

ІНТЕГРАЦІЯ СЕНСОРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ  
СТІЙКИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

INTEGRATION OF SENSOR TECHNOLOGIES IN TRANSPORT SYSTEMS TO CREATE  
SUSTAINABLE INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS



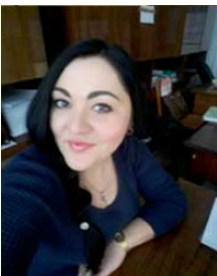
**Борецький Владислав Вікторович**, аспірант кафедри інформаційних систем і технологій Національного транспортного університету, e-mail: [vladlenius88@gmail.com](mailto:vladlenius88@gmail.com), тел. +380442807066, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, ауд. 347а.

<https://orcid.org/0000-0001-5525-4604>



**Донець Вероніка Василівна**, старший викладач кафедри інформаційних систем і технологій Національного транспортного університету. e-mail: [nerik2008@ukr.net](mailto:nerik2008@ukr.net), тел. +380442807066, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, ауд. 347а.

<https://orcid.org/0000-0003-2353-0699>



**Ковальчук Оксана Петрівна**, старший викладач кафедри інформаційних систем і технологій Національного транспортного університету. e-mail: [kovalchukoksana30@gmail.com](mailto:kovalchukoksana30@gmail.com), тел. +380442807066, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, ауд. 347а.

<https://orcid.org/0000-0001-9456-8438>



**Шумейко Олексій Андрійович**, доцент кафедри інформаційних систем і технологій Національного транспортного університету. e-mail: [shumeyko.ntu.edu.ua@gmail.com](mailto:shumeyko.ntu.edu.ua@gmail.com), тел. +380442807066, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, ауд. 347а.

<https://orcid.org/0000-0003-2897-060X>

**Анотація.** Кожного дня на дорозі ми стикаємося з проблемами заторів, безпеки руху та забруднення навколишнього середовища. Все це має безпосереднє відношення до якості та ефективності функціонування транспортних систем. Для вирішення цих проблем застосовують інформаційно-

комунікаційні технології, що все більше інтегруються в сучасні транспортні системи. Виробники автомобілів розробляють автомобільні датчики для підвищення безпеки транспортних засобів, керування дорожнім рухом та для розвитку інформаційно-розважальних систем. Урядові установи в свою чергу розгортають придорожню інфраструктуру, встановлюючи камери відеоспостереження та дорожні датчики, щоб збирати дані про навколишнє середовище та дорожній рух. Завдяки безперебійній інтеграції сенсорних технологій в транспортні засоби їх сенсорні та комунікаційні можливості можна використовувати для створення інтелектуальних транспортних систем.

У статті розглянуто перспективи використання сенсорних датчиків для забезпечення ефективності функціонування транспортних систем і транспортної інфраструктури в цілому.

Проведено аналіз видів датчиків в залежності від об'єкту використання – для транспортних засобів та для доріг. Розглянуто окремо по категоріям програми для забезпечення роботи тих чи інших датчиків.

Розглянуто на прикладі процес інтеграції та роботи сенсорних технологій з інформаційно-комунікаційними, для забезпечення ефективного функціонування інтелектуальної транспортної системи.

Зробивши висновок з проведеного дослідження, можна припустити, що розвиток сенсорних технологій та їх інтеграція в транспортну систему значно підвищить безпеку учасників транспортного руху та підвищить ефективність роботи транспортної системи в цілому.

**Ключові слова:** датчики; програми; автомобіль; ІТС; система.

### **Вступ**

Транспортні системи стали фундаментальною основою економічного зростання в різних країнах. Проте багато міст у всьому світі стикаються з неконтрольованим зростанням транспортного потоку, що призводить до серйозних проблем, таких як затримки, затори, підвищення цін на паливо, збільшення викидів CO<sub>2</sub>, аварії, надзвичайні ситуації та зниження якості життя в сучасному суспільстві.

Київ посів третє місце в рейтингу міст із найбільшими заторами, про це йдеться у дослідженні сервісу TomTom. Загалом на стояння у заторах кияни витратили 229 годин або 9,5 днів за рік. Середня затримка у 2021 році склала 56%, що на 5% більше, ніж минулого року. У середньому містяни проводять в заторах 128 годин на рік, тобто трохи більше п'яти днів. У 2021 році в Києві спостерігалось помітне зростання завантаженості доріг. Дані показують, що середній час у дорозі збільшився на три хвилини в день [1].

Ці проблеми загострюватимуться в майбутньому через зростання чисельності населення та посилення міграції до міст у багатьох країнах світу, як повідомляють Фонд народонаселення ООН та Бюро довідок з питань народонаселення. Тому існує нагальна потреба у підвищенні безпеки та ефективності перевезень.

Досягнення інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) у таких сферах, як апаратне забезпечення, програмне забезпечення та комунікації, створили нові можливості для розробки стійких інтелектуальних транспортних систем. Інтеграція ІКТ у транспортну інфраструктуру забезпечить кращий і безпечніший досвід подорожей і перехід до інтелектуальних транспортних систем (ІТС), які зосереджуються на чотирьох фундаментальних принципах: сталість, інтеграція, безпека та оперативність. Ці принципи відіграватимуть фундаментальну роль у досягненні головних цілей ІТС, включаючи доступність і мобільність, екологічну стійкість та економічний розвиток.

Успіх ІТС значною мірою залежить від платформ, які використовуються для доступу, збору та обробки точних даних із середовища. Сенсорні платформи зазвичай діляться на дві категорії. Перша категорія – бортова сенсорна платформа, яка збирає дані про стан автомобіля. Друга категорія, міські сенсорні платформи, використовуються для збору інформації про стан дорожнього руху. Технологія датчиків є важливим компонентом для збору даних під час зв'язку між транспортним засобом і транспортним засобом з інфраструктурою. Потім ці дані надаються системі управління

транспортуванням для подальшої обробки та аналізу та подальшого прийняття рішень/дій. Очікується, що інтелектуальні транспортні системи зможуть вирішити такі проблеми, як високі ціни на нафту, високі викиди вуглекислого газу, великі затори та покращені дороги.

**Метою** даної роботи є аналіз застосування сенсорних технологій в транспортних системах та створення за допомогою інтеграції цих технологій стійкої інтелектуальної транспортної системи.

### Сенсорні технології

Датчики використовуються в різних галузях, включаючи охорону здоров'я, сільське господарство, лісове господарство, моніторинг транспортних засобів і морський моніторинг. На транспорті сенсорна технологія лежить в основі проектування і розробки широкого спектру додатків, включаючи управління дорожнім рухом, безпеку і розваги. В останні роки датчики і приводи, такі як датчики тиску в шинах і системи заднього виду, стали необхідними у виробництві транспортних засобів та інтелектуальних транспортних систем для підвищення задоволеності водіїв і пасажирів, підвищення безпеки дорожнього руху і надання послуг, спрямованих на зменшення заторів. Виробники також встановлюють додаткові датчики для моніторингу роботи та стану транспортного засобу, підвищення ефективності та надання допомоги водіям. Наразі середня кількість датчиків у транспортному засобі становить близько 60-100, але в міру того, як транспортні засоби стають розумнішими, на одному транспортному засобі може бути до 200 датчиків.

### Автомобільні датчики.

В ІТС визначення типу датчиків для розробки додатків, які сприяють вирішенню таких проблем, як: затори та проблеми з паркуванням, довший час поїздки, вищі рівні викидів CO<sub>2</sub> та збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод, серед іншого, має вирішальне значення для покращення характеристик транспортного засобу, а також покращення досвіду водіння. На рисунку 1 зображено деякі з найбільш широко використовуваних сьогодні датчиків у автомобілях [2].



Рисунок 1 – Типи датчиків автомобіля.

Figure 1 – Types of car sensors.

### Програми для датчиків автомобіля.

Безпека водіння в автомобілях забезпечується цілим комплексом технічних інновацій. Одна з них – системи, які беруть під контроль визначення тиску в шинах автомобіля.

Раніше такі сервіси воліли встановлювати в авто бізнес-класу. Зараз вони доступні для будь-якого автомобіля. Хоча є свої особливості. Наприклад дешевші системи використовують вже застосовуються в авто технології стеження за рухом колеса. Більш складні, пропонують контроль тиску в шинах автомобіля за допомогою установки датчиків і узагальнення отриманих від них результатів. Будь-яка з відомих TPMS systems, заснована на прямому/непрямому контролі. Ці системи кардинально відрізняються по реалізації [3].

Датчики наближення, ультразвукові та електромагнітні датчики використовуються для допомоги при паркуванні та сигналізації при русі заднім ходом. Датчики наближення визначають, коли автомобіль наближається до об'єкта. Ультразвукові датчики використовують тип сенсора для визначення відстані між автомобілем і об'єктом і попереджають водія, коли автомобіль наближається ближче встановленого порогу. Електромагнітні датчики попереджають водія, якщо об'єкти потрапляють в електромагнітне поле, утворене навколо переднього і заднього бамперів. Датчики наближення розробили системи на основі прямокутного масиву ємнісних датчиків наближення для кількісної оцінки положення голови водія, щоб відповідати рекомендаціям ІІІС (Страхового інституту безпеки дорожнього руху). Однак цей тип датчиків чутливий до температури і вологості, що знижує їхню точність.

Радарні та лазерні датчики (RADAR) постійно сканують на предмет передніх, бічних і задніх зіткнень і за допомогою радіохвиль визначають відстань між перешкодами та дорогою, дозволяючи програмі безпеки відрегулювати газ і натиснути на гальма, щоб запобігти потенційному зіткненню або небезпечній ситуації. Датчики сповіщають водія, коли щось виявляється поблизу автомобіля, що дозволяє додатку автоматично застосувати гальма і уникнути зіткнення.

Гіроскопи та акселерометри використовуються в інерціальних навігаційних системах (INS) для визначення параметрів транспортного засобу, таких як положення, курс і швидкість; INS використовується в поєднанні з глобальними системами позиціонування (GPS) для підвищення точності.

Радарні датчики і датчики швидкості використовуються для виявлення зміни смуги руху або з'їзду зі смуги і попередження водія про небезпеку. Зазвичай водій отримує сповіщення за допомогою вібрації сидіння або керма, або звукового сигналу.

Камери можуть (1) відстежувати положення тіла водія, положення голови і рухи очей для виявлення ненормальних станів, таких як ознаки втоми або незвичної поведінки транспортного засобу (відхилення від прямолінійного руху, пішоходи, які раптово переходять дорогу перед автомобілем); (2) запускати програми нічного бачення, щоб допомогти водієві бачити далі по дорозі, тварин, людей, дерева на дорозі та інші об'єкти та інші об'єкти, які можуть спричинити небезпечні ситуації або аварії, та (3) допомагати водіям бачити далі від дороги і виявляти тварин, людей, дерева та інші об'єкти на дорозі, які можуть спричинити аварії.

LIDAR (Light Detection And Ranging) став ключовим компонентом еволюції автономних транспортних засобів. LIDAR дозволяє безпілотному автомобілю (або будь-якому роботу) спостерігати за світом за допомогою кількох спеціальних характеристик, таких як постійна видимість на 360 градусів і високоточна інформація про глибину. Датчики LIDAR постійно випускають промені лазерного світла, а потім вимірюють, скільки часу потрібно, щоб світло повернулося до датчика.

Хоча всі транспортні засоби оснащені великою кількістю датчиків, інтеграція з іншими компонентами та відсутність єдиних стандартів між різними брендами є основними недоліками в їхньому впровадженні. З іншого боку, функціональність сучасних систем автоматизованого водіння обмежена. Наприклад, компанія Volvo встановила безпечне обмеження швидкості 50 км/год або менше в міських районах, щоб уникнути зіткнень з іншими транспортними засобами, мотоциклами та

велосипедами. Система безпеки в місті базується на лазерному приладі, який може виявляти транспортні засоби в темряві лише за умови, що фари і задні ліхтарі увімкнені і їх добре видно.

#### **Дорожні датчики.**

Стратегічні інвестиції в транспортну інфраструктуру є життєво важливими для зростання країни і лежать в основі сучасної економіки. Щороку уряди країн світу інвестують величезні суми грошей у транспортний сектор. Зазначимо, що транспортна інфраструктура в Україні у довоєнний час потребувала значного інвестування для її розвитку та модернізації. За дослідженням Європейської Бізнес Асоціації, за підсумками 2021 р., інтегральний показник Інфраструктурного індексу української транспортної галузі дорівнював 2,76 балів із 5-ти можливих. Найвище значення Інфраструктурного індексу зафіксовано у авіаційному транспорті – 3,15 бала. У решті транспортних галузей України інтегральні показники Інфраструктурного індексу розташовані таким чином: автомобільний транспорт – 2,96 бала, внутрішній водний – 2,75, морський – 2,47, залізничний – 2,45 бала. В останні роки залученню інвестицій у розбудову транспортної галузі приділялася значна увага, проте реалізація проєктів з модернізації цього сектору припинилася через розгортання повномасштабної агресії Російської Федерації проти України [4].

У той час як автомобільна промисловість інвестує значні кошти в підвищення безпеки, продуктивності і комфорту транспортних засобів за допомогою бортових датчиків, збір даних про дорожній рух за допомогою механізмів, встановлених уздовж доріг, є одним з головних викликів для інтелектуальних транспортних систем. Розміщення датчиків у дорожній мережі може надати водіям нові послуги, такі як розумне паркування (наприклад, підбір водіїв до вільних паркувальних місць) та знижки на оплату за проїзд на основі даних про завантаженість доріг. Датчики збирають дані про навколишнє середовище в режимі реального часу, які потім можуть бути оброблені та проаналізовані для покращення транспортної мережі та її сталого розвитку.

Залежно від місця встановлення датчики поділяються на інтрузивні та неінтрузивні. Інтрузивні датчики встановлюються на асфальтованих поверхнях. Хоча вони є більш точними, вони також є більш дорогими в установці та обслуговуванні. Загалом, інтрузивні датчики поділяються на три групи: (1) Пасивні магнітні датчики: встановлюються на дорозі та підключаються до процесора дротовим або бездротовим способом (2) Пневматичні трубчасті датчики: встановлюються поперек дороги та передають дані до процесора дротовим/бездротовим способом (3) Індуктивні петлі: передають дані на процесор через дротяні котушки, закопані в дорогу. Ця група датчиків найчастіше використовується в системах управління дорожнім рухом.

Неінтрузивні датчики виконують багато функцій інтрузивних датчиків з меншими труднощами. Однак вони дуже чутливі до кліматичних умов, таких як сніг, дощ і туман. Точні дані про дорожній рух необхідні для прийняття обґрунтованих рішень щодо поліпшення умов водіння. Водії з більшою ймовірністю помітять непомітні датчики і будуть реагувати по-іншому і швидше, коли їх виявлять, наприклад, сповільнять рух або перейдуть в іншу смугу. Завдання полягає не лише у встановленні цих датчиків, але й у скороченні часу реакції водіїв на основі зібраних даних, щоб вони могли точніше оцінювати ситуацію та реальний стан дороги і шляху.

#### **Програми безпеки водіння.**

Окрема категорія програм розроблена для забезпечення безпеки водія та пасажирів, таким чином зменшуючи кількість аварій, травм і смертельних випадків. Кожен виробник авто прагне розробити свою інтелектуальну систему безпеки. Розглянемо її можливості на прикладі системи безпеки Hyundai SmartSense (рисунок 2) [5].

На рисунку зображені наступні додатки системи безпеки автомобіля: (а) допомога в утриманні смуги руху, (б) адаптивний круїз-контроль, (с) інформація про сліпі зони, (д) попередження про лобове зіткнення, (е) запобігання зіткнень заднього ходу та (ф) асистент дальнього світла.

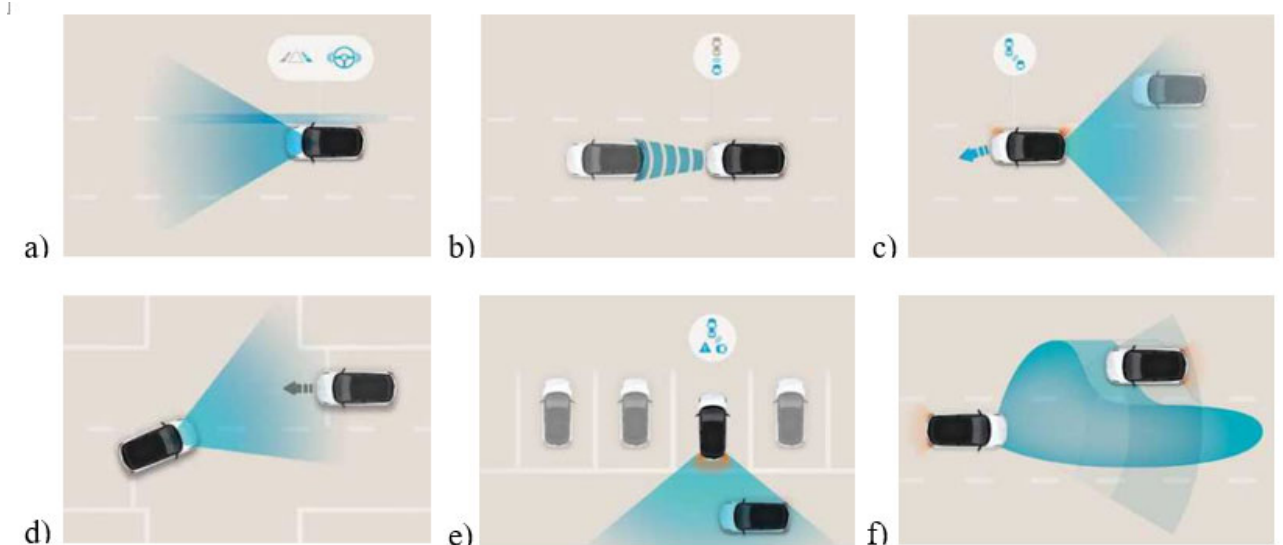


Рисунок 2 – Приклади датчиків безпеки ІТС  
Figure 2 – Examples of security sensors of the ITS

Програма системи підтримки смуги руху фокусується на забезпеченні безпеки автомобіля під час руху. Він використовує камеру, встановлену за дзеркалом заднього виду, для моніторингу розмітки смуги руху і може виявляти лавини за межами смуги. Адаптивний круїз-контроль – це програмне забезпечення, яке використовує радар, датчики швидкості та відстані для регулювання швидкості та підтримання безпечної дистанції до транспортного засобу, що рухається попереду. Датчики поєднуються з алгоритмами прогнозування, такими як нейро-нечіткі алгоритми та прогнозування радіусу кривої, щоб визначити найкращий кут для повороту на кривих дорогах. Інформація про сліпі зони – це програма, яка використовує радарні датчики для попередження про зміну смуги руху, якщо транспортний засіб виявлено в сліпій зоні. Програми попередження про зіткнення на перехрестях використовують датчики положення і швидкості для визначення ймовірності зіткнення транспортних засобів і надсилають попереджувальний сигнал, якщо ймовірність зіткнення перевищує певний заздалегідь визначений запас міцності. Програми всеспрямованого моніторингу використовують камери для виявлення перешкод навколо транспортного засобу, щоб полегшити паркування та маневрування.

Для подальшого вдосконалення додатків безпеки важливо використовувати злиття даних з декількох джерел і інтелектуальні алгоритми обробки, щоб не тільки попереджати водія, а й визначати час реакції і приймати швидкі автоматичні рішення для зниження ризику аварій.

#### **Програми управління дорожнім рухом.**

Програми ІТС у цій категорії покращують транспортний потік на дорогах і в міських зонах (рисунок 3). Програми відеоспостереження можна розділити на дві категорії: фіксовані системи відеоспостереження, які складаються зі стаціонарних станцій, які використовують камери та датчики, встановлені на дорогах, для моніторингу дорожніх умов. Друга категорія, яка називається спостереженням на дорозі, використовує датчики та камери, вбудовані в транспортні засоби, для підтримки спостереження.

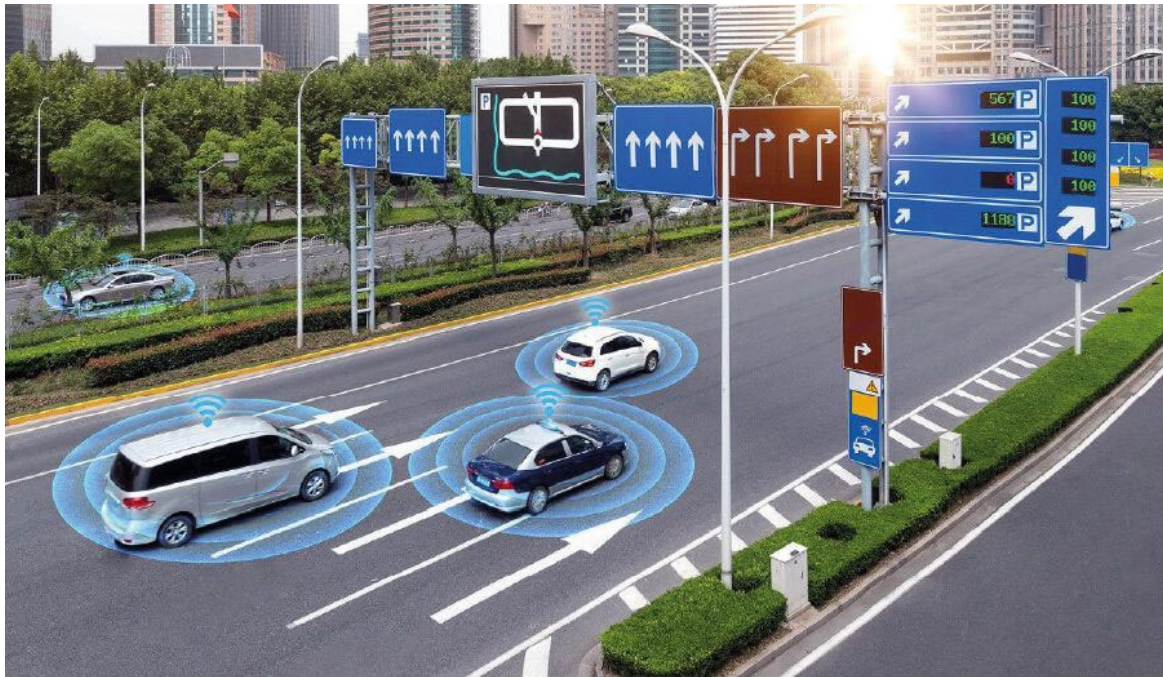


Рисунок 3 – Візуалізація технології Smart Road  
Figure 3 – Smart Road Technology visualization

Камери спостереження за скупченням людей і завантаженням доріг з можливістю часткового інформування про правопорушення, а також з функціями розпізнавання обличчя і автомобільних номерів для виявлення розшукуваних з'явилися в Києві вже в 2016 році. Але їх використання в повному обсязі відкладалося до розвитку систем аналізу та обробки даних, яка стала впроваджуватися тільки з весни 2020 року [6].

Програми для керування смугами руху зосереджені на управлінні доступною пропускну здатністю доріг під час особливих дорожніх ситуацій, таких як екстрена евакуація, інциденти та небезпечні погодні умови. Програма використовує радари, камери та інфрачервоні датчики для виявлення присутності, напрямку і швидкості транспортних засобів. Системи управління дорожнім рухом для спеціальних заходів - це тип систем управління смугами руху, які використовуються для контролю і зменшення заторів на спеціальних об'єктах, таких як стадіони і конференц-центри. Вони використовують датчики (наприклад, радарні та інфрачервоні) і камери для зміни напрямку руху відповідно до потреб дорожнього руху.

Програми управління перехрестями – це скоординовані програми, які є альтернативою традиційному управлінню перехрестями на основі світлофорів. У цьому додатку учасники дорожнього руху, інфраструктура і центри управління дорожнім рухом працюють разом, щоб ефективніше координувати безпеку руху, поєднуючи технологію RFID, датчики наближення, ультразвукові та радарні датчики, камери, планування маршрутів і віртуальну симуляцію світлофорного сигналу.

Програми для управління паркуванням (РМА) (рисунок 4) [7] використовують магнітометр, індукційну петлю, інфрачервоні та радіочастотні технології для збору інформації про зайнятість парковок, інформування водіїв про можливості паркування та вільні місця поблизу зон, а також допомагають в управлінні та розподілі місць для паркування, таким чином зменшити розчарування мандрівників та проблеми заторів, пов'язані з пошуком місця для паркування.

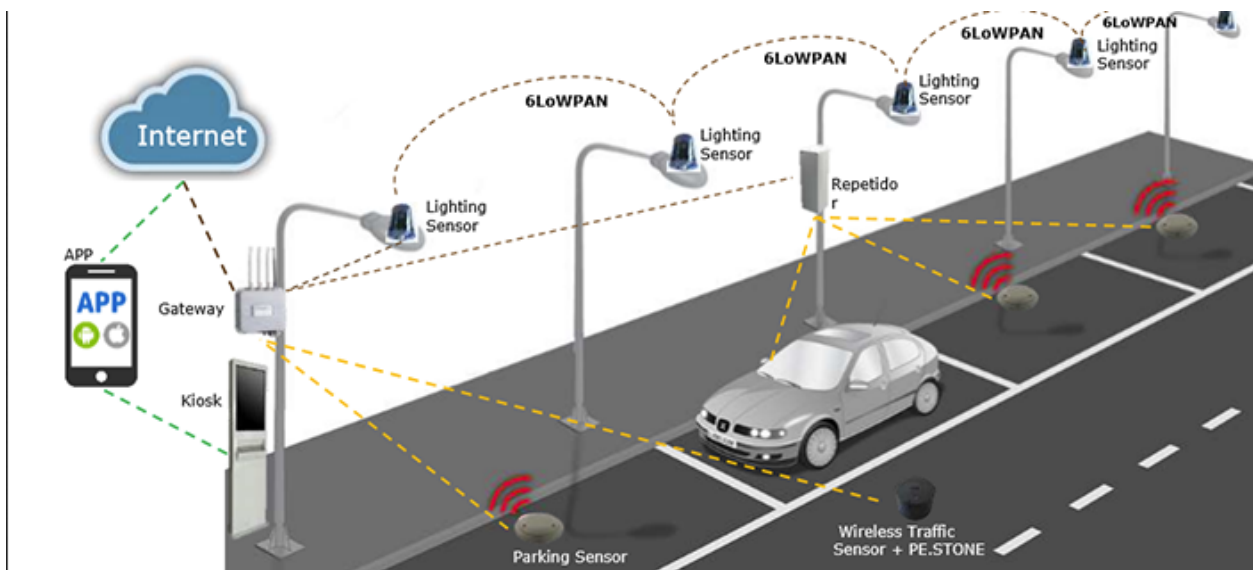


Рисунок 4 – Приклад роботи розумної системи паркування  
Figure 4 – An example of a smart parking system

#### Програми діагностики.

Ця категорія зосереджена на наданні діагностичних послуг, які можуть використовувати різні типи датчиків для виявлення несправностей компонентів, що можуть призвести до поломки, у тому числі (1) датчики силової установки для перевірки стану та функціонування механічних компонентів і двигуна транспортного засобу в режимі реального часу, (2) датчики для контролю рівня палива, (3) хімічні датчики для перевірки якості рідин; (4) температурні датчики для перевірки температури рідин і газів; (5) датчики складу палива для моніторингу згоряння двигуна з метою зменшення забруднення; і (6) датчики для моніторингу споживання палива транспортним засобом. Цю категорію можна ще більше розширити, використовуючи комунікаційні технології для надсилання інформації безпосередньо в хмару або в зону обслуговування і ремонту транспортних засобів. Персональні реєстри транспортних засобів можуть використовуватися для моніторингу стану окремих частин транспортного засобу, а також для виявлення та запобігання можливим поломкам транспортних засобів.

#### Програми зчитування навколишнього середовища

Такі програми збирають інформацію з датчиків, встановлених на поверхні дорожнього покриття або над ним, для визначення дорожніх умов шляхом вимірювання таких параметрів, як температура дорожнього покриття, стан дорожнього покриття, хімічні речовини, тертя та зчеплення з дорогою.

Програми прогнозування погоди базуються на спостереженні, моніторингу та прогнозуванні погодних і дорожніх умов, а також на впровадженні відповідних управлінських дій для покращення досвіду водіння та зменшення впливу несприятливих умов. Дорожні метеорологічні програми використовуються для полегшення прийняття рішень щодо стратегії технічного обслуговування та надання порад водіям. Метеостанції та інфрачервоні датчики розміщуються на дорогах для моніторингу таких умов, як температура, опади, туман і дим, які можуть підвищити ризик для водіїв або вплинути на рішення щодо технічного обслуговування доріг.

Програми для контролю стану дорожнього покриття використовують інфрачервоні датчики для вимірювання інфрачервоного випромінювання, випромінюваного дорожнім покриттям, і застосовують інтелектуальну обробку сигналів для дистанційного вимірювання параметрів дороги,

таких як температура, вода, лід і сніг. Існують також програми моніторингу аномалій дорожнього покриття, які використовують такі датчики, як GPS, лазерні, інфрачервоні та акселерометричні датчики в транспортному засобі для виявлення аномалій, таких як ями і "лежачі поліцейські". Зібрана інформація використовується для створення карт аномалій для водіїв, а також для завдань технічного обслуговування та управління інфраструктурою, щоб забезпечити безпеку водіїв і комфорт для дорожніх служб.

Як зазначалося вище, жоден окремих додаток не може успішно створити ІТС. Повна інтеграція та обмін даними, підкріплені хмарними обчисленнями та інтелектуальними алгоритмами, дозволяють приймати рішення не тільки на основі транспортних потоків, але й на основі даних про навколишнє середовище та околиці, а також управління дорожнім рухом для досягнення збалансованого перерозподілу трафіку та зменшення забруднення в межах певної території, не впливаючи на інші райони. Критично важливо для додатків.

#### Програми для користувачів.

У категорії користувачів датчики відстежують роботу і поведінку водія, що важливо для безпеки дорожнього руху і зниження аварійності, використовуючи такі умови, як втома, рівень алкоголю і емоційні розлади (рисунок 5). Згідно з технічним звітом Американської автомобільної асоціації (AAA), водіння в стані сонливості є причиною 21% аварій зі смертельними наслідками і 13% аварій, що потребують госпіталізації, тоді як водіння в стані алкогольного сп'яніння є причиною 20% і 69% аварій зі смертельними наслідками для водіїв у країнах з високим і низьким рівнем доходу. За даними Національної адміністрації безпеки дорожнього руху (NHTSA), 10% смертельних аварій у 2014 році сталися через відволікання водія. Програми сповіщення про сонливість використовують камери для моніторингу рухів очей і голови, щоб виявити ознаки сонливості і запобігти аваріям. Радарні датчики відстежують рух автомобіля, щоб визначити, чи не рухається він нерівномірно. Інші датчики, такі як датчики кута повороту керма, можуть використовуватися для виявлення аномальної поведінки водія. Вібрації та звукові сигнали сповіщають водія. [8]

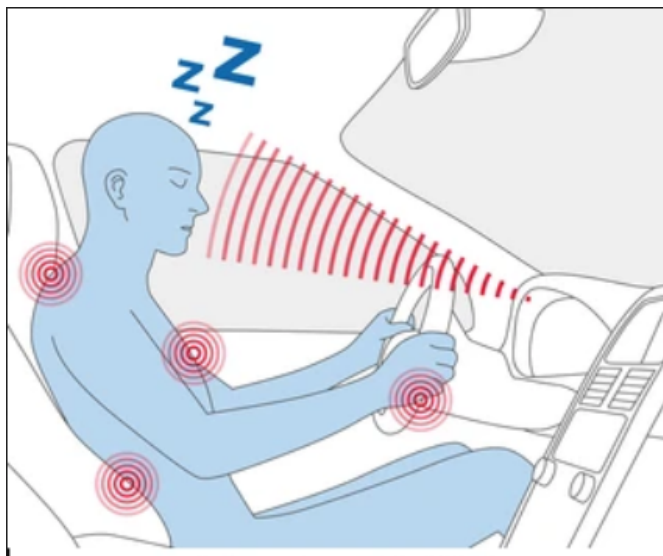


Рисунок 5 – Датчики системи моніторингу водія  
Figure 5 – Driver monitoring system sensors

Система попередження водія використовує передню відеокамеру для спостереження за розміткою лівої та правої смуг руху і попереджає водія, якщо транспортний засіб відхиляється від смуги, допомагаючи знизити ймовірність аварії. Камери також можуть відстежувати ознаки втоми водія, якщо розмітку не видно або вона зникла. Водіїв попереджають звуковим сигналом і

миготливим повідомленням на приладовій панелі автомобіля. Деякі автори пропонують використовувати датчики ЕЕГ і штучний інтелект (ШІ) для виявлення втоми водія шляхом аналізу змін в ЕЕГ-сигналах мозку і виявлення аномальних станів.

Системи моніторингу стану здоров'я водія використовують теплові батареї, кремнієві фотодіоди, оптичні та інфрачервоні датчики зі світлодіодами для вимірювання життєво важливих показників, таких як температура серця, частота дихання і кров'яний тиск. Датчики розміщуються на кермі або сидінні. Якщо додаток виявляє проблему зі здоров'ям водія (наприклад, серцевий напад), він може автоматично викликати швидку допомогу; в літературі запропоновано кілька робіт з використанням датчиків ЕКГ і бездротових біосенсорних мереж.

Додатки для розпізнавання емоцій водія зосереджені на виявленні ознак розчарування і депресії, які заважають керувати автомобілем. Такі емоції, як високий і низький стрес, ейфорія і розчарування, з електроміограми (ЕМГ), електрокардіограми, дихання і датчиків електродермальної активності (ЕДА), в поєднанні з передовими алгоритмами, такими як машини опорних векторів (SVM) і адаптивні нейро-нечіткі інтерференційні системи (ANFIS), виявляють і класифікують емоції. Це можна зробити кількома способами. У зв'язку з цим було опубліковано кілька попередніх робіт, присвячених розпізнаванню емоцій водія, оцінці емоційних станів у змодельованих середовищах і оцінці стресу водія. Ці програми можна розділити на дві основні категорії. По-перше, виробники транспортних засобів повинні створювати непомітні датчики для водіїв і пасажирів (датчики в сидіннях, камери в стратегічних місцях), щоб зменшити напругу водія. З іншого боку, інтелектуальні алгоритми на основі штучного інтелекту, нейронних мереж, машинного навчання, комп'ютерного зору, хмарних обчислень, туманоутворення тощо можуть точно ідентифікувати різні емоційні стани і ненормальні фізичні стани водіїв і пасажирів та забезпечити інформування відповідних органів влади і призначених осіб. необхідно повідомляти відповідні органи і призначених осіб.

#### **Приклад інтеграції сенсорних технологій з інформаційно-комунікаційними.**

Представимо тематичне дослідження, яке показує, як сенсорні технології можна інтегрувати з інформаційно-комунікаційними технологіями для покращення транспортних систем і надання допомоги та підтримки, наприклад, коли автомобіль потрапив у ДТП через вибоїна раптово відкривається, і автомобіль застрягає всередині (рисунок 6) [8].

1. Системи моніторингу транспортних засобів використовують датчики всередині та зовні автомобіля, а також натільні датчики на пасажирів (наприклад, акселерометри для вимірювання горизонтального положення автомобіля, LIDAR для вимірювання відстані до удару, датчики удару для визначення сили удару, ЕКГ для вимірювання змін частоти серцевих скорочень пасажирів) для виявлення потенційно небезпечних ситуацій, але аварії неминучі неминучі, і автомобіль застрягає у щойно утвореній вибоїні на дорозі. Автомобіль негайно активує протоколи безпеки та захисту, щоб провести попередню оцінку ситуації.

2. Центральна система автомобіля активує протокол широкомовного сповіщення для інформування водіїв і пішоходів поблизу місця аварії, щоб вони могли вжити додаткових заходів безпеки (наприклад, зменшити швидкість, обрати альтернативний маршрут).

2а. Водночас, використовуючи алгоритми розпізнавання образів, що працюють з камерами спостереження, дорожня інфраструктура розпізнає ситуацію і відповідно до неї активує низку заходів безпеки. Наприклад, інтелектуальні світлофори змінюють стратегію управління світлом, забороняючи транспортним засобам виїжджати на дорогу або перекриваючи проїзд.

3. За допомогою натільних датчиків, прикріплених до пасажирів, центральна система автомобіля отримує інформацію та оцінює стан здоров'я пасажирів.

4. Після оцінки пошкоджень транспортного засобу та стану здоров'я пасажирів центральна система повідомляє наступні сторони: (I) страховика транспортного засобу, надсилаючи інформацію про місцезнаходження, номер страхового полісу та попередню оцінку пошкоджень на основі наданої інформації; (II) аварійні служби та інші, надсилаючи сповіщення про аварію, включаючи, але не

обмежуючись цим, кількість пасажирів, місцезнаходження пасажирів у транспортному засобі та ознаки життя кожного з них.

5. Вся інформація про ДТП, що генерується системами і протоколами транспортних засобів та дорожньої інфраструктури, передається і зберігається в хмарі та стає доступною для інформаційних систем, надаючи додаткову інформацію та попередження в режимі реального часу іншим водіям.

6. Служби визначення місцезнаходження, такі як: Google Maps, Apple Maps, та Waze, можуть використовувати цю інформацію для перерахунку нових або альтернативних маршрутів і запобігання заторам та іншим нещасним випадкам.

7. Центральна система надсилає сповіщення транспортній інфраструктурі (світлофори, екрани попередження, сигнали світлофора), щоб продовжувати надсилати сповіщення та оновлення щодо аварії, щоб інформувати водіїв та пішоходів про ситуацію.

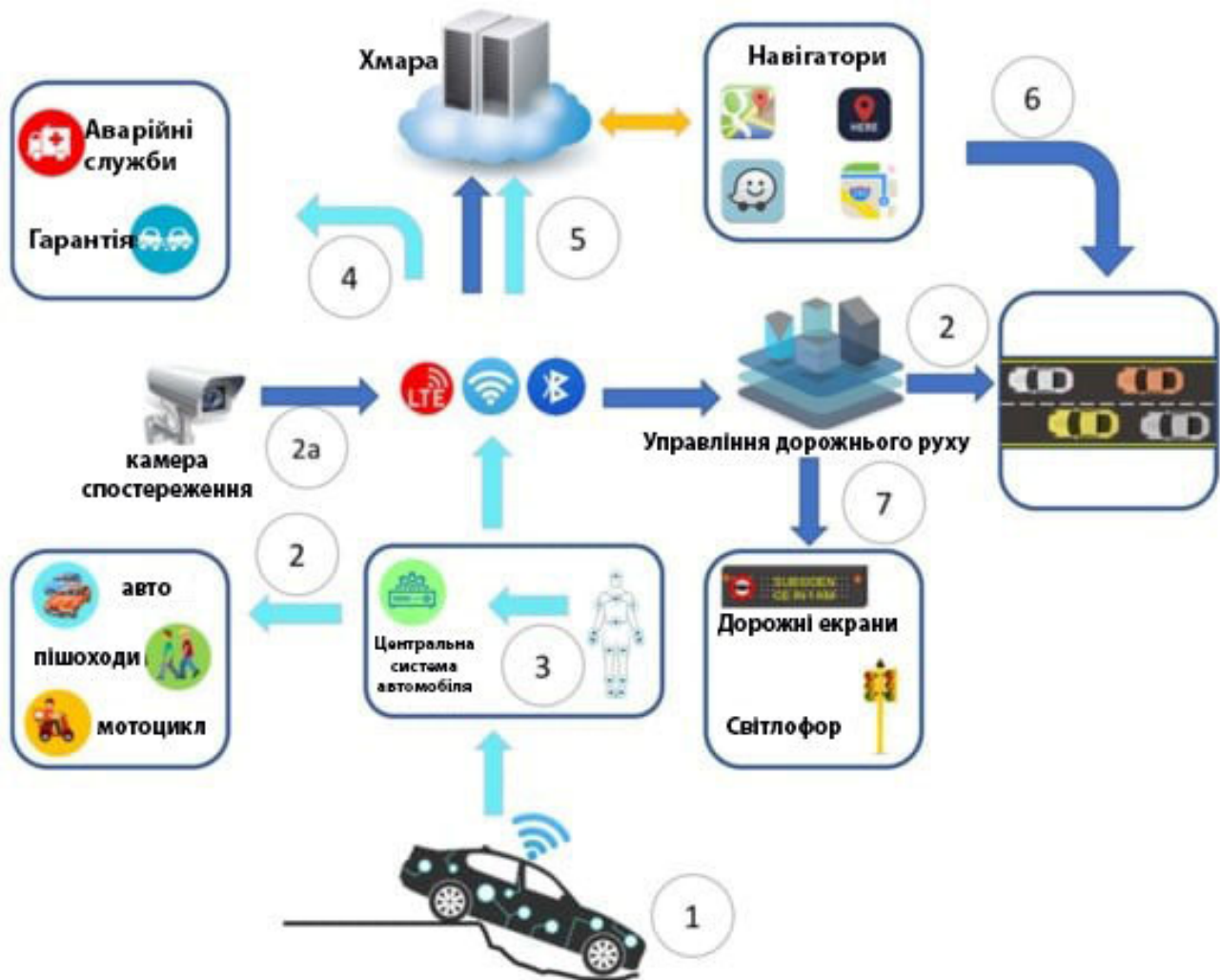


Рисунок 6 – Приклад сценарію «автомобіль потрапив у ДТП»

Figure 6 – An example of the scenario "the car was involved in a traffic accident"

### **Висновки**

Датчики відіграватимуть важливу роль для ІТС як зараз так і у майбутньому. Їх використання дозволить розробити широкий спектр програм, таких як безпека дорожнього руху, розважальні системи управління дорожнім рухом і допомога водієві. Датчики забезпечують механізм збору даних, що стосуються стану транспортного засобу (наприклад, стан дороги, умови руху, стан транспортного засобу) і, при інтеграції з поточними системами дорожнього руху, можуть полегшити деякі з проблем, з якими стикалися минулі і сучасні системи дорожнього руху. Використання аналітичних і статистичних методів демонструє реальний потенціал інтеграції датчиків і ІТС. Така інтеграція є перспективним напрямком досліджень, який сприятиме розробці широкого спектру інтелектуальних додатків наступного покоління, спрямованих на підвищення безпеки та управління дорожнім рухом в існуючих і майбутніх транспортних системах.

### **Перелік посилань**

1. Крутько Д. Київ — третє місто у світі, де найбільші затори. Скільки часу ми витрачаємо на дорогу? (дослідження) [Електронний ресурс] / Дар'я Крутько // «Хмарочос». – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://hmarochos.kiev.ua/2022/02/10/kyuiv-tretye-misto-u-sviti-de-najbilshi-zatory-skilky-chasu-vytrachayut-kyuany-na-dorogu-doslidzhennya/>.
2. Кашканов, А.А. Інформаційні комп'ютерні системи автомобільного транспорту : навчальний посібник / А.А. Кашканов, В.П. Кужель, О.Г. Грисюк. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 230 с.
3. Tire-pressure monitoring system [Електронний ресурс] // Wikipedia – Режим доступу до ресурсу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Tire-pressure\\_monitoring\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Tire-pressure_monitoring_system).
4. Бахур Н. Залучення інвестицій у відбудову транспортної галузі в Україні [Електронний ресурс] / Надія Бахур // Національний інститут стратегічних досліджень. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/zaluchennya-investytsiy-u-vidbudovu-transportnoyi-haluzi-v-ukrayini>.
5. NUOVA GAMMA TUCSON [Електронний ресурс] // Hyundai Motor Company – Режим доступу до ресурсу: [https://s7g10.scene7.com/is/content/hyundai/ever/Brochure\\_Nuova\\_Tucsonpdf](https://s7g10.scene7.com/is/content/hyundai/ever/Brochure_Nuova_Tucsonpdf).
6. Кривоніс О. П. Розумні технології покращують транспорт у містах [Електронний ресурс] / Олександр Петрович Кривоніс. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.bezpeka-shop.com/ua/blog/obzor/umnye-tekhnologii-uluchshayut-transport-v-gorodakh/>.
7. Smart Parking System [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://in.nec.com/en\\_IN/solutions\\_services/intelligent\\_transport\\_solutions/smart\\_parking.html](https://in.nec.com/en_IN/solutions_services/intelligent_transport_solutions/smart_parking.html).
8. Guerrero-Ibáñez J. Sensor Technologies for Intelligent Transportation Systems / J. Guerrero-Ibáñez, S. Zeadally, J. Contreras-Castillo. // Sensors. – 2018. – №18.

### **INTEGRATION OF SENSOR TECHNOLOGIES IN TRANSPORT SYSTEMS TO CREATE SUSTAINABLE INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS**

**Boretskyi Vladyslav V.**, Postgraduate Student of the Department of Information Systems and Technologies, National Transport University. e-mail: [vladlenius88@gmail.com](mailto:vladlenius88@gmail.com), tel. 380442807066, Ukraine, 01010, Kyiv, street M. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, room 347a, <https://orcid.org/0000-0001-5525-4604>

**Donets Veronika V.**, Senior Lecturer of the Department of Information Systems and Technologies, National Transport University. e-mail: [nerik2008@ukr.net](mailto:nerik2008@ukr.net), tel. 380442807066, Ukraine, 01010, Kyiv, street M. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, room 347a, <https://orcid.org/0000-0003-2353-0699>

**Kovalchuk Oksana P.**, Senior Lecturer of the Department of Information Systems and Technologies, National Transport University. e-mail: [kovalchukoksana30@gmail.com](mailto:kovalchukoksana30@gmail.com), tel. 380442807066, Ukraine, 01010, Kyiv, street M. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, room 347a, <https://orcid.org/0000-0001-9456-8438>

**Shumeiko Oleksii A.**, Associate Professor of the Department of Information Systems and Technologies, National Transport University. e-mail: [shumeyko.ntu.edu.ua@gmail.com](mailto:shumeyko.ntu.edu.ua@gmail.com), tel. 380442807066, Ukraine, 01010, Kyiv, street M. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, room 347a, <https://orcid.org/0000-0003-2897-060X>

**Abstract.** Every day on the road, we face the problems of traffic jams, traffic safety and environmental pollution. All this is directly related to the quality and efficiency of transport systems. To solve these problems, information and communication technologies are used, which are increasingly integrated into modern transport systems. Car manufacturers are developing automotive sensors to improve vehicle safety, traffic management and to develop infotainment systems. Government agencies, in turn, are deploying roadside infrastructure, installing CCTV cameras and road sensors to collect environmental and traffic data. Thanks to the seamless integration of sensor technologies into vehicles, their sensor and communication capabilities can be used to create intelligent transport systems.

The article discusses the prospects of using sensor sensors to ensure the efficiency of the functioning of transport systems and transport infrastructure as a whole.

An analysis of the types of sensors was carried out depending on the object of use - for vehicles and for roads. The programs to ensure the operation of certain sensors are considered separately by category.

The process of integration and operation of sensor technologies with information and communication technologies to ensure the effective functioning of the intelligent transport system is considered as an example.

Having drawn a conclusion from the conducted research, it can be assumed that the development of sensor technologies and their integration into the transport system will significantly increase the safety of traffic participants and increase the efficiency of the transport system as a whole.

**Key words:** sensors; programs; car; ITS; system.

#### References

1. Krutko D. Kyiv is the third city in the world with the biggest traffic jams. How much time do we spend on the road? (research) [Electronic resource] / Darya Krutko // "Skyscraper". – 2022. – Mode of access to the resource: <https://hmarochos.kiev.ua/2022/02/10/kyiv-tretye-misto-u-sviti-de-najbilshi-zatory-skilky-chasu-vytrachayut-kyiany-na-dorogu-doslidzhennya/> [in Ukrainian].
2. Kashkanov, A.A. Information computer systems of road transport: study guide / A.A. Kashkanov, V.P. Kuzhel, O.G. Hrysyuk – Vinnytsia: VNTU, 2010. – 230 p. [in Ukrainian].
3. Tire-pressure monitoring system [Electronic resource] // Wikipedia - Resource access mode: [https://en.wikipedia.org/wiki/Tire-pressure\\_monitoring\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Tire-pressure_monitoring_system).
4. Bahur N. Attracting investments in the reconstruction of the transport industry in Ukraine [Electronic resource] / Nadiya Bahur // National Institute of Strategic Research. – 2022. – Mode of access to the resource: <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/zaluchennya-investytsiy-u-vidbudovu-transportnoyi-haluzi-v-ukrayini> [in Ukrainian].
5. NUOVA GAMMA TUCSON [Electronic resource] // Hyundai Motor Company - Resource access mode: [https://s7g10.scene7.com/is/content/hyundai/auto/ever/Brochure\\_Nuova\\_Tucson.pdf](https://s7g10.scene7.com/is/content/hyundai/auto/ever/Brochure_Nuova_Tucson.pdf).
6. Kryvonis O. P. Smart technologies improve transport in cities [Electronic resource] / Oleksandr Petrovych Kryvonis. – 2021. – Resource access mode: <https://www.bezpeka-shop.com/ua/blog/obzor/umnye-tekhnologii-uluchshayut-transport-v-gorodakh/> [in Ukrainian].
7. Smart Parking System [Electronic resource] – Resource access mode: [https://in.nec.com/en\\_IN/solutions\\_services/intelligent\\_transport\\_solutions/smart\\_parking.html](https://in.nec.com/en_IN/solutions_services/intelligent_transport_solutions/smart_parking.html).
8. Guerrero-Ibáñez J. Sensor Technologies for Intelligent Transportation Systems / J. Guerrero-Ibáñez, S. Zeadally, J. Contreras-Castillo. // Sensors. – 2018. – №18.