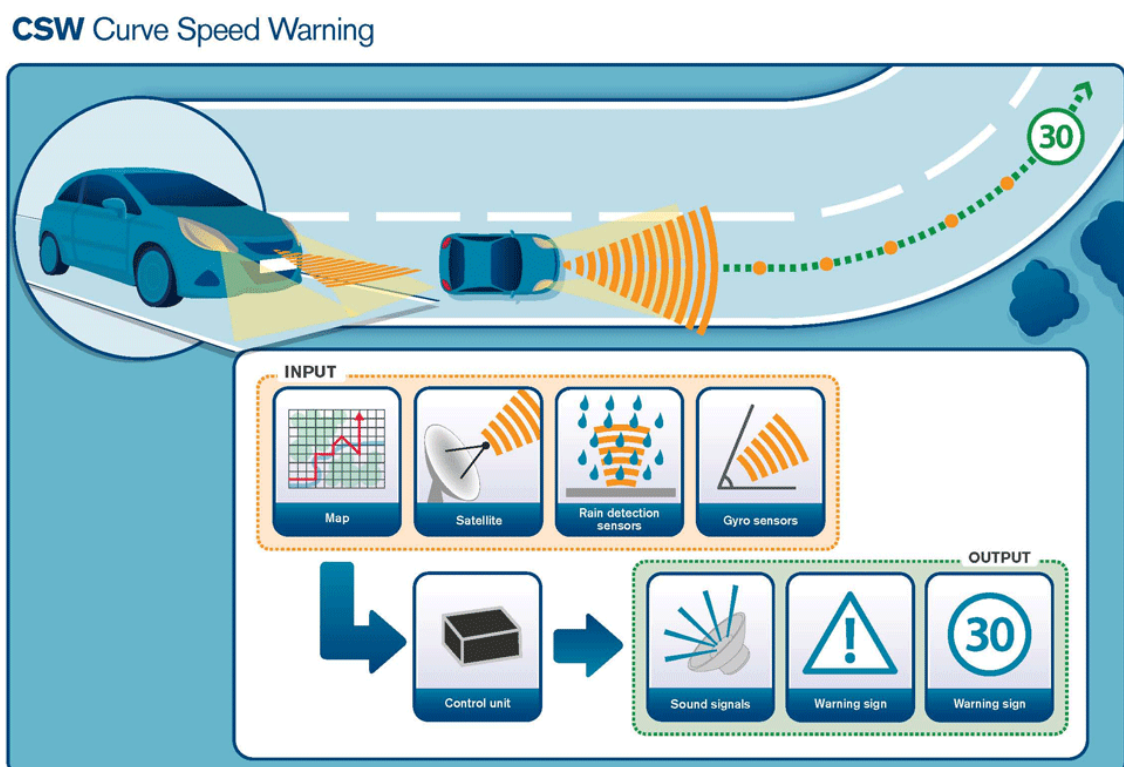


Рис. 2.10 Система попередження про перевищення швидкості на поворотах [20]

ADAS рівня SAE 1

Системи допомоги водієві (ADAS) рівня 1 за класифікацією SAE можуть надавати неперервну підтримку управління кермом або гальмуванням/прискоренням у певних обставинах. Ці системи зазвичай відомі як адаптивний круїз-контроль (Adaptive Cruise Control - ACC) для продольного контролю та утримання смуги руху (Lane Centring - LC) для бічного контролю.

Система адаптивного круїз-контролю (Adaptive Cruise Control, ACC)

Система автоматично регулює швидкість автомобіля, щоб підтримувати безпечну дистанцію до попередньої машини та дотримуватися встановленої швидкості (рис. 2.11). Коли потрібне гальмування, вона може забезпечити до 30% від максимального зниження швидкості автомобіля. У випадках, коли необхідне більш інтенсивне гальмування, водія попереджають за допомогою звукового сигналу. Зазвичай ACC активується при швидкості близько 30 км/год або вище. Деякі системи ACC мають функцію "stop & go", яка дозволяє зупинити автомобіль повністю, таким чином ACC може використовуватися в умовах дорожніх заторів. Нова функціональність системи адаптивного круїз-контролю - це прогнозує керування швидкістю, яке інтегрує цю систему з навігаційною системою та іншими сенсорами, дозволяючи автомобілю адаптуватися до поточних обмежень швидкості та сповільнюватися перед поворотами, перехрестями та круговими рухами. Системи ACC з такою функціональністю також називають прогнозуючими ACC.

ACC Adaptive Cruise Control

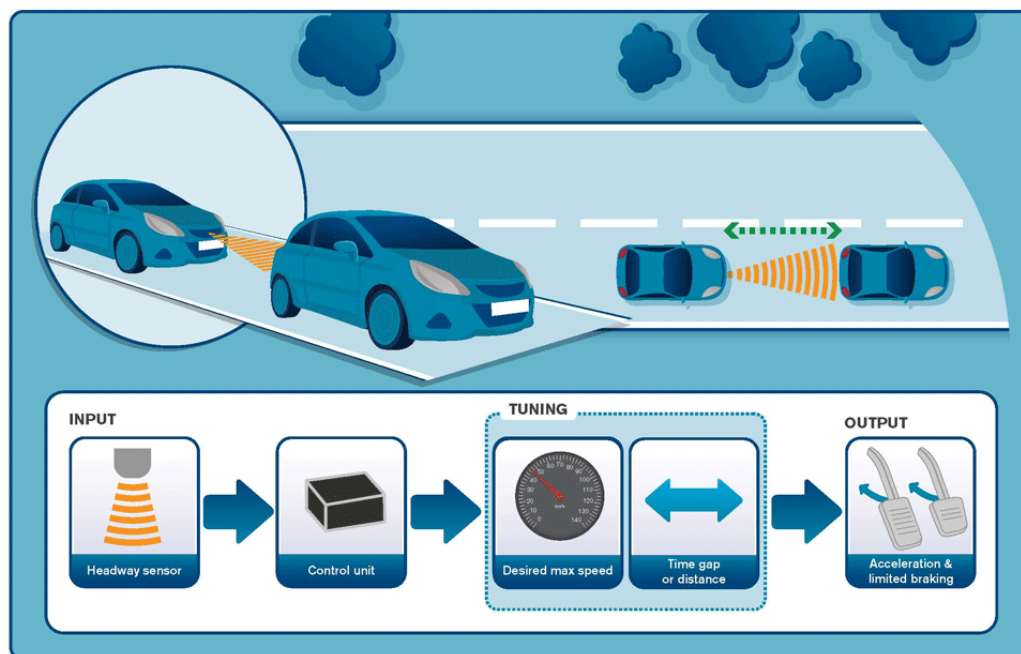


Рис. 2.11 Система адаптивного круїз-контролю [21]

Система утримання смуги руху (Lane Keeping, LC)

Ця система автоматично керує автомобілем, щоб утримувати його в центрі смуги руху (рис.2.12). Це відрізняється від системи допомоги утримання смуги (Lane Keeping Assist), яка надає помірний вхід в керування лише тоді, коли автомобіль вже починає виходити за межі смуги. На низьких швидкостях LC часто використовує автомобіль попереду, щоб залишатися в центрі смуги, а на високих швидкостях використовуються межі смуги. Ці системи зазвичай забезпечують лише помірний вхід в керування та завжди вимагають, щоб водій тримав руки на кермі. Дуже часто функція LC може бути включена лише тоді, коли активовано ACC; таке поєднання потім стає системою рівня 2 за класифікацією SAE.

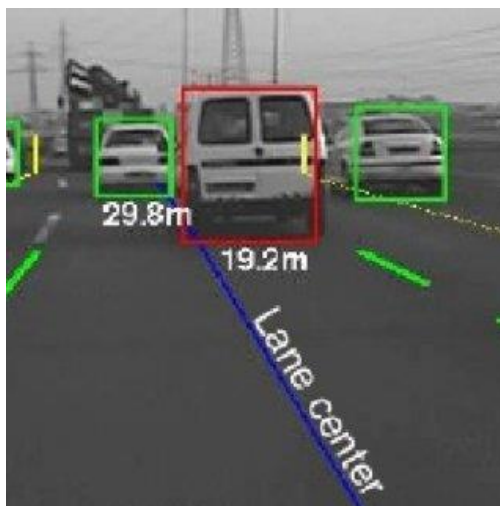


Рис. 2.12 Принцип роботи системи утримання смуги руху [23]

Система допомоги утримання смуги руху (Lane Keeping Assist - LKA)

Ця система важлива частина систем допомоги водієві (ADAS), яка спрямована на підтримку водія у випадках, коли автомобіль ненавмисно починає виходити за межі своєї смуги руху. Відрізняючись від функції утримання смуги руху (LC), яка активно утримує автомобіль у центрі смуги, LKA зазвичай втручається тільки тоді, коли виявляє, що автомобіль починає перетинати дорожню розмітку без активованого поворотного сигналу.

Коли система розпізнає, що автомобіль виходить за межі смуги, вона автоматично надає помірний вхід в керування кермом (рис 2.13), спрямовуючи автомобіль назад до центру смуги. Це може бути здійснено через легке повертання керма в протилежний бік від того, де відбувається потенційний вихід зі смуги. Ця дія супроводжується візуальними або звуковими попередженнями, що інформують водія про потенційну небезпеку.

LKA сприяє підвищенню безпеки на дорозі, зменшуючи ймовірність аварій, які можуть статися через відволікання водія або втому. Вона вимагає від водія тримати руки на кермі, оскільки система розроблена для підтримки, а не заміни водія. LKA є корисною на довгих поїздках та на швидкісних трасах, де тривале утримання смуги є критично важливим для безпеки.

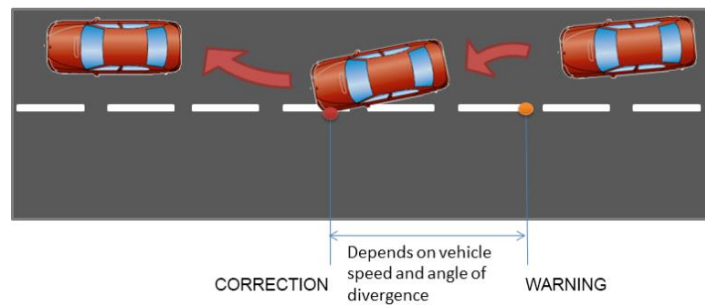


Рис. 2.13 Система допомоги утримання смуги руху [24]

ADAS рівня SAE 2

На цьому рівні система комбінує продольний та бічний контроль автомобіля в певних обставинах. Зазвичай це означає комбінацію адаптивного круїз-контролю (ACC) і функції утримання смуги руху (LC). Відомими прикладами систем рівня 2 є "Autopilot" від Tesla та "Supercruise" від Cadillac. Проте, більшість автовиробників зараз пропонують системи рівня 2 під різними назвами та з різними додатковими функціональностями.

Автовиробники часто пропонують системи з ACC "stop & go" у комбінації з LC і моніторингом сліпих зон як єдиний пакет. Деякі автовиробники також включають інші ADAS рівня 0 до цього пакету. Однією з функцій, яка зазвичай пропонується лише у комбінації з системою рівня 2, є асистент зміни смуги руху, який може автоматично виконувати маневр зміни смуги після того, як водій ініціював або схвалив зміну смуги. Новіші системи рівня 2 іноді також пропонують навігацію маршруту, де автомобіль може виконувати рух по шосе від в'їзду на автомагістраль до виїзду, слідуючи за маршрутом навігації. Хоча ці системи здаються повністю автономними в управлінні автомобілем, водій все ще зобов'язаний стежити за дорожньою ситуацією і, в ЄС, тримати руки на кермі.

Спеціально для надзвичайних ситуацій, коли водій не відповідає, розробляється система під назвою Функція зменшення ризику (Risk Mitigation Function - RMF). Ця функція може, у випадку підтвердженої недоступності водія, автоматично активувати систему керування автомобілем на обмежений час, щоб

направити автомобіль з метою безпечної зупинки в зазначеній зоні зупинки, такий як узбіччя дороги. Оскільки ця функція ще не доступна на ринку, подальша інформація про її переваги або виклики зараз недоступна.

2.4 Виклики та обмеження систем допомоги водієві (ADAS)

Керування автомобілем із системами допомоги водієві другого рівня (SAE level 2 ADAS) значно полегшує роботу водія, автоматизуючи більшість завдань з керуванням, гальмуванням та прискоренням. Однак ця технологія не повністю усуває потребу у втручанні водія; водій все ще повинен активно стежити як за дорожньою обстановкою, так і за системою. Карстен та Мартенс (2019) надають всебічний огляд викликів, пов'язаних з цими системами. Однією з головних проблем є недостатнє навантаження на водія, коли знижена вимога до участі водія може призвести до нудьги, відволікання та сонливості. Ці фактори значно знижують здатність водія ефективно виконувати свої контрольні обов'язки.

Для зменшення цих ризиків можуть бути впроваджені системи моніторингу водія (Driver Monitoring Systems, DMS). DMS стають все більш поширеними в автомобілях, оснащених ADAS другого рівня. Ці системи контролюють стан водія, виявляючи ознаки сонливості та відволікання. В Європейському Союзі нормативні акти скоро зобов'язують всі нові моделі автомобілів включати моніторинг сонливості водія до 2022 року та відволікання водія до 2024 року. Проте не всі системи DMS однаково ефективні. Наприклад, деякі системи визначають, чи тримає водій руки на кермі. Цей метод можна легко обдурити, якщо водій прикріплює ваги до керма, вводячи систему в оману. Технологія відстеження очей, яка контролює погляд і рухи голови водія, може запропонувати більш надійне рішення проти таких зловживань.

Ще однією критичною проблемою є запобігання надмірній довірі до ADAS. Надмірна довіра виникає, коли водії стають занадто залежними від системи, припускаючи, що вона може впоратися з більшими завданнями, ніж це насправді. Це можна вирішити, забезпечивши належне інформування водіїв про можливості

та обмеження системи. Прозорість у функціонуванні ADAS є ключовою. Наприклад, термін "Автопілот" викликав значні суперечки, оскільки він припускає, що автомобіль може самостійно керувати без втручання людини. Дослідження, такі як Теон (2020), показали, що така термінологія може призводити до переоцінки можливостей системи.

Ефективне спілкування про ADAS є важливим. Те, як подаються повідомлення про ADAS, може значно вплинути на те, як водії сприймають ризики для безпеки, пов'язані з цією технологією. Дослідження Діксона (2020), Хармса та іншої (2021), а також Сінгера та Дженнесса (2020) підкреслюють, що чітка та точна інформація може допомогти водіям зрозуміти справжні можливості та обмеження ADAS, тим самим знижуючи ймовірність зловживань та надмірної довіри.

Отже, хоча ADAS другого рівня SAE надає значні переваги, необхідно вирішити кілька проблем, щоб забезпечити безпечне та ефективне використання цих систем. Належний моніторинг водія та чітке інформування про можливості системи є основними компонентами для досягнення цієї мети. З розвитком технологій постійні дослідження та регулювання відіграватимуть важливу роль у підвищенні безпеки та надійності ADAS.

2.5 Комп'ютерний зір в системах ADAS

Комп'ютерний зір сьогодні є однією з найбільш стрімко розвиваючихся технологій в галузі штучного інтелекту, особливо у сфері автомобільної промисловості. Його застосування в системах допомоги водіям (ADAS) значно підвищує безпеку та комфорт, дозволяючи автомобілям виявляти та аналізувати дорожнє середовище з небаченою точністю. Сучасні ADAS використовують камери та сенсори для моніторингу дорожніх знаків (рис 2.14), ліній розмітки, інших транспортних засобів та пішоходів, роблячи водіння безпечнішим і більш ефективним.

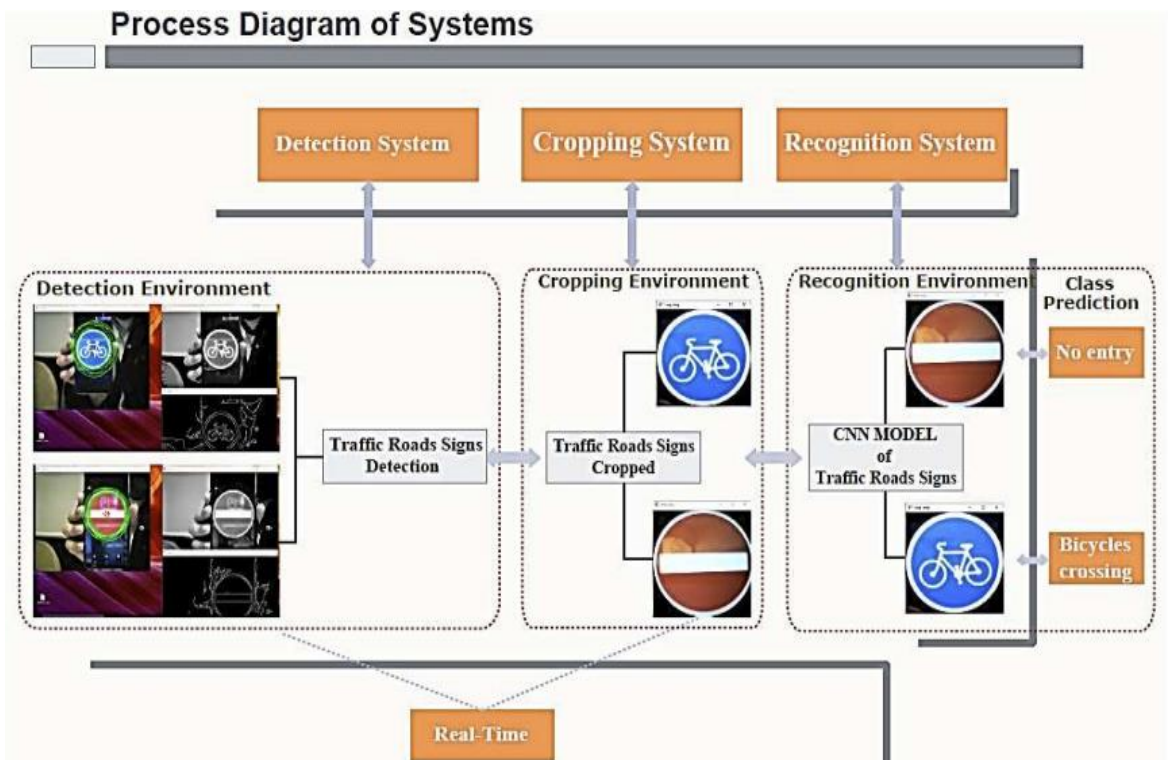


Рис. 2.14 Схема системи виявлення та розпізнавання дорожніх знаків [25]

Комп'ютерний зір Mobileye

Проаналізувавши останні досягнення компанії Mobileye у галузі комп'ютерного зору, можна зазначити, що вони зіграли ключову роль у розвитку систем автоматичного водіння (ADAS). Mobileye, заснована в 1999 році в Єрусалимі, є піонером у застосуванні технології комп'ютерного зору для автомобільної промисловості. Системи компанії використовують камери високої роздільної здатності та алгоритми глибокого навчання для точного розпізнавання дорожніх знаків, перешкод і навіть відкритих дверей автомобілів, що дозволяє попереджати зіткнення.

Принцип роботи системи комп'ютерного зору від Mobileye є взірцем інтеграції передових технологій у сфері штучного інтелекту для автомобільної промисловості. Система включає кілька ключових компонентів:

Високороздільні камери

Основу системи становлять високороздільні камери, які монтуються на передній частині автомобіля. Ці камери здатні захоплювати детальні зображення

дорожнього середовища при різних умовах освітлення. Вони обладнані спеціальними сенсорами, що реагують на світло, рух та інші візуальні сигнали.

Програмне забезпечення для обробки зображень

Зображення, зібрані камерами, передаються до високопродуктивного обчислювального модулю, де вони аналізуються спеціалізованим програмним забезпеченням. Програма використовує алгоритми глибокого навчання, які навчені розпізнавати різноманітні об'єкти та сценарії на дорозі, включаючи дорожні знаки, світлофори, інші транспортні засоби, пішоходів та потенційні перешкоди.

Детектування та реакція

На основі аналізу зображень система ідентифікує потенційні загрози або важливі події на дорозі та відповідно реагує. Це може включати автоматичне гальмування, коригування швидкості чи надання водієві візуальних або звукових попереджень.

Оновлення та навчання

Системи комп'ютерного зору постійно вдосконалюються завдяки збору даних та машинному навчанню. Mobileye регулярно оновлює свої алгоритми на основі нових даних та досліджень, щоб забезпечити максимальну точність та надійність роботи системи.

Таким чином, інтегрована система комп'ютерного зору від Mobileye становить собою складний набір технологій, кожна з яких спрямована на забезпечення безпеки, комфорту та ефективності водіння. Ці технології роблять важливий внесок у розвиток сучасних транспортних систем, включаючи напівавтономні та повністю автономні автомобілі, і продовжують розвиватися, щоб відповідати майбутнім вимогам безпеки.

Розширення можливостей системи комп'ютерного зору від Mobileye охоплює кілька ключових аспектів, кожен з яких спрямований на підвищення безпеки, точності та автономності автомобільних систем:

Покращення якості зображення

Технологічне удосконалення камер включає збільшення роздільної здатності та чутливості до світла, що дозволяє системам Mobileye бачити навіть при низькій освітленості. Це особливо важливо для вечірнього та нічного водіння, де виявлення об'єктів на дорозі стає значно складнішим.

Розширене розпізнавання об'єктів

Завдяки застосуванню алгоритмів глибокого навчання, Mobileye розвиває здатність систем розпізнавати більш складні сценарії на дорозі (рис 2.15). Це включає точне ідентифікування всіх видів дорожніх знаків, пішоходів у нестандартних позах, різні типи транспортних засобів, а також потенційно небезпечні ситуації, такі як відкриті двері автомобілів.



Рис. 2.15 Аналіз дорожньої сцени з використанням технології комп'ютерного зору системи Mobileye [13]



Рис. 2.16 Розпізнавання дорожніх знаків використовуючи технологію комп'ютерного зору Mobileye [13]

Покращення дальності детекції

Удосконалення камер та оптичних систем дозволяє Mobileye збільшувати дальність, на якій системи можуть ефективно розпізнавати об'єкти та реагувати на них. Наприклад, розпізнавання червоного світла на світлофорах на більшій відстані дає водіям більше часу для реагування, що зменшує ризик аварій.

Інтеграція з іншими системами безпеки

Системи комп'ютерного зору від Mobileye інтегруються з іншими автомобільними системами, такими як автоматичне гальмування, системи попередження про вихід з смуги руху та інші технології асистування водіям. Ця інтеграція дозволяє створювати комплексний захист, підвищуючи загальний рівень безпеки транспортного засобу.

Навчання на основі даних

Mobileye постійно аналізує зібрані дані для покращення своїх алгоритмів. Завдяки великим наборам даних, система здатна "навчатися" із реальних ситуацій на дорогах, постійно покращуючи свою продуктивність та надійність.

Ці розширені можливості відкривають нові можливості для автомобільної безпеки. Mobileye продовжує працювати над удосконаленням та адаптацією своїх технологій до змінюваних умов дорожнього руху, роблячи кроки на шляху до повністю автономних транспортних засобів. Кожне оновлення системи не лише покращує її поточні функціональні можливості, але й вносить вклад у безпеку майбутнього покоління автомобілів, сприяючи створенню безпечніших та інтелектуальніших доріг по всьому світу.

Комп'ютерний зір NVIDIA DRIVE

Проаналізувавши останні досягнення компанії NVIDIA у галузі комп'ютерного зору, можна зазначити, що вони зіграли ключову роль у розвитку систем автоматичного водіння (ADAS) і автономних транспортних засобів. NVIDIA, заснована в 1993 році, є лідером у розробці графічних процесорів і обчислювальних платформ, які використовуються для комп'ютерного зору та глибокого навчання. Системи компанії використовують потужні процесори та алгоритми глибокого навчання для точного розпізнавання дорожніх знаків, перешкод і інших учасників дорожнього руху, що дозволяє попереджати зіткнення та забезпечувати автономне керування автомобілем.

Принцип роботи системи комп'ютерного зору від NVIDIA DRIVE є взірцем інтеграції передових технологій у сфері штучного інтелекту для автомобільної промисловості. Система включає кілька ключових компонентів:

Високопродуктивні процесори

Основу системи становлять процесори серії NVIDIA DRIVE, такі як Xavier і Orin, які спеціально розроблені для обробки великих обсягів даних з камер та інших

сенсорів в реальному часі. Ці процесори забезпечують високу продуктивність і енергоефективність, що є критично важливими для автономних транспортних засобів.

Камери та сенсори

Система інтегрує різні типи сенсорів, включаючи камери високої роздільної здатності, радары та лідари. Камери використовуються для отримання детальних зображень дорожнього середовища, а радары і лідари забезпечують додаткові дані про відстань до об'єктів та їх швидкість.

Програмне забезпечення для обробки зображень

Зображення та дані, зібрані сенсорами, передаються до процесорів NVIDIA DRIVE, де вони аналізуються спеціалізованим програмним забезпеченням. Програма використовує алгоритми глибокого навчання, які навчені розпізнавати різноманітні об'єкти та сценарії на дорозі, включаючи дорожні знаки, світлофори, інші транспортні засоби, пішоходів та потенційні перешкоди.

Детектування та реакція

На основі аналізу даних система ідентифікує потенційні загрози або важливі події на дорозі та відповідно реагує. Це може включати автоматичне гальмування, коригування швидкості чи надання водієві візуальних або звукових попереджень. У випадку автономного керування система може самостійно здійснювати маневри для уникнення небезпеки.

Оновлення та навчання

Системи комп'ютерного зору постійно вдосконалюються завдяки збору даних та машинному навчанню. NVIDIA регулярно оновлює свої алгоритми на основі нових даних та досліджень, щоб забезпечити максимальну точність та надійність роботи системи.

Таким чином, інтегрована система комп'ютерного зору від NVIDIA DRIVE становить собою складний набір технологій, кожна з яких спрямована на

забезпечення безпеки, комфорту та ефективності водіння. Ці технології роблять важливий внесок у розвиток сучасних транспортних систем, включаючи напіваавтономні та повністю автономні автомобілі, і продовжують розвиватися, щоб відповідати майбутнім вимогам безпеки.

Розширення можливостей системи комп'ютерного зору від NVIDIA DRIVE

Розширення можливостей системи комп'ютерного зору від NVIDIA DRIVE охоплює кілька ключових аспектів, кожен з яких спрямований на підвищення безпеки, точності та автономності автомобільних систем:

- Технологічне удосконалення камер включає збільшення роздільної здатності та чутливості до світла, що дозволяє системам NVIDIA бачити навіть при низькій освітленості. Це особливо важливо для вечірнього та нічного водіння, де виявлення об'єктів на дорозі стає значно складнішим.
- Завдяки застосуванню алгоритмів глибокого навчання, NVIDIA розвиває здатність систем розпізнавати більш складні сценарії на дорозі. Це включає точне ідентифікування всіх видів дорожніх знаків, пішоходів у нестандартних позах, різні типи транспортних засобів, а також потенційно небезпечні ситуації.
- Удосконалення камер та оптичних систем дозволяє NVIDIA збільшувати дальність, на якій системи можуть ефективно розпізнавати об'єкти та реагувати на них. Наприклад, розпізнавання червоного світла на світлофорах на більшій відстані дає водіям більше часу для реагування, що зменшує ризик аварій.
- Системи комп'ютерного зору від NVIDIA інтегруються з іншими автомобільними системами, такими як автоматичне гальмування, системи попередження про вихід з смуги руху та інші технології асистування водіям. Ця інтеграція дозволяє створювати комплексний захист, підвищуючи загальний рівень безпеки транспортного засобу.

Навчання на основі даних

NVIDIA постійно аналізує зібрані дані для покращення своїх алгоритмів. Завдяки великим наборам даних, система здатна "навчатися" із реальних ситуацій на дорогах, постійно покращуючи свою продуктивність та надійність.

Ці розширені можливості відкривають нові горизонти для автомобільної безпеки. NVIDIA продовжує працювати над удосконаленням та адаптацією своїх технологій до змінюваних умов дорожнього руху, роблячи кроки на шляху до повністю автономних транспортних засобів. Кожне оновлення системи не лише покращує її поточні функціональні можливості, але й вносить вклад у безпеку майбутнього покоління автомобілів, сприяючи створенню безпечніших та інтелектуальніших доріг по всьому світу.

Порівняння систем комп'ютерного зору від Mobileye та NVIDIA DRIVE

Системи комп'ютерного зору від Mobileye та NVIDIA DRIVE мають свої унікальні переваги та недоліки. Mobileye відзначається високою точністю розпізнавання об'єктів завдяки передовим алгоритмам глибокого навчання та енергоефективністю спеціалізованих чіпів EyeQ. Система легко інтегрується в широкий спектр автомобілів різних виробників і швидко реагує на потенційні загрози, підвищуючи безпеку водіння. Проте Mobileye залежить від камер, що може знижувати точність в умовах низького освітлення або поганої погоди, а також обмежена в здатності забезпечувати повну автономність керування, зосереджуючись на допомозі водієві.

NVIDIA DRIVE вирізняється високою обчислювальною потужністю своїх процесорів, що забезпечують швидку та ефективну обробку великих обсягів даних, а також гнучкістю інтеграції з різними типами сенсорів, такими як камери, радары і лідари. Це дозволяє системі підтримувати високі рівні автономності, аж до повністю автономного керування, і забезпечувати комплексний захист завдяки інтеграції з іншими системами безпеки. Однак система має високі вимоги до обладнання, що може збільшити вартість автомобіля, і споживає більше енергії, що

впливає на загальну енергоефективність автомобіля. Інтеграція з різними сенсорами також може бути складною і дорогою.

Вибір між цими системами залежить від конкретних потреб і умов використання. Mobileye ідеально підходить для автомобілів, що потребують високої енергоефективності та точності розпізнавання об'єктів, тоді як NVIDIA DRIVE є оптимальним рішенням для автомобілів, що прагнуть досягти високих рівнів автономності та інтеграції з різними сенсорами.

3 Інтеграція Штучного Інтелекту та Інтернету Речей у Системи Безпеки Дорожнього Руху

3.1 Впровадження інтелектуальних транспортних систем (ITS)

Одним із ключових напрямків використання штучного інтелекту (AI) у транспортній індустрії є розробка та впровадження інтелектуальних транспортних систем (ITS). Ці системи використовують AI для аналізу та оптимізації трафіку в реальному часі, що дозволяє значно підвищити ефективність управління дорожнім рухом та знизити ризик аварій.

Системи адаптивного управління трафіком

Адаптивне управління трафіком включає використання алгоритмів машинного навчання (ML) для аналізу даних про трафік у режимі реального часу. Системи, що базуються на ML, можуть збирати та обробляти величезні обсяги даних з різних джерел, таких як дорожні камери, датчики руху та GPS-пристрої. Це дозволяє їм швидко реагувати на зміни в умовах руху та оптимізувати роботу світлофорів.

Одним із прикладів є використання AI для адаптації циклів роботи світлофорів залежно від поточного завантаження доріг. Такий підхід дозволяє зменшити затори та знизити ймовірність ДТП. Наприклад, у години пік світлофори можуть працювати довше на головних дорогах, щоб забезпечити більш плавний потік транспорту.

Збір та передача даних здійснюються через різноманітні протоколи зв'язку. Найпоширенішими є такі протоколи:

- HTTP/HTTPS: Використовується для передачі даних через Інтернет, забезпечуючи захищений канал зв'язку.
- MQTT (Message Queuing Telemetry Transport): Легкий протокол обміну повідомленнями, який використовується для з'єднання пристроїв IoT. MQTT працює за моделлю публікації-підписки, що дозволяє ефективно передавати

дані навіть у середовищах з низькою пропускнуою здатністю. Замість прямої передачі повідомлень від одного пристрою до іншого, MQTT використовує центральний брокер, до якого пристрої публікують дані на певну тему. Інші пристрої підписуються на ці теми, щоб отримувати дані. Завдяки невеликому розміру заголовка повідомлення та можливості працювати поверх різних мережеских протоколів, MQTT забезпечує ефективну передачу даних навіть у середовищах з низькою пропускнуою здатністю, таких як мобільні або сенсорні мережі.

- CoAP (Constrained Application Protocol): Протокол, спеціально розроблений для використання в ресурсно-обмежених пристроях, таких як датчики. CoAP забезпечує низьке споживання енергії та високу ефективність передачі даних. Він працює за моделлю запит-відповідь, де клієнт посилає запит на сервер, а сервер відповідає з потрібними даними. CoAP підтримує роботу через протокол UDP (User Datagram Protocol), що знижує затримки та споживання ресурсів. Крім того, він має вбудовані механізми для забезпечення надійної доставки даних і може працювати у вузькосмугових і нестабільних мережах.

Зібрані дані передаються на центральні сервери або хмарні платформи, де вони обробляються за допомогою алгоритмів ML. Наприклад, алгоритм кластеризації може використовуватися для виявлення патернів у трафіку та прогнозування заторів. На основі цих прогнозів система може автоматично регулювати роботу світлофорів, щоб зменшити затори та забезпечити плавний рух транспорту.

Системи автоматизованого управління транспортом

Системи автоматизованого управління транспортом використовують штучний інтелект для маршрутизації транспортних засобів з метою зменшення заторів та підвищення безпеки. Завдяки прогностичному моделюванню, ці системи можуть виявляти потенційно небезпечні ситуації на дорогах та вживати заходів для їх запобігання. Для забезпечення надійного з'єднання між транспортними засобами та інфраструктурою використовуються наступні протоколи та технології (рис 3.1):

- V2X (Vehicle-to-Everything): Загальний термін для технологій, що дозволяють транспортним засобам обмінюватися інформацією з будь-якими об'єктами інфраструктури.
- V2V (Vehicle-to-Vehicle): Обмін інформацією між транспортними засобами відбувається через бездротові канали, що дозволяє вчасно попереджати про небезпеки, зміну смуги руху або гальмування.
- V2I (Vehicle-to-Infrastructure): Обмін інформацією між транспортними засобами та дорожніми знаками або світлофорами через бездротові мережі для отримання даних про дорожні умови та управління рухом.
- V2P (Vehicle-to-Pedestrian): Обмін інформацією між транспортними засобами та пішоходами через мобільні додатки або інші пристрої для підвищення безпеки на переходах.
- V2S (Vehicle-to-Sensor): Обмін інформацією між транспортними засобами та сенсорами, що розташовані на інфраструктурі або інших транспортних засобах, для отримання даних про навколишнє середовище.

До протоколів відносяться:

- DSRC (Dedicated Short-Range Communications): Технологія бездротового зв'язку, яка використовується для обміну інформацією між транспортними засобами та інфраструктурою на короткій відстані. Вона забезпечує швидку передачу даних для координації руху та безпеки.
- C-V2X (Cellular Vehicle-to-Everything): Технологія, яка використовує існуючі стільникові мережі для забезпечення зв'язку між транспортними засобами та інфраструктурою. Це дозволяє передавати дані на великі відстані з використанням 4G/5G мереж для підвищення безпеки та ефективності руху.

Окрім вищезгаданих протоколів, існують додаткові елементи інфраструктури та взаємодії:

- GPS (Global Positioning System): Система глобального позиціонування, яка надає транспортним засобам точні дані про їхнє місцезнаходження через супутники.

- Мобільна мережа: Використовується для передачі даних між транспортними засобами та хмарними інфраструктурами Інтернету речей (Internet of Vehicles) через базові станції мобільного зв'язку.
- Хмарні інфраструктури IoV (Internet of Vehicles): Забезпечують обробку та зберігання даних, отриманих від транспортних засобів та сенсорів, для подальшого аналізу та прийняття рішень.

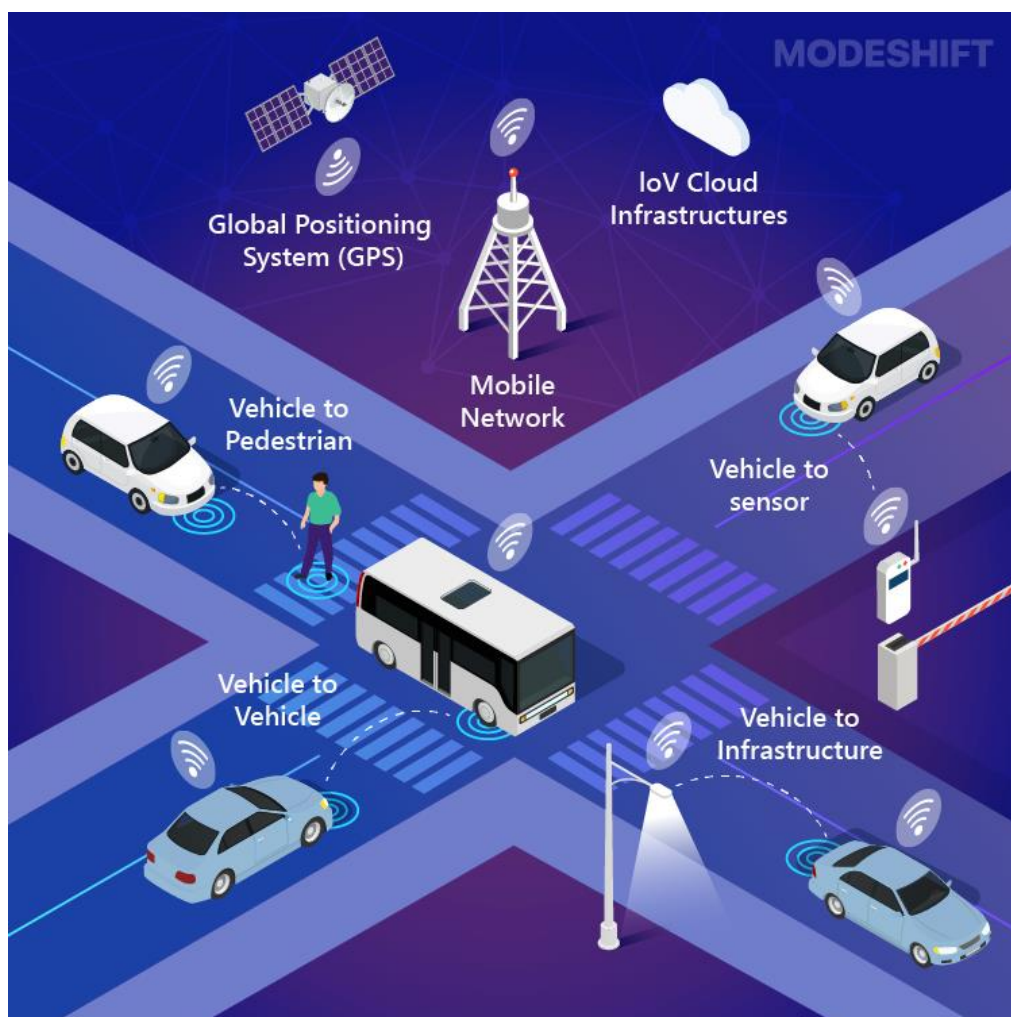


Рис. 3.1 Взаємодія транспортних засобів з інфраструктурою за допомогою технологій IoT та AI [26]

Прогностичне моделювання включає аналіз історичних даних та даних у режимі реального часу для прогнозування майбутніх умов на дорогах. Це дозволяє системам автоматизованого управління транспортом приймати обґрунтовані рішення щодо маршрутизації транспортних засобів, знижуючи ризик аварій та

заторів. Наприклад, якщо система прогнозує затор на певній ділянці дороги, вона може автоматично перенаправити транспортні засоби на альтернативні маршрути.

Інтеграція всіх зазначених технологій і протоколів дозволяє створити ефективну та безпечну транспортну систему, яка реагує на реальні умови на дорогах і забезпечує безперебійний зв'язок між транспортними засобами, пішоходами та інфраструктурою. Це створює більш надійне, безпечне та ефективне середовище для всіх учасників дорожнього руху, сприяючи зменшенню кількості аварій, заторів та підвищенню загальної ефективності транспортної мережі.

3.2 Інтернет речей у дорожній інфраструктурі

Раніше ми розглядали основи Інтернету речей (IoT) та його важливість у підвищенні безпеки дорожнього руху. Інтернет речей (IoT) відноситься до великої кількості фізичних об'єктів, які підключені до Інтернету та можуть обмінюватися даними один з одним. У контексті транспортної індустрії IoT дозволяє створювати інтерактивні системи, які можуть збирати, аналізувати та обмінюватися даними для підвищення безпеки дорожнього руху.

Датчики є ключовими компонентами IoT (рис 3.2), що забезпечують збір даних про дорожні умови. Вони можуть бути прикріплені до транспортних засобів або встановлені вздовж доріг для вимірювання таких параметрів, як відстань, швидкість, погодні умови та якість повітря. Наприклад, датчики руху відстежують транспортні засоби, фіксуючи їхню швидкість і напрямок руху, тоді як датчики навколишнього середовища вимірюють погодні умови, що впливають на стан дороги.

Для забезпечення надійної передачі даних між датчиками та центральними системами використовуються різні протоколи зв'язку:

- Zigbee: Бездротовий протокол, який забезпечує низьке споживання енергії та високу надійність передачі даних на короткі відстані.

- LoRaWAN (Long Range Wide Area Network): Протокол для довготривалої передачі даних на великі відстані з низьким споживанням енергії.
- NB-IoT (Narrowband IoT): Технологія, яка використовує існуючі стільникові мережі для підключення пристроїв IoT з низьким енергоспоживанням, забезпечуючи високу надійність зв'язку навіть у густонаселених міських районах.

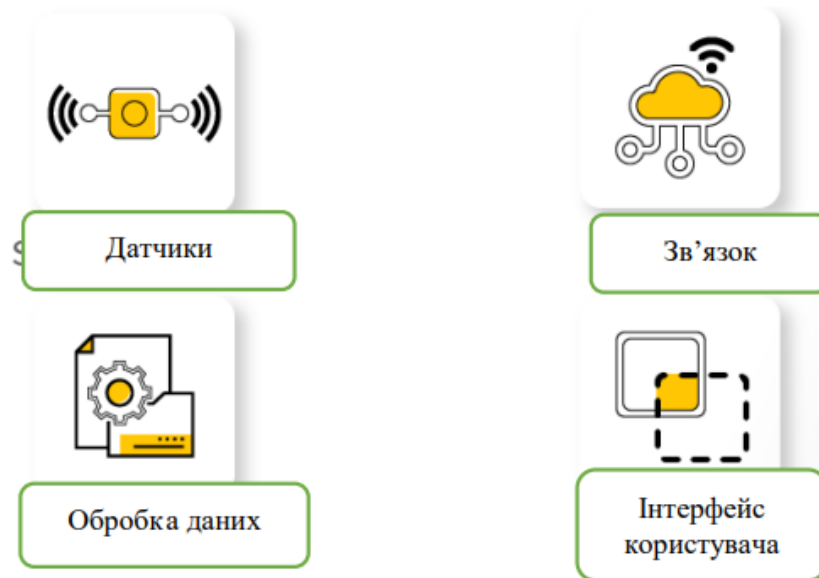


Рис. 3.2 Принцип роботи IoT

Розумні дорожні знаки та світлофори, інтегровані з системами IoT, дозволяють динамічно регулювати швидкісні обмеження залежно від поточних дорожніх умов. Використання даних з датчиків для автоматичного оповіщення водіїв про небезпеки на дорозі, такі як затори або аварії, значно підвищує рівень безпеки.

Системи моніторингу та аналізу даних на основі хмарних платформ забезпечують обробку та зберігання великих обсягів даних. Аналіз даних у реальному часі дозволяє прогнозувати аварійні ситуації та приймати обґрунтовані рішення щодо управління дорожнім рухом. Наприклад, якщо система виявляє збільшення інтенсивності руху на певній ділянці дороги, вона може автоматично перенаправити транспортні потоки для запобігання заторам.

Одним із найуспішніших прикладів впровадження IoT у дорожню інфраструктуру є проект "Розумне місто" у Сінгапурі. У рамках цього проекту було впроваджено інтелектуальні системи управління трафіком, які використовують IoT для збору та аналізу даних про дорожні умови. Завдяки цим системам вдалося значно зменшити затори, підвищити ефективність громадського транспорту та знизити кількість аварій.

У Амстердамі впроваджено розумні світлофори, які автоматично змінюють свої режими роботи залежно від поточного завантаження доріг та погодних умов. Це дозволяє забезпечити більш плавний потік транспорту та знизити ризик аварій.

У Лос-Анджелесі використання IoT для управління дорожнім рухом дозволило значно зменшити затори та підвищити ефективність транспортної мережі. Інтелектуальні системи моніторингу якості повітря дозволяють оперативно реагувати на зміну екологічних умов та забезпечити безпеку на дорогах.

Впровадження IoT у дорожню інфраструктуру потребує значних фінансових вкладень на етапах розробки, впровадження та обслуговування систем. Проблеми з конфіденційністю та безпекою даних залишаються однією з ключових перешкод на шляху до масового використання IoT. Крім того, необхідність стандартизації та інтеграції різних систем і технологій є ще одним важливим аспектом, який потребує уваги.

Попри виклики, перспективи впровадження IoT у дорожню інфраструктуру виглядають дуже обнадійливо. Використання IoT дозволяє значно знизити аварійність та затори, підвищити ефективність управління транспортом та покращити моніторинг та обслуговування дорожньої інфраструктури. Інтеграція всіх зазначених технологій і протоколів створює ефективну та безпечну транспортну систему, яка реагує на реальні умови на дорогах та забезпечує безперебійний зв'язок між транспортними засобами, пішоходами та інфраструктурою. Це створює більш надійне, безпечне та ефективне середовище для всіх учасників дорожнього руху, сприяючи зменшенню кількості аварій, заторів та підвищенню загальної ефективності транспортної мережі.

3.3 Розробка та демонстрація датчиків на Arduino

Досліджуючи питання підвищення безпеки дорожнього руху за допомогою технологій IoT та AI, ми розглянули важливість інтеграції різних компонентів, таких як датчики, протоколи зв'язку, системи обробки даних та інтерфейси користувача. У цьому розділі я хочу описати розробку та продемонструвати датчики на платформі Arduino, які є частиною практичної реалізації нашого дослідження.

Датчик відстані

Датчик відстані, який було розроблено, використовує ультразвуковий сенсор HC-SR04. Принцип його роботи полягає у вимірюванні часу, який витрачає ультразвуковий сигнал на проходження від датчика до об'єкта і назад. Датчик складається з двох частин: передавача, що випромінює ультразвуковий сигнал, і приймача, що приймає відбитий сигнал.

Технічні характеристики:

- Діапазон вимірювання: 2 см - 400 см
- Точність вимірювання: 3 мм
- Кут виявлення: приблизно 15 градусів
- Робоча напруга: 5 В

Програмне забезпечення

Для управління датчиком відстані використовується плата Arduino UNO. Датчик підключено до цифрових пінів 11 і 12, а для відображення даних використовується LCD-екран, підключений до пінів 5, 6, 7, 8, 9, 10. Програмне забезпечення постійно вимірює відстань до об'єкта перед датчиком і відображає її на LCD-екрані. Якщо відстань менша за критичну (100 см), на екрані з'являється попередження "Critical distance between vehicles, increase the distance".

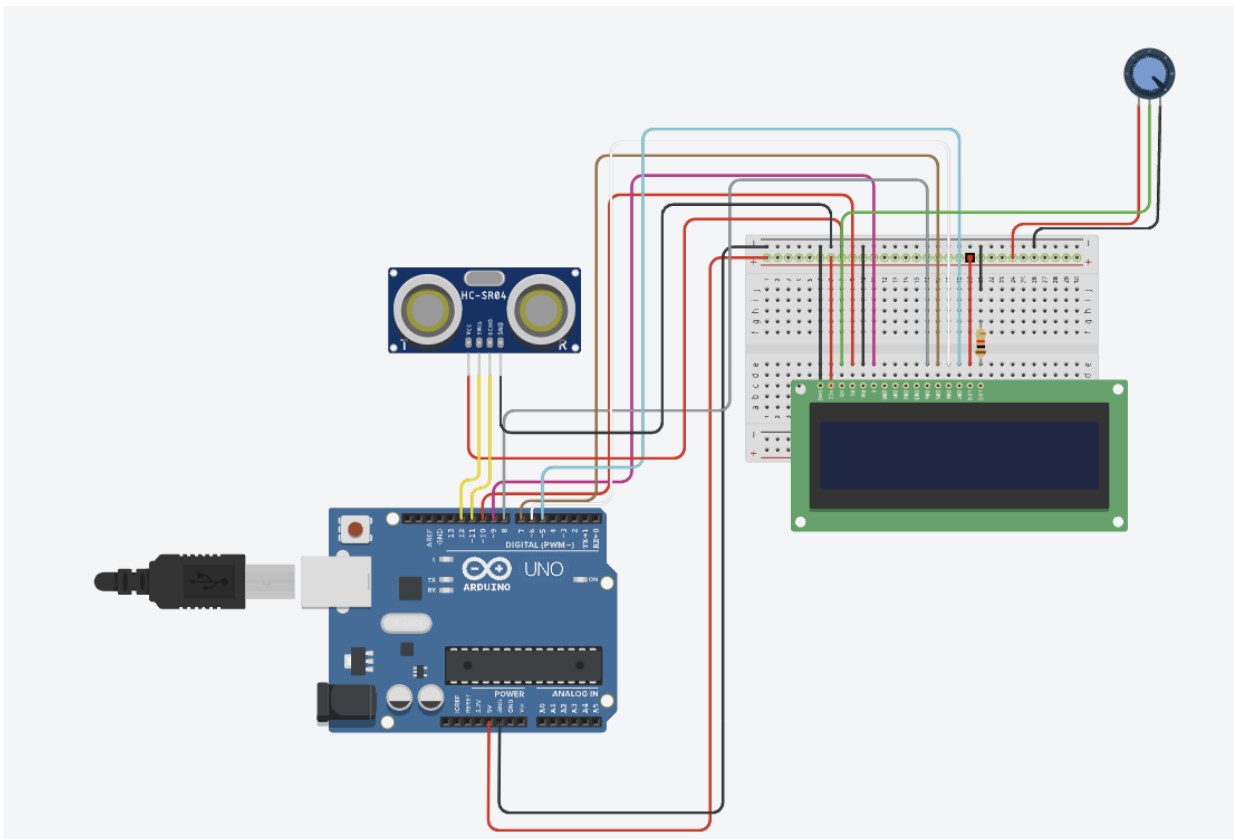


Рис. 3.3 Схема підключення датчику відстані

```

1 #include <LiquidCrystal.h>
2 LiquidCrystal lcd(10, 9, 8, 7, 6, 5);
3 const int trigPin = 12;
4 const int echoPin = 11;
5 float time, distance;
6 const float criticalDistance = 100.0;
7
8 void setup()
9 {
10   lcd.begin(16, 2);
11   pinMode(trigPin, OUTPUT);
12   pinMode(echoPin, INPUT);
13   Serial.begin(9600);
14 }
15
16 void loop()
17 {
18   digitalWrite(trigPin, LOW);
19   delayMicroseconds(2);
20   digitalWrite(trigPin, HIGH);
21   delayMicroseconds(10);
22   digitalWrite(trigPin, LOW);
23
24   time = pulseIn(echoPin, HIGH);
25
26   distance = (time * 0.0343) / 2;
27
28   Serial.print("Distance: CM ");
29   Serial.println(distance);
30
31   lcd.clear();
32   if (distance < criticalDistance) {
33     scrollText("Critical distance between vehicles, increase the distance");
34   } else {
35     lcd.setCursor(0, 0);
36     lcd.print("Distance in CM");
37     lcd.setCursor(0, 1);
38     lcd.print(distance);
39   }
40   delay(1000);
41 }
42
43 void scrollText(String message) {
44   for (int i = 0; i < message.length(); i++) {
45     lcd.clear();
46     lcd.setCursor(0, 0);
47     for (int j = 0; j < 16 && i + j < message.length(); j++) {
48       lcd.setCursor(i + j, 0);

```

Рис. 3.4 Код програми для ультразвукового датчика відстані з використанням LCD-екрану.

Інтеграція в систему безпеки дорожнього руху

Датчик відстані може бути інтегрований у системи допомоги водієві (ADAS) для попередження про небезпечне зближення з іншими транспортними засобами. Використовуючи такі датчики, можна значно знизити ризик дорожньо-транспортних пригод, надаючи водіям своєчасну інформацію про необхідність збільшити дистанцію.

Датчик диму

Датчик диму, який було розроблено, використовує сенсор MQ-2. Цей датчик здатен виявляти концентрацію газу (включаючи дим) в повітрі. Він працює за принципом вимірювання зміни електричного опору сенсора в залежності від концентрації диму або газу.

Технічні характеристики

- Діапазон вимірювання: 300 - 10000 ppm
- Чутливість: висока чутливість до LPG, пропану, метану, водню, диму
- Робоча напруга: 5 В
- Час розігріву: 20 с

Програмне забезпечення

Для управління датчиком диму використовується плата Arduino UNO. Датчик підключено до аналогового входу A0. Для індикації використовується пьезоелектричний сигналізатор, підключений до цифрового піну 8, а також світлодіоди: зелений підключено до піну 4, жовтий - до піну 5, червоний - до піну 6. Програмне забезпечення постійно вимірює рівень диму в повітрі і, при перевищенні критичного значення, активує звуковий сигнал і відповідний світлодіод.

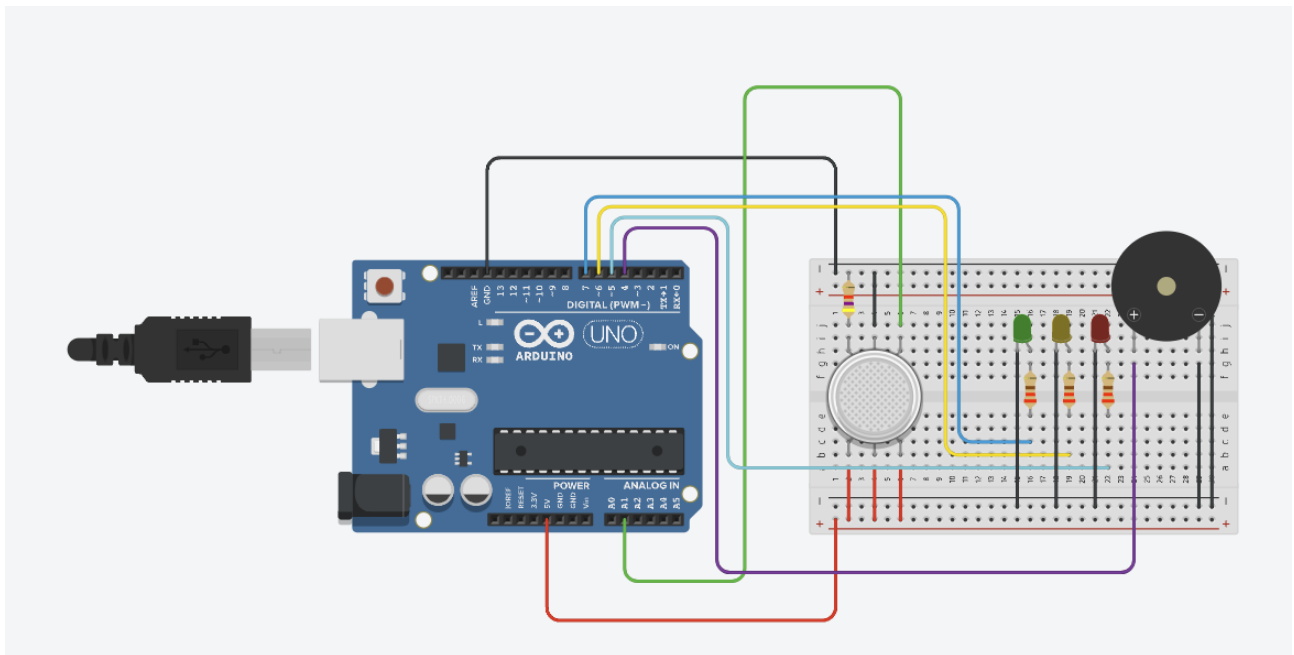


Рис. 3.4 Схема підключення датчика диму

```

1  const int GAS_SENSOR_PIN = A1; // Пін для підключення датчика газу
2  const int GREEN_LED_PIN = 7; // Пін для зеленого світлодіода
3  const int YELLOW_LED_PIN = 6; // Пін для жовтого світлодіода
4  const int RED_LED_PIN_1 = 5; // Пін для першого червоного світлодіода
5  const int RED_LED_PIN_2 = 4; // Пін для другого червоного світлодіода
6
7  void setup() {
8      pinMode(GREEN_LED_PIN, OUTPUT); // Встановлюємо пін для зеленого світлодіода як вихід
9      pinMode(YELLOW_LED_PIN, OUTPUT); // Встановлюємо пін для жовтого світлодіода як вихід
10     pinMode(RED_LED_PIN_1, OUTPUT); // Встановлюємо пін для першого червоного світлодіода як вихід
11     pinMode(RED_LED_PIN_2, OUTPUT); // Встановлюємо пін для другого червоного світлодіода як вихід
12     Serial.begin(9600); // Ініціалізація серійного з'єднання для виведення даних
13 }
14
15 void loop() {
16     int gasValue = analogRead(GAS_SENSOR_PIN); // Читання значення з датчика газу
17     gasValue = map(gasValue, 300, 750, 0, 100); // Мапування значення в діапазон від 0 до 100
18
19     digitalWrite(GREEN_LED_PIN, HIGH); // Завжди вмикаємо зелений світлодіод
20     digitalWrite(YELLOW_LED_PIN, gasValue >= 30 ? HIGH : LOW); // Вмикаємо жовтий світлодіод, якщо значення >= 30
21     digitalWrite(RED_LED_PIN_1, gasValue >= 50 ? HIGH : LOW); // Вмикаємо перший червоний світлодіод, якщо значення >= 50
22     digitalWrite(RED_LED_PIN_2, gasValue >= 80 ? HIGH : LOW); // Вмикаємо другий червоний світлодіод, якщо значення >= 80
23
24     delay(250); // Затримка 250 мс перед наступним вимірванням
25 }
26

```

Рис. 3.5 Код програми для датчика диму з використанням світлодіодної індикації.

Інтеграція в систему безпеки дорожнього руху

Датчик диму може бути інтегрований у системи моніторингу навколишнього середовища транспортних засобів для виявлення пожеж та витоків газу. Використовуючи такі датчики, можна своєчасно попередити водія про небезпеку, що дозволить вжити необхідних заходів для забезпечення безпеки.

3.4 Результат дослідження

Датчик відстані

При тестуванні датчика відстані на LCD-екрані відображалася поточна відстань до об'єкта. У випадку, коли відстань була меншою за 100 см, на екрані з'являлося попередження "Critical distance between vehicles, increase the distance". Це попередження є важливим для водіїв, оскільки дозволяє їм своєчасно реагувати на небезпечне зближення з іншими транспортними засобами, що може запобігти дорожньо-транспортним пригодам.

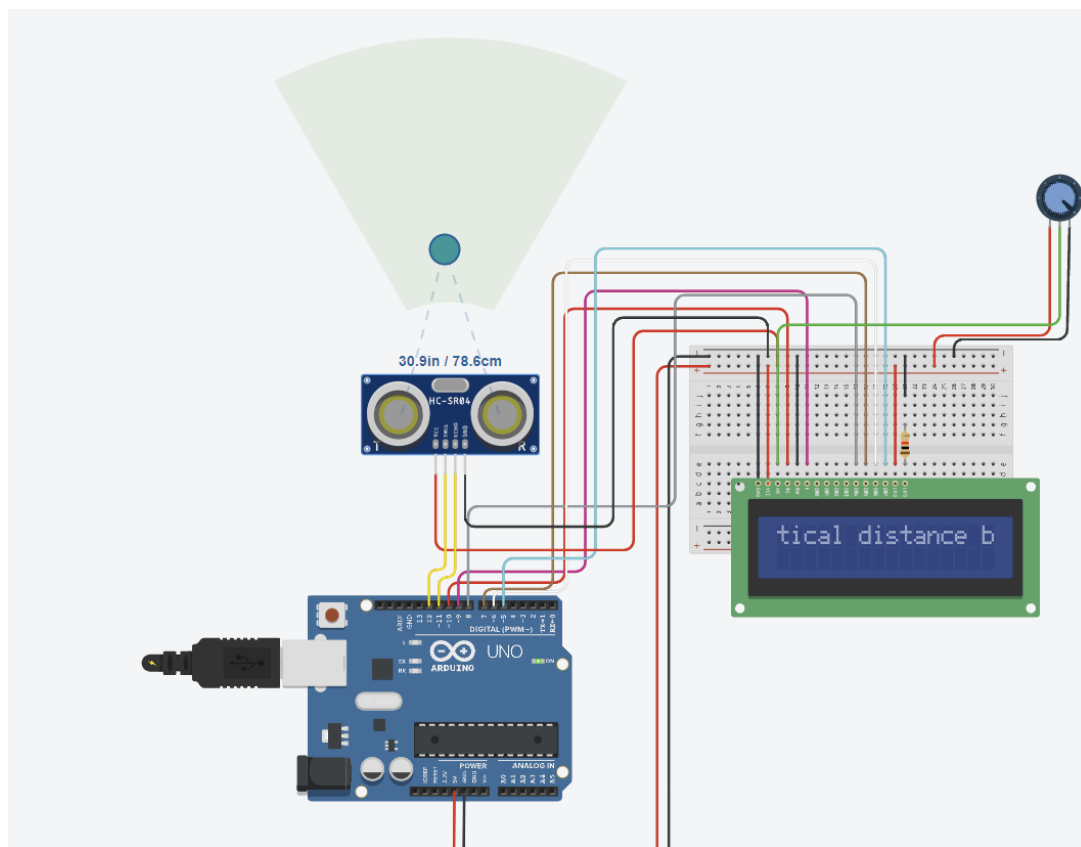


Рис. 3.5 Результат роботи датчику відстані

Датчик диму

При тестуванні датчика диму, якщо концентрація диму перевищувала встановлений поріг, активувався пьезоелектричний сигналізатор. Цей звуковий

сигнал є важливим попередженням для водія про наявність диму або інших небезпечних газів в салоні автомобіля. Це дозволяє своєчасно взяти заходів для запобігання пожежам або іншим небезпечним ситуаціям.

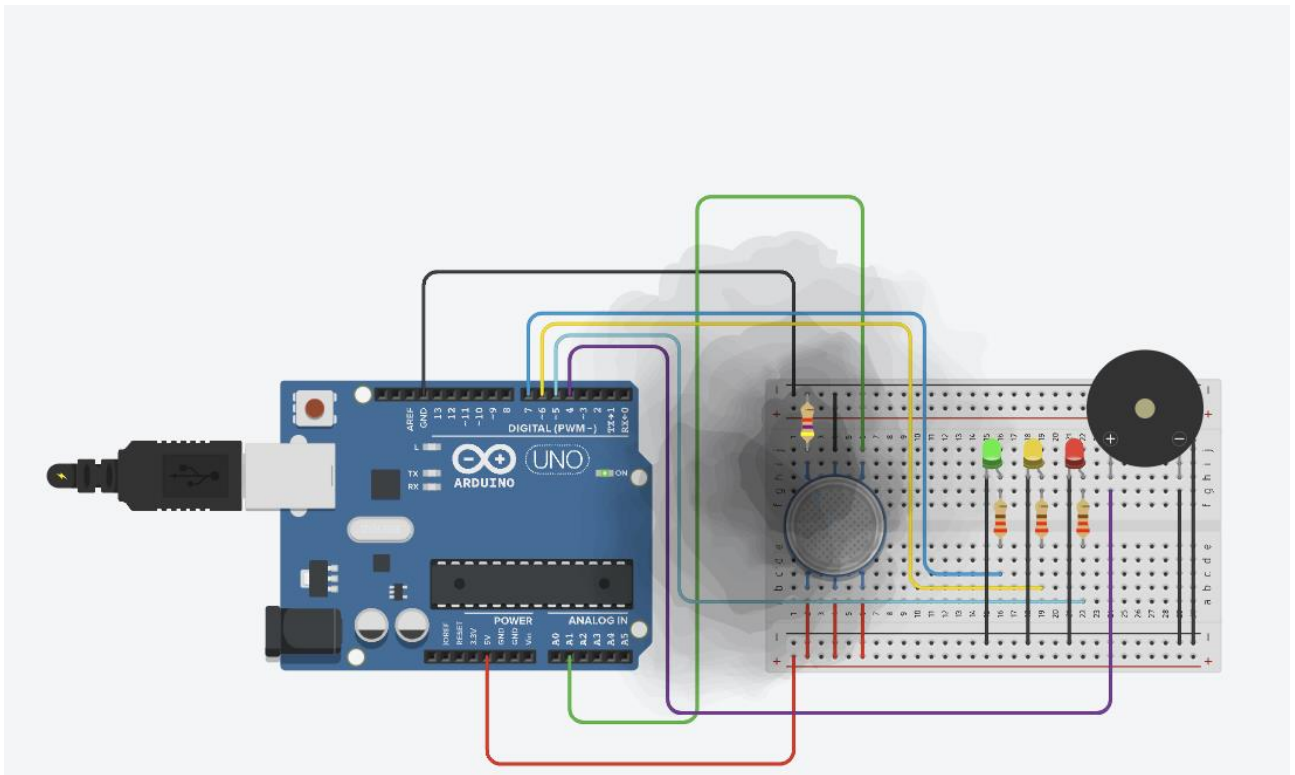


Рис. 3.6 Результат роботи датчику диму

Інтеграція Arduino-сенсорів у систему безпеки дорожнього руху

Я створив систему, яка інтегрує сенсори виявлення диму та вимірювання відстані на основі Arduino для підвищення ефективності та точності моніторингу дорожніх умов. Ці сенсори збирають і передають дані для подальшої обробки та аналізу, що дозволяє системі швидко реагувати на потенційно небезпечні ситуації.

Система складається з сенсорів, центрального обчислювального блоку, хмарного сховища та алгоритмів машинного навчання. Сенсори вимірювання відстані, такі як ультразвуковий датчик HC-SR04, встановлюються на транспортних засобах або дорожніх об'єктах для попередження про зіткнення, контролю швидкості та дотримання безпечної дистанції. Сенсори виявлення диму, такі як датчик MQ-2, встановлюються для виявлення диму або газів.

Дані передаються до центрального обчислювального блоку через бездротові мережі. Цей блок виконує первинну обробку даних, включаючи фільтрацію та попередню обробку. Після цього дані передаються до хмарного сховища для детального аналізу за допомогою алгоритмів машинного навчання, які прогнозують небезпечні ситуації та виявляють аномалії у дорожніх умовах.

Система може автоматично надсилати сповіщення водіям та операторам через SMS або мобільні додатки. У випадку небезпечної ситуації, наприклад, при наявності диму або об'єкту на дорозі, система може рекомендувати зменшити швидкість транспортного засобу.

Таким чином, Arduino збирає та обробляє дані, а складніші завдання виконуються іншими компонентами системи. Інтеграція сенсорів на основі Arduino забезпечує більш високий рівень моніторингу та реагування на дорожні умови, що сприяє зниженню кількості аварій та підвищенню загальної безпеки на дорогах.

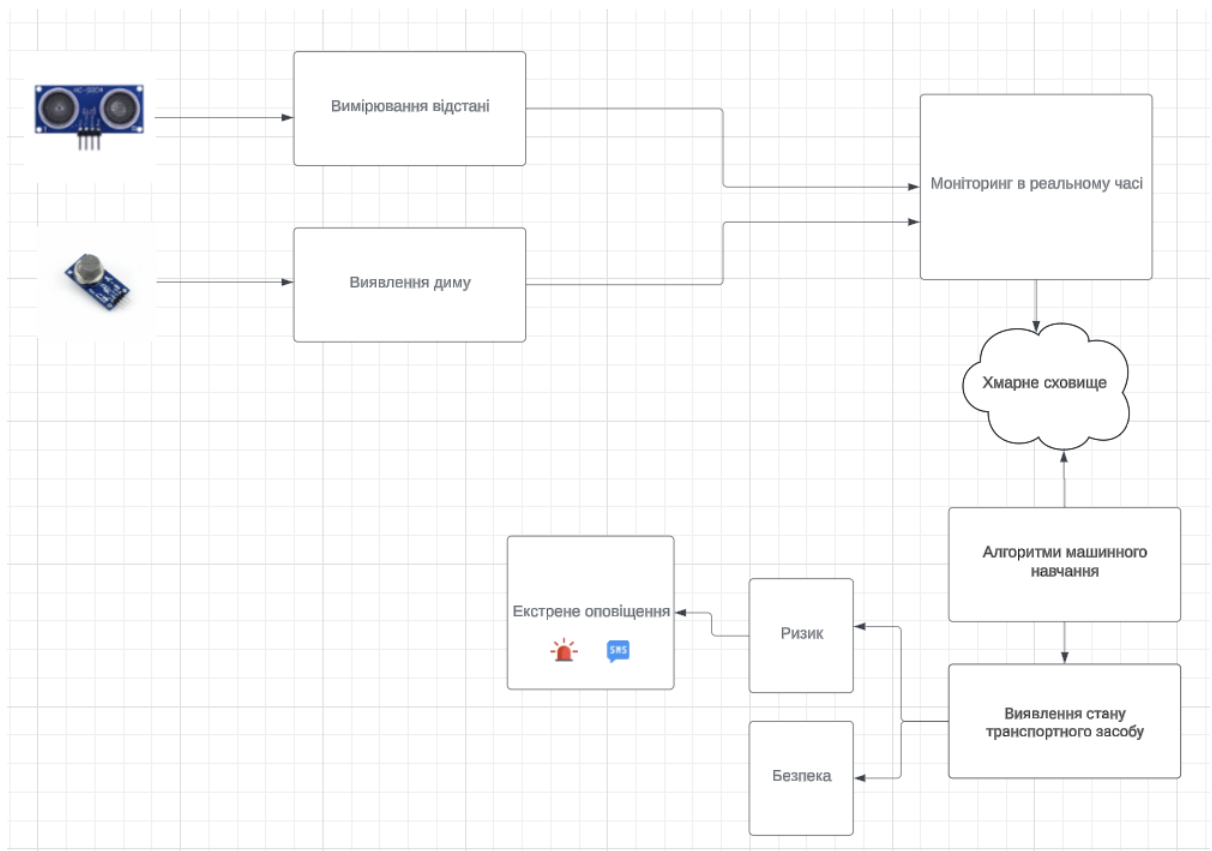


Рис. 3.7 Схема інтеграції датчиків відстані та диму в безпеку дорожнього руху

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломної роботи були досягнуті наступні результати:

- Проведено теоретичний огляд і аналіз сучасних технологій штучного інтелекту та їх застосування для підвищення безпеки дорожнього руху. Зокрема, розглянуто їх вплив на підвищення ефективності управління транспортними потоками та зниження ризиків ДТП.
- Досліджено існуючі інструменти та системи, що використовують штучний інтелект для моніторингу та прогнозування небезпечних ситуацій на дорогах, включаючи системи автоматичного гальмування, адаптивного круїз-контролю та інші.
- Визначено перспективи та можливі обмеження впровадження технологій штучного інтелекту у сфері безпеки дорожнього руху. Зокрема, обговорено необхідність високоякісних даних та виклики, пов'язані з конфіденційністю та безпекою інформації.
- Оцінено ефективність використання Arduino-сенсорів для інтеграції в системи дорожньої безпеки на основі штучного інтелекту. Встановлено, що ці сенсори можуть суттєво покращити моніторинг дорожніх умов та виявлення небезпечних ситуацій в реальному часі.
- Розроблено та продемонстровано Arduino-базовані сенсори для вимірювання відстані та диму, що можуть бути інтегровані в системи моніторингу дорожньої безпеки.
- Проаналізовано сучасні системи допомоги водієві (ADAS), їх роль у підвищенні безпеки на дорогах, а також виклики, пов'язані з їх впровадженням та використанням.

Проведено аналіз та порівняння двох систем комп'ютерного зору - Mobileye та NVIDIA DRIVE, їх ефективності та можливостей застосування для підвищення безпеки дорожнього руху. Система Mobileye вирізняється високою точністю розпізнавання об'єктів завдяки передовим алгоритмам глибокого навчання

та енергоефективністю спеціалізованих чіпів EyeQ, проте має обмеження у використанні в умовах низького освітлення або поганої погоди. Система NVIDIA DRIVE відзначається високою обчислювальною потужністю та гнучкістю інтеграції з різними типами сенсорів, але має високі вимоги до обладнання та енергоспоживання.

Результати проведених досліджень демонструють, що застосування штучного інтелекту та Інтернету речей в транспортній інфраструктурі має значний потенціал для підвищення безпеки дорожнього руху. Зокрема, автоматизовані системи моніторингу та прогнозування на основі штучного інтелекту дозволяють своєчасно виявляти та реагувати на потенційно небезпечні ситуації на дорогах, знижуючи ризик дорожньо-транспортних пригод.

Інтеграція Інтернету речей у транспортні системи сприяє створенню "розумних" доріг, які можуть автоматично адаптуватися до змін умов руху, покращуючи безпеку та ефективність дорожнього руху. Сучасні системи допомоги водієві (ADAS) забезпечують додатковий рівень захисту для водіїв та пасажирів, підвищуючи загальну безпеку на дорогах.

Arduino-базовані сенсори, розроблені в рамках цієї роботи, демонструють практичну можливість інтеграції простих та ефективних датчиків у системи моніторингу дорожньої безпеки. Сенсори для вимірювання відстані та диму можуть бути використані для виявлення перешкод на дорозі та контролю за станом повітря, що додатково підвищує рівень безпеки дорожнього руху.

Аналіз та порівняння систем комп'ютерного зору Mobileye та NVIDIA DRIVE показали, що обидві системи мають свої унікальні переваги та недоліки, які можуть значно вплинути на вибір технології для підвищення безпеки дорожнього руху. Водночас, необхідно враховувати і можливі обмеження та виклики, пов'язані з впровадженням цих технологій, такі як висока вартість інфраструктури, питання конфіденційності та безпеки даних, а також необхідність удосконалення алгоритмів для прийняття етичних рішень в кризових ситуаціях.

Отже, впровадження штучного інтелекту, Інтернету речей, Arduino-базованих сенсорів та систем комп'ютерного зору у транспортну інфраструктуру є важливим кроком до створення безпечнішого та ефективнішого дорожнього середовища, що дозволить знизити кількість дорожньо-транспортних пригод і підвищити рівень безпеки для всіх учасників дорожнього руху.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Cleij D. Road Safety Thematic Report. Advanced driver assistance systems : article. 2021.
2. Das S. Artificial Intelligence in Highway Safety. Taylor & Francis Group, 2022.
3. DAVIDSE R. J. OLDER DRIVERS AND ADAS. IATSS Research. 2006. Vol. 30, no. 1. P. 6–20. URL: [https://doi.org/10.1016/s0386-1112\(14\)60151-5](https://doi.org/10.1016/s0386-1112(14)60151-5)
4. What Is An Intelligent Transport System And How Does It Work?. Modeshift. URL: <https://www.modeshift.com/what-is-an-intelligent-transport-system-and-how-does-it-work/>.
5. Advanced Driver Assistance System for Road Environments to Improve Safety and Efficiency / F. Jiménez et al. Transportation Research Procedia. 2016. Vol. 14. P. 2245–2254. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.240>
6. ALDIN ISMAIL K. APPLICATION OF COMPUTER VISION TECHNIQUES FOR AUTOMATED ROAD SAFETY ANALYSIS AND TRAFFIC DATA COLLECTION : thesis. 2010. 337 p.
7. Integrating IoT and Blockchain for Ensuring Road Safety: An Unconventional Approach / D. Prashar et al. Sensors. 2020. Vol. 20, no. 11. P. 19. URL: <https://doi.org/10.3390/s20113296>.
8. Bhattacharya S., Jha H., P. Nanda R. Application of IoT and AI in Road Safety. 2022. P. 7.
9. Kumari P. Revolutionizing Road Safety: Role of Computer Vision in Vehicle Collision Prediction. Labellerr. URL: [https://www.labellerr.com/blog/role-of-computer-vision-in-vehicle-collision-prediction/#:~:text=Applications%20in%20Collision%20Avoidance%20Systems&am;text=\(i\)%20Computer%20vision%20algorithms%20monitor,identify%20and%20track%20lanes%20accurately](https://www.labellerr.com/blog/role-of-computer-vision-in-vehicle-collision-prediction/#:~:text=Applications%20in%20Collision%20Avoidance%20Systems&am;text=(i)%20Computer%20vision%20algorithms%20monitor,identify%20and%20track%20lanes%20accurately)
10. Kováčik K., Ivanjko E., Gold H. Computer Vision Systems in Road Vehicles: A Review. 2013. P. 6.

- 11.Учасники проєктів Вікімедіа. ADAS – Вікіпедія. Вікіпедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/ADAS>.
- 12.Advanced Driver Assistance Systems(ADAS): Empowering Drivers. LearnOpenCV – Learn OpenCV, PyTorch, Keras, Tensorflow with code, & tutorials. URL: <https://learnopencv.com/advanced-driver-assistance-systems/>.
- 13.Enhanced Computer Vision for More-Advanced Driver Assistance | Mobileye Blog. Mobileye. URL: <https://www.mobileye.com/blog/enhanced-computer-vision-driver-assistance/>.
- 14.Maradapu C. AI vs ML vs DL. Medium. URL: <https://medium.com/@maradapucharishma/ai-vs-ml-vs-dl-1b1bcc171f12>.
- 15.Kalota F. A Primer on Generative Artificial Intelligence. Education Sciences. 2024. Vol. 14, no. 2. P. 14. URL: <https://doi.org/10.3390/educsci14020172>.
- 16.IoT and Smart Factories–Electronic Manufacturing Data Intelligence · EMSNow. EMSNow. URL: <https://www.emsnow.com/iot-and-smart-factories-electronic-manufacturing-data-intelligence/>.
17. Forward Collision Warning - My Car Does What. My Car Does What. URL: <https://mycardoeswhat.org/deeper-learning/forward-collision-warning/>.
18. Rear Cross Traffic Alert - My Car Does What. My Car Does What. URL: <https://mycardoeswhat.org/deeper-learning/rear-cross-traffic-alert/>.
- 19.UTMEL. How do Parking Sensors Work?. Electronic Component Distributor - Original Product - Utmel. URL: <https://www.utmel.com/blog/categories/sensors/how-do-parking-sensors-work>.
- 20.Kapse R. Implementing an Autonomous Emergency Braking with Simulink using two Radar Sensors. 2019. 2 February.
- 21.Curve Speed Warning- CSW. euroFOT // The first large-scale European Field Operational Test on Active Safety Systems. URL: https://www.eurofot-ip.eu/en/intelligent_vehicle_systems/csw/index.html.
- 22.Çupi X., Muça F. Twinning Cities – A link for Immigrants and Diaspora with their countries of Origin. 2019. P. 158.

23. Abualhoul M. Y., Munoz E. T., Nashashibi F. The Use of Lane-Centering to Ensure the Visible Light Communication Connectivity for a Platoon of Autonomous Vehicles. 2018 IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety (ICVES), Madrid, 12–14 September 2018. 2018. URL: <https://doi.org/10.1109/icves.2018.8519502> (date of access: 26.05.2024).
24. Hệ thống cảnh báo lệch làn đường và hỗ trợ giữ làn đường là gì?. Showroom Chính Thức Hyundai Bình Thuận. URL: <https://hyundaiphanthiet.vn/he-thong-can-h-bao-lech-lan-duong-va-ho-tro-giu-lan-duong-la-gi-2/>.
25. An Enhanced Artificial Intelligence-Based Approach Applied to Vehicular Traffic Signs Detection and Road Safety Enhancement / A. Barodi et al. 2021. 5 February. P. 12.
26. Ikpe A. E., Ohwokevwu J. U. INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS AS A PIVOTAL INSTRUMENT IN THE DEVELOPMENT OF SMART CITIES IN THE 21st CENTURY. Marrakesh, 18 May 2024 / ed. by A. ABUHARRIS, M. KIDIRYÜZ. P. 27.

Додаток А

КОПІЇ ДЕМОНСТРАЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій

Кафедра Інженерії програмного забезпечення автоматизованих систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Застосування технології штучного інтелекту для підвищення рівня безпеки
дорожнього руху»

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології
освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології

Виконав(ла): Жилін М.І, ІСД-41

Науковий керівник роботи:

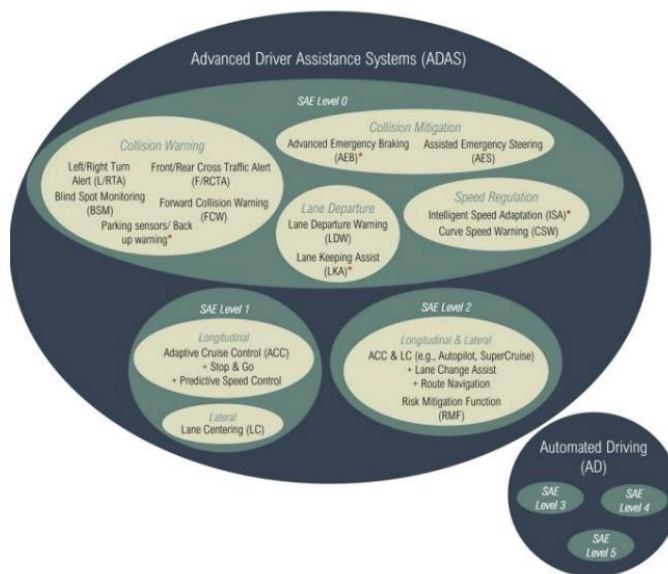
Данильченко В.М.

Київ - 2024

- **Актуальність теми:** Зростання кількості транспортних засобів на дорогах підвищує потребу в ефективних рішеннях для забезпечення безпеки дорожнього руху. Штучний інтелект має потенціал для радикального підвищення безпеки, використовуючи аналіз даних у реальному часі та автономне прийняття рішень.
- **Наукова новизна:** Розробка та демонстрація ефективності використання Arduino-сенсорів для виявлення диму та визначення відстані в системах дорожньої безпеки. Виявлено переваги та недоліки існуючих систем безпеки дорожнього руху на основі технологій штучного інтелекту.
- **Об'єкт дослідження:** Системи дорожнього руху, в яких застосовується технологія штучного інтелекту.
- **Предмет дослідження:** Застосування технології штучного інтелекту в системи дорожньої інфраструктури для підвищення безпеки дорожнього руху
- **Мета дослідження:** Теоретичний огляд та аналіз вже існуючих знань про використання технологій штучного інтелекту для підвищення безпеки дорожнього руху.
- **Завдання дослідження:**
 - 1. Оглянути вже існуючі технології штучного інтелекту а також системи, що вже впровадженні, та використовуються в сфері безпеки дорожнього руху.
 - 2. Дослідити існуючі інструменти та системи, що використовує штучний інтелект.
 - 3. Визначити перспективи та можливі обмеження технології штучного інтелекту для підвищення безпеки дорожнього руху.
 - 4. Оцінити ефективність використання Arduino-сенсорів в інтегрованих системах дорожньої безпеки на основі штучного інтелекту.

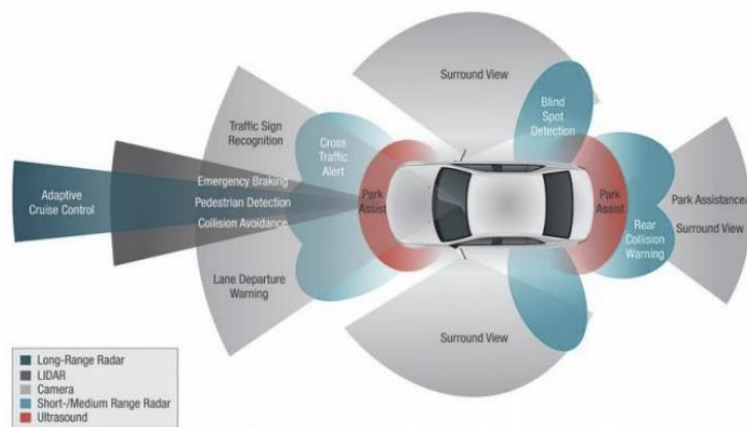
Огляд існуючих рішень

У ході дослідження було проведено глибокий аналіз сучасних систем ADAS (Advanced Driver Assistance Systems). Ретельно досліджено принцип роботи кожної з цих систем, оцінено їхню актуальність та внесок у підвищення безпеки дорожнього руху.



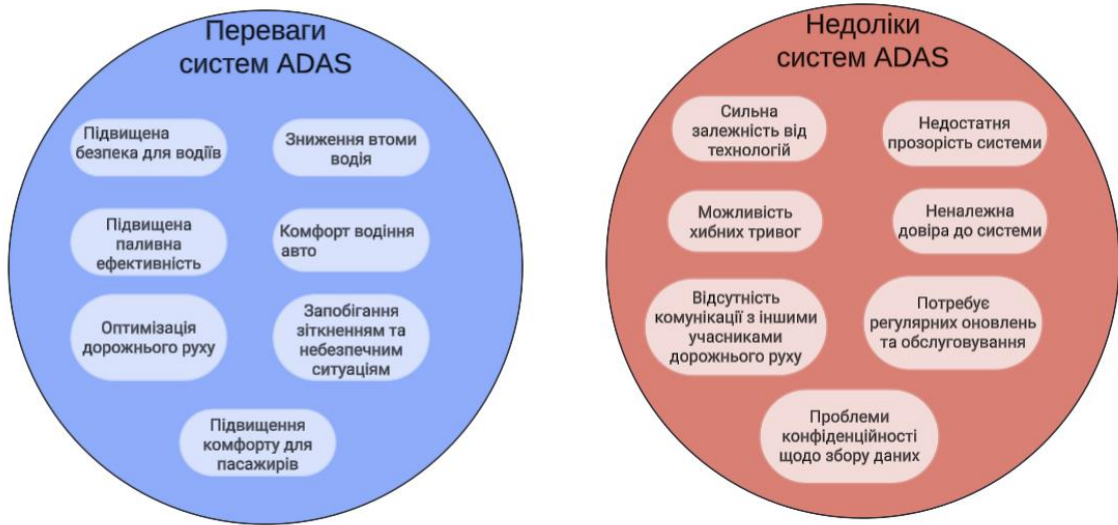
3

Датчики котрі використовують системи ADAS



4

Переваги та недоліки систем ADAS



5

Порівняння систем комп'ютерного зору від Mobileye та NVIDIA DRIVE

Характеристика	Mobileye	NVIDIA DRIVE
Технологія обробки	Алгоритми глибокого навчання	Алгоритми глибокого навчання
Основний сенсор	Камери	Камери, радари, лідари
Обладнання	Чіпи EyeQ	DRIVE Thor
Енергоефективність	Висока	Середня
Рівень автономності	Часткова автономність	Висока автономність
Вартість обладнання	Низька	Висока
Легкість інтеграції	Висока	Середня
Обмеження	Залежність від умов освітлення	Високі вимоги до обладнання



Чіп EyeQ



Чіп DRIVE Thor

6

Розробка датчику виявлення задимлення

Для цього датчику були використані такі елементи, як плата Arduino Uno, датчик задимлення MQ-2, світлодіоди, резистори та пьезо.

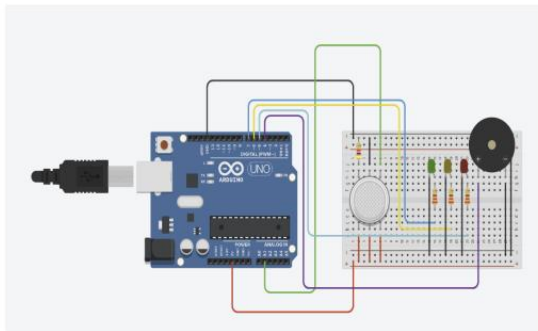
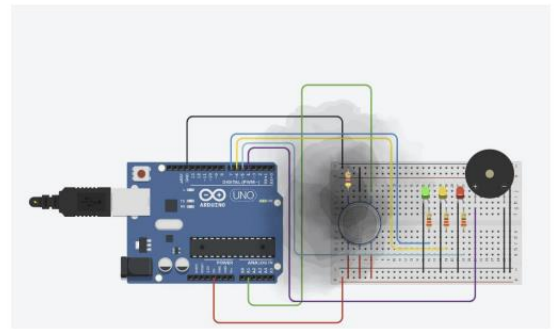


Схема підключення



Результат дослідження

7

Розробка датчику визначення відстані

- Для цього датчику були використані такі елементи, як плата Arduino Uno, ультразвуковий датчик HC-SR04, рідкокристалічний дисплей (LCD), потенціометр та резистори

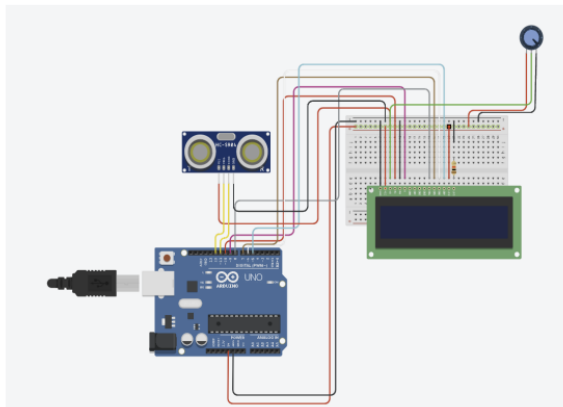
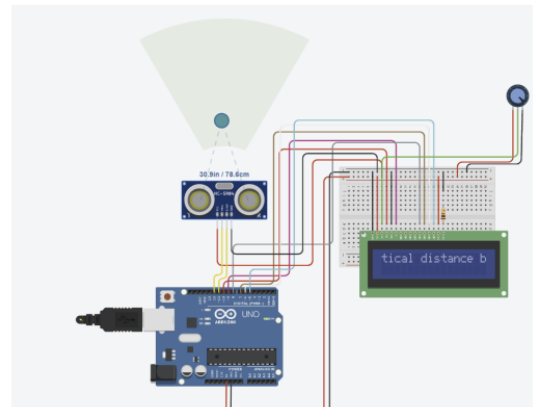


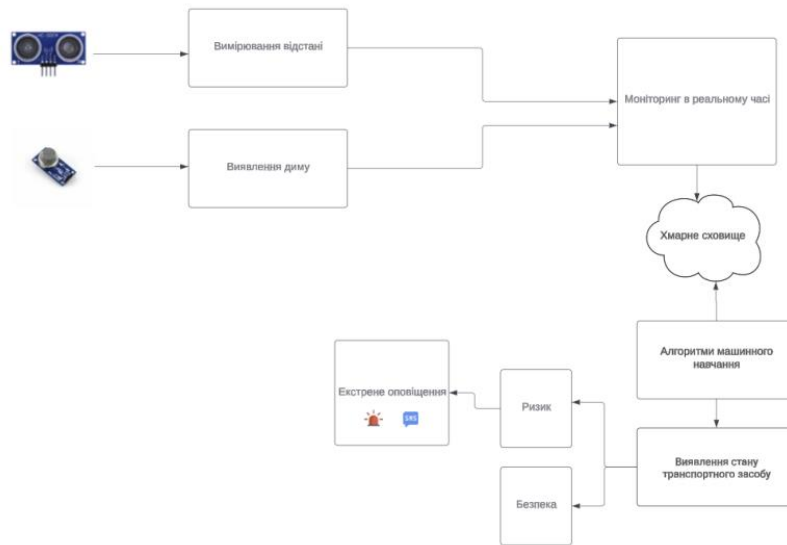
Схема підключення



Результат дослідження

8

Інтеграція датчиків в інтелектуальні системи



9

Висновки

В результаті виконання дипломної роботи було:

- Досліджено теоретичні аспекти сучасних технологій штучного інтелекту та їх застосування для підвищення безпеки дорожнього руху.
- Показано ефективність використання штучного інтелекту в системах моніторингу та прогнозування небезпечних ситуацій на дорогах.
- Встановлено перспективи та обмеження впровадження технологій штучного інтелекту у сфері безпеки дорожнього руху.
- Оцінено можливості використання Arduino-сенсорів для інтеграції в системи дорожньої безпеки.
- Розроблено та продемонстровано Arduino-базовані сенсори для вимірювання відстані та диму.
- Проаналізовано сучасні системи допомоги водієві (ADAS) та виклики, пов'язані з їх використанням.
- Проведено порівняльний аналіз систем комп'ютерного зору Mobileye та NVIDIA DRIVE, визначено їх переваги та недоліки.

Результати досліджень підтверджують значний потенціал застосування штучного інтелекту та Інтернету речей для підвищення безпеки дорожнього руху. Інтеграція цих технологій сприяє створенню "розумних" доріг, автоматизованих систем моніторингу та підвищенню загального рівня безпеки на дорогах.

• Апробація:

I Всеукраїнська науково-технічна конференція "Технологічні горизонти: дослідження та застосування інформаційних технологій для технологічного прогресу України і світу", 28 листопада 2023 року, ДУІКТ – «Застосування штучного інтелекту для підвищення безпеки дорожнього руху»

V МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ «СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІОТ», 18 квітня 2024, ДУІКТ – «Інтелектуальні системи безпеки дорожнього руху на основі штучного інтелекту»

10

