

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-77-22>

УДК 004.89: 004.3

БІЛІНСЬКА Ада

Хмельницький національний університет  
e-mail: [bilinska\\_ada5@gmail.com](mailto:bilinska_ada5@gmail.com)

БІНЬКОВСЬКИЙ Ярослав

Хмельницький національний університет  
e-mail: [binkovsky22@gmail.com](mailto:binkovsky22@gmail.com)

ГОЛОВАТЮК Андрій

Хмельницький національний університет  
e-mail: [golovatiukao@gmail.com](mailto:golovatiukao@gmail.com)

МЕЛЬНИЧУК Денис

Хмельницький національний університет  
e-mail: [deniska\\_melnychuk@gmail.com](mailto:deniska_melnychuk@gmail.com)

ГОВОРУЩЕНКО Тетяна

Хмельницький національний університет  
<https://orcid.org/0000-0002-7942-1857>  
e-mail: [govorushchenko@gmail.com](mailto:govorushchenko@gmail.com)

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

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

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

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

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

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

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

BILINSKA Ada, BINKOVSKIY Yaroslav,  
HOLOVATIUK Andrii, MELNYCHUK Denis, HOVORUSHCHENKO Tetiana  
Khmelnitskyi National University

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Розгляд існуючих рішень**

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

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

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

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

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

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

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

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

#### Алгоритм роботи системи виявлення автомобільних порушень

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

Таблиця 1.

Порівняння параметрів існуючих рішень

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

Система виявлення автомобільних порушень включає наступні етапи:

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

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

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

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

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

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

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

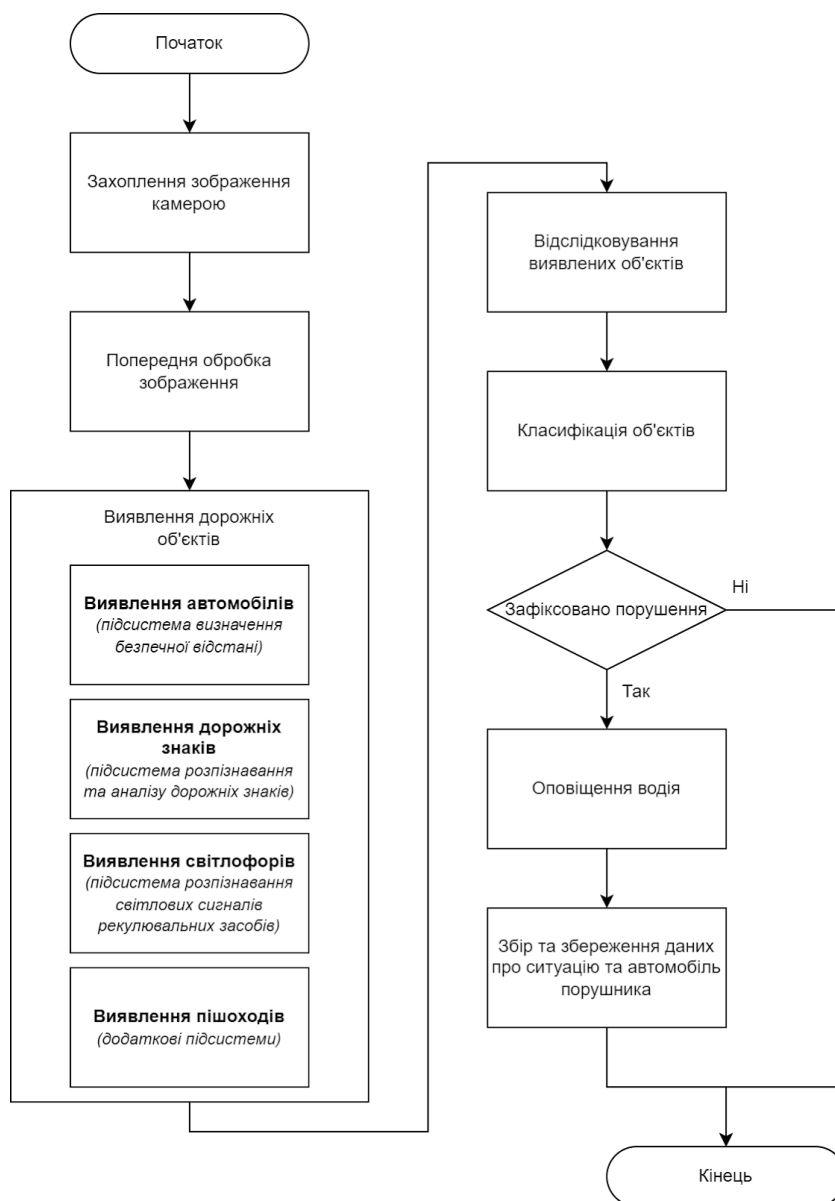


Рис. 1. Алгоритм роботи підсистеми  
Комп'ютерний зір в автоматизованих системах безпеки на дорозі

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

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

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

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

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

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

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

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

#### Покращення якості зображення

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

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

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

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

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

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

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

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



Рис. 2. Оригінальне зображення

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

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

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

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

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

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



Рис. 3. Зображення після додавання зернистості та паперового шуму



Рис. 4. Зображення після середньої фільтрації

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

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

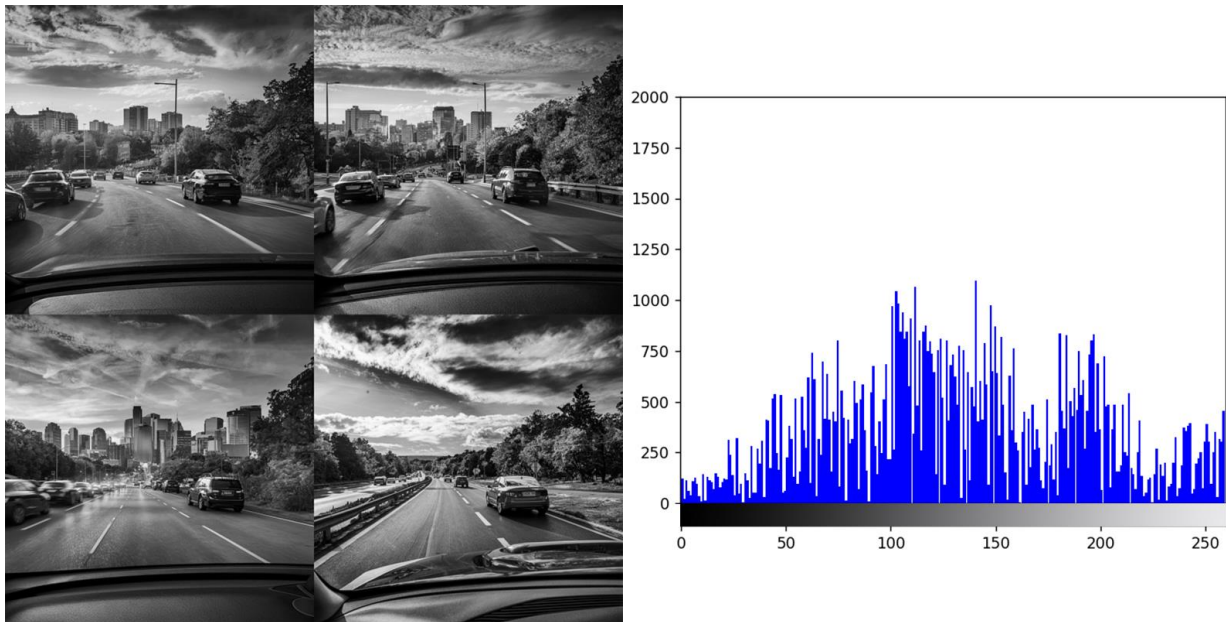


Рис. 5. Оригінальне зображення у відтінках сірого та відповідна гістограма

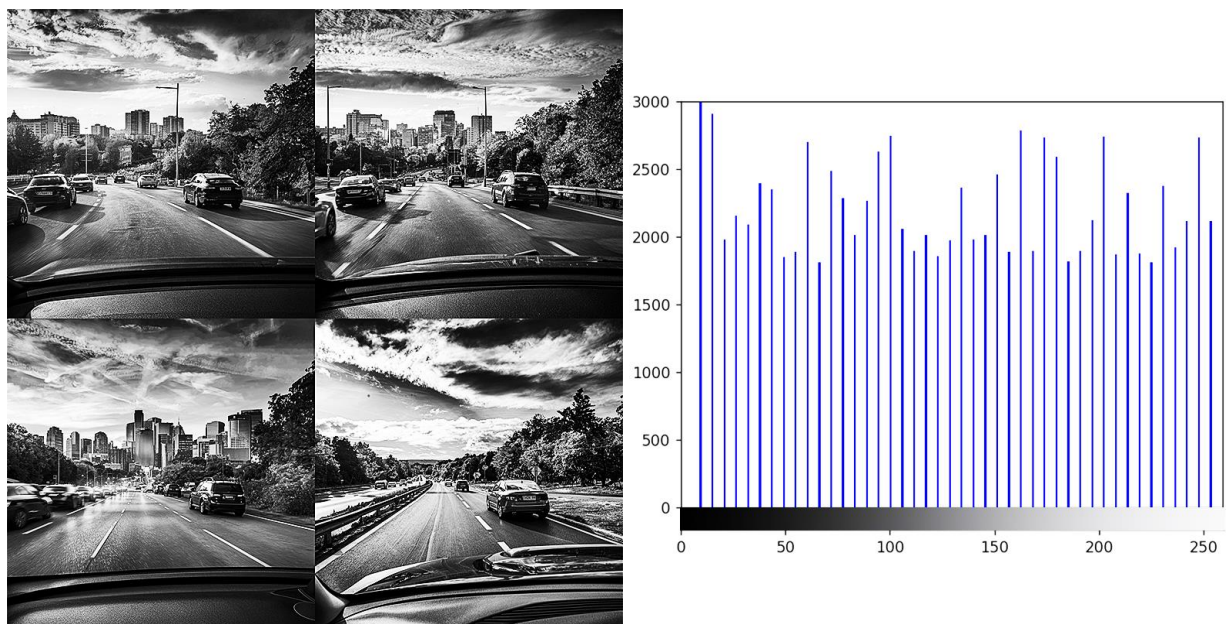


Рис. 6. Зображення та показники після вирівнювання гістограми

### Складення списку порушень

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

### **Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі**

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

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

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

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

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

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

### **Література**

1. Hovorushchenko T. Road Accident Prevention System / T. Hovorushchenko, O. Pavlova, Y. Binkovskiy, A. Bilinska, A. Holovatiuk, D. Melnychuk // In 2023 13th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT). IEEE. – 2023. – Pp. 1-7.

2. Sahraoui Y. DeepDist: a deep-learning-based IoV framework for real-time objects and distance violation detection / Y. Sahraoui, C. A. Kerrache, A. Korichi, B. Nour, A. Adnane, R. Hussain // IEEE Internet Things Magaz. – 2021. – Vol. 33. – Pp. 30–34.

3. Maha Vishnu V.C. Intelligent traffic video surveillance and accident detection system with dynamic traffic signal control / V.C. Maha Vishnu, M. Rajalakshmi, R. Nedunchezian // Cluster Comput. – 2018. – Vol. 215. – Pp. 135–147.

4. Zhang R. Using reinforcement learning with partial vehicle detection for intelligent traffic signal control / R. Zhang, A. Ishikawa, W. Wang, B. Striner, O.K. Tonguz // IEEE Trans. Intellig. Transport. – 2020. – Pp. 404–415.

5. Bhat A.T. Traffic violation detection in India using genetic algorithm / A.T. Bhat, M.S. Rao, D.G. Pai // Glob. Trans. Proc. – 2021. – Vol. 2(2). – Pp. 309–314.

6. Charran, R. S. Two-Wheeler Vehicle Traffic Violations Detection and Automated Ticketing for Indian Road Scenario. / R. S.Charran, R. K. Dubey // IEEE Trans. Intellig. Transport. Syst. – 2022. – Pp. 22002–22007.

### **References**

1. T. Hovorushchenko, O. Pavlova, Y. Binkovskyi, A. Bilinska, A. Holovatiuk, D. Melnychuk. Road Accident Prevention System // In 2023 13th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT). IEEE. – 2023. – Pp. 1-7.

2. Y. Sahraoui, C. A. Kerrache, A. Korichi , B. Nour, A. Adnane , R. Hussain. DeepDist: a deep-learning-based IoV framework for real-time objects and distance violation detection // IEEE Internet Things Magaz. – 2021. – Vol. 33. – Pp. 30–34.

3. V.C. Maha Vishnu, M. Rajalakshmi, R. Nedunchezian. Intelligent traffic video surveillance and accident detection system with dynamic traffic signal control // Cluster Comput. – 2018. – Vol. 215. – Pp. 135–147.

4. R. Zhang, A. Ishikawa, W. Wang, B. Striner, O.K. Tonguz. Using reinforcement learning with partial vehicle detection for intelligent traffic signal control // IEEE Trans. Intellig. Transport. – 2020. – Pp. 404–415.

5. A.T. Bhat, M.S. Rao, D.G. Pai. Traffic violation detection in India using genetic algorithm // Glob. Trans. Proc. – 2021. – Vol. 2(2). – Pp. 309–314.

6. R. S.Charran, R. K. Dubey. Two-Wheeler Vehicle Traffic Violations Detection and Automated Ticketing for Indian Road Scenario. // IEEE Trans. Intellig. Transport. Syst. – 2022. – Pp. 22002–22007.