

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
НАВЧАЛЬНО–НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра інженерії програмного забезпечення

Пояснювальна записка

до магістерської роботи
на ступінь вищої освіти магістр

на тему: **«РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ РЕЄСТРАЦІЇ
ПОРУШЕНЬ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ»**

Виконав: студент 6 курсу, групи ПДМ–61
спеціальності

121 Інженерія програмного забезпечення
(шифр і назва спеціальності)

Бараннік О.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник Бондарчук А.П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Київ – 2021

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра Інженерії програмного забезпечення

Ступінь вищої освіти - «Магістр»

Напрямок підготовки - 121 «Інженерія програмного забезпечення»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
Інженерії програмного
забезпечення

О. В. Негоденко

“ _____ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Баранніку Олександр Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розробка інформаційної системи реєстрації порушень на основі алгоритмів штучного інтелекту»

Керівник роботи _____,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом вищого навчального закладу від «13» жовтня 2020 року №230.

2. Строк подання студентом роботи «24» грудня 2020 року

3. Вхідні дані до роботи:

Методи обробки зображень

Науково-технічна література з питань, пов'язаних з програмним забезпеченням щодо розпізнавання та відстеження об'єктів на зображеннях;

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

4.1 Огляд предметної області

4.2 Аналіз поточного стану технологій

4.3 Моделювання інформаційної системи

5. Перелік демонстраційного матеріалу (назва основних слайдів)

Актуальність проблеми

Статистика дорожньо-транспортних пригод

Ефективність систем фіксації

Вимоги до системи

Побудова приладу фіксації

Побудова моделі системи

Алгоритм фіксації

Порівняння систем

6. Дата видачі завдання «02» листопада 2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Підбір науково-технічної літератури	02.11-05.11	Виконано
2	Аналіз взаємозв'язку між порушеннями та аваріями	06.11-08.11	Виконано
3	Аналіз роботи сучасних систем відеофіксації	09.11-10.11	Виконано
4	Порівняння сучасних систем відеофіксації	11.11-14.11	Виконано
5	Дослідження можливостей нейронних мереж та Blockchain платформ	15.11-26.11	Виконано
6	Розробка альтернативної моделі побудови систем відеофіксації	27.11-08.12	Виконано
7	Вступ, висновки, реферат	09.12-17.12	Виконано
8	Попередній захист роботи	16.12	
9	Пред'явлення роботи в деканат	24.12	

Студент _____

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Текстова частина магістерської роботи : 98 с., 14 табл., 51 рис., 1 дод., 30 джерел.

СИСТЕМИ ВІДЕОНАГЛЯДУ, ФІКСАЦІЯ ПОРУШЕНЬ, АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМ ВІДЕОНАГЛЯДУ, СТЕЖЕННЯ, MACHINE LEARNING, MACHINE VISION, BLOCKCHAIN.

Об'єкт дослідження – процес реєстрації порушень правил дорожнього руху на основі даних відеопотоку.

Предмет дослідження – модель побудови систем відеофіксації.

Мета роботи – оптимізація процесу фіксації порушень правил дорожнього руху системами автоматичної фіксації.

Методи дослідження — аналітичний метод, метод теорії інформації, методи математичного моделювання.

Проведено дослідження методів збору, обробки та передачі інформації сучасними системами відеофіксації. Проаналізовані архітектури сучасних систем, з використанням різного типу передачі відеосигналу від камер до серверу. Визначені основні потреби систем у інфраструктурі та живленні, також виявлено недоліки централізованих систем, пов'язанні з широкою кількістю можливостей для стеження.

Виявивши основні слабкі місця систем нагляду, було проведене дослідження поточного стану технологій, які могли виступити заміниками певних складових архітектури системи, дозволяючи переглянути підхід до її побудови. Розглянуті сучасні Blockchain платформи, для можливості синхронізації незалежних камер. Розглянуті мікрокомп'ютери з низьким споживанням енергії, малими розмірами, та здатністю до здійснення обчислень потрібних для нейронної мережі. Досліджено якість покриття мобільним зв'язком, аналіз швидкості поколінь зв'язку.

На основі результатів виконаних досліджень створено технічний прилад відеофіксації, параметри якого дозволяють переглянути підхід до побудови архітектури системи. Змодельовано систему відеофіксації з новою архітектурою.

ЗМІСТ

	Стор.
РЕФЕРАТ	6
ВСТУП.....	8
1 ОГЛЯД ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	10
1.1 Темпи зростання кількості автомобілів	10
1.2 Зв'язок між типами порушень та аваріями.....	12
1.3 Різниця типів порушень у різних країнах.....	36
1.4 Вплив штрафів на кількість порушень	42
2 АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЙ.....	52
2.1 Системи фіксації як складова Smart City	52
2.2 Існуючі архітектури побудови систем стеження.....	61
2.3 Недоліки та обмеження існуючих систем	70
3 МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ.....	74
3.1 Використання нейронних мереж	74
3.2 Інтерфейс MIPI CSI-2	84
3.3 Вибір ЕВМ	87
3.4 Алгоритм фіксації порушень	91
3.5 Зв'язок з приладом фіксації	97
3.6 Blockchain, як засіб для синхронізації системи	99
3.7 Опис роботи системи.....	101
3.8 Результати покращень	103
ВИСНОВКИ.....	109
ПЕРЕЛІК ПОСИЛІНЬ	111
Додаток А.....	116

ВСТУП

Кількість автомобілів на дорогах невідомо зростає. Кожен десятий українець має власний автомобіль. Темпи зростання кількості автомобілів випереджують розвиток транспортної інфраструктури, тому великі міста наповнюються заторами, в яких люди проводять години свого життя. Ще гіршою є ситуація з летальними випадками через аварії на дорогах. Усі ці факти призводять до потреби створення системи контролю за порушеннями на дорогах.

У першій частині цієї роботи буде детально проаналізовано зв'язок між конкретними порушеннями та типами аварій до яких вони призводять. Такий аналіз є дуже важливим, бо саме він дасть змогу виявити типи порушень які призводять до найбільш фатальних наслідків та обрати їх як пріоритетні для фіксації. Також порушення будуть розділені на три категорії, за причинами появи. Це дозволить зрозуміти, як саме повинна працювати система фіксації та чи впливатиме вона на покращення стану. Також буде доведено зв'язок між якістю фіксації порушень та темпами зниження їх кількості.

На основі структурованих даних статистики, можна буде проаналізувати сучасні системи. Основними проблемами яких є вартість та потреба у гарно розвиненій інфраструктурі. Особливо важливим є питання потреби сучасних систем у інфраструктурі. Побудова таких систем потребує наявності швидкісного оптоволоконного з'єднання з мережею інтернет, налаштування спеціальних систем серверів аналізу та збору інформації. Такі інфраструктурні потреби сучасних систем створюють великі перепони для розвитку механізмів автоматичної фіксації порушень дорожнього руху у маленьких містах та уздовж доріг регіонального значення, що значно обмежує можливості в автоматичній фіксації. Вартість розгортання таких систем в маленьких містах робить таку технологію фактично недоступною для таких місць, не зважаючи на те, що аварійність деяких віддалених ділянок є досить високою, впровадження автоматичної фіксації є неможливим без використання закордонних програм фінансування.

Відштовхуючись від наявної інформації буде розглянуто сучасний стан розвитку технологій, які дозволять переглянути підхід до побудови систем фіксації та зробити їх доступнішими для місць з слабким рівнем розвитку потрібної інфраструктури.

Метою роботи є розробка моделі системи автоматичної фіксації порушень дорожнього руху з меншими потребами у інфраструктурі та меншою вартістю, чого планується досягнути за рахунок використання нових технологій та стандартів бездротового зв'язку

1 ОГЛЯД ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Темпи зростання кількості автомобілів

Темпи зростання кількості автомобілів у світі щорічно збільшуються. Визначити дійсну кількість автомобілів у світі практично неможливо. Річ у тім, що правила реєстрації та оформлення звітності щодо транспортних засобів в різних країнах сильно відрізняються, а у деяких випадках автомобілі можуть знаходитися у неоформленому стані.

Загальна приблизна кількість автомобілів у світі перевищує 1 мільярд, кожен п'ятий українець має власне авто. Кількість автомобілів невпинно зростає. Вчені прогнозують збільшення кількості особистого транспорту до двох мільярдів у 2035 році [1][2].

Розвиток транспортної інфраструктури відбувається набагато повільніше. Як результат таких обставин великі міста та транспортні магістралі постійно переповнені автівками, а затори вже стали нормою для жителів міст та приміських районів.

Часто причинами заторів є аварії на дорогах, які в свою чергу відбуваються через порушення правил дорожнього руху. Для точного відображення впливу порушень правил дорожнього руху на кількість аварій, обрано одну з країн, яка надає актуальну та дуже детальну статистику. За основу розрахунків обрана статистика аварій у Японії [3].

Для більш детального розуміння показників статистики аварійності, далі надається опис контексту в розрізі якого проводилися виміри. В часи розквіту в'їзного туризму Японія зустріла рекордних 20 мільйонів іноземних туристів у 2015 році, що майже в чотири рази більше, ніж під час кампанії "Відвідай Японію" в 2003 році. Знижений курс валюти, більш дешевий рейс пропозиції та полегшення візового регулювання, а також збільшення індивідуальних наявних доходів у країнах, що розвиваються, в Азії - все це сприяло цьому приголомшливому розвитку подій.

Сьогодні понад 50% іноземних відвідувачів Японії є "відвідувачами-ретрансляторами", тоді як чверть відвідувачів були в Японії чотири і більше разів. Ці "відвідувачі-ретранслятори" мають вищу тенденцію керувати автомобілями самостійно та досліджувати більше напрямків, ніж раніше. У 2015 році кількість автомобілів, зданих в оренду іноземцям на Хоккайдо та Окінаві, зростає приблизно в 1,7 рази порівняно з 2014 роком. Також передбачається, що інші відомі екскурсійні райони мали подібне збільшення, хоча чисельних даних немає. Спираючись на цю інформацію, ми припускаємо, що збільшення кількості іноземців, які відвідують Японію, збільшує ймовірність їх участі в дорожньо-транспортних пригодах. Крім того, згідно зі статистикою водійських прав, проведеною NRA, кількість іноземців, які володіли японськими посвідченнями водія, у 2015 році становила приблизно 800 000. Цей показник у 1,2 рази більше, ніж у 2006 році, і на нього припадає 1% усіх власників водійських прав у Японії. Тому для Японії стає все більш важливим розробити заходи щодо безпеки іноземних водіїв, оскільки, як очікується, більше людей відвідають країну.

Що стосується водійських прав, тимчасовим відвідувачам потрібні міжнародні водійські права, що відповідають Женевській конвенції. Але станом на 2016 рік іноземцям, які мають водійські права зі Швейцарії, Німеччини, Франції, Бельгії, Словенії, Монако та Тайваню, дозволено їздити в Японії. З іншого боку, довготривалим відвідувачам та мешканцям потрібні японські водійські права. Є два способи отримати його, один - скласти стандартний японський іспит з водіння, а другий - переключити водійські права, видані іноземним адміністративним органом, на японські. Перша подібна до того, як японці зазвичай отримують водійські права. В останньому перевіряються знання іноземців правил дорожнього руху та навички водіння.

Як було зазначено вище, іноземні водії в Японії, за винятком тих, хто має японські водійські права, отримані на типових іспитах, можуть їздити без попередніх інструкцій щодо японських правил дорожнього руху. Це означає, що поведінка водіїв іноземних водіїв в Японії сильно залежить від культури дорожнього руху, таких як система отримання водійських прав, правила

дорожнього руху та звична поведінка водіння у своїх країнах. Наприклад, для отримання водійських прав у Південній Кореї людям потрібні загалом 13-годинні інструкції. Час, необхідний у Південній Кореї, становить приблизно чверть часу в Японії. Натомість час у Тайвані майже такий самий, як у Японії. Однак деякі жителі Тайваню сказали авторам, що автошколи на Тайвані рідко надають усі лекції та інструкції, а якість навчання недостатня. Це означає, що стандарти дорожньої освіти можуть спричинити різницю у розумінні безпечної їзди.

Різні сектори, пов'язані з дорожнім рухом та безпекою, працюють задля забезпечення безпеки іноземних водіїв у Японії. Наприклад, для того, щоб іноземці отримали японські водійські права, деякі місцеві поліцейські відділення проводять письмовий тест з іноземних мов. Деякі автошколи також почали пропонувати інструкції з водіння англійською мовою. Асоціації та компанії з прокату автомобілів також надають іноземцям інформацію про безпечне керування автомобілем у Японії про те, що вони орендують машини. MLIT також стандартизував дорожні знаки відповідно до міжнародних специфікацій, щоб іноземці могли легко їх зрозуміти. Вже впроваджено набагато більше контрзаходів, але більшість, як правило, зосереджуються головним чином на мові, а не на характеристиках драйверів. Також слід враховувати такі аспекти, як відмінності у звичках водіння, правилах дорожнього руху, ставленні тощо, щоб повністю забезпечити безпеку для водіїв.

1.2 Зв'язок між типами порушень та аваріями

Вплив соціальних та культурних аспектів на параметри безпеки дорожнього руху широко вивчається за допомогою макроскопічного транснаціонального аналізу. Копіц та ін. [4] вивчав взаємозв'язок між ризиком смертності від дорожнього руху та доходом на душу населення та використовував його для прогнозування смертності від дорожнього руху за географічним регіоном. Паулоцці та ін. [5] також проаналізував взаємозв'язок між стадією економічного розвитку країни та рівнем смертності внаслідок ДТП. Ці дослідження показують,

що безпека дорожнього руху залежить від економічної ситуації в країні. Більше того, Gaygisiz [6] дослідив взаємозв'язок між якістю управління, культурними вимірами та рівнем смертності від дорожнього руху на вибірці в 46 країнах і дійшов висновку, що як якість управління, так і культурні виміри впливають на смертність від дорожнього руху. Меліндер [7] порівняв два періоди (1989–1991 та 1997–1999), щоб зрозуміти взаємозв'язок між різними соціально-культурними факторами, нормативними актами, пов'язаними з безпекою дорожнього руху, та летальними випадками дорожнього руху. Це дослідження дійшло до висновку, що тип релігії та багатство країни, здається, є найважливішими факторами, що впливають на форми та частоту виникнення дорожньо-транспортних пригод. Ці дослідження вказують на те, що безпека дорожнього руху різниться залежно від країни через різницю в соціальному та культурному середовищі.

Недавні дослідження показують, що на характеристики водіїв впливає їхнє суспільство та ставлення. Фруен та ін. [8] виявив, що ставлення та сприйняття соціальної норми впливають на агресивну поведінку водіїв щодо велосипедистів. Чунг та ін. [9] виявив, що соціально-демографічні фактори водіїв, наприклад, стать, сімейний стан, вік тощо також впливають на звичний стиль водіння. Станоевич та ін. [10] обговорював, що відсутність правових норм заохочує незаконну поведінку за кермом, таку як погане ставлення до лімітів швидкості, пристібання ременів безпеки та водіння в нетверезому стані, що породжує більш ризиковані ситуації. Lheureux та ін. [11] дійшов висновку, що наміри та звички є окремими та прямими чинниками правопорушень, наприклад, перевищення швидкості та керування автомобілем у нетверезому стані. Йошида та ін. [12] розглянув перехід ситуації з безпекою дорожнього руху в Японії та виявив, що існує взаємозв'язок між характеристиками дорожньо-транспортних пригод за участю молодих людей та їх сприйняттям безпеки та режиму їзди у подорожі. Ці дослідження демонструють, що на характеристики водіїв, випадки дорожньо-транспортних пригод та схильність до порушення правил дорожнього руху впливає не лише пізнання людини, але й соціальне та культурне середовище.

Боун і Моуен [13] визначили набір рис особистості, що передбачають агресивну та розсіяну схильність до водіння, як ієрархічну модель. Це дослідження виявило чотири ієрархії, тобто стихійні, складні, ситуативні та поверхневі риси, що впливають на схильність до небезпечного водіння. Елементарні риси породжуються генетикою та історією раннього навчання, тоді як складні риси є результатом культури, субкультури та історії навчання особистості. Цестек та співавт. [14] вивчав соціальний вплив культурних цінностей та тести на тверезість на водіння в нетверезому стані в 15 країнах. Результати підтвердили соціальний вплив водіння в нетверезому стані та те, як воно сильно відрізняється від країни до країни. Усі ці дослідження показують вплив соціальних та культурних факторів на поведінку та звички водіння.

Кілька досліджень зосереджувались на питаннях безпеки дорожнього руху іноземних та вітчизняних водіїв у одній країні. Янніс та ін. [15] дослідив відносний розподіл ризику аварійних ситуацій між різними категоріями громадянства водіїв у Греції. Як результат, вони виявили, що найсуттєвіший вплив на ризик аварій виникає через присутність іноземних водіїв на розв'язках. Також було встановлено, що іммігранти та постійні мешканці мають менший ризик порівняно з туристами, незалежно від дорожнього середовища.

Для цього дослідження на рис. 1.1 показано точку зору, звідки сприймаються характеристики іноземних водіїв. Дої та ін. [16] класифікував стан безпеки на дві категорії: функціонально безпечний та безпечний за своєю суттю. Функціонально безпечним є стан, при якому або ймовірність виникнення аварії, або величина шкоди / збитку зменшується завдяки застосуванню та розробці традиційних категорій. Хоча за своєю суттю безпечний відповідає стану, при якому небезпека усувається з джерела, наприклад, дотримання пріоритету призводить до незначних шансів зіткнення або такі взагалі відсутні. Інше пояснення полягає в тому, що водієві можна допомогти стримувати або контролювати небезпечне водіння / швидкість, наприклад, підтримувати їзду з відповідною швидкістю. Освіта, витонченість та просування мають вирішальне значення, оскільки властива безпека реалізується поведінкою водіїв. Однак і пріоритет, і швидкість є звичними

факторами, що формуються у відповідній країні водія через різницю в системах водійських прав, правилах дорожнього руху тощо.

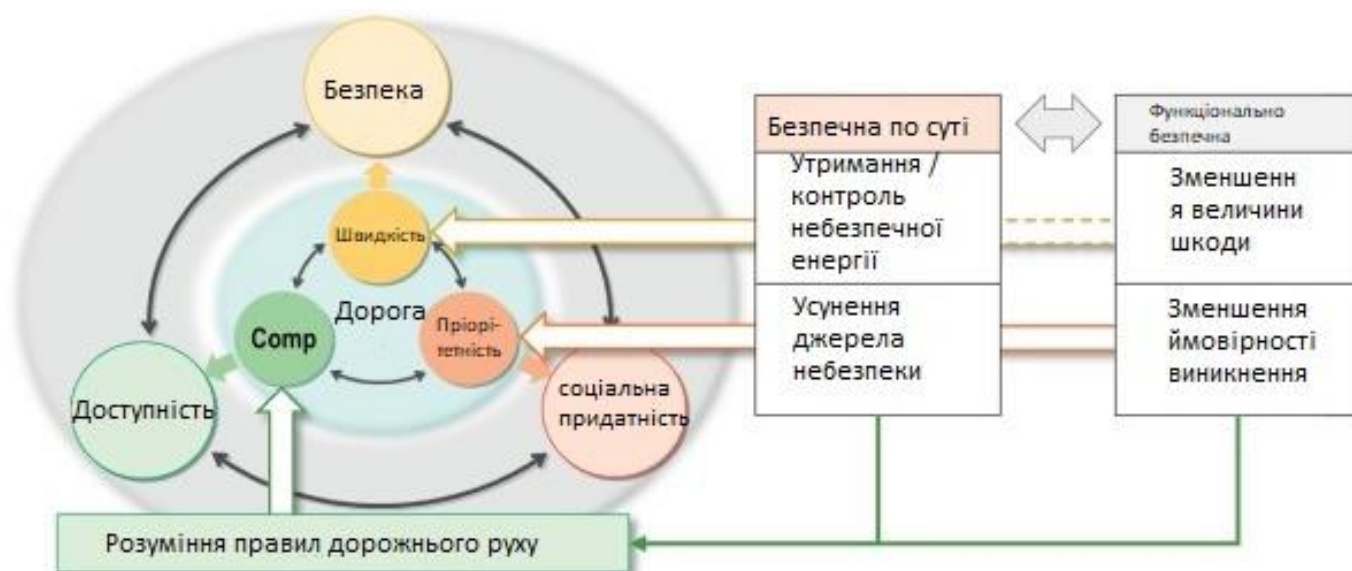


Рисунок 1.1 – Категорії стану безпеки

На додаток до цих двох факторів, правильне розуміння правил дорожнього руху та дорожніх знаків є ключовим фактором зменшення дорожньо-транспортних пригод, особливо для іноземних водіїв. Таким чином, концепція PSC (пріоритет, швидкість та розуміння) використовується як основа для розуміння відмінностей характеристик водіїв у цьому дослідженні.

Дослідження мало на меті знайти характеристики водіїв, використовуючи доступну інформацію, хоча і мінімальну. Таким чином, значення цього дослідження полягає у виявленні фактів, що стосуються характеристик водіїв. Такубо [17] заявив, що аналіз за допомогою даних статистики дорожньо-транспортних пригод може допомогти зрозуміти фактичну ситуацію, хоча це не може виявити детальних причинно-наслідкових зв'язків.

Нещодавно національне поліцейське агентство (НПА) в Японії зацікавилася безпекою водіїв і, таким чином, почало включати інформацію про національність водіїв до статистики порушень правил дорожнього руху та аварій. Дані, використані в цьому дослідженні, - це кількість порушень дорожнього руху та аварій, повідомлених місцевим поліцейським агентством Японії. Ці дані

включають національність, але не стать, вік, тип ліцензії тощо. Крім того, порівняння ризику за національністю є складним через обмеженість даних. Наприклад, знайти точну кількість іноземців може бути неможливо, оскільки міжнародні водійські посвідчення видаються в їхніх рідних країнах. Це пояснює, чому це дослідження зосереджується на аналізі характеристик порушень правил дорожнього руху та аварій, спричинених іноземними водіями в Японії.

Інформація, якою користується NPA, стосується таких країн: Корея (KOR), Китай (CHN), Тайвань (TPE), Філіппіни (PHI), В'єтнам (VIE), Таїланд (THA), Бразилія (BRA), Перу (PER), США (USA), Японії (JPN) та інших національностей (інші). Слід зазначити, що дані з посиланням на Тайвань є окремими від Китаю, а дані з Гонконгу - ні. У цьому дослідженні також використовуються дані про порушення дорожнього руху з 2013 по 2015 роки та дані про аварії з 2011 по 2015 роки. НПА класифікує дорожньо-транспортні пригоди на 3 основні категорії: "транспортний засіб - пішохід", "транспортний засіб - транспортний засіб" та "транспортний засіб лише один" та порушення ПДР на 17 категорій відповідно до індексу на рис. 1.2. Дані про порушення в цьому дослідженні реєструються працівниками міліції, які, як правило, відзначають найбільш серйозні порушення. Але, також, залежно від ситуації, порушення, напр. додатково фіксуються "водіння в нетверезому стані", "відсутність ременів безпеки" тощо.

На рис. 1.2 показаний склад різних порушень правил дорожнього руху, і також очевидно, що існують суттєві відмінності у виникненні цих порушень. Ці відмінності пояснюються рівнем правозастосування.

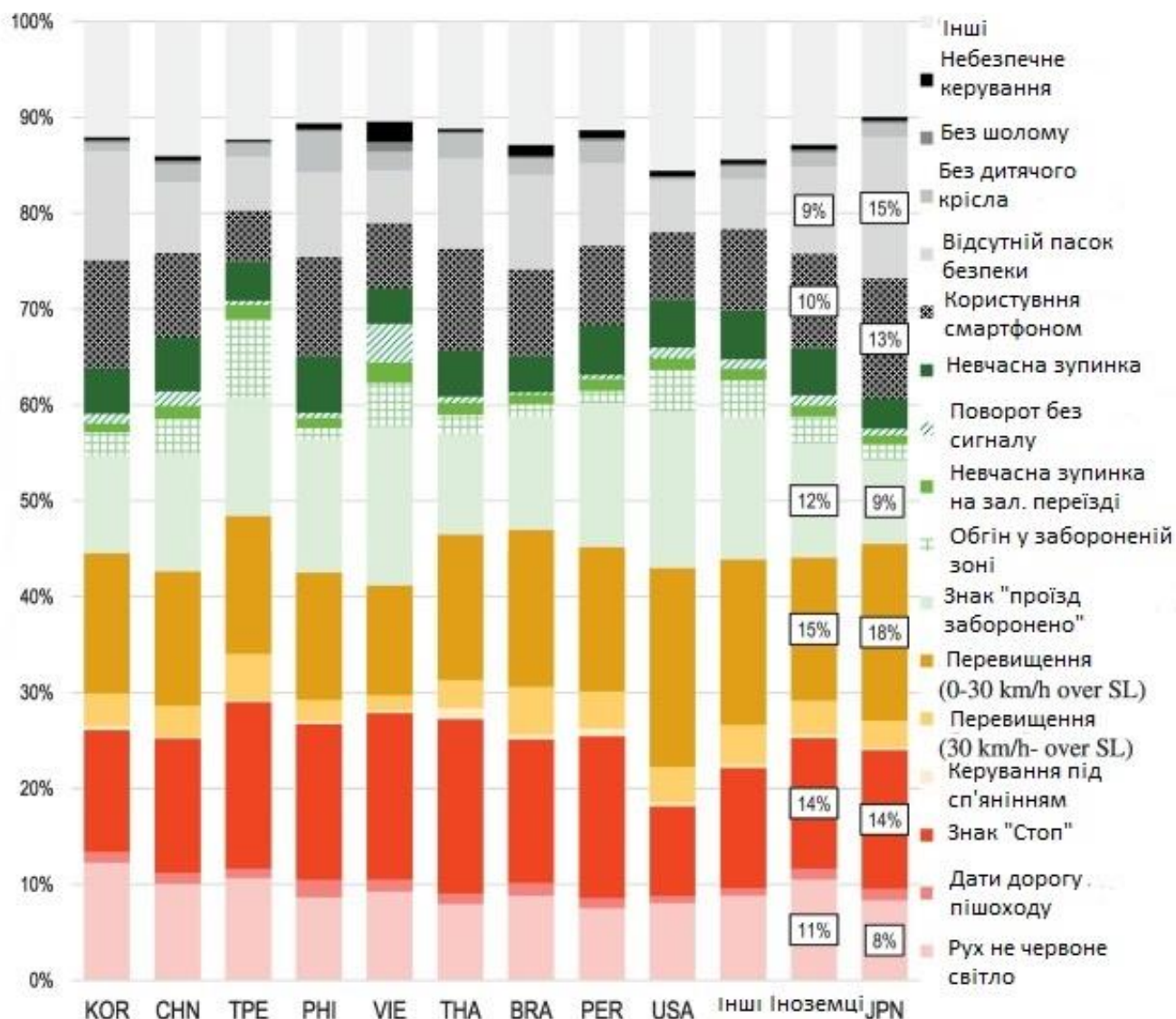


Рисунок 1.2 – Склад порушень ПДР

Наприклад, такі правопорушення, як «відсутність ременів безпеки», «невчасна зупинка» та «проїзд на забороняючий сингал світлофору», є більш розповсюдженими, оскільки, здається, поліція більш м'яко ставиться до цих правопорушень.

Класифікація ПСК порушень правил дорожнього руху наведена на рисунку 1.3. Порушення режиму «керування автомобілем у нетверезому стані» та «перевищення швидкості» класифікуються в одну групу порушень на основі результатів аналізу основних компонентів, в яких ці два порушення в значній мірі сприяють ідентичному ризику аварій. Підсумовування цих відповідних категорій проводиться по країнах, а співвідношення порушень класифікується на

П	Рух на червоне світло	Ш	Нетверезе керування
П	Пропустити пішоходів	Ш	Перевищення швидкості (30 km/h-over SL)
П	Знак "Стоп"	Ш	Перевищення швидкості (0-30 km/h overSL)
С	Рух у забороненій зоні		Аварії через користування смартфоном
С	Обгін у забороненій зоні		Паски безпеки
С	Проїзд залізничного переїзду без зупинки		Без дитячого крісла
С	Поворот без сигналу		Без шолому
С	Невчасна зупинка		Небезпечне керування
			Інше

Рисунок 1.3 – Поділ порушень за категоріями

«Пріоритет», «Швидкість» та «Розуміння», як показано на рис. 1.4. Діагональні лінії, що проходять зверху зліва направо вниз, представляють співвідношення

порушень, пов'язаних із пріоритетом, вони збільшуються із 20% до 70%. У той час як діагональні лінії, що проходять знизу зліва направо вгору, являють собою відношення порушення швидкості, коефіцієнти збільшуються вправо з 10% до

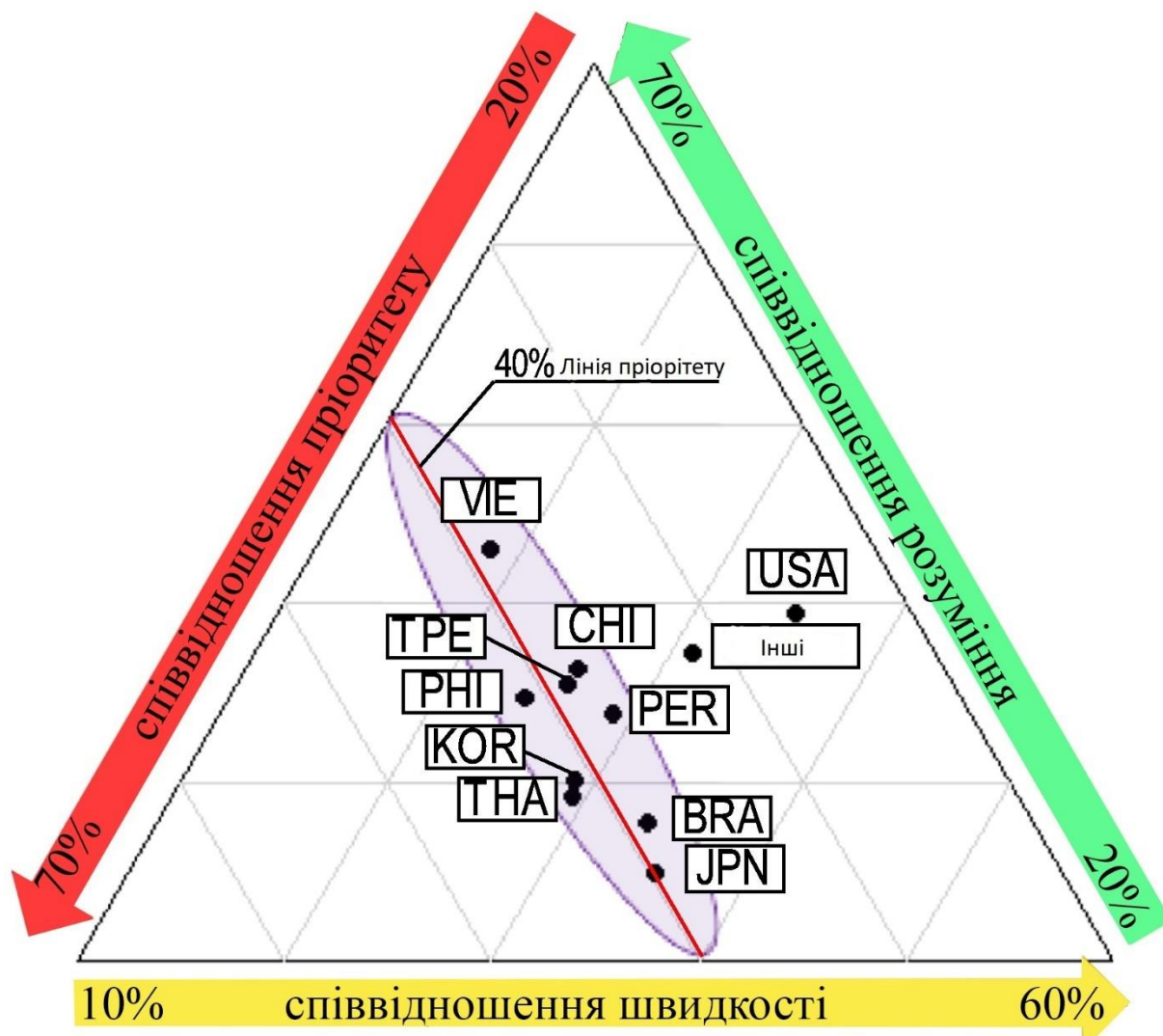


Рисунок 1.4 – Співвідношення порушень за категоріями

60%. Нарешті, горизонтальні лінії представляють відношення порушення швидкості, яке збільшується з 20% до 70%. З фіолетового затемнення на рис. 1.4, співвідношення порушень, пов'язаних із пріоритетом, майже таке ж, як у Японії для більшості зарубіжних країн, за винятком США та «інших» національностей.

З точки зору різниці у типі порушення дорожнього руху, співвідношення складу, пов'язаного зі швидкістю та порушенням у порівнянні з порушеннями у зв'язку низьким рівнем розуміння правил, є більш суттєвим. Отже, використовуючи лінію пріоритету 40% як базову лінію, ми можемо зробити

висновок, що нижнє праве положення означає, що порушення, пов'язане зі швидкістю, є більш проблематичним, ніж порушення, пов'язане з розумінням, і навпаки справедливе для верхнього лівого положення. З рис. 1.4 видно, що коефіцієнт складу порушення швидкості руху серед японських та бразильських водіїв є високим, тоді як коефіцієнт складу порушення, пов'язаного з розумінням правил, є високим серед в'єтнамських водіїв.

З іншого боку, у таблиці 1.1 наведено співвідношення складу за видами дорожньо-транспортних пригод: «транспортний засіб - пішохід», «транспортний засіб - транспортний засіб» та «лише транспортний засіб».

Таблиця 1.1 – Співвідношення аварій за категоріями

Тип аварії	Національність водіїв											
	KOR	CHN	TPE	PHI	VIE	THA	BRA	PER	USA	Інші	Іноземці	JPN
ТЗ - пішохід	9.3%	6.5%	10.0%	5.9%	6.8%	8.1%	5.0%	3.2%	5.7%	6.3%	7.2%	9.1%
ТЗ - ТЗ	87.4%	91.4%	88.0%	91.8%	91.6%	91.1%	88.2%	90.9%	92.6%	91.0%	89.4%	87.5%
Лише ТЗ	3.2%	2.0%	2.0%	2.3%	1.6%	0.9%	6.8%	5.9%	1.7%	2.8%	3.4%	3.4%

Аварії між двома транспортними засобами становлять більше ніж 80% від загальної кількості нещасних випадків незалежно від національності водіїв. Деталі аварій "транспортний засіб – транспортний засіб" далі проілюстровані в таблиці 1.2, яка показує, що "зіткнення ззаду", "зіткнення при перетині" та "зіткнення при

здійсненні повороту праворуч-ліворуч" є трьома лідерами серед типів аварій "транспортний засіб – транспортний засіб" з точки зору співвідношення складу.

Данні, які деталізують категорії аварій за учасниками та типи зіткнень при аваріях, дозволяють детально аналізувати склад нещасних випадків, отримати більш чітке бачення проблеми та гарне підґрунтя для аналізу поточного стану технологій, які дозволять виявляти причини через які стаються поширені типи аварій.

Таблиця 1.2 – Співвідношення аварій за типом зіткнення

Тип зіткнення	Національність водіїв											
	KOR	CHN	TPE	PHI	VIE	THA	BRA	PER	USA	Інші	Іноземці	JPN
З переду	1.7%	1.9%	4.1%	2.4%	2.1%	3.5%	2.6%	3.4%	3.0%	3.5%	2.3%	2.6%
Ззаду	35.6%	39.1%	30.3%	38.3%	37.7%	41.1%	49.9%	42.7%	51.5%	45.5%	40.9%	42.1%
На перехресті	30.4%	29.8%	38.5%	34.8%	31.7%	37.7%	27.7%	32.3%	17.1%	26.0%	29.1%	27.7%
Під час обгону	1.9%	1.9%	1.8%	1.0%	1.9%	2.8%	1.2%	1.3%	1.8%	1.6%	1.7%	1.6%
Під час повороту	16.5%	15.8%	15.4%	13.7%	14.8%	7.9%	10.1%	9.0%	17.7%	13.5%	14.6%	15.0%
Інші	13.9%	11.5%	10.0%	9.8%	11.8%	7.0%	8.6%	11.3%	8.9%	9.8%	11.4%	11.0%

Детальний аналіз типів зіткнення дозволяє розставити аварії за рівнем збитку.

Наприклад, аварії при обгоні у місцевого населення становлять всього 1.6% від загальної кількості аварій, проте, збиток від таких аварій, враховуючи фактор швидкості транспортного засобу який здійснює обгін та транспортного засобу який рухається зустрічною смугою призводять до більш фатальних наслідків. Таким чином, цей тип порушень є більш пріоритетними для систем фіксації порушень порівняно з аваріями під час перелаштування між смугами, особливо, враховуючи кількість летальних випадків у таких аваріях.

Дані про порушення дорожнього руху та дорожньо-транспортні пригоди, пов'язані з іноземними водіями, дуже незначні порівняно з даними японських водіїв. Тому порівнювати характеристики кожної національності, використовуючи простий метод, важко. Таким чином, коефіцієнти спеціалізації застосовуються до цього аналізу як показники тенденції конкретного порушення дорожнього руху та аварії щодо кожної національності. Коефіцієнти спеціалізації спочатку вимірюють ступінь спеціалізації регіональної економічної системи в одному або декількох секторах економіки порівняно з національною економікою (Abe та Nogata [18]). Для спеціалізації тенденції кожного іноземного водія ми запропонували чотири коефіцієнти спеціалізації: Тенденція спеціалізації порушення дорожнього руху кожного іноземного водія порівняно з японськими водіями (VSCJ), тенденція спеціалізації порушення дорожнього руху порівняно з усіма іноземними водіями в Японії (VSCF), тенденція спеціалізації дорожньо-транспортних пригод кожного іноземного водія порівняно з японськими водіями (ASCJ) та тенденція спеціалізації дорожньо-транспортних пригод кожного іноземного водія порівняно з усіма іноземними водіями відображаються як рівняння (1.1), (1.2), (1.3), (1.4).

$$VSCJ_{ij} = \log (VR_{ij}/VRJ_j) \quad (1.1)$$

$$VSCF_{ij} = \log (VR_{ij}/VRF_j) \quad (1.2)$$

$$ASCJ_{ik} = \log (AR_{ik}/ARJ_k) \quad (1.3)$$

$$ASCF_{ik} = \log (AR_{ik}/ARF_k) \quad (1.4)$$

Де,

i : національність,

j : категорія порушення,

k : тип зіткнення,

VR_{ij} : пропорція порушення j до всіх порушень всіх національностей i ,

VR_{Jj} : пропорція порушення j до всіх місцевих водіїв,

VR_{Fj} : пропорція порушення j до всіх іноземних водіїв,

AR_{ik} : пропорція зіткнення k до всіх водіїв нації i

AR_{Jk} : пропорція зіткнення k до всіх місцевих водіїв, та

AR_{Fk} : пропорція зіткнення k до всіх іноземних водіїв.

Коли $VSCJ$ більший за нуль, серед національностей спостерігається сильніша тенденція спричиняти порушення j порівняно з місцевими водіями. З іншого боку, коли $VSCF$ більше нуля, тенденція громадянства i , що спричиняє порушення j , є сильнішою у цій національності, ніж серед інших іноземних водіїв в Японії. Крім того, коли як $VSCJ$, так і $VSCF$ є більшими за нуль, порушення j є найбільшим, а тенденція громадянства i , що спричиняє порушення j , є найсильнішою серед усіх національностей. Те саме стосується $ASCJ$ та $ASCF$. Коефіцієнт спеціалізації - це безрозмірна відносна величина відхилення частки порушень та нещасних випадків кожної національності від середнього та базового рівня.

Мультирегресійний аналіз застосовується для виявлення факторів, що впливають на конкретну аварію, як загальних характеристик іноземних водіїв шляхом вивчення взаємозв'язку між тенденцією спеціалізації порушень дорожнього руху та тенденціями спеціалізації дорожньо-транспортних пригод за допомогою $VSCF$ та $ASCF$, за винятком місцевих водіїв. Оскільки кількість зразків щодо національності становить лише 10, кількість пояснювальних змінних, що використовуються в цьому аналізі, має бути менша за 9. Тому первинні пояснювальні змінні вибираються як такий процес:

- кореляційний аналіз застосовується до кожної пари $VSCF$ та $ASCF$;

- відбираються порушення, співвідношення яких із аварією є позитивними;
- порушення режиму без шолома та інші поступово видаляються з обраної групи;
- у вищезазначеному процесі “без шолому” не виключається з основних пояснювальних змінних, оскільки модальна частка мотоциклів в Японії значно мала;
- кореляційний аналіз застосовується до кожної пари VSCF;
- якщо одне порушення з пари виявилось пов’язаним з іншим, з 5% рівнем значущості, буде усунуто з групи “без шолому” та подібні, щоб запобігти мультиколінеарності в цих аналізах.

Після вибору первинних пояснювальних змінних, мультирегресійні моделі обираються за допомогою поетапного методу для мінімізації інформаційного критерію Акакайке (AIC). Потім, коли всі коефіцієнти, крім констант, додатні, вибирається модель. В іншому випадку пояснювальні змінні, коефіцієнти яких є від’ємними, видаляються з первинних пояснювальних змінних і проводиться той самий процес. У цьому аналізі передбачається, що VSCF розподіляються нормально.

На рис. 1.5 показані етапи цього дослідження. Це дослідження складається з



Рисунок 1.5 – Етапи дослідження статистики порушень та аварій

двох типів даних та трьох типів аналізів. По-перше, аналіз взаємозв'язку національностей та порушення правил дорожнього руху проводився з

використанням кількості порушень ПДР. По-друге, розраховувались коефіцієнти спеціалізації як порушень правил дорожнього руху, так і аварій. Ці коефіцієнти визначають тенденцію спеціалізації кожної країни-представника порівняно з японськими водіями та усіма іноземними водіями в Японії. Нарешті, зв'язок між порушеннями правил дорожнього руху та аваріями був виявлений на основі результатів мультирегресійного аналізу, застосованого для VSCF та ASCF.

Для визначення того, чи пов'язана національність із співвідношенням порушень правил дорожнього руху, застосовуються два χ^2 -квадрат тести. Результати розрахунків у таблиці 1.3 та таблиці 1.4.

Таблиця 1.3 – Вплив походження водія на аварійність при кермуванні

Походження водіїв		Категорія порушення		
		Швидкість	Пріоритет	Розуміння
Місцеві	Кількість аварій	6126357	5484118	3860562
	% від загальної кількості	39.6	35.4	25.0
	Скоригований залишковий	12.68	69.53	-91.00
Іноземці	Кількість аварій	90511	67463	78267
	% від загальної кількості	38.3	28.6	33.1
	Скоригований залишковий	-12.68	-69.53	91.00

Один застосовується для даних японців та іноземців, а другий проводиться на даних східних азіатів, південно-східних азіатів та північноамериканських водіях. Гіпотези викладаються наступним чином: національність та співвідношення порушень правил дорожнього руху не залежать (H_0), Національність та співвідношення порушень правил дорожнього руху є залежними (H_a).

Розраховували тест на залежність від χ^2 -квадрата, порівнюючи відношення дорожньо-транспортних пригод, спричинених місцевими водіями, до випадків, спричинених іноземцями (таблиця 1.3). Виявлено значну залежність ($\chi^2 = 9427$, $p < 0,001$). Потім H_0 було відхилено, H_a прийнято.

Таблиця 1.4 – Вплив походження водія на аварійність при кермуванні (іноземці)

Походження водіїв		Категорія порушення		
		Швидкість	Пріоритет	Розуміння
Східна Азія	Кількість аварій	61786	43348	50879
	% від загальної кількості	39.6	27.8	32.6
	Скоригований залишковий	6.66	-7.57	0.33
Південно-Східна Азія	Кількість аварій	7178	4088	6534
	% від загальної кількості	40.3	23.0	36.7
	Скоригований залишковий	3.25	-16.28	12.25
Північна та Південна Америка	Кількість аварій	12758	11406	10551
	% від загальної кількості	36.8	32.9	30.4
	Скоригований залишковий	-10.20	21.03	-9.57

Результати також статистично свідчать про те, що місцеві водії, як правило, порушують правила, що стосуються пріоритету та швидкості руху, тоді як іноземні водії порушують правила, пов'язані з розумінням ($p < 0,01$). Однак, з тієї ж точки зору, різниця співвідношення пріоритетів між японськими та іноземними водіями менша, ніж у швидкості та розумінні.

Також було розраховано черговий тест незалежності на хі-квадрат, порівнюючи співвідношення дорожньо-транспортних пригод серед країн Східної Азії, Південно-Східної Азії та Північної та Південної Америки (таблиця 1.4). Виявлено значну залежність (Х-квадрат формула (1.4) = 6584, $p < 0,001$). Потім H_0 було відхилено, а H_a прийнято. Результати також передбачають, що тенденції до порушень, пов'язані з пріоритетом, швидкістю та розумінням, переважали серед водіїв Азії, водіїв Північної та Південної Америки та водіїв Південно-Східної Азії відповідно ($p < 0,01$).

Було розраховано VSCJ та VSCF на основі рівняння. (1.1), (1.2) та класифіковано порушення дорожнього руху за національністю залежно від того, чи є VSCJ та VSCF більшими за нуль чи ні. На рисунку 6 наведено VSCJ, VSCF та результати класифікації. Більш глибоке виділення червоним кольором (як VSCJ, так і $VSCF > 0$) вказує на те, що тенденція порушення сильніша за певної національності порівняно з місцевими та іншими іноземними водіями в Японії. Клітинки виділенні товстою лінією, вказують країну з найбільшим VSCF щодо кожного порушення.

У рядку "закрито / заборонено вхід / тільки попереду" та "заборонено зупинятися чи стояти" немає жодних білих та світло-червоних підсвіток, що означає, що всі VSCJ мають більше нуля. І навпаки, жодного і темно-червоного ящиків у ряді порушень "обмеження мобільного телефону" та "відсутність ременів безпеки" немає, що означає, що всі VSCJ мають менше нуля.

З рисунку 1.6 ми бачимо, що серед водіїв зі Східної Азії немає VSCJ та VSCF, більших за нуль. У Кореї спостерігається найвища тенденція до порушень "водіння в нетверезому стані" та "їзда на червоне світло". Крім того, порушення "використання смартфона" та "відсутність ременів безпеки" є найсильнішими серед іноземних водіїв. Усі порушення, пов'язані з розумінням, є серед китайських водіїв. Тайванські водії в основному відзначаються в порушенні обмеження "проїзд заборонено".

Що стосується водіїв Південно-Східної Азії, VSCJ та VSCF про "зупинку в необхідному місці" та "відсутність дитячого" становлять більше 0. Зокрема, водії з Таїланду демонструють найсильнішу тенденцію до порушення вимоги "зупинка у необхідному місці". Крім того, філіппінські та в'єтнамські водії демонструють

Верх : VSCJ Низ : VSCF	Походження водія <i>i</i>									
	Східна Азія			Південно-Східна Азія			Північна Америка			Інші
Порушення <i>j</i>	KOR	CHN	TPE	PHI	VIE	THA	BRA	PER	USA	Інші
Рух на червоне світло	0.39	0.19	0.25	0.04	0.11	-0.05	0.06	-0.10	-0.03	0.06
	0.15	-0.05	0.01	-0.19	-0.13	-0.28	-0.17	-0.34	-0.26	-0.18
Надати перевагу пішоходам	-0.05	-0.05	-0.23	0.41	0.03	-0.08	0.09	-0.13	-0.49	-0.42
	0.00	0.00	-0.18	0.46	0.08	-0.03	0.13	-0.08	-0.44	-0.37
Порушення знаку "Стоп"	-0.13	-0.03	0.18	0.11	0.18	0.23	0.03	0.15	-0.44	-0.14
	-0.07	0.03	0.25	0.18	0.24	0.29	0.10	0.22	-0.38	-0.08
Керування у нетверезому стані	0.55	-0.29	0.01	0.21	-0.02	1.44	0.63	1.10	0.47	0.38
	0.16	-0.68	-0.39	-0.18	-0.42	1.04	0.24	0.71	0.08	0.01
Перевищення (30 km/h-over SL)	0.19	0.15	0.53	-0.25	-0.56	0.05	0.58	0.32	0.27	0.37
	-0.04	-0.08	0.31	-0.47	-0.78	-0.18	0.35	0.10	0.04	0.15
Перевищення (0-30 km/h over SL)	-0.23	-0.27	-0.25	-0.33	-0.48	-0.19	-0.12	-0.20	0.12	-0.07
	-0.02	-0.06	-0.04	-0.11	-0.27	0.02	0.09	0.01	0.33	0.15
Пройзд заборонено	0.15	0.34	0.34	0.46	0.64	0.18	0.30	0.54	0.62	0.53
	-0.16	0.03	0.03	0.15	0.33	-0.13	-0.01	0.22	0.31	0.22
Обгін заборонено	0.42	0.83	1.64	-0.29	1.05	0.25	-0.20	-0.16	1.00	0.89
	-0.14	0.27	1.08	-0.85	0.49	-0.31	-0.76	-0.73	0.44	0.33
Зупинка на зал. переїзді	-0.07	0.30	0.41	0.05	0.77	0.23	0.02	0.20	0.22	0.17
	-0.19	0.19	0.29	-0.07	0.65	0.11	-0.10	0.08	0.10	0.05
Поворот без сигналу	0.44	0.80	-0.49	-0.21	1.79	-0.07	-0.99	-0.47	0.50	0.42
	-0.05	0.31	-0.98	-0.70	1.30	-0.56	-1.48	-0.96	0.02	-0.07
Невчасна зупинка	0.40	0.58	0.27	0.63	0.17	0.43	0.17	0.51	0.47	0.49
	-0.05	0.14	-0.18	0.18	-0.28	-0.02	-0.28	0.06	0.02	0.04
Аварій через смартфон	-0.10	-0.35	-0.85	-0.19	-0.61	-0.17	-0.33	-0.42	-0.58	-0.39
	0.14	-0.11	-0.61	0.05	-0.37	0.08	-0.08	-0.17	-0.34	-0.15
Без ременів безпеки	-0.27	-0.68	-0.97	-0.51	-0.98	-0.45	-0.40	-0.53	-1.01	-1.03
	0.22	-0.20	-0.48	-0.02	-0.50	0.04	0.09	-0.05	-0.52	-0.54
Без дитячого крісла	-0.45	0.25	-0.07	1.06	0.28	0.57	0.13	0.43	-1.76	-0.12
	-0.47	0.23	-0.09	1.04	0.26	0.55	0.11	0.41	-1.78	-0.14
Без шолому	0.14	0.44	0.21	-0.12	1.53	-0.25	0.01	0.42	-0.01	0.15
	-0.13	0.17	-0.06	-0.39	1.26	-0.52	-0.26	0.15	-0.29	-0.12
Небезпечне керування	-0.36	0.08	-1.09	0.43	1.64	-0.27	1.07	0.70	0.31	0.14
	-0.59	-0.15	-1.31	0.20	1.42	-0.49	0.84	0.47	0.09	-0.08
Інші	0.19	0.34	0.21	0.07	0.05	0.12	0.26	0.13	0.45	0.37
	-0.06	0.09	-0.04	-0.19	-0.21	-0.14	0.00	-0.13	0.19	0.11

 :VSCJ > 0 & VSCF < 0;
 :VSCJ < 0 & VSCF > 0;
 :VSCJ > 0 & VSCF > 0;
 : VSCF найбільше значення у рядку

Рисунок 1.6 – Коефіцієнти порушень за походженням водіїв

найсильнішу тенденцію "надання переваги пішоходам". На додаток до порушень, пов'язаних із пріоритетом, серед водіїв Південно-Східної Азії надзвичайно високі також порушення розуміння. VSCF та VSCJ щодо "заборони зупинки та стояння" серед філіппінських водіїв та показників "заборонено в'їзд", "неможливість

зупинитися на залізничному переїзді" та "поворот без сигналу" серед в'єтнамських водіїв більше нуля.

Нарешті, що стосується північноамериканських та південноамериканських водіїв, VSCJ та VSCF "водіння у нетверезому стані" та "перевищення швидкості (30 км / год ~ над лімітом швидкості)" більше ніж нуль. VSCF для «перевищення швидкості (0–30 км / год над лімітом швидкості)» також більше нуля. Водії з цього регіону мають найсильнішу тенденцію до порушень, пов'язаних зі швидкістю руху. Зокрема, бразильські водії демонструють найсильнішу тенденцію "перевищення швидкості (30 км / год ~ над лімітом швидкості)", тоді як американські водії допускають порушення "швидкості руху (0–30 км / год над лімітом швидкості)". Крім того, усі порушення, пов'язані з розумінням водіями США, не є розповсюдженими.

Було розраховано ASCJ та ASCF на основі рівнянь (1.3), (1.4) та класифіковано дорожньо-транспортні пригоди за національністю залежно від того, чи більше ASCJ та ASCF нуля, або ні. На рисунку 1.7 наведено результати класифікації. Темно-червоне виділення (як ASCJ, так і $ASCF > 0$) вказує на те, що тенденція певної національності спричинити ДТП вища порівняно з японськими та іншими іноземними водіями в Японії. Клітини з жирним виділенням символізують країну з найбільшою ASCF.

Сумарно загальна сума транспортних засобів, спричиняючи порушення за коефіцієнтом ASCJ перевищує нуль серед усіх країн, в тому числі у Кореї. З рисунку 1.7 ми бачимо, що східноазіатські водії схильні спричиняти аварії на перехрестях, тоді як північноамериканські та південноамериканські схильні спричиняти аварії, виникають під час зміни смуги руху без увімкнення відповідного сигналу повороту.

Схоже, корейські та тайванські водії мають більшу тенденцію наносити шкоду пішоходам порівняно з іншими іноземними водіями. Бразильські та перуанські водії схильні до створення аварійних ситуацій в яких приймає участь тільки один транспортний засіб, таке частіш за все виникає в результаті неуважності,

перевищень швидкості та високої схильності водіїв до небезпечного керування на дорогах поза містом.

Верх : ASC J Низ : ASC F		Походження водіїв i									
Тип зіткнення j		Східна Азія			Південно-Східна Азія			Західна Америка			Інші
		KOR	CHN	TPE	PHI	VIE	THA	BRA	PER	USA	
ТЗ - пішохід		0.03 0.27	-0.33 -0.09	0.09 0.33	-0.44 -0.20	-0.30 -0.06	-0.12 0.12	-0.60 -0.36	-1.04 -0.81	-0.47 -0.23	-0.37 -0.13
ТЗ - ТЗ	З переду	-0.42	-0.26	0.47	-0.04	-0.13	0.35	0.01	0.33	0.20	0.36
		-0.32	-0.16	0.57	0.06	-0.03	0.45	0.11	0.43	0.30	0.46
	Ззаду	-0.17	-0.03	-0.32	-0.05	-0.07	0.02	0.18	0.05	0.26	0.12
		-0.16	-0.02	-0.31	-0.04	-0.06	0.02	0.18	0.06	0.27	0.12
	На перехресті	0.09	0.12	0.33	0.28	0.18	0.35	0.01	0.19	-0.43	-0.02
		0.02	0.05	0.26	0.20	0.11	0.28	-0.06	0.12	-0.50	-0.09
	При обгоні	0.16	0.20	0.13	-0.41	0.24	0.62	-0.28	-0.17	0.18	0.06
		0.09	0.13	0.06	-0.49	0.17	0.54	-0.35	-0.24	0.10	-0.02
	При повороті	0.09	0.10	0.03	-0.04	0.03	-0.60	-0.39	-0.48	0.22	-0.07
		0.10	0.10	0.04	-0.04	0.03	-0.60	-0.39	-0.47	0.23	-0.06
Інші	0.24	0.09	-0.09	-0.06	0.12	-0.41	-0.24	0.07	-0.15	-0.07	
	0.17	0.02	-0.15	-0.13	0.06	-0.48	-0.30	0.00	-0.22	-0.13	
Разом	-0.00	0.04	0.01	0.05	0.05	0.04	0.01	0.04	0.06	0.04	
	-0.02	0.02	-0.02	0.03	0.02	0.02	-0.01	0.02	0.04	0.02	
Тільки ТЗ		-0.06 -0.05	-0.53 -0.52	-0.54 -0.54	-0.39 -0.39	-0.76 -0.76	-1.38 -1.37	0.69 0.69	0.54 0.54	-0.72 -0.72	-0.22 -0.21

: ASC J > 0 & ASC F < 0 ;
 : ASC J < 0 & ASC F > 0 ;
 : ASC J > 0 & ASC F > 0 ;
 : ASC F найбільше значення у рядку

Рисунок 1.7 – Коефіцієнти типів аварій за походженням водіїв

На рисунку 1.8 наведено результати аналізу між VSCF та ASCF, дані японських водіїв виключаються. У цьому аналізі використовували коефіцієнт кореляції Пірсона. Частини, виділені на рисунку 1.8, вказують на позитивну кореляцію між конкретними парами порушення та аварії. Кореляції між VSCF та ASCF використовувались для вираження взаємозв'язку між ознакою порушення правил дорожнього руху та ознакою аварії.

Щоб обрати первинні пояснювальні змінні для мультирегресійного аналізу, спочатку для кожного виду аварії були обрані порушення, кореляції яких із аварією є позитивними. Потім із обраної групи було вилучено порушення “Без шолома” та “інші”. Потім кореляційний аналіз застосовували до кожної пари VSCF. Нарешті, одне з цих двох порушень виявилось пов'язаним між собою з усуненням 5% рівня значущості з обраної групи для запобігання мультиколінеарності при мультирегресійному аналізі. На рисунку 1.9 наведені основні пояснювальні змінні для мультирегресійного аналізу отриманні за допомогою цього процесу.

Аварія Порушення	ТЗ - пішохід	ТЗ - ТЗ							Тільки ТЗ
		Вперед	Ззаду	На перехресті	При обгоні	При повороті	Інші	Разом	
Рух на червоне світло	0.72*	-0.56	-0.69*	0.16	0.12	0.56	0.56	-0.66*	0.01
Надати перевагу пішоходу	-0.05	-0.49	-0.28	0.57	-0.45	-0.21	0.10	-0.09	0.14
Знак "Стоп"	0.04	0.18	-0.53	0.93**	0.00	-0.59	-0.12	-0.17	-0.06
Нетверезе керування	-0.29	0.39	0.34	0.08	0.17	-0.80**	-0.50	-0.04	0.06
Перевищення (30 km/h-over SL)	-0.09	0.42	0.14	-0.25	-0.15	-0.17	-0.27	-0.52	0.48
Перевищення (0-30 km/h over SL)	-0.21	0.40	0.66*	-0.76*	0.01	0.03	-0.43	0.08	0.12
Проїзд заборонено	-0.51	0.23	0.39	-0.43	-0.26	0.31	0.18	0.67*	0.03
Обгін заборонено	0.58	0.19	-0.36	-0.15	0.53	0.61	0.16	-0.01	-0.48
Зупинка на переїзді	0.13	0.14	-0.24	0.18	0.40	0.19	0.13	0.35	-0.46
Поворот без сигналу	0.25	-0.44	-0.06	-0.19	0.47	0.55	0.49	0.45	-0.50
Невчасна зупинка	-0.23	-0.01	0.14	-0.05	-0.15	0.10	0.09	0.50	-0.12
Користування смартфоном	-0.07	-0.47	0.20	0.12	-0.07	-0.34	-0.03	-0.04	0.10
Без ременів	-0.09	-0.42	-0.06	0.33	-0.20	-0.50	-0.01	-0.42	0.34
Без дитячого крісла	-0.12	-0.04	-0.34	0.85**	-0.25	-0.53	-0.04	-0.01	0.06
Без шолому	-0.06	-0.29	-0.22	0.10	0.12	0.26	0.58	0.16	-0.03
Небезпечне керування	-0.62	-0.28	0.52	-0.22	-0.33	-0.14	0.13	0.39	0.30
Інші	-0.02	0.11	0.48	-0.78**	0.09	0.42	-0.10	0.08	0.07

* : CC>0, 1% рівень
** : CC>0, 1% рівень
 : CC>0

Рисунок 1.8 – Коефіцієнти залежності аварій від порушень

Результати процесу, означають, що аварії "транспортний засіб - пішохід", "зіткнення при перетині" та "зіткнення під час повороту вправо або вліво" пов'язані з порушеннями, пов'язаними з пріоритетом. У таблиці 1.5 наведена модель мультирегресії, яка використовується для прогнозування порушень із високим статистичним відношенням до аварій "транспортний засіб - пішохід". Було знайдено значне рівняння регресії ($F(2,7) = 5,61, p < 0,05$), з $R^2 0,506$. VSCF "їзда на червоне світло" суттєво прогнозував ASCF аварій "транспортний засіб - пішохід" ($t(7) = 2,265, p < 0,05$). У таблиці 1.6 наведена модель мультирегресії, яка використовується для прогнозування порушень із високим статистичним

ТЗ - пішохід	ТЗ - ТЗ					Тільки ТЗ
	Вперед	Ззаду	На перехресті	Під час обгону	Під час повороту	
Проїзд на червоне світло	Зупинка на знак "Стоп"	Керування в нетверезому стані	Проїзд на червоне світло	Проїзд на червоне світло	Проїзд на червоне світло	Проїзд на червоне світло
Зупинка на знак "Стоп"	Керування в нетверезому стані	Перевищення швидкості	Надати перевагу пішоходам	Керування в нетверезому стані	Перевищення швидкості	Керування в нетверезому стані
Обгін заборонено	Перевищення швидкості	Проїзд заборонено	Зупинка на знак "Стоп"	Перевищення швидкості	Проїзд заборонено	Перевищення швидкості
Невчасна зупинка переїзд	Проїзд заборонено	Невчасна зупинка	Керування в нетверезому стані	Обгін заборонено	Обгін заборонено	Проїзд заборонено
Поворот без сигналу	Обгін заборонено	Користування смартфоном	Невчасна зупинка переїзд	Невчасна зупинка переїзд	Невчасна зупинка переїзд	Без дитячого крісла
	Невчасна зупинка переїзд	Небезпечне керування	Без ременів безпеки	Поворот без сигналу	Поворот без сигналу	Небезпечне керування
					Невчасна зупинка	

: пріоритет
 : швидкість
 : Розуміння
 : інше

Рисунок 1.9 – Пояснювальні змінні

відношенням до "аварій при перетині". Виявлено значне рівняння регресії ($F(2,7) = 38,3$, $p < 0,01$), з $R^2 0,892$. VSCF "їзда на червоне світло" та "відмова зупинки на

Таблиця 1.5 – Результати розрахунків мультирегресії аварій «ТЗ – пішохід»

Порушення j	β	Похибка	t-значення	$Pt(> t)$
P Проїзд на червоне	1.273	0.562*	2.265	0.058
C Проїзд заборонено	0.174	0.130	1.340	0.222
(Перетин)	0.069	0.107	0.642	0.541

знак стоп" суттєво передбачали ASCF аварій "транспортний засіб - пішохід", як показано ($t(7) = 2.115$, $p < 0.10$) і ($t(7) = 8,629$, $p < 0,01$) відповідно. У таблиці 1.7 наведена модель мультирегресії, яка використовується для прогнозування порушень із високим статистичним відношенням до "зіткнень під час повороту

Таблиця 1.6 – Результати розрахунків мультиригресії аварій на перехресті

Порушення j	β	Похибка	t-значення	Pr(> t)
P Проїзд на червоне	0.354	0.167	2.115*	0.072
P Порушення знак "Стоп"	1.036	0.120	8.629***	0.000
(Перетин)	0.009	0.034	0.261	0.802

вправо чи вліво". Виявлено значне рівняння регресії ($F(4,5) = 8,85, p < 0,05$), з $R^2 0,778$. VSCF з "їзда на червоне світло" та "проїзд заборонено" суттєво передбачив ASCF аварій "транспортний засіб - пішохід", як показано ($t(5) = 2.021, p < 0,01$) та ($t(5) = 4,396, p < 0,01$) відповідно.

Таблиця 1.7 – Результати розрахунків мультиригресії аварій при повороті

Порушення j	β	Похибка	t-значення	Pr(> t)
P Проїзд на червоне	2.021	0.361	5.600***	0.003
S Перевищення швидкості	0.462	0.294	1.572	0.177
C Проїзд заборонено	1.274	0.290	4.396***	0.007
C Невчасна зупинка	0.435	0.281	1.548	0.182
(Перетин)	0.070	0.063	1.102	0.321

Результати розрахунків щодо типів зіткнень, вказують, що "зіткнення ззаду" та аварії "лише транспортний засіб" пов'язані з порушеннями, які виникають через питання пріоритету. У таблиці 1.8 наведена модель мультирегресії, яка використовується для прогнозування порушень із високим статистичним відношенням до "зіткнень ззаду". Виявлено значне рівняння регресії ($F(4,5) = 24,93, p < 0,01$), з $R^2 0,914$. Показник VSCF, який перевищував норму

Таблиця 1.8 – Результати розрахунків мультиригресії зіткнень ззаду

Порушення j	β	Похибка	t-значення	Pr(> t)
S Перевищення швидкості	0.847	0.107	7.898***	0.001
C Невчасна зупинка	0.141	0.120	1.171	0.294
O Небезпечне керування	0.159	0.023	6.942***	0.001
O Користування смартфоном	0.091	0.080	1.142	0.305
(Перетин)	0.011	0.019	0.586	0.584

«перевищення швидкості (0–30 км/год більше обмеження)», суттєво передбачив ASCF «зіткнень ззаду» ($t(5) = 7,898$, $p < 0,01$), а також «небезпечне керування, через стан авто» ($t(5) = 6,942$, $p < 0,01$). У таблиці 1.9 наведена мультирегресійна модель,

Таблиця 1.9 – Результати розрахунків мультиригресії зіткнень за участю одного ТЗ

Порушення j	β	Похибка	t-значення	Pr(> t)
P Проїзд на червоне	3.741	2.093	1.788	0.172
S Нетверезе керування	0.568	0.510	1.114	0.347
S Перевищення швидкості	1.900	0.532	3.575**	0.037
C Проїзд заборонено	2.157	1.791	1.204	0.315
O Без ременів	0.426	0.253	1.689	0.190
O Небезпечне керування	0.625	0.254	2.460*	0.091
(Перетин)	0.041	0.229	0.179	0.869

яка використовується для прогнозування порушень із високим статистичним відношенням до аварій, пов'язаних лише з транспортними засобами. Виявлено значне рівняння регресії ($F(6,3) = 2,63$), з $R^2 0,520$. Але значення p становило 0,229, а отже, ця модель не була статистично значущою. Однак показник VSCF

"перевищення швидкості (30 км/год більше обмеження)" (коефіцієнт = 1,9, $t = 3,575$) показав позитивне відношення до ASCF "зіткнення ззаду".

Результати обрахунків щодо «лобові зіткнення» та «зіткнення під час обгону» пов'язані з порушеннями пріоритету. У таблиці 1.10 наведена модель мультирегресії, яка використовується для прогнозування порушень із високим статистичним відношенням до "лобових зіткнень". Виявлено значне рівняння

Таблиця 1.10 – Результати розрахунків мультирегресії «лобових» зіткнень

Порушення j	β	Похибка	t -значення	$P_{r(> t)}$
P Знак "Стоп"	0.690	0.364	1.898	0.131
S Нетверезе керування	0.359	0.162	2.220*	0.091
S Перевищення швидкості	0.500	0.227	2.205*	0.092
C Проїзд заборонено	1.035	0.443	2.339*	0.080
C Обгін заборонено	0.221	0.128	1.724	0.160
(Перетин)	0.047	0.084	0.556	0.608

регресії ($F(5,4) = 3,19$), з $R^2 0,549$. Але значення p становило 0,142, і тому ця модель не була статистично значущою. Однак коефіцієнт безпеки (VSCF) «рух заборонено» (коефіцієнт = 1,035, $t = 2,339$), «водіння в нетверезому стані» (коефіцієнт = 0,359, $t = 2,220$) та «швидкість руху (30 км/год більше обмеження)» порушення (коефіцієнт = 0,500, $t = 2,205$) показало позитивне відношення до ASCF «лобових зіткнень». У таблиці 1.11 наведена модель мультирегресії, яка використовується для прогнозування порушень із високим статистичним відношенням до "зіткнень під час обгону". Виявлено значне рівняння регресії ($F(3,6) = 5,76$, $p < 0,05$), з $R^2 0,613$. VSCF «зони де обгін заборонено» суттєво прогнозував ASCF «зіткнень під час обгону» ($t(6) = 2,791$, $p < 0,05$), а також

Таблиця 1.11 – Результати розрахунків мультиригресії зіткнень під час обгону

Порушення <i>j</i>	β	Похибка	t-значення	$Pr(> t)$
S Нетверезе керування	0.443	0.144	3.066**	0.022
C Обгін заборонено	0.333	0.119	2.791**	0.032
C Поворот без сигналу	0.177	0.091	1.953*	0.099
(Перетин)	0.037	0.064	0.581	0.583

«порушень під час повороту» ($t(6) = 1,953, p < 0,10$) та «водіння у нетверезому стані» ($t(6) = 3.066, p < 0,05$).

1.3 Різниця типів порушень у різних країнах

На основі вищезазначених результатів мультирегресійного аналізу на рисунку 1.10 узагальнено помітні причинно-наслідкові зв'язки між порушеннями правил дорожнього руху, класифікованими за PSC (пріоритет, швидкість, розуміння), та дорожньо-транспортними пригодами.

У цьому дослідженні статистику про порушення дорожнього руху та дорожньо-транспортні пригоди порівнювали на міжнародному рівні, щоб визначити характеристики іноземних водіїв у Японії. Результати показують, що тенденції до порушення правил дорожнього руху та спричинення дорожньо-транспортних пригод різняться залежно від регіону. Хоча більшість порушень правил дорожнього руху та аварій, цитованих у базі даних іноземних водіїв, вважається спричиненими мешканцями, а не короткочасними відвідувачами. Отже, це означає, що навіть якщо іноземці проживають у Японії, вони все одно мають свої особливості регіону чи країни, коли мова йде про порушення правил дорожнього руху та аварії.

Крім того, на японські стандарти проектування автомобільних доріг впливали стандарти США, а на інші класи доріг впливали європейські стандарти, тому японські дороги подібні до інших розвинених країн. Однак є дві чіткі

характеристики японської дороги. По-перше, це вільний контроль за землекористуванням навіть уздовж артеріальних доріг, що пов'язано з попитом на легкий доступ до придорожніх об'єктів, що знижує проектну ефективність і часто призводить до неефективного та небезпечного руху. По-друге, кількість колекторних доріг (доріг, що з'єднують артеріальні та місцеві дороги) недостатня для ефективної роботи ієрархічної дорожньої системи. Однак передбачається, що ці дві відмінні риси не впливають на характеристики водіння водіїв.

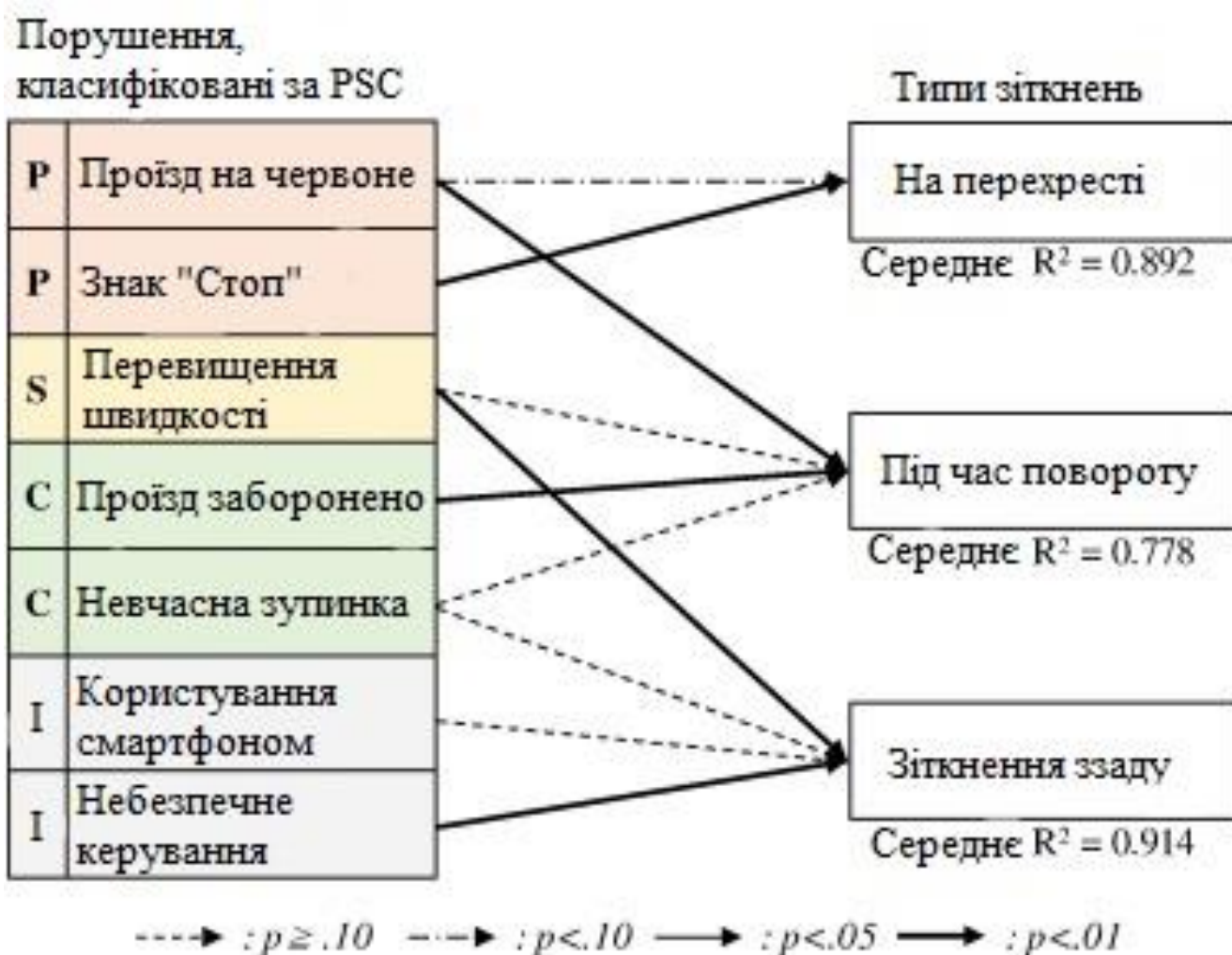


Рисунок 1.10 – Пояснювальні змінні

Порівнюючи японських водіїв з іноземними, іноземні водії схильні порушувати правила дорожнього руху, пов'язані з розумінням. Цей результат означає, що іноземцям важко зрозуміти японські правила дорожнього руху та дорожні знаки. Крім того, мало можливостей для іноземців зрозуміти японську ситуацію з дорожнім рухом, і мовні бар'єри в значній мірі пояснюють це.

Іноземні водії, як правило, особливо порушують правила "проїзд заборонено" та "зупинка заборонена" більше, ніж японські водії, оскільки всі VSCJ порушень "проїзд заборонено" та "зупинка заборонена" більші за нуль. Можливо, це пов'язано з тим, що в Японії правила «проїзд заборонено» представлені як дорожні знаки. Отже, це означає, що ці дорожні знаки важко зрозуміти іноземним водіям. Результати також показують, що це порушення було пов'язане з "лобовими зіткненнями". Отже, полегшення розуміння норм «проїзд заборонено» може сприяти зменшенню «лобових зіткнень».

З іншого боку, порушення «заборони зупинки та стояння» є наслідком різниці у звичках та правилах дорожнього руху на стоянках. У більшості зарубіжних країн немає закону про реєстрацію гаражів, і це змусило іноземних водіїв звично паркуватися, зупинятися чи стояти на дорогах загального користування. Пропонуючи контрзаходи, життєво важливо усвідомити чіткі відмінності між ПДР та звичною поведінкою іноземців та японців.

Що стосується іноземних водіїв, то були помітні відмінності серед водіїв Східної Азії, Південно-Східної Азії та Північної та Південної Америки. Азійські водії, як правило, порушують правила щодо пріоритету, тоді як північноамериканські та південноамериканські роблять це за правила, через порушення, пов'язані зі швидкістю руху. На додаток до цього, коефіцієнт порушень, пов'язаних з розумінням водіями Південно-Східної Азії, вищий, ніж в інших регіонах.

Тенденція корейських водіїв "проїзд на червоний" та "водіння в нетверезому стані" є більш вираженою порівняно з іншими іноземними водіями та японськими водіями. Більше 80% японських водійських прав з корейською національністю отримали, склавши загальний іспит. Це означає, що більшість корейців вивчили японські правила так само ретельно, як і самі японці. Зокрема, показник VSAF "проїзду на червоне світло" корейськими водіями є найбільшим серед іноземних водіїв. З цього факту корейські водії, здається, нехтують неявними правилами пріоритету в дорожньому просторі. Цей висновок збігається з результатами дослідницького проекту IATSS H2760.

Кількість китайських водіїв, які отримали японські водійські права, як і більшість японців, становить $> 80\%$ від загальної кількості. Однак аналіз VSCJ та VSCF виявляє, що китайські водії представляють вищий коефіцієнт усіх порушень, пов'язаних з розумінням, порівняно з японськими водіями. Тому китайським водіям в Японії необхідно дізнатись більше про японські правила дорожнього руху, дорожні знаки тощо.

Також, виявляється, що найбільші проблеми дорожнього руху у водіїв Тайваню пов'язані з "проїздом на червоне світло", "неможливістю зупинитися на вимогу знаку", "проїзд заборонено" та "неможливістю зупинитися на залізничних переїздах" порівняно з японськими водіями. Результати високого співвідношення порушень, пов'язаних з пріоритетом та "обгону у забороненій зоні", також відповідають результатам дослідницького проекту IATSS H2760.

Тайвань є майже таким самим, учасники дорожнього руху в Кореї та у Тайвані ще недостатньо зрілі, оскільки водії з цих двох країн мають проблеми щодо неявного правила пріоритету в дорожньому просторі. Результати також передбачають, що порушення, пов'язані з пріоритетом, можуть спричинити аварії на перехресті. Очікується, що Японія прийме набагато більше туристів з Кореї та Тайваню, і припускають, що ймовірність того, що вони спричинять смертельні аварії на перехрестях, зростає. Таким чином, необхідність змусити корейських та тайванських водіїв визнати та зрозуміти пріоритетні правила дорожнього руху є одним з найважливіших заходів протидії.

Співвідношення порушень, пов'язаних з пріоритетом щодо водіїв Південно-Східної Азії, є таким же високим, як і співвідношення водіїв Східної Азії. Водії Південно-Східної Азії у порівнянні з японськими та іншими іноземними водіями, частіше не зупиняються на вимогу знаку «Стоп». Здається, у філіппінських водіїв найвища тенденція не поступатися пішоходам, тоді як тайські водії не зупиняються біля знаку зупинки. Це пояснює високий коефіцієнт ДТП серед водіїв Південного Сходу. Водії південно-східних країн також мають проблеми, коли справа стосується розуміння японських правил дорожнього руху та дорожніх знаків. Люди

східної Азії, найімовірніше, нехтують правилами дорожнього руху, тому, це спричиняє аварії.

У більшості країн Південно-Східної Азії мотоцикл є основним видом транспорту, наприклад на Філіппінах налічується 2,15 млн. мотоциклів, що становить 42,6% від режиму транспортування [19]. Смерть на мотоциклах також становить 34% від загальної кількості смертей внаслідок дорожньо-транспортних пригод у Південно-Східній Азії порівняно з 23% від загальної кількості смертей у дорожньому русі у світі [20]. Низьке сприйняття пріоритету в дорожньому просторі та розуміння правил справді є проблемою в суспільствах, які прагнуть використовувати мотоцикли. Це тому, що мотоциклісти вибирали швидкість, більшу, ніж водії автомобілів, обганяли більше та тримали значно меншу дистанцію, ніж це необхідно для безпечного руху [21]. Нещодавно більша кількість людей зі Східної Азії їздить по Японії. Отже, для них життєво важливо визнати пріоритет використання дорожнього простору, щоб протидіяти виявленим проблемам дорожнього руху.

Співвідношення порушень, пов'язаних зі швидкістю, більше серед водіїв з Північної та Південної Америки. Результати конкретно свідчать про те, що північноамериканські та південноамериканські водії демонструють високу тенденцію "водіння в нетверезому стані" та "перевищення швидкості (30 км/год більше за обмеження)" порівняно з японськими та іноземними водіями. На додаток до цього, коефіцієнт порушень водіями США "перевищення швидкості (0–30 км/год більше за обмеження)" є найбільшим серед усіх інших громадян. Аварії, спричинені водіями Північної та Південної Америки, частіше вбивають людей. Насправді, "лобове" та "заднє" зіткнення частіше зустрічаються серед водіїв Північної та Південної Америки. Крім того, бразильці та перуанці є єдиними двома націями, у яких коефіцієнт аварій на транспортних засобах вищий, ніж у Японії. Схоже, перевищення швидкості спричиняє необдумане керування автомобілем та неадекватне управління транспортним засобом, що призводить до таких видів аварій. Виходячи з цього, для цієї групи водіїв важливо перевірити швидкість руху, а також навчитися суворо дотримуватися обмежень швидкості.

Слід також зазначити, що результати цього дослідження порівнюються з результатами опитування співробітників корейських та тайванських водіїв з дослідницького проекту IATSS 1611A. Цільовою областю в цьому дослідженні був Хоккайдо через його знамениту високу кількість туристів, які зазвичай наймають автомобіль для екскурсії. У цьому опитуванні думка корейців та тайванців полягала в тому, що японські знаки зупинки важко зрозуміти, оскільки вони відрізняються від міжнародних стандартів. Вони також казали, що обмеження швидкості незрозуміле, тому вони зазвичай їхали з тією ж швидкістю, що і навколишні машини, не дивлячись на спідометр. Це показало, що корейські та тайванські водії сприймають швидкість інакше, ніж місцеві водії. Крім того, було зазначено, що розпізнавання сигналу повороту було з затримкою через положення установки сигналу та розташування ліхтарів. Один з корейських водіїв сказав, що в Кореї тривалість циклу світлофору довша, ніж у Японії, і через це він не хотів чекати, поки сигнал загориться зеленим кольором. Це пояснює, чому деякі водії потрапляють на перехрестя в той момент, коли сигнал стає червоним. Оскільки іноземці насправді їздять на Хоккайдо, проблема PSC стала більш помітною. Нехтування сигналом, характерне порушення корейцями та тайванськими водіями в цьому дослідженні, вважається основною причиною відсутності у водіїв визнання пріоритету.

Як було описано вище, у цьому дослідженні були уточнені характеристики кожного регіону, порівнюючи порушення правил дорожнього руху та аварії іноземних водіїв. Також вказується, що почуття пріоритету, швидкість та розуміння правил впливають на тенденцію порушення правил дорожнього руху. Отже, ми можемо зробити висновок, що концепція PSC ефективно розуміє характеристики водіїв.

Крім того, взаємозв'язок між порушеннями правил дорожнього руху та аваріями був виявлений шляхом багаторегресійного аналізу. В результаті робиться висновок, що імпровізація заходів безпечного водіння на основі характеристик водіїв щодо регіону є ефективною.

Це дослідження визначило рушійну характеристику на основі регіону, яким би поверхневим не був результат. Інші джерела, такі як патрульні автомобілі та камери спостережень, можуть бути використані для отримання більшої кількості даних для подальшого розуміння цих характеристик водія.

Кількість іноземців, які відвідують Японію, може продовжувати зростати, і це потребує розроблення нових методів, щодо навчання іноземних водіїв, а також, нових технічних систем фіксації порушень для збільшення безпеки дорожнього руху.

Для поточної роботи таке дослідження дає дуже широкий спектр статистики, особливо цінною є інформація щодо схильності громадян різних країн до певних видів порушень, також інформація про залежність між типом порушення та видом зіткнення, дозволяє чітко зрозуміти потреби фіксації певних порушень у місцях, де вони виникають частіше.

1.4 Вплив штрафів на кількість порушень

Незважаючи на те, що травматизм внаслідок дорожньо-транспортних пригод зменшується, він все ще є однією з основних проблем системи охорони здоров'я. Для цілісності дослідження статистики аварій і обґрунтування доцільності застосування штрафів до порушників правил дорожнього руху варто навести приклади ефективності такого підходу. Для прикладу застосуємо статистику з Іспанії.

Протягом 2008 року 134 047 людей зазнали дорожньо-транспортних травм, а 3100 втратили життя в результаті зіткнень [22]. За останні роки уряд Іспанії вжив декількох заходів для зменшення об'єму дорожньо-транспортного травматизму. У 2004 році він визначив безпеку дорожнього руху як політичний пріоритет і створив Спеціальні заходи безпеки дорожнього руху 2004–2005 [23] та Стратегічну програму безпеки дорожнього руху 2005–2008 [24], які включають декілька заходів, зосереджених головним чином на забезпеченні виконання правил дорожнього руху. Ці правила та їх застосування зменшили дорожній травматизм в

Іспанії на 9% серед чоловіків та 11% серед жінок [25]. Крім того, впровадження системи штрафних балів у липні 2006 року супроводжувалось скороченням на 11% та 12% чоловіки та жінки відповідно, які були серйозно поранені під час дорожньо-транспортних зіткнень по всій Іспанії

Законодавство навряд чи заважає учасникам дорожнього руху створювати аварійні ситуації. Щоб бути ефективним, воно повинно суворо виконуватися і сильно стримувати протиправну поведінку, формуючи обізнаність та страх перед наслідками за порушення закону. Це, в свою чергу, залежить від ступеня нагляду за дорожнім рухом, суворості винесеного покарання та швидкості його накладення. Кампанії з підвищення обізнаності громадськості можуть зробити законодавство більш ефективним [26][27][28].

Незважаючи на чинне законодавство, в Іспанії кількість травм та смертей, пов'язаних із перевищенням швидкості та керуванням автомобілем у нетверезому стані, все ще надзвичайно висока. Через рік після запровадження системи штрафних балів основні транспортні правопорушення, що караються штрафними балами, мали місце за такими показниками: перевищення швидкості: 39,3%; невідповідність використання пасивних утримуючих пристроїв: 15,5%; водіння в нетверезому стані: 11,6% [29]. Для подальшого зменшення травматизму на дорозі, пов'язаного з цією поведінкою, 1 грудня 2007 року було змінено кримінальний кодекс. Кілька правопорушень, пов'язаних з дорожнім рухом, були криміналізовані, із зміною судового процесу щодо розгляду справи про злочинців з цивільного на кримінальний процес. Основними криміналізованими правопорушеннями були керування автомобілем з перевищенням ліміту швидкості руху, керування автомобілем у нетверезому стані, необережне керування автомобілем та керування автомобілем без посвідчення. Покарання за ці порушення залежать від тяжкості правопорушення, але включають тюремне ув'язнення, штраф, обов'язкові громадські роботи або призупинення дії ліцензії. До цієї реформи перевищення швидкості та керування автомобілем у стані алкогольного сп'яніння також вважалися злочинами, але покарання були набагато м'якшими, і не було офіційно встановленої швидкості або рівня алкоголю в крові,

які б позначали поріг злочинності, що залишало постійні питання під час прийняття рішення у суді. Реформа кримінального кодексу виключає більш суворі покарання, включаючи обов'язкове позбавлення волі в певних випадках та можливу судимість. Важливу рекламну кампанію було розпочато у всіх засобах масової інформації та розпочались інтенсивні публічні дебати.

Наразі дослідження оцінювали лише ефективність криміналізації водіння у стані алкогольного сп'яніння [30], але не іншу поведінку. Це дослідження заповнює цю прогалину, досліджуючи вплив криміналізації кількох видів поведінки на дорозі на кількість водіїв, які брали участь у зіткненнях з травмами, та людей, які постраждали внаслідок дорожньо-транспортних зіткнень в Іспанії, з урахуванням статі, віку, тяжкості травми, типу учасника дорожнього руху, дороги, тип і час зіткнення. Робоча гіпотеза полягає в тому, що криміналізація та фіксація ризикованої поведінки зменшила дорожньо-транспортний травматизм в Іспанії в контексті попередньої тенденції до зниження в результаті заходів безпеки дорожнього руху, впроваджених протягом попередніх років.

В дослідженні використовували модель часових рядів для проведення оціночного дослідження у двох досліджуваних групах: кількість водіїв (поранених або неушкоджених), задіяних у дорожніх зіткненнях, що призводять до травмування себе чи інших (тобто зіткнення з жертвами) та кількість людей, які постраждали внаслідок дорожньо-транспортних зіткнень в Іспанії у 2000–2009 рр.

Було отримано дані про дорожньо-транспортні травми з бази даних дорожньо-транспортних аварій Генеральної дирекції дорожнього руху Іспанії (General Dirección de Tráfico, DGT), яка фіксує отриманні травми, характеристики зіткнення, а також задіяний транспортний засіб та людей. В Іспанії ця інформація збирається та передається до DGT національними та місцевими поліцейськими службовцями, які займаються неміськими та міськими дорогами відповідно. Дані про національне споживання палива, яке використовується як проксі для впливу на дорожній рух, були отримані від іспанського Міністерства громадських робіт.

Залежними змінними були кількість водіїв, які брали участь в зіткненнях з травмами, і кількість людей, які постраждали внаслідок дорожньо-транспортних

пригод. Аналізи були стратифіковані за: стать, вік; тяжкість травми за класифікацією поліції (відсутність шкоди лише для водіїв, незначна, серйозна нелетальна (госпіталізація > 24 години), летальна); тип учасника дорожнього руху (автомобіль, мотоцикл чи мопед, або пішохід (лише для постраждалих)); тип дороги (міська, неміська) та час зіткнення (день, ніч, вихідний день, вихідний день вночі).

Основною пояснювальною змінною була реформа кримінального кодексу. Була створена фіктивна змінна для порівняння показників до (1 січня 2000 р. До 30 листопада 2007 р.) Та після (1 грудня 2007 р. По 31 грудня 2009 р.) Втручання. Щоб скорегувати вплив пріоритетності безпеки дорожнього руху в 2004 році та запровадження системи штрафних балів у липні 2006 року, було включено дві додаткові фіктивні змінні в моделі для періодів до та після введення цих заходів. Щоб скорегувати зміни у впливі дорожнього руху протягом досліджуваного періоду, також включили в аналізи змінну, що представляє національне споживання палива як проксі для моторизованої мобільності серед населення.

Було проведено аналізи часових рядів з використанням регресійних моделей Пуассона, скоригованих на надмірну дисперсію (квазі-Пуассона). Кількість водіїв (і людей, що постраждали) за місяць порівнювали протягом часових рядів з урахуванням часових тенденцій та сезонних моделей за допомогою лінійних тенденцій та функції синуса та косинуса. Модель для кожного результату може бути узагальнена через універсальну формулу розрахунків. Де t - часовий період ($t = 1$ для першого місяця серії, $t = 2$ для другого тощо); X_t визначає періоди до та після втручання ($X_t = 1$ для періоду після втручання); k приймає значення від 1 до 6 ($k = 1$ для річної сезонності; $k = 2$ для шестимісячної сезонності тощо); T - кількість періодів, описаних кожною синусоїдальною функцією (наприклад, $t = 12$ місяців); P_t - фіктивна змінна для визначення пріоритетів безпеки дорожнього руху, помножена на часовий тренд (t) (тобто термін взаємодії), щоб врахувати різницю в часовому тренді до та після 2004 року; Z_{jt} представляє інші введені підзмінні (система штрафних балів та національне споживання палива); j - кількість введених підзмінних, а ϵ - термін помилки. Було отриманно відносні ризики (RR) та їх 95%

довірчі інтервали (CI) із скоригованих моделей. Вони вказують на різницю між кількістю задіяних водіїв (або людей, які постраждали) у зіткненнях з травмами до та після втручання, після коригування тенденції часу та сезонності. З використанням RR обчислили процентну зміну кількості водіїв (або людей, які постраждали) між двома періодами.

Кількість людей, якими було отримано поранення, пов'язані з реформою кримінального кодексу, розраховано як різницю між кількістю поранених у період після втручання та кількістю, передбаченою статистичними моделями.

Було проведено статистичний аналіз із використанням статистичного програмного забезпечення Stata, випуск 10 (StataCorp. LP, College Station, Сполучені Штати Америки). Дослідження було схвалено комітетом з питань етики (Comitè Ètic d'Investigació Clínica) Інституту муніципальної адміністрації санітарії.

У 2000–2009 рр. В Іспанії внаслідок зіткнення з жертвами постраждало 1 668 889 водіїв (річна медіана: 170 879). Більшість з них (78,7%) були водіями чоловічої статі, 70,7% з яких були у віці від 18 до 44 років. Додатково 1 454 971 людина постраждала внаслідок дорожньо-транспортних зіткнень (середня річна: 146 949). Знову ж таки, більшість (63,4%) з них були чоловіками, а 65,1% з цих чоловіків були у віці від 18 до 44 років. Було наведено розподіл цих суб'єктів за статтю, віком, тяжкістю травми, типом учасника дорожнього руху, типом дороги та часом зіткнення.

Для водіїв чоловічої статі загальний ризик потрапити в зіткнення з травмою в період після втручання зменшився на 7% (RR: 0,93; 95% ДІ: 0,89–0,97). Найбільше зниження ризику спостерігалось для серйозно постраждалих та смертельно поранених водіїв (14% та 11%, відповідно). Зниження ризику бути неушкодженим водієм не спостерігалось. Ризик потрапити в зіткнення з травмою знизився серед усіх водіїв, які не досягли 65-річного віку, але особливо серед тих, хто не досягнув 30 років.

Суттєвіше зниження ризику потрапити в зіткнення з травмами спостерігалось на неміських дорогах, ніж на міських дорогах (зниження на 17% та 6% відповідно). Крім того, ефект варіювався від типу водія та дороги. Серед

мотоциклістів та мопедистів зменшення ризику зіткнення травм спостерігалось як на міських, так і на неміських дорогах, хоча ефект був більшим на неміських дорогах. Однак для водіїв автомобілів цей ризик зменшився лише на неміських дорогах. Нарешті, ризик знизився як вдень, так і вночі серед усіх водіїв.

Серед жінок-водіїв загальний ризик зіткнення з травмами не показав суттєвих змін (RR: 0,99; 95% ДІ: 0,95–1,03) у період після втручання. Хоча захисний ефект спостерігався у більшості аналізованих підгруп, особливо проти ризику серйозних або смертельних зіткнень, значне зниження ризику спостерігалось лише серед водіїв у віці від 45 до 64 років, водіїв автомобілів на неміських дорогах та мотоциклістів та мотоциклістів у містах дороги вдень у робочі дні.

Після реформування кримінально-виконавчого кодексу кількість людей, яким запобігали поранення внаслідок дорожньо-транспортних зіткнень, відповідала зниженому ризику бути причетними до зіткнень з травмами, що спостерігається серед водіїв. Однак захисного ефекту не спостерігалось серед пішоходів за винятком зменшення серед жінок, які серйозно постраждали або загинули та серед дітей віком до 14 років.

Протягом 25 місяців, що настали після втручання, кількість поранених чоловіків була на 7,2% нижчою за кількість, яка очікувалася до зміни законодавства та підходу до фіксації порушень. Найбільша кількість людей, яким запобігали поранення, спостерігалася серед чоловіків, осіб у віці від 14 до 30 років, користувачів мотоциклів або мопедів.

Регулювання поведінки дорожнього руху є важливою складовою політики безпеки дорожнього руху, і введення суворих покарань за дорожні правопорушення може посилити стримуючий ефект закону. Це дослідження демонструє зменшення як кількості водіїв, які потрапили в зіткнення з травмами, так і кількості людей, які постраждали внаслідок дорожньо-транспортних наїздів після реформи кримінального кодексу в Іспанії. Більші скорочення спостерігались серед молодих водіїв чоловічої статі, особливо тих, хто їздить на мотоциклах та мопедах. Це може бути, принаймні, номінальною мірою, оскільки чоловіки та

молоді водії, як правило, беруть участь у більш ризикованому водінні, яке було криміналізовано за допомогою реформованого кримінального кодексу. Оскільки жінки та старші водії, як правило, більш поступливі учасники дорожнього руху, тому до них застосовуються більш суворі покарання за порушення законодавства про дорожній рух менше шансів зменшити ризик бути причетними до дорожньо-транспортних пригод, ніж ризик серед менш поступливих водіїв.

Суттєве зниження ризику, яке спостерігається серед мотоциклістів та мопедистів, може бути частково обумовлено загалом молодшим віком цих учасників дорожнього руху та тим фактом, що мотоциклісти двоколісних транспортних засобів, особливо мопедів, як правило, менш відповідають законодавству про безпеку дорожнього руху. Окрім того, на німецьких дорогах спостерігалось більше зменшення ризику, можливо тому, що дотримання обмежень швидкості та законів про заборону їзди у стані алкогольного сп'яніння, які входять до числа злочинних видів поведінки, на цих дорогах нижче, ніж на міських дорогах.

Жодні попередні дослідження не оцінювали вплив криміналізації небезпечної поведінки під час дорожнього руху на показники дорожньо-транспортного травматизму. Однак кілька авторів оцінили ефект криміналізації водіння в нетверезому стані, що є однією з форм поведінки, включеної до реформи кримінального кодексу в Іспанії. Висновки дуже різняться; вони коливаються від жодного ефекту до зменшення кількості зіткнень, пов'язаних із алкоголем на 73%. У Канаді, де допустима гранична концентрація алкоголю в крові (ВАС) становить 0,05 г/л, після прийняття кримінального закону спостерігалось зниження на 18% кількості смертельно поранених водіїв у нетверезому стані. У Тайвані (Китай), де межа ВАС становить 0,05 г/л, спостерігалось зниження на 72,6% кількості зіткнень, при яких водії мали позитивний алкогольний тест на дихання. Дослідження в Сполучених Штатах Америки (межа ВАС 0,08 г/л) показали менші зниження - на 6%, 13.5% та суттєве зниження у кількості смертельних випадків, пов'язаних із алкоголем, після криміналізації водіння у нетверезому стані, можливо, тому, що використання кількох змінних для кримінального законодавства у моделях

дослідження могло змішувати реальний ефект цього заходу через кореляцію. Нарешті, в Норвегії, де межа ВАС становить 0,02 г/л, і в Швеції, де межа ВАС становить 0,02 г/л, кількість смертельних випадків дорожнього руху не зростала після пом'якшення кримінального законодавства. Однак автори не проаналізувати травми, пов'язані з алкоголем.

Результати цих досліджень дозволяють припустити, що криміналізація та фіксація водіння в стані алкогольного сп'яніння, як це було зроблено в Іспанії (ліміт ВАС 0,05 г/л), може зменшити кількість нещасних випадків, пов'язаних з алкоголем. Це узгоджується з результатами цього дослідження. Менший ефект, який спостерігається в Іспанії порівняно з іншими країнами, можна пояснити тим фактом, що значна частина зменшення дорожньо-транспортного травматизму, що спостерігається в останні роки в результаті пріоритетності дорожньої безпеки та системи штрафних балів, вже була скоригована в моделях. Таким чином, тягар дорожньо-транспортного травматизму, особливо серйозного, спостерігався в Іспанії за тенденцією до зниження з 2004 року, і криміналізація певної поведінки на дорогах призвела до подальшого зменшення. Ефект особливо помітний серед мотоциклістів, на ризик яких найменш впливали попередні заходи з безпеки дорожнього руху.

Оскільки втручання було загальнонаціональним, не було інших груп для порівняння. Однак таке обмеження не є суттєвим для аналізу часових рядів, хоча могло посилити докази, оскільки відсоткові зміни порівнюються між часовими точками тієї ж серії. В дослідженні контролювали часовий тренд, сезонність, споживання палива та попередню безпеку на дорозі. Включили часові тенденції в аналізи, щоб врахувати зміни у потенційних перешкодах, таких як поліпшення безпеки автомобіля або поведінки на дорозі, протягом періоду дослідження. Щоб контролювати зміни експозиції, скоригували національний рівень споживання палива в моделях, але припустили, що мобільність рівномірно змінювалась під час дослідження за віковими, статевими та підгруповими типами користувачів. Не використовували кількість пройдених кілометрів усіма транспортними засобами, оскільки вона була доступна лише для неміських доріг. Кількість зареєстрованих

транспортних засобів не могла б точно фіксувати зміни в мобільності; тоді як ця кількість постійно зростала, споживання палива раптово скоротилося протягом 2008–2009 років. Це, швидше за все, не було результатом більшої ефективності транспортних засобів, що мало б поступові зміни, але економічна криза могла б це пояснити. Більше того, кількість пройдених кілометрів на німецьких дорогах показала подібне скорочення.

Методи, які були використані, не дозволили визначити, яку частку спостережуваної ефективності можна віднести до реформованого кримінального кодексу або до більш суворого дотримання законодавства про дорожній рух, яке супроводжувало реформу. І те, й інше, мабуть, мало вплив, оскільки закон діє лише настільки, наскільки він виконується. В Іспанії виконання законів про дорожній рух було надано пріоритет з 2004 року. Після реформи кримінального кодексу кількість кримінальних переслідувань, найбільше з них за керування без посвідчення та керування транспортним засобом у нетверезому стані збільшився з 43 296 у 2007 році до 87 755 у 2008 році.

Незважаючи на те, що ми не змогли окремо проаналізувати вплив кожного із покараних видів поведінки на дорозі, ми оцінили загальний вплив реформи кримінально-виконавчого кодексу як на водіїв, які представляють цільову групу для закону, так і на постраждалих внаслідок дорожньо-транспортних пригод з населення Іспанії в цілому.

В дослідженні використовували регресійні моделі Пуассона, які дають оцінки, аналогічні оцінкам, отриманим з моделями авторегресійної інтегрованої ковзної середньої (ARIMA) та з аналогічною якістю припасування. Це дозволило розрахувати RR, які дозволяють прямо інтерпретувати ефективність втручання в контроль за дотриманням правил дорожнього руху.

Більше того, великий обсяг вибірки дозволив стратифікувати аналіз за відповідними змінними, такими як вік, стать, тип учасника дорожнього руху, тип дороги та час зіткнення. Нарешті, довгий період перед втручанням забезпечив аналітичну стабільність.

Результати цього дослідження дозволяють припустити, що фіксація та покарання певної поведінки під час дорожнього руху може ефективно покращити безпеку дорожнього руху за рахунок зменшення як кількості водіїв, які беруть участь в зіткненнях з травмами, так і кількості людей, які постраждали внаслідок дорожньо-транспортних пригод. Ці висновки можна, поширити на інші країни, які мають ефективне управління дорожнім рухом і які надають пріоритет правоохоронним органам. Для прикладу, також можна переглянути графік зниження кількості порушень, після введення в експлуатацію системи автоматичної фіксації у Києві, на рисунку 2.11, що також підтверджує ефективність методу боротьби.



Рисунок 1.11 – Темпи зниження кількості порушень

Таким чином вдалося з'ясувати зв'язок між порушеннями правил дорожнього руху та виникненням аварій, пов'язати певні порушення з певними типами аварій, які виникають як наслідок. Довести системний вплив уваги до фіксацій порушень дорожнього руху та його результативність у напрямку зменшення кількості дорожньо-транспортних пригод, попередньо підтвердивши актуальність подібних проблем статистикою темпів зростання кількості автомобілів у світі.

2 АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЙ

2.1 Системи фіксації як складова Smart City

Інтелектуальні транспортні системи (ІТС) - це системи, які намагаються вирішити різні проблеми дорожнього руху за допомогою інформаційно-комунікаційних технологій. Кілька країн намагаються вирішити такі проблеми дорожнього руху шляхом впровадження ІТС та досягнення позитивних результатів. Однак існують деякі проблеми з просуванням ІТС у цих країнах, такі як відсутність технічної бази, відсутність координації між системами, відсутність генерального плану та фінансові обмеження. Для впровадження ІТС важливо вибрати відповідні технології та програми, що підходять для кожної країни. Відповідний план та оцінка проекту також важливі для впровадження ІТС.

Як країни, що розвиваються, так і розвинені, страждають від серйозних проблем міського руху, таких як затори, аварії та екологічні проблеми внаслідок концентрації населення та економічного зростання. Деякі міста використовують інтелектуальні транспортні системи (ІТС) для вирішення цих проблем міського руху за допомогою найсучасніших інформаційних комунікаційних технологій, і деякі з них досягли успіху в їх впровадженні. Однак навіть країни, які запровадили ІТС, стикаються з різними проблемами, такими як некоординовані складні системи, дефіцит знань щодо стратегії розгортання, відсутність генерального плану та зупинення розгортання через фінансові обмеження. Для впровадження ІТС необхідно вибрати відповідну технологію та програми, що підходять для кожної країни та регіону, а також відповідні плани впровадження та схеми проектів.

Японія впроваджує практичні програми ІТС, такі як служба інформаційного зв'язку з транспортними засобами (VICS) та система корекції електронного збору (ETC) по всій країні, базуючись на концепції «Smartway», показаній Рис. 2.1. Це

одна з концепцій кооперативних систем інфраструктури транспортних засобів (V2I).

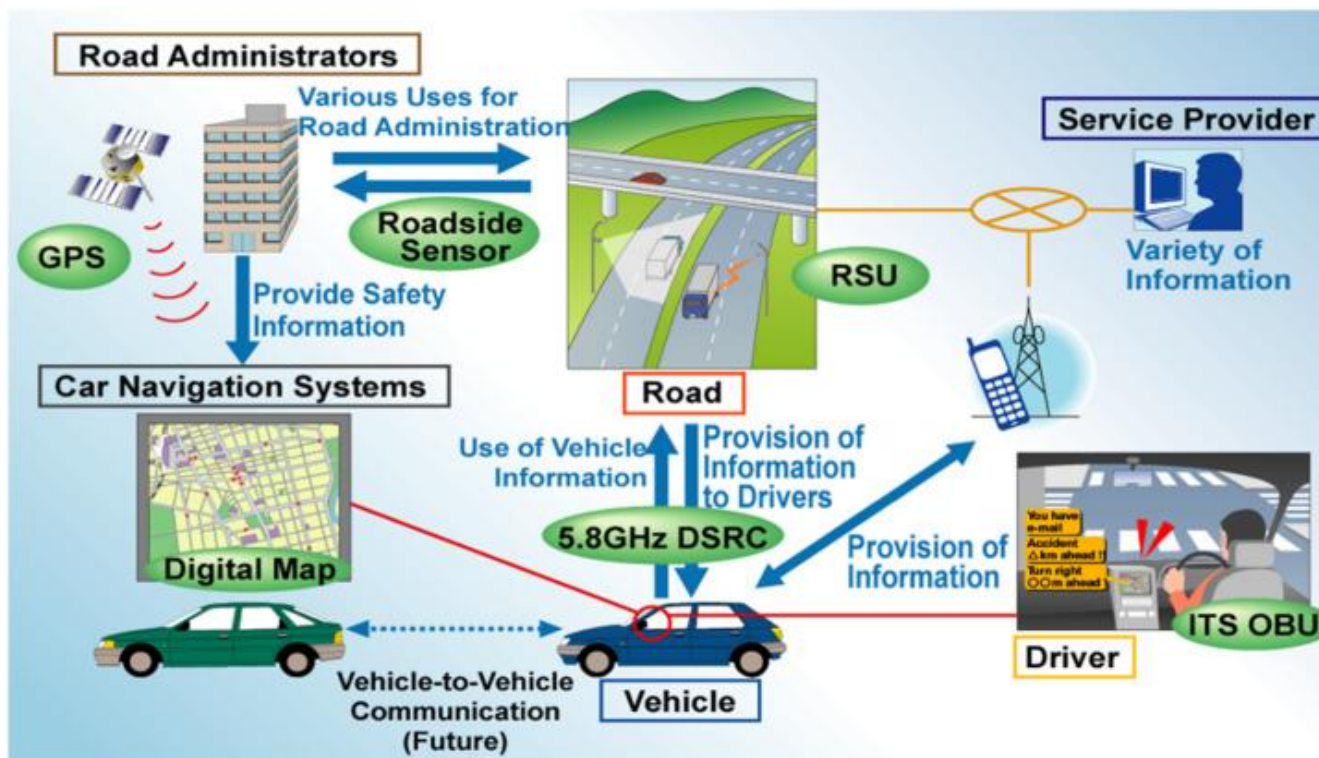


Рисунок 2.1 – Концепція кооперативної інфраструктури транспортних засобів

Новий проект під назвою «ETC 2.0», який поєднує функції VICS та ETC на одному бортовому блоці (OBU) та додає кілька нових функцій, був запущений в 2011 році. ETC 2.0 дозволив впровадити різноманітні програми завдяки високошвидкісним та ємкісним типам зв'язку, а саме, завдяки використанню характеристик виділеного зв'язку короткого діапазону (DSRC) на частоті 5,8 ГГц.

Такі системи варто розглядати, як основні системи майбутнього, які використовують технологію ITS для вирішення проблем міського руху на основі досвіду, отриманого в результаті впровадження ITS в різних країнах. Політика є вигідною для країн, які розвивають швидкісні магістралі за ініціативою державних фінансів (PFI) або державно-приватного партнерства (PPP).

На рис. 2.2 показані особливості ETC 2.0. Система проста, оскільки OBU ETC 2.0 та блок на (RSU), які називаються «ITS SPOT», взаємодіють між собою у виділеній зоні. OBU має базовий інтерфейс програми, що складається із таких загальних функцій, як функція запиту / відповіді, функція доступу до пам'яті,

функція доступу до ІС-карти, функція доставки інформації push-типу, функція зв'язку бортового пристрою з ідентифікатором та основна функція команди на борту. дозволяють використовувати різні послуги ІТС, поєднуючи ці загальні функції. Це має великі переваги, такі як зниження витрат та тривале використання OBU, тому якщо ми хочемо додати нову послугу, все, що нам потрібно зробити, це розробити нову RSU з новим додатком.

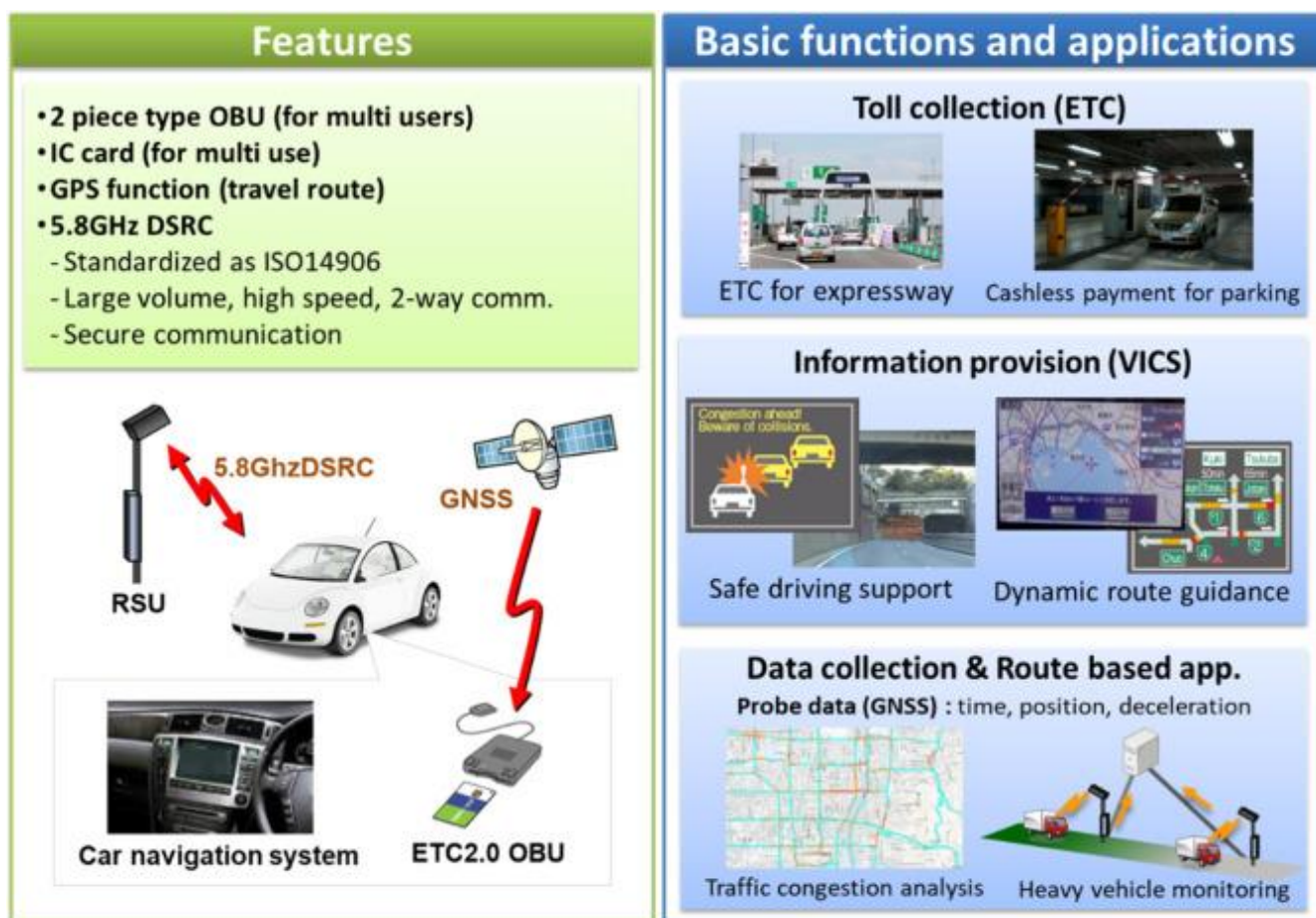


Рисунок 2.2 – Концепція кооперативної інфраструктури транспортних засобів

ETC 2.0 використовує систему із двох частин, яка підтримує декількох користувачів. Інформація про транспортний засіб зберігається в OBU, а особиста інформація зберігається на картках ІС, що дозволяє розділити власника транспортного засобу та платника мита. Це дозволяє людям, крім власників транспортного засобу, наприклад, тим які орендують автомобілі, сплачувати дорожні збори ETC. Безпека та захист конфіденційності також важливі для мобільних платежів. ETC 2.0 здатний гарантувати безпеку та захистити

конфіденційність, оскільки використовує IC-карту з мікросхемою із вбудованим процесором, що забезпечує двосторонню авторизацію та шифрування записаних даних за допомогою платформи безпеки DSRC (DSRC-SPF) . Високошвидкісний активний DSRC з високою ємністю на частоті 5,8 ГГц забезпечує надання інформації для більш безпечного водіння та інформацію про затори в широкому діапазоні приблизно на 1000 км. Двосторонній зв'язок також дозволяє збирати на ньому дані зонду з GNSS. Цей активний DSRC на частоті 5,8 ГГц сертифікований як ISO 14906 за рекомендацією Міжнародного союзу електрозв'язку М.1453.

Назва ETC 2.0 означає, що вона повністю сумісна зі звичайною системою ETC. Він може запропонувати нові додатки для мобільності, такі як підтримка безпечного водіння та динамічне керування маршрутом для автомобільних навігаційних систем, що використовують більшу ємність та високошвидкісний зв'язок, ніж звичайний VICS. Чудовим застосуванням цього є збір "даних зонду" за допомогою функції висхідної лінії зв'язку. Дані зонду складаються з двох видів даних: записів про подорожі та записів поведінки. Записи про подорож показують час та положення кожного транспортного засобу на його шляху. Запис поведінки може виявити небезпечні точки на дорозі, де водієві може знадобитися раптово зупинитися або змінити смугу руху.

До кінця грудня 2017 року на ринок було поставлено приблизно 2,4 мільйона ОБУ. Більше 3000 РСУ вже встановлено вздовж швидкісних та національних доріг Міністерством землі, інфраструктури, транспорту та туризму (MLIT).

Після Другої світової війни японський уряд розпочав будівництво швидкісних магістралей, використовуючи позику Світового банку, і з тих пір продовжує будівництво за системою платних доріг. Спочатку ми розпочали будівництво поздовжньої швидкісної автостради національного розвитку, яка з'єднує столичний район Токію, Нагою та Осаку. Після цього, розробили переїзну швидкісну магістраль, яка з'єднує малі міста та поздовжню швидкісну магістраль. Нарешті, зараз зосереджені на розвитку останніх миль до малих міст та кільцевих автострад у столичних районах. Кільцеві швидкісні магістралі - найважливіша інфраструктура, яку слід враховувати для вирішення проблем міського транспорту,

усуваючи проїжджаючий автомобільний рух, полегшуючи затори в центрі міста та надаючи простір для людей та громадського транспорту.

ETC відіграє ключову роль у розумному використанні розвинених швидкісних магістралей. По-перше, ETC є необхідним інструментом для безпечного та надійного збору мита за проїзд по платним дорогам. По-друге, це корисно для здійснення більшої кількості взаємозмін (IC) за менших витрат та за менший час, щоб поліпшити доступність для користувачів. По-третє, він має функцію динамічної оплати, яка надає водіям знижки, такі як користування у певний час доби або у певний день тижня може бути дешевшим за звичайну ціну, ці знижки існують для заохочення водіїв користуватися швидкісними магістралями.

У сільських районах, де неможливо щільно встановити рамки ETC, для зменшення грошей на будівництво корисна лише недорога IC для ІТС. З іншого боку, в мегаполісах менший простір вигідний через обмежену площу землі під будівництво, а функція динамічного стягнення плати є важливим інструментом для "управління попитом на транспорт (TDM)".

Використовуючи дані зонда, можливо точно визначити місце та час заторів та аварій. Крім того, можливо координувати найкращі контрзаходи, такі як розширення доріг, модифікація часу сигналів дорожнього руху, надання інформації через змінні знаки повідомлень (VMS) та автомобільні навігаційні системи, обчисленні за допомогою цих нових джерел даних. Зібрані дані зонду також можуть бути використані для оцінки ефекту скоординованих контрзаходів. Нарешті, можна встановити цикл реалізації політики PDCA.

Як показано на рис. 2.3, контрзаходи можуть бути оцінені після впровадження. Деталі дорожніх проблем можна більш точно зрозуміти, проаналізувавши дані зонду, хоча це частково залежить від проникнення OBU. Однією з недоліків ETC 2.0 є те, що збір даних залежить від розгортання RSU.

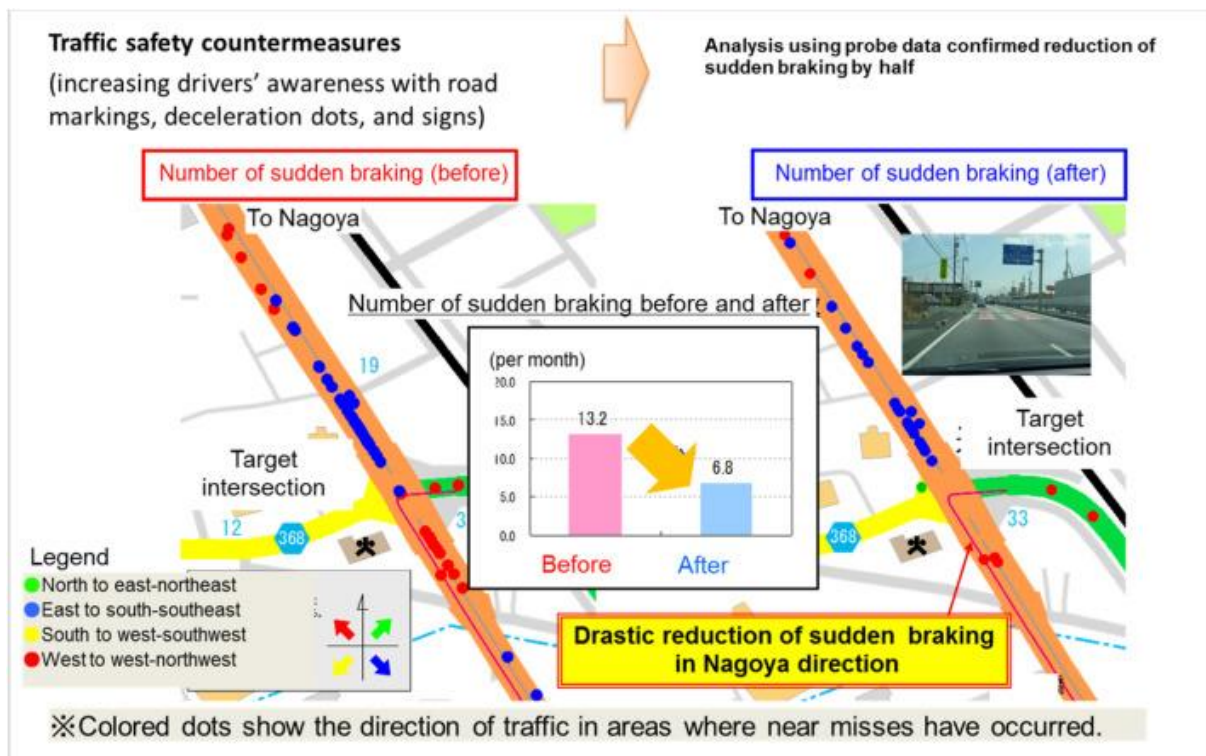


Рисунок 2.3 – Аналіз результативності контрзаходів

Існують чотири різні типи заходів протидії дорожньо-транспортним пригодам відповідно до термінів їх реалізації:

- перед: розвиток автомагістралі, дорожній сигнал, огороження, трамвайна смуга тощо;
- безпосередньо перед: надання інформації про безпеку на вивісках для транспортних засобів, автоматизована заборона руху;
- під час і відразу після: ремінь безпеки, подушка безпеки;
- після: автоматизований виклик допомоги.

Найефективнішими протидіями є заходи, вжиті до і безпосередньо перед аваріями, оскільки вони здатні запобігти нещасним випадкам. Однак встановлення заходів заздалегідь є дорогим і трудомістким через розвиток інфраструктури. Контрзаходи "безпосередньо перед" вважалися неможливими, оскільки не було інструментів для виявлення небезпек та доставки важливої інформації водієві в

салоні автомобіля безпосередньо перед небезпекою, яка може бути технічно складною.

Однак технології ІТС зробили це можливим. Камери відеоспостереження з обробкою зображення можуть виявити зупинений транспортний засіб на трасі або магістралі. Датчики на транспортному засобі можуть виявляти кінець дорожніх заторів, предмети на дорозі, дорожнє покриття та інші елементи, потенційно небезпечні для транспортних засобів. DSRC, що використовується на ETC 2.0, має високошвидкісний та потужний зв'язок і може надавати виявлену інформацію безпосередньо перед небезпечними секціями. На рис. 2.4 показано зображення використання програми безпеки ETC 2.0. Слід поєднувати ці технології та застосувати їх, для збільшення безпеки руху. У майбутньому визначення ділянок,

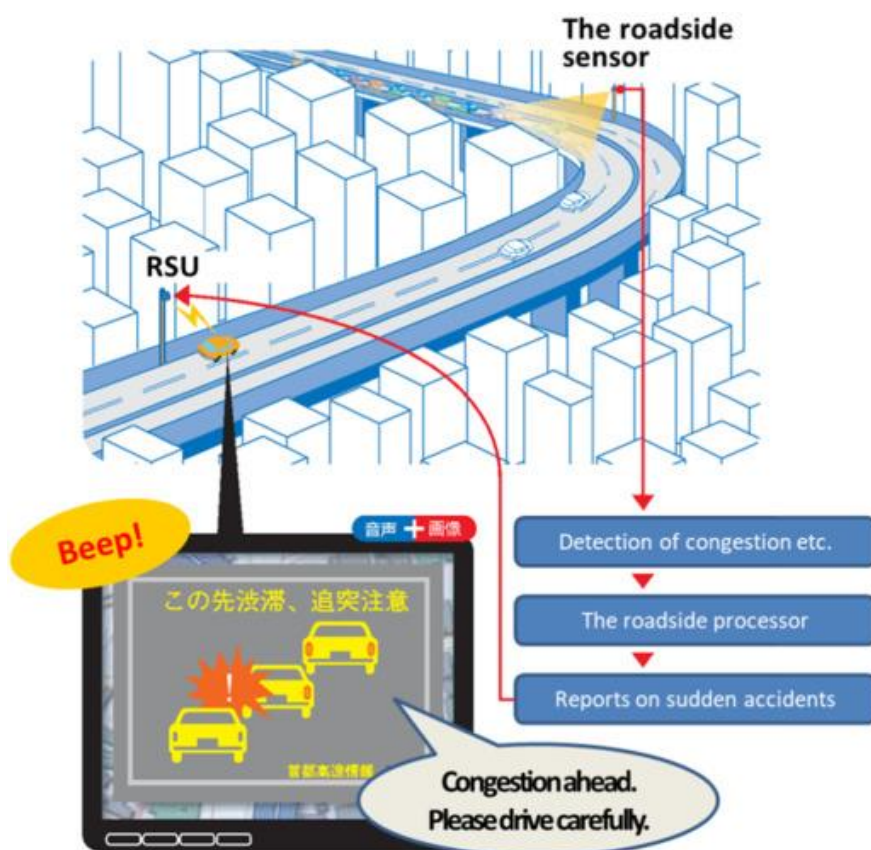


Рисунок 2.4 – Визначення небезпечних ситуацій

схильних до аварій, за допомогою даних зондів було б ефективним для виявлення небезпек за низької вартості.

Конкретно, вигодами для суспільства є зменшення дорожньо-транспортних пригод завдяки підтримці безпечного водіння, зменшення завантаженості

транспортних засобів та зменшення екологічного тиску шляхом надання водіям інформації про затори. Переваги для адміністраторів доріг полягають у детальному аналізі небезпечних районів, часто перевантажених місць тощо. Крім того, дані зондів можуть внести такі суттєві зміни, як ефективне та недороге управління дорогами. Перевагами для водіїв є фінансові переваги у вигляді знижок за плату за проїзд, безперервної плати за проїзд та оплати паркування. Переваги для водіїв, як кінцевих користувачів, є найважливішими для сприяння впровадженню ІТС. Схема зображена на рисунку 2.5.

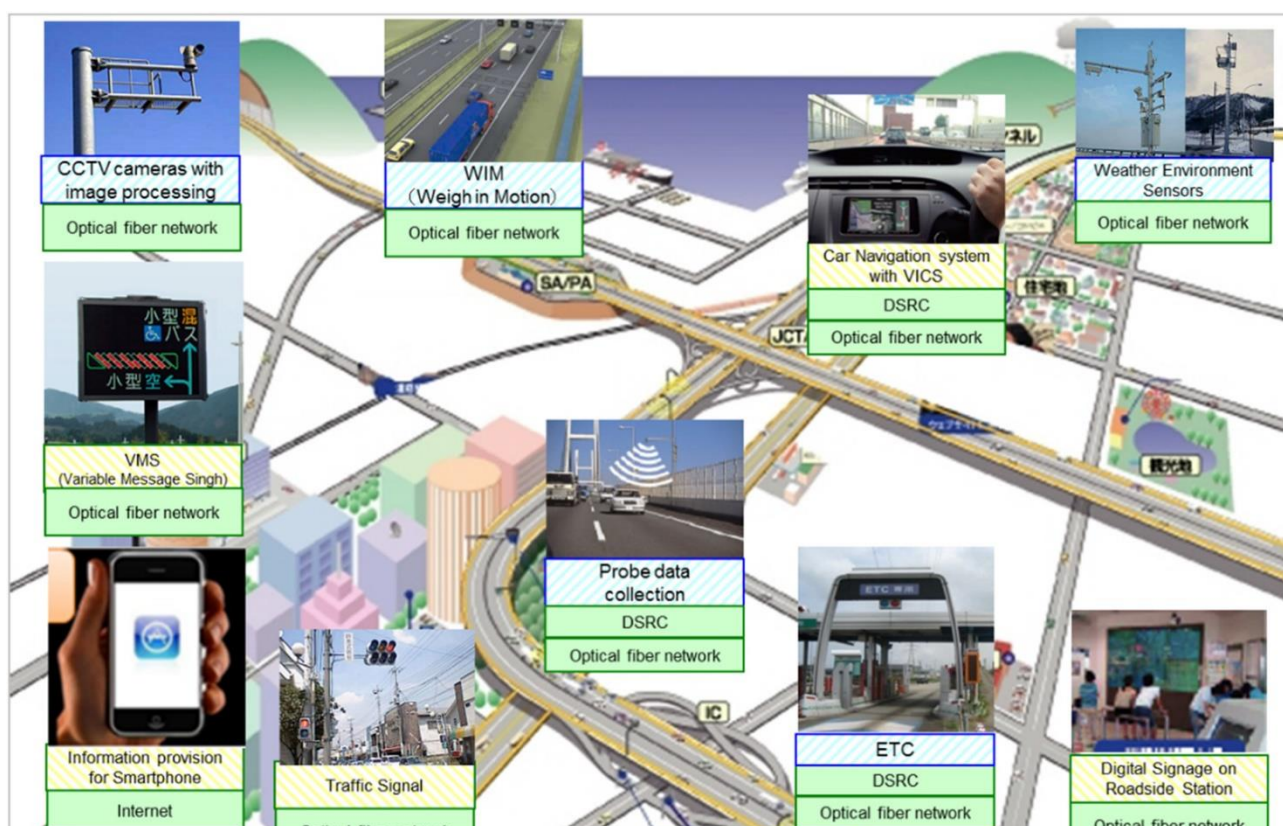


Рисунок 2.5 – Схема побудови системи ETC 2.0

Ефективним способом сприяння розгортанню спільних систем інфраструктури транспортних засобів, таких як ETC 2.0, є встановлення спочатку RSU під відповідальність державного сектору та забезпечення збору доходів від мита для покриття експлуатаційних витрат та технічного обслуговування таких об'єктів. Крім того, використання OBU дозволяє збирати дорожні збори за низькою вартістю, і це зниження вартості буде засобом для виникнення знижок на плату за проїзд. Знижки за плату збільшують задоволення водіїв від користування та

сприяють розгортанню OBU. Поширення OBU зменшить затори та викиди на місцях збору плати. Більше того, RSU збирають дані зондів, що є ресурсом інформації про дорожній рух для VICS, допомагаючи водіям вибрати об'їзд повз перевантажених маршрутів.

Добре спланована архітектура системи необхідна для надійного розвитку та зростання дорожньої інфраструктури без витрат. Впровадження ІТС слід продовжувати не розробляючи окремі програми, а використовуючи платформу для запуску програм на ній.

На рисунку 2.6 зображено загальні конфігурації інформаційної системи

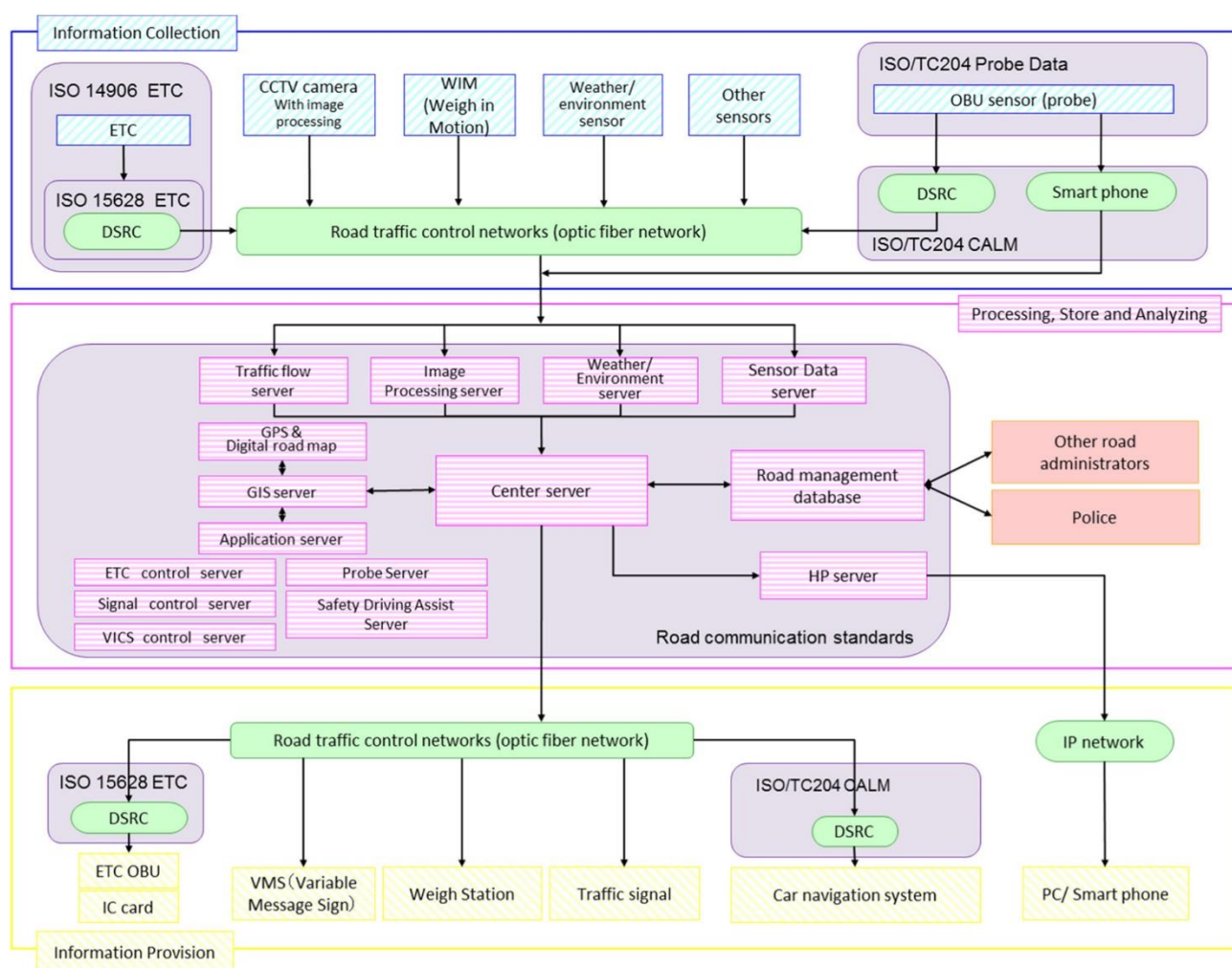


Рисунок 2.6 – Архітектура системи

(фізична архітектура), розроблені ІТС, щодо дорожньої інфраструктури. Вони класифіковані за елементарними типами технологій: технологія збору, обробки, зберігання, аналізу та надання інформації.

2.2 Існуючі архітектури побудови систем стеження

Для наведення прикладів побудови систем стеження обрано статистику зібрану у Польщі, вона добре відрізняє сфери застосування різних типів систем та детально розглядає як переваги так і недоліки кожного типу.

Щороку в Польщі реєструється близько 350000 крадіжок та 40000 пограбувань, 20000 з яких відбуваються в громадських місцях. Загальна тенденція свідчить про постійне зростання рівня злочинності.

У зонах, що відстежуються за допомогою камер, спостерігається значне падіння (в деяких випадках навіть повна ліквідація) кількості пограбувань, ексцесів, крадіжок та актів вандалізму. Це також змушує водіїв дотримуватися правил дорожнього руху. Наприклад - злочин, скоєний в одній із контрольованих зон у Радомі, зменшився на 50 відсотків. У випадку з іншими містами цей показник коливається в межах 25-75%.

Необхідною умовою досягнення таких наслідків є поєднання системи спостереження з втручанням поліції або муніципальної поліції. Правильна організація дозволяє офіцерам прибути до місця, вказаного оператором відеоспостереження, за 2 хвилини.

Система нагляду дозволяє "відновити" міські центри або залізничні вокзали для торгових, туристичних або культурних цілей. Слід пам'ятати, що введення нагляду не робить значного впливу на зниження злочинності у всьому великому місті, оскільки спостерігається переміщення правопорушень у зони, не охоплені моніторингом.

Система спостереження за містом допомагає не тільки значно покращити рівень безпеки як стримуючий фактор для вандалів і злочинців, але й діє як засіб для надання доказів, також підтримує організацію масових заходів, управління системою дорожнього руху тощо.

Важливо, щоб реалізація систем нагляду здійснювалась у тісній співпраці з поліцією та муніципальною поліцією. Якщо мова йде про Кельце, то на підставі опитувань про небезпечні місця, які проводились протягом останніх двох років,

вона була зроблена картою, яка стала базою для плану розміщення камер. Було домовлено про те, що спостережний центр повинен бути розташований поблизу відділення міліції. Були передбачені відповідні засоби бездротового зв'язку з патрулями та телефонного зв'язку з відділеннями міліції, які знаходились поблизу місць розташування камер. Там було виділено відповідне приміщення та призначено кваліфікований персонал для роботи.

Центр спостереження також може бути розташований у штабі муніципальної поліції. Але слід пам'ятати про пряме спілкування та співпрацю з поліцією, яка завжди є ключовою силою втручання.

Організаційна підготовка оглядового центру має велике значення. Що стосується обмежень на час, коли людина може працювати за монітором, у Радомі активним персоналом завжди є дві людини. У зв'язку з необхідністю постійного спостереження, штатний персонал центру нараховує 10 осіб. Правило, згідно з яким оператори повинні працювати в парі частіше вимагається для нагляду, але його значенням часто нехтують. Просто ця вимога збільшує витрати на утримання.

Як правило, ініціатива здійснюється муніципальним урядом, але в деяких випадках перші кроки робиться поліцією та муніципальною поліцією. Фінансування здебільшого забезпечується за рахунок ресурсів самоврядування, як правило, муніципального управління, але поліція може також брати певну участь у фонді. Але це пов'язано з попереднім отриманням відповідних ресурсів від губернатора провінції. Таке підприємство може також фінансуватись приватними спонсорами (система в Радомі фінансується таким чином). Для цього слід створити фундамент, щоб ресурси зацікавлених у спонсорстві могли потрапляти на рахунок. Об'єднання, які повинні бути зацікавлені в такому починанні, можуть бути, наприклад банки, власники підприємств, таких як магазини та ресторани, страхові компанії або навіть мешканці. Усі інвестиції повинні бути чітко враховані.

Поліція Кельця підрахувала, що якщо рівень злочинності в контрольованих районах знизиться лише на 20-30 відсотків, витрати окупляться за один рік.

Повинна бути призначена установа та особа, яка керує всім проектом, маючи дозвіл на переговори з, наприклад, адміністратором доріг, операторами зв'язку,

приватними власниками будівель тощо. Наприклад, установа, яка керувала виконанням інвестицій у Гданську була Радою міських доріг та зелені. Крім того, найкращим рішенням є передача всіх установок комунальному / міському уряду (за умови, що вони не є головним інвестором або власником з самого початку). Самоврядування повинно підготувати ресурси для подальшої модернізації, обслуговування та підтримки системи. Загальний огляд та технічне обслуговування слід проводити двічі на рік, перед зимою та навесні. За договором із сервісною фірмою варто звернути увагу на час проведення ремонтів та зупинки, пов'язані з цим.

Слід підкреслити велике схвалення громадськості до таких інвестицій. Опитування місцевої радіостанції в Радомі показало, що для жителів міста встановлення системи спостереження було найважливішою подією в місті.

Помилки при проектуванні. Поширеними помилками є: неправильно розташовані камери, неправильна чутливість камер, недостатнє освітлення спостережуваної області, корпуси камер, непридатні для роботи на вулиці, система запису із занадто довгими перервами між записаними кадрами.

На етапі проектування слід вказати, які камери слід використовувати для ідентифікації осіб, а які лише для загального спостереження. Варто знати, що для ідентифікації людини потрібно, щоб зображення людини на екрані монітора займало щонайменше 50% висоти екрана.

Експерти визнають переваги камер із затемненими куполами, оснащених функціями PTZ (вони мають естетичні корпуси, що нагадують лампи, забезпечують невидимість напрямку поточної роботи, можуть бути розміщені на висоті - саме тому вони менш вразливі до руйнування). Вони можуть спостерігати як за вибраними районами, так і за цілою панорамою - ніхто не може визначити фактичну експлуатацію.

При розробці конструкції установки варто задуматися про аварійне живлення. Важливо забезпечити роботу системи за будь-яких обставин. Найкраще рішення - центральна система живлення з функцією ДБЖ (аварійне живлення).

Також розумно взяти до уваги прямий зв'язок між місцями встановлення камер та центром моніторингу. Це може бути дуже корисним і дозволить встановити постові сигналізації (особа, що потребує, або поліцейський можуть зв'язатись із центром моніторингу, лише натиснувши кнопку - вони також будуть зображені на моніторі).

На сьогодні IP-відеоспостереження є єдиною технологією, яка використовується для побудови сучасних систем спостереження в містах. Слід підкреслити, що використання інших технологій (наприклад, аналогових камер та відеореєстраторів), проте воно не гарантує належної функціональності таких систем.

Новітня тенденція - використання мегапіксельних камер (велика частка IQinvision), що дозволяють контролювати великі площі без втрати деталей - стадіони, масові заходи, перехрестя, основні дороги тощо

IP-протокол дає чудові можливості для створення великих систем фіксації. Хорошим прикладом потенціалу є система моніторингу у всьому світі, впроваджена корпорацією Cisco, яка об'єднує 296 моніторингових місць, розкиданих у 60 країнах. У ній працює 2661 камера.

Застосовуючи подібну формулу для моніторингу міст, таку систему можна легко (і дешево) розробити в майбутньому. Архітектура мереж моніторингу IP ідентична загальним комп'ютерним мережам. Пристрої, що використовуються для обробки відеосигналів, мають власні IP-адреси. Все ще існує можливість використання аналогових фрагментів установки, наприклад камери та набори моніторів із використанням цифрових перетворювачів, які зазвичай називаються веб-серверами - з одного боку, та цифрових перетворювачів, званих декодерами або транскодерами - з іншого. Запис відео може виконуватися або локально, за допомогою звичайних відеореєстраторів, або віддалено, за допомогою реєстраторів потоку даних.

Ілюстрація концепції впровадження системи відеоспостереження ІР, на рисунку 2.7, яка використовує існуюче аналогове обладнання. Червоні шляхи - аналогова частина установки, сині - цифрові мережі.

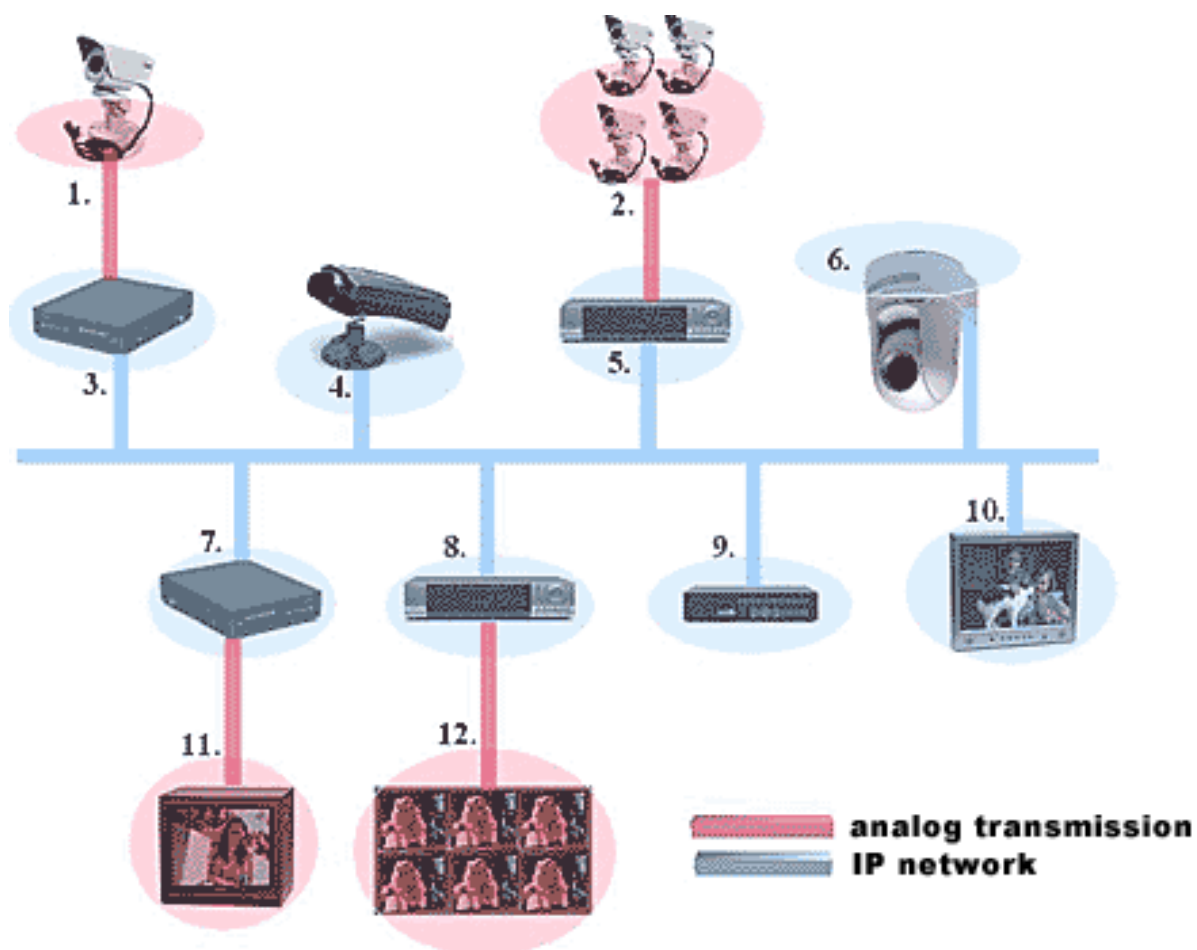


Рисунок 2.7 – Система стеження з використанням аналогового сигналу

- 1 - аналогова камера
- 2 - набір аналогових камер
- 3 - одноканальний веб-сервер
- 4 - ІР-камера
- 5 - чотириканальний веб-сервер
- 6 - ротаційна ІР-камера
- 7 - цифровий декодер
- 8 - багатоканальний цифровий цифровий декодер
- 9 - мережевий цифровий відеореєстратор (NDVR)
- 10 - цифровий монітор

11 - аналоговий монітор

12 - набір аналогових моніторів

У традиційній аналоговій системі відеоспостереження великою проблемою є велика відстань передачі. Наприклад, при побудові системи у Тарнобжегу неможливо було запустити найдальшу камеру. Рішенням було використання IP-камери відеоспостереження від АСТі.

У випадку ряду віддалених місць, які слід контролювати у місті, часто єдиним засобом створення такої системи є використання бездротових установок. Аналогова технологія не пропонувала таких можливостей та гнучкості розгортання, також були проблеми з перешкодами та управлінням PTZ.

IP CCTV - моніторинг міста та шкіл в Освенцимі. Програма Безпечне місто Освенцим заснована на сучасній бездротовій системі IP-відеоспостереження. Він включає моніторинг центру міста, трьох шкіл та дитячого садка.

На першому етапі було розгорнуто 19 IP-камер від АСТі та один відеосервер, що дозволяє використовувати чотири аналогові камери, які були частиною старої системи відеоспостереження. У кожній школі встановлено чотири камери K1311 та локальний сервер для запису та перегляду матеріалу. Поділ установки на невеликі автономні секції дозволяє подовжити час реєстрації (один сервер лише на чотири камери) та оптимізувати параметри зображення без високих вимог до пропускної здатності.

Сигнали від камер, встановлених у школах та на вулицях, бездротово надсилаються до центру моніторингу, який знаходиться у штабі муніципальної поліції. Посилання працюють в діапазоні 5 ГГц, використовуючи точки доступу. Мережа забезпечує плавну передачу зображень з 19 камер, розташованих навіть на кілька кілометрів один від одного. Незважаючи на факт місцевого запису, муніципальна поліція реєструє дані в центрі моніторингу, щоб гарантувати максимальний рівень безпеки. Використання параметрів запису за розкладом та виявленням руху дозволяє обмежити мережевий трафік та необхідну ємність системи запису.

Центр міста контролюється за допомогою IP-камер вдень та вночі. Система спостереження, запущена в Освенцімі, є одним із перших проєктів, що поєднує моніторинг шкіл та центру міста. Централізоване управління системою, яке виконують працівники міліції, гарантує швидку реакцію на будь-які загрози. У майбутньому система буде додатково розвиватися, навіть до 100 камер. Встановлення було проведено компанією Crowley Data Poland.

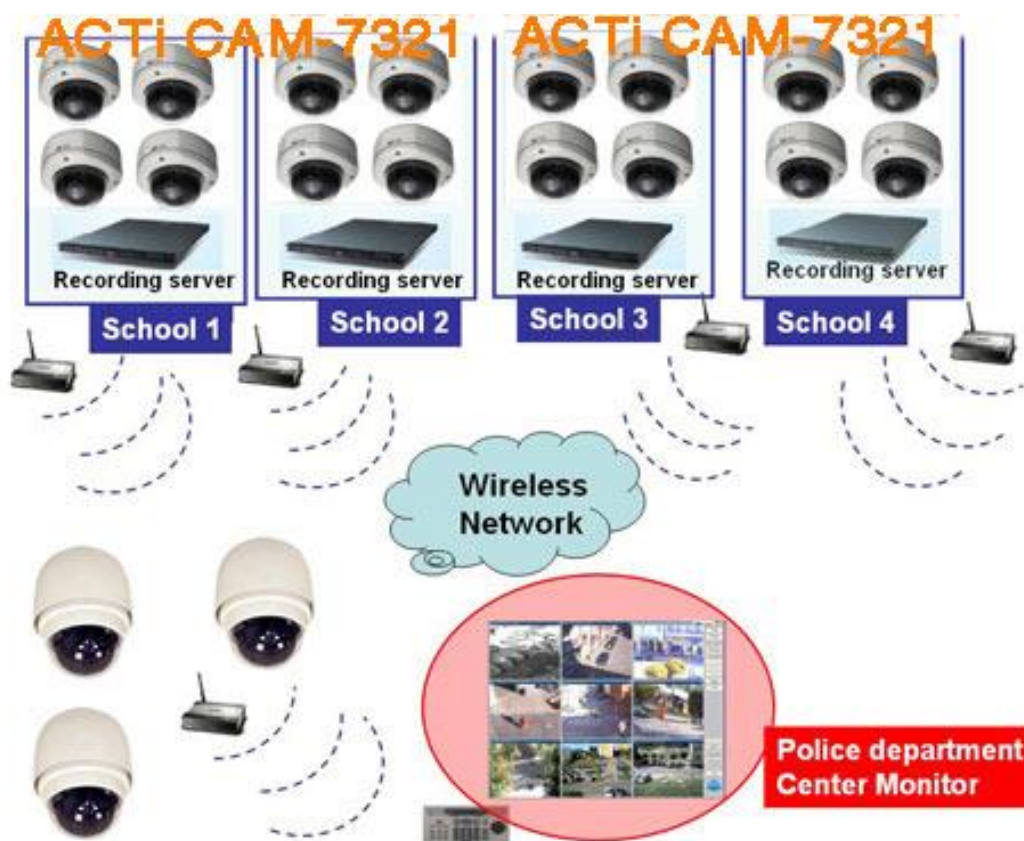


Рисунок 2.8 – Комбінований моніторинг IP камерами

Міський моніторинг у Освенцімі - система була описана на веб-сайті АСТі як типове рішення для міських / приміських установок. Міська система відеоспостереження в м. Злотув, Польща, базується на стаціонарних та поворотних IP-камерах від АСТі та ряді бездротових пристроїв. Однак у випадку меншої відстані також використовувався дротовий зв'язок. Вирішальними факторами завжди є економія можливих рішень та надійність передачі.

Основна схема встановлення відеоспостереження в Златові зображена на рисунку 2.9. Сигнали з камер додатково передаються від центру спостереження до відділення міліції. Цей шлях дуже важливий, щоб негайно реагувати на службовцям у разі великого ризику небезпеки.

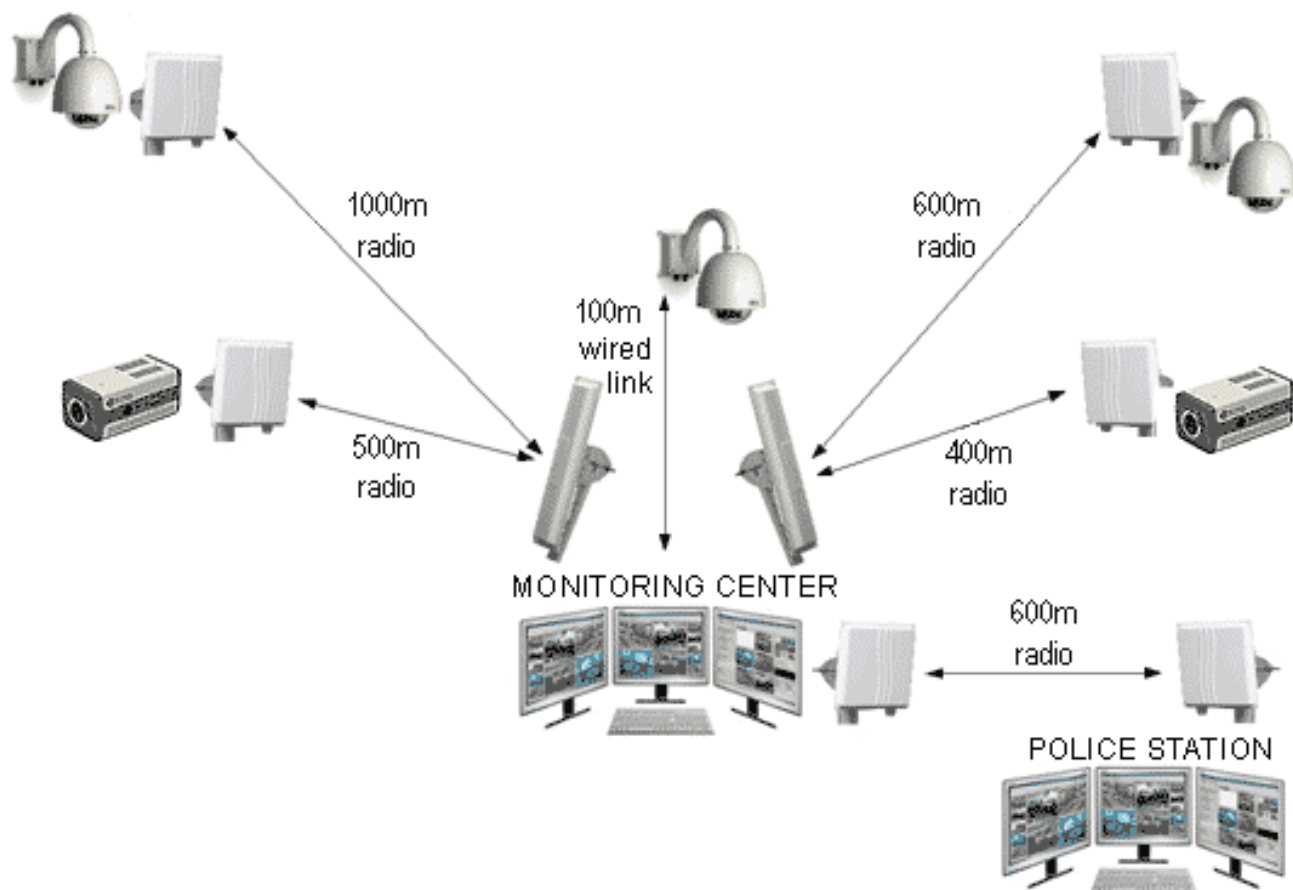


Рисунок 2.9 – Побудова бездротової системи фіксації

Гібридна система відеоспостереження в Скавіні поблизу Кракова, рисунок 2.10. Існуючу аналогову систему (13 обертових камер) розширили ще на декілька камер. Через велику відстань між пунктами спостереження та муніципальним відділенням міліції це не могли бути аналогові камери. Належне рішення забезпечила технологія IP CCTV. В якості середовища передачі використовується мережа кабельного телебачення, що дозволяє одночасно розподіляти телевізійні канали та передавати пакети даних. Це рішення дозволяє швидко встановити наступні камери без необхідності прокласти додаткові кабелі.

Оскільки система використовує 16-канальний відеореєстратор, використовуються транскодери. Це дозволяє використовувати три канали, які раніше не використовувались, а також існуючу консоль для управління новими камерами. Така гібридна система є першим кроком до технології IP, все це потрібно через низькі витрати (лише нові камери та транскодери). Встановлені камери K1214 забезпечують високу якість зображення, незважаючи на мінливе освітлення та погодні умови. Встановлення виконано компанією Autosom.

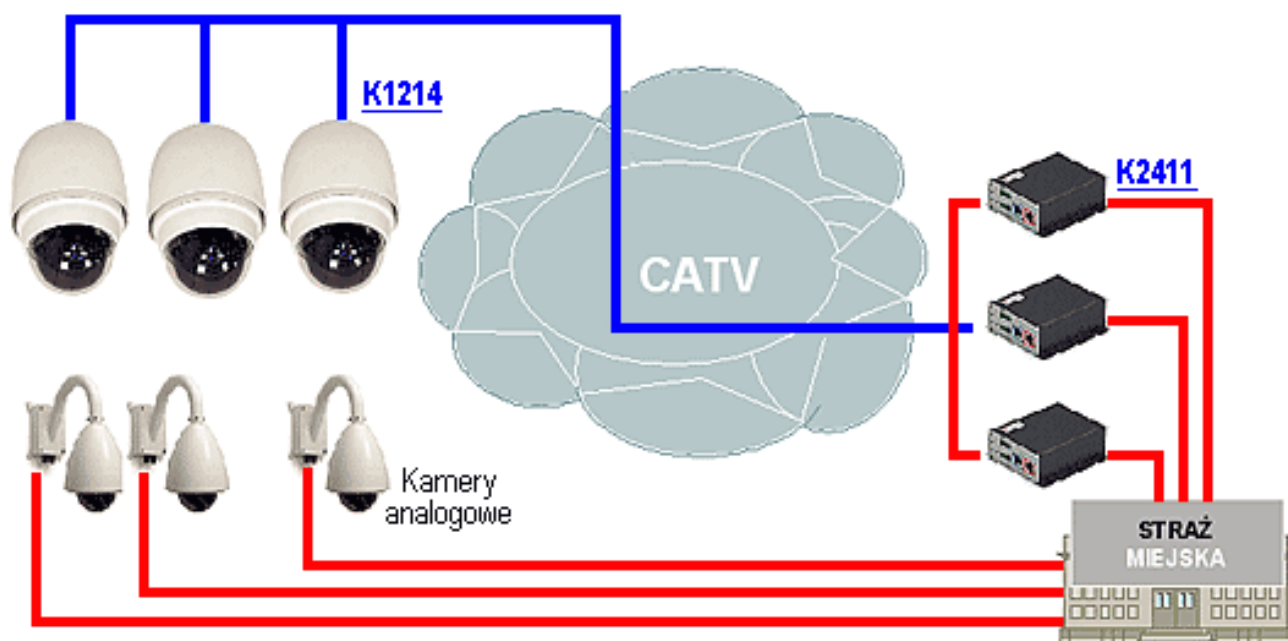


Рисунок 2.10 – Гібридна система з транскодерами

В якості основного конкурента, більш технологічного аналогу, обрано камери компанії Hikvision, саме цей виробник встановлював своє обладнання для Kyiv Smart City. І воно є найкращим серед того, що можна розглянути на ринку зараз.

Для кращого розуміння моделі, яку буде запропоновано у наступному розділі, розглянемо принцип побудови систем Hikvision на рисунку 2.11. Як видно зі схеми, використано типовий принцип побудови сучасних IP CCTV систем, який вимагає наявності камери, маршрутизаторів, серверів та високошвидкісного з'єднання для швидкої передачі відеопотоку.

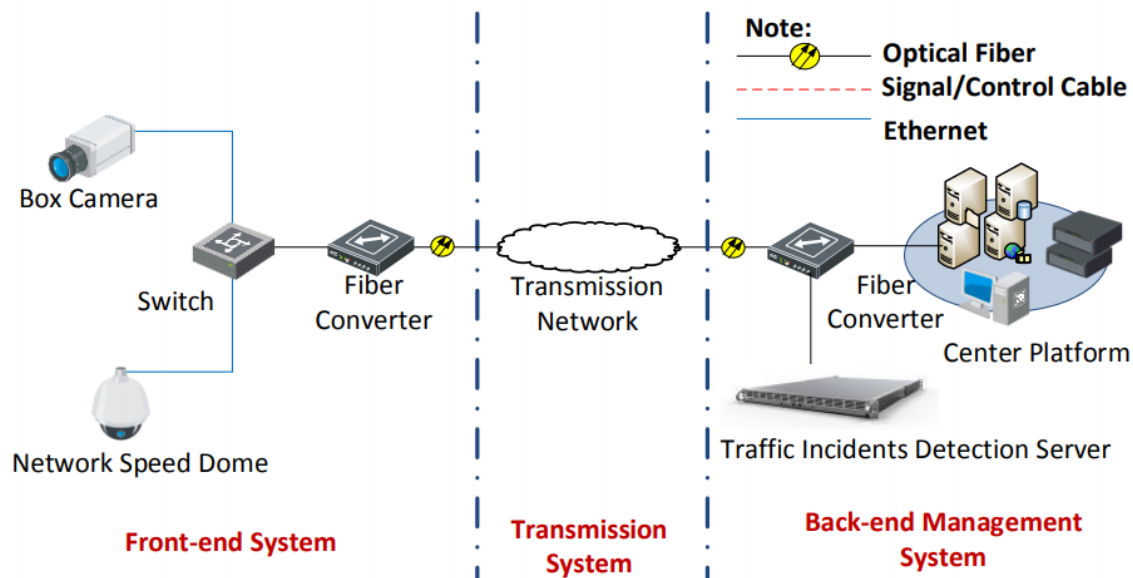


Рисунок 2.11 – Побудова системи Hikvision

Розглядаючи систему Hikvision, як технологічний взірець побудови систем фіксації порушень, одразу можна виявити основні недоліки, які буде розглянуто у наступному підрозділі.

2.3 Недоліки та обмеження існуючих систем

Для побудови якісної системи фіксації порушень, потрібно запровадити низку архітектурних рішень, стосовно інфраструктури з якою буде працювати камера. З усіх наведених вище прикладів, можна з'ясувати основний ланцюг передачі інформації. У спрощеному вигляді його можна описати так: камера фіксації, маршрутизатор до якого під'єднана камера, високошвидкісна мережа, маршрутизатор на боці центру обробки інформації та сервер який опрацьовує отриманні зображення. Цей ланцюжок виділено червоним кольором на рисунку 2.12. У чому ж полягає недолік такої системи? Які вона накладає обмеження у застосуванні? Усі обмеження виходять з потреби у високій якості та доступності інфраструктури. Доступ до швидкісного інтернету не є чимось обмежуючим для великих міст, та міст які знаходяться біля мегаполісів, проте досить висока

кількість, більше 60% транспортних магістралей пролягають на великій відстані від міст та інфраструктури.

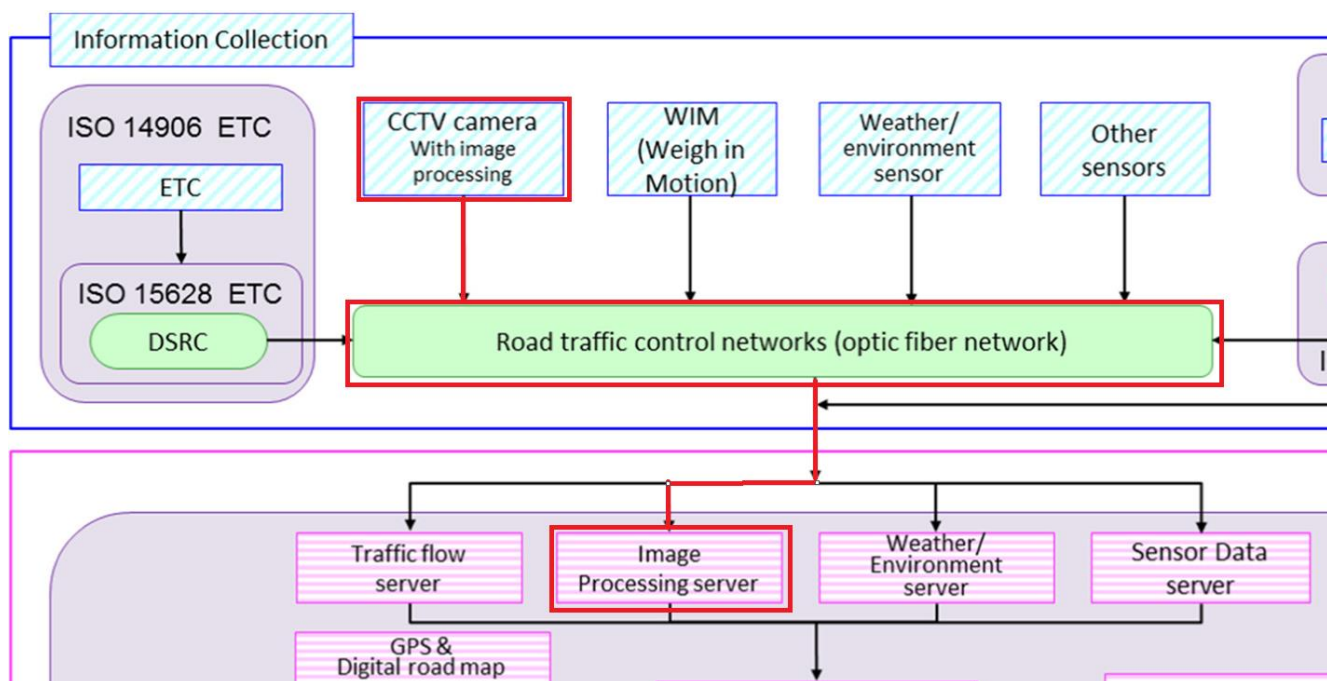


Рисунок 2.12 – Ланцюг передачі відеопотоку на сервер

Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації, за участю операторів зв'язку і інтернет-провайдерів створила карту покриття населених пунктів України різними технологіями фіксованого широкосмугового доступу, яка зображена на рисунку 2.13.

Карта ШПД запущена в тестовому режимі із зазначенням обласних центрів і населених пунктів, в яких забезпечена можливість надання послуги дротового і бездротового доступу в Інтернет за різними технологіями. Надалі вона буде доповнюватися новою інформацією від операторів і провайдерів.

На карті враховуються такі технології:

- FTTx - фіксований широкосмуговий доступ по волоконно-оптичних ліній;
- xPON - фіксований широкосмуговий доступ по пасивним оптичних ліній;
- xDSL - широкосмуговий доступ по телефонних лініях;
- DOCSIS - фіксований широкосмуговий доступ через мережі кабельного телебачення;

WLL - фіксований широкосмуговий радіодоступ;

Other - широкосмуговий доступ за іншими технологіями.



Рисунок 2.13 – Карта покриття широкосмуговим доступом

За словами представниці НКРЗІ, за станом на 12 березня на мапі ШПД зафіксовані дані від більш ніж половини суб'єктів, тобто понад 2600 звітів. 50% операторів і провайдерів заявили про можливість надання послуг фіксованого доступу сукупно в близько 28 тис. населених пунктів. Так що покриття ШПД в Україні досить висока, але ще рости і рости оптичних мереж, що позначається на середній швидкості фіксованого інтернету, яка сьогодні становить близько 50 Мбіт / с. І з цим показником Україна знаходиться на 58 місці в світі.

Отже кількість території доріг є досить обмеженими у доступі до інфраструктури, тому можливість встановлення там сучасних IP CCTV систем відсутня, або є досить витратної. Вартість монтування десятків кілометрів оптичного кабелю до небезпечних ділянок на дорогах значно обмежує розвиток систем фіксації. Для ліпшого розуміння ситуації з розвитком оптоволоконних

мереж, було зроблено знімок мапи з нанесеними зонами тільки оптоволоконного покриття, зображення покриття на рисунку 2.14.

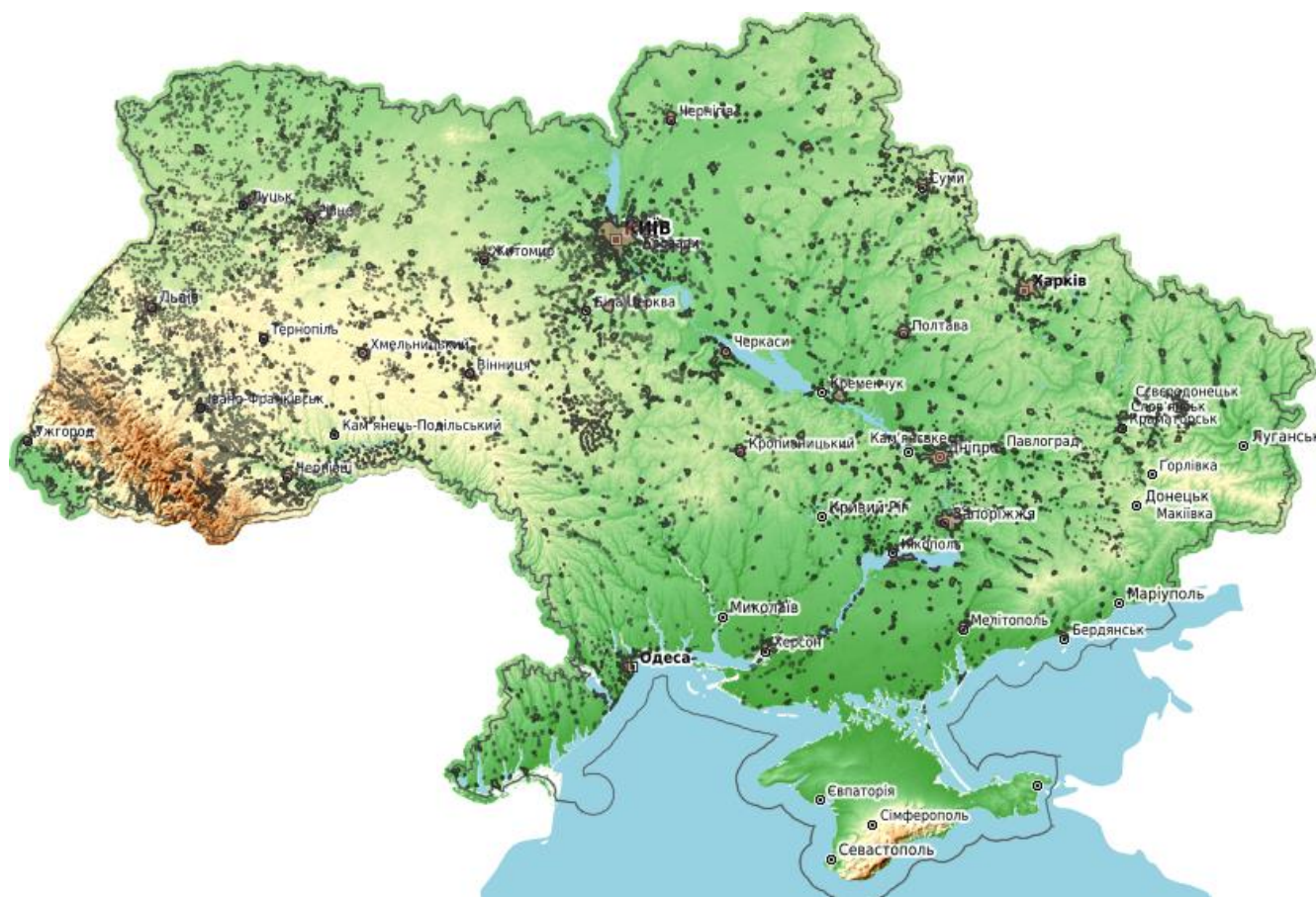


Рисунок 2.14 – Карта покриття оптоволоконним доступом

Також варто виділити вартість системи в цілому, для отримання цієї інформації можна звернутися до сайту державних закупівель (детальна інформація буде надана у наступному розділі), та виявити досить високі вартості систем, яку маленькі міста не можуть собі дозволити. Окремим питанням стає безмежні можливості по стеженню за людьми, проте подібна інформація не буде розглядатися у цій роботі за браком достатньої кількості статистики.

3 МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

3.1 Використання нейронних мереж

Виходячи з досліджень по взаємозв'язку типів порушень з видами аварій, які виникають як результат, було виявлено декілька порушень на які не впливає швидкість руху автомобіля, а тому й зафіксувати такі порушення використовуючи звичні радары для фіксації не вийде. Тому варто підібрати конкретну реалізацію нейронної мережі, яка зможе впоратись з задачею фіксації: руху на забороняючий сигнал світлофора, порушенням рядності руху, користування смартфоном та інші.

Різні завдання з розпізнавання зображень оброблялися в сфері розпізнавання зображень до 2010 року, поєднуючи локальні функції зображення, розроблені вручну дослідниками (так звані особливості ручної роботи) та метод машинного навчання. Після прориву в 2010 р. Було запропоновано багато методів розпізнавання зображень, що використовують глибоке навчання. Методи розпізнавання зображень за допомогою глибокого навчання набагато перевершують методи, що використовувались до появи глибокого навчання на загальних змаганнях з розпізнавання об'єктів. Таким чином, буде розглянуто, як глибоке навчання застосовується в області розпізнавання зображень, а також буде обрано необхідну систему.

Наприкінці 1990-х років стало можливим обробляти велику кількість даних на високій швидкості з розвитком комп'ютерів загального призначення. Основним методом було вилучення вектора зображення (який називається місцевим елементом зображення) із зображення та застосування методу машинного навчання для розпізнавання зображень. Контрольоване машинне навчання вимагає великої кількості зразків навчальних занять, позначених класом, але не вимагає від дослідників розробки правил, як у випадку методів, заснованих на правилах. Отже, можна реалізувати універсальне розпізнавання зображень. В епоху 2000 року активно досліджувались такі рукотворні функції, як інваріантне до масштабу перетворення ознак (SIFT) та гістограма орієнтованих градієнтів (HOG) як локальних ознак зображення, розроблені на основі знань дослідників. Поєднуючи

локальні особливості зображення із машинним навчанням, вдосконалилися практичні програми технології розпізнавання зображень, представлені розпізнаванням обличчя. Потім, наприкінці 2010-х, глибоке навчання виконувати процес вилучення особливостей за допомогою навчання потрапило під центр уваги. Ручна функція необов'язково є оптимальною, оскільки вона витягує та виражає значення об'єкта за допомогою розробленого алгоритму, заснованого на знаннях дослідників. Поглиблене навчання - це підхід, який може автоматизувати процес вилучення об'єктів та ефективний для розпізнавання зображень. Глибоке навчання досягло вражаючих результатів у загальних змаганнях з розпізнавання об'єктів, і триває використання розпізнавання зображень, необхідного для автономного керування (наприклад, виявлення об'єктів та семантична сегментація). Ми розглянемо, як глибоке навчання застосовується до кожного завдання в розпізнаванні зображень та як воно вирішується, а також описує тенденцію автономного водіння на основі глибокого навчання та пов'язані з цим проблеми.

У звичайному машинному навчанні (тут воно визначається як метод до того часу, коли глибоке навчання привернуло увагу), важко безпосередньо вирішувати загальні завдання розпізнавання об'єктів із вхідного зображення. Цю проблему можна вирішити розмежуванням завдань ідентифікації зображень, класифікації зображень, виявлення об'єктів, розуміння сцени та розпізнавання конкретних об'єктів, як показано на рис. 3.1. Визначення кожного завдання та підходи до кожного завдання описані нижче.

Перевірка зображення є проблемою для перевірки того, чи об'єкт на зображенні збігається з еталонним зразком. Під час перевірки зображення обчислюється відстань між вектором ознак еталонного зразка та вектором ознак вхідного зображення. Якщо значення відстані менше певного значення, зображення визначаються як однакові, а якщо значення більше, то визначається інакше. Ідентифікація відбитків пальців, обличчя та особи стосується завдань, при яких потрібно визначити, чи є особа власником відбитку. У процесі глибокого навчання проблема ідентифікації людини вирішується шляхом проектування функції втрат (функція триплетних втрат), яка обчислює значення відстані між

двома зображеннями однієї і тієї ж людини як мале, а значення відстані із зображенням іншої людини як велике.

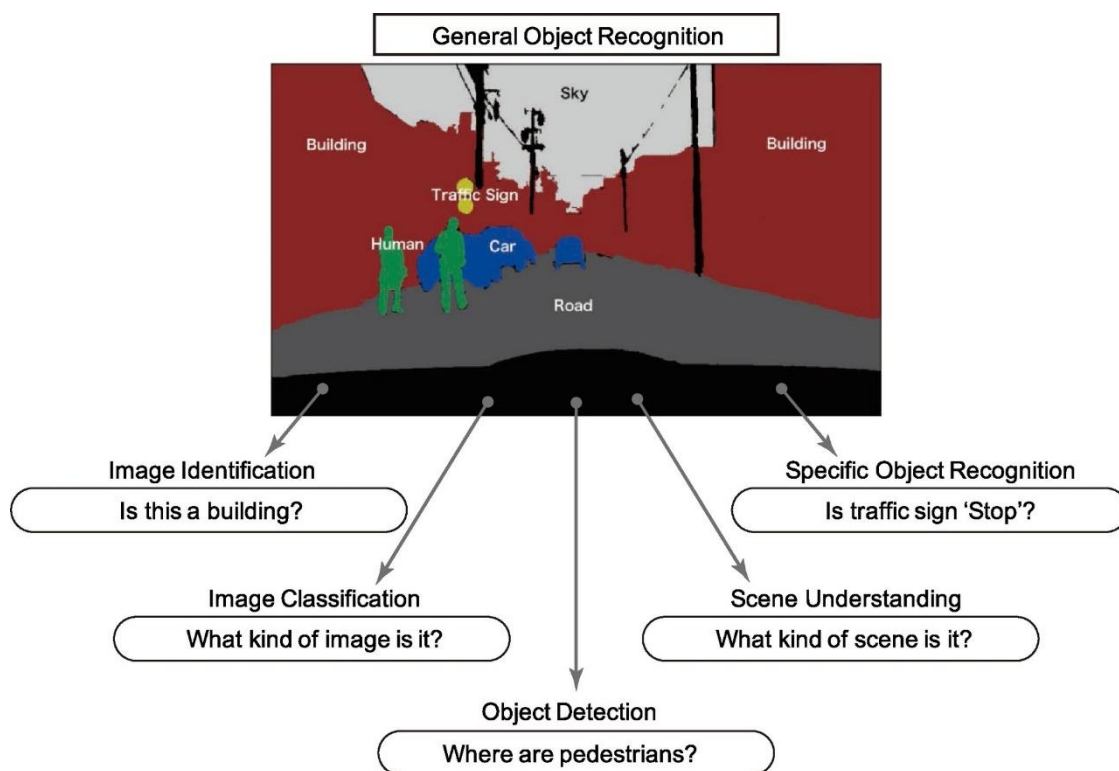


Рисунок 3.1 – Завдання нейронних мереж

Виявлення об'єкта - це проблема пошуку місця розташування об'єкта певної категорії на зображенні. Практичне виявлення обличчя та виявлення пішоходів включено в це завдання. Розпізнавання обличчя використовує поєднання Хаароподібних функцій та AdaBoost, а пішохід використовує функції HOG та векторну підтримку (SVM). У звичайному машинному навчанні виявлення об'єктів досягається за допомогою навчання 2-класних класифікаторів, що відповідають певній категорії, та растрового сканування на зображенні. У процесі глибокого виявлення об'єктів на основі навчання можна досягти багатокласового виявлення об'єктів, націлених на кілька категорій, за допомогою однієї мережі.

Класифікація зображень - це проблема з'ясувати категорію, до якої належить об'єкт на зображенні, серед наперед визначених категорій. У звичайному машинному навчанні був використаний підхід, який називається пакетом функцій (BoF): вектор кількісно визначає локальні особливості зображення та виражає

особливості всього зображення у вигляді гістограми. Проте глибоке навчання добре підходить для завдання класифікації зображень і стало популярним у 2015 році завдяки досягненню точності, що перевищує ефективність розпізнавання людини у завданні класифікації зображень класу 1000.

Розуміння сцени - це проблема розуміння структури сцени в зображенні. Перш за все, семантичну сегментацію, яка знаходить категорії об'єктів у кожному пікселі на зображенні, вважається важкою для вирішення за допомогою звичайного машинного навчання. Тому це розглядалося як одна з головних проблем комп'ютерного зору, але було показано, що це проблема, яку можна вирішити, застосовуючи глибоке навчання.

Розпізнавання об'єкта - це проблема пошуку конкретного об'єкта. Надаючи атрибути об'єктам із власними іменниками, розпізнавання конкретних об'єктів визначається як підзадача загальної проблеми розпізнавання об'єктів. Конкретне розпізнавання об'єкта досягається шляхом виявлення точок об'єкта за допомогою SIFT на зображеннях та процесу голосування, заснованого на розрахунку відстані від точок об'єкта опорних зразків. Тут безпосередньо не використовується машинне навчання, але запропоноване у 2016 році вивчене інваріантне перетворення ознак (LIFT) досягло поліпшення продуктивності завдяки навчання та заміні кожного процесу в SIFT шляхом глибокого навчання.

Розпізнавання зображень до глибокого навчання не завжди є оптимальним, оскільки функції зображення витягуються та виражаються за допомогою алгоритму, розробленого на основі знань дослідників, який називається ручною функцією. Зворотлива нейронна мережа (CNN), яка є одним із видів глибокого навчання, є підходом для класифікації навчання та вилучення ознак із навчальних зразків, як показано на рис. 3.2. Далі розглянемо CNN, основна увага приділяється

виявленню об'єктів розуміння (семантична сегментація), та описує його застосування до розпізнавання зображень та його тенденції.

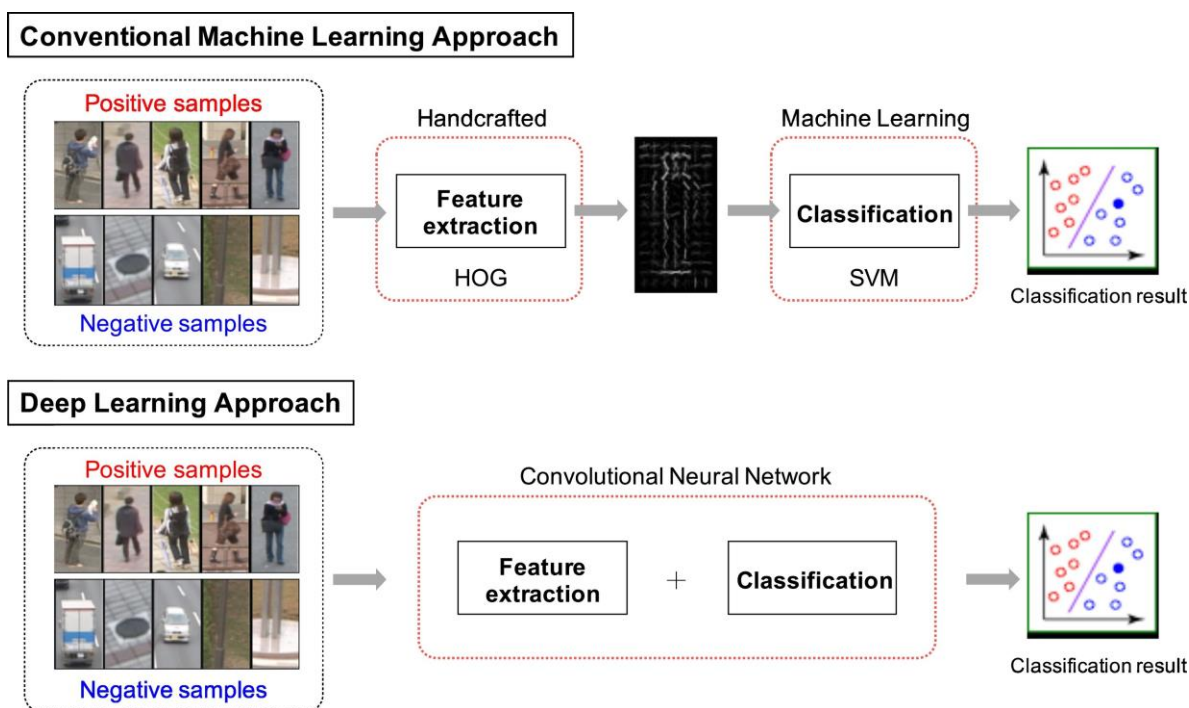


Рисунок 3.2 – Класифікація зображень

Як показано на рис. 3.3, CNN обчислює карту функцій, що відповідає ядру, конвультуючи ядро (ваговий фільтр) на вхідному зображенні. Карти функцій, що відповідають типам ядра, можуть бути обчислені, оскільки існує кілька ядер. Далі розмір карти об'єктів зменшується за рахунок об'єднання карти об'єктів. Як результат, можна поглинати геометричні варіації, такі як незначне переміщення та обертання вхідного зображення. Процес згортки та процес об'єднання застосовуються неодноразово для вилучення карти об'єктів. Витягнута карта об'єктів вводиться до повністю пов'язаних шарів, і нарешті виводиться ймовірність кожного класу. У цьому випадку вхідний і вихідний рівень мають мережеву структуру, яка має одиниці для зображення та кількості класів.

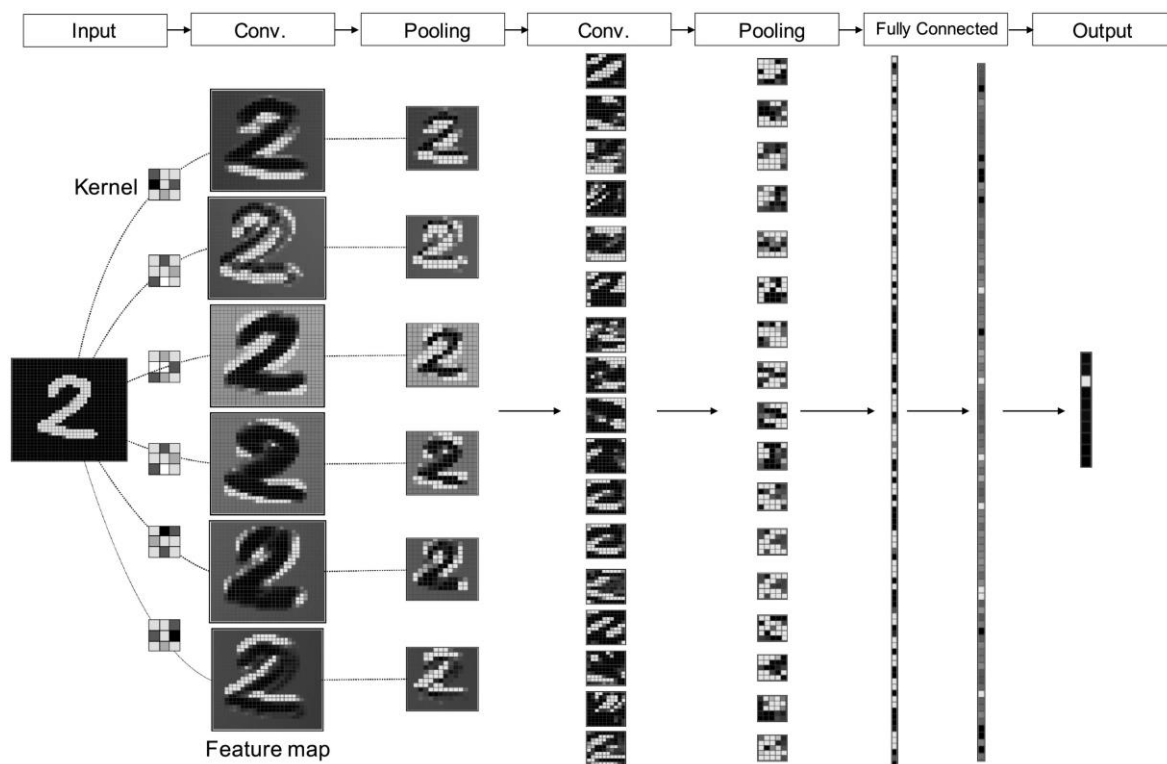


Рисунок 3.3 – Карта функцій CNN

Навчання CNN досягається шляхом оновлення параметрів мережі методом зворотного розповсюдження. Параметри в CNN стосуються ядра згорткового шару та ваги всіх зв'язаних шарів. Потік процесу методу зворотного розповсюдження показаний на рис. 3.3. Спочатку навчальні дані вводяться в мережу з використанням поточних параметрів для отримання прогнозів (пряме розповсюдження). Помилка обчислюється за прогнозами та ярликом тренувань; кількість оновлень кожного параметра отримується з помилки, і кожен параметр у мережі оновлюється від вихідного рівня до вхідного рівня (зворотне поширення). Навчання CNN означає повторення цих процесів для отримання хороших параметрів, які можуть правильно розпізнавати зображення.

На рис. 3.4 показані деякі приклади візуалізації ядер на першому рівні згортки AlexNet, який розроблений для завдання класифікації класів об'єктів 1000 на ILSVRC (ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge) 2012. AlexNet складається з п'яти шарів згортки та трьох повністю з'єднаних шарів, вихідний рівень яких має 10 000 одиниць, що відповідає кількості класів. Ми бачимо, що

AlexNet автоматично придбав різні фільтри, які витягують інформацію про край, текстуру та колір за допомогою напрямних компонентів. Було досліджено ефективність фільтра CNN як функції локального зображення, порівнявши HOG у завданні виявлення автомобіля. Частота пропусків виявлення для фільтрів CNN становить 3%, тоді як HOG - 8%. Хоча ядра CNN AlexNet не навчені виконувати завдання виявлення автомобіля, точність виявлення покращилася порівняно з функцією HOG, яка є традиційною функцією ручної роботи.

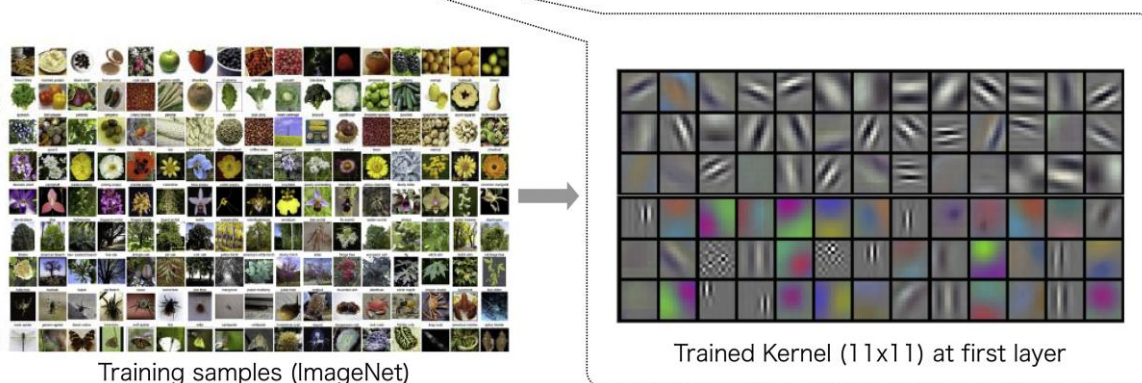
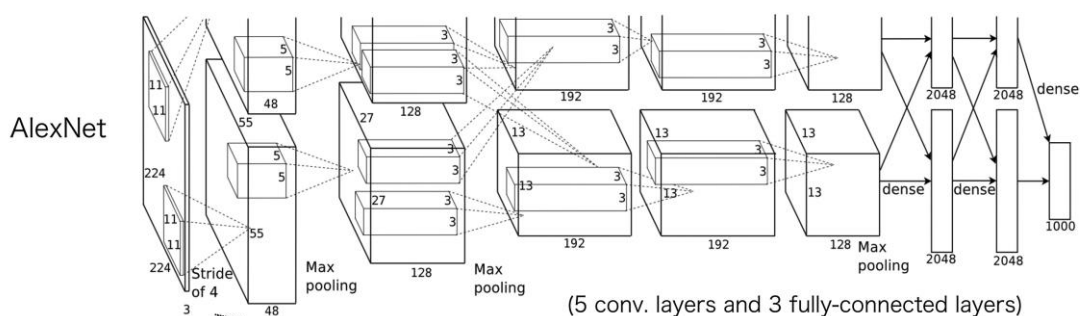


Рисунок 3.4 – Візуалізація ядер CNN

Як показано на рис. 3.5, CNN може виконувати не тільки класифікацію зображень, але також виявлення об'єктів та семантичну сегментацію, проектуючи вихідний рівень відповідно до кожного завдання розпізнавання зображення. Наприклад, якщо вихідний рівень призначений для виведення імовірності класу та області виявлення для кожної сітки, він стане мережевою структурою, яка може виконувати виявлення об'єктів. При семантичній сегментації вихідний рівень повинен бути розроблений для виведення вірогідності класу для кожного пікселя. Шари згортки та об'єднання можуть бути використані як загальні модулі для цих

завдань. З іншого боку, у звичайному методі машинного навчання потрібно було розробити локальні особливості зображення для кожного завдання та поєднати його з машинним навчанням. CNN може гнучко застосовуватися до різних завдань, змінюючи структуру мережі, і ця властивість є великою перевагою в досягненні розпізнавання зображень.

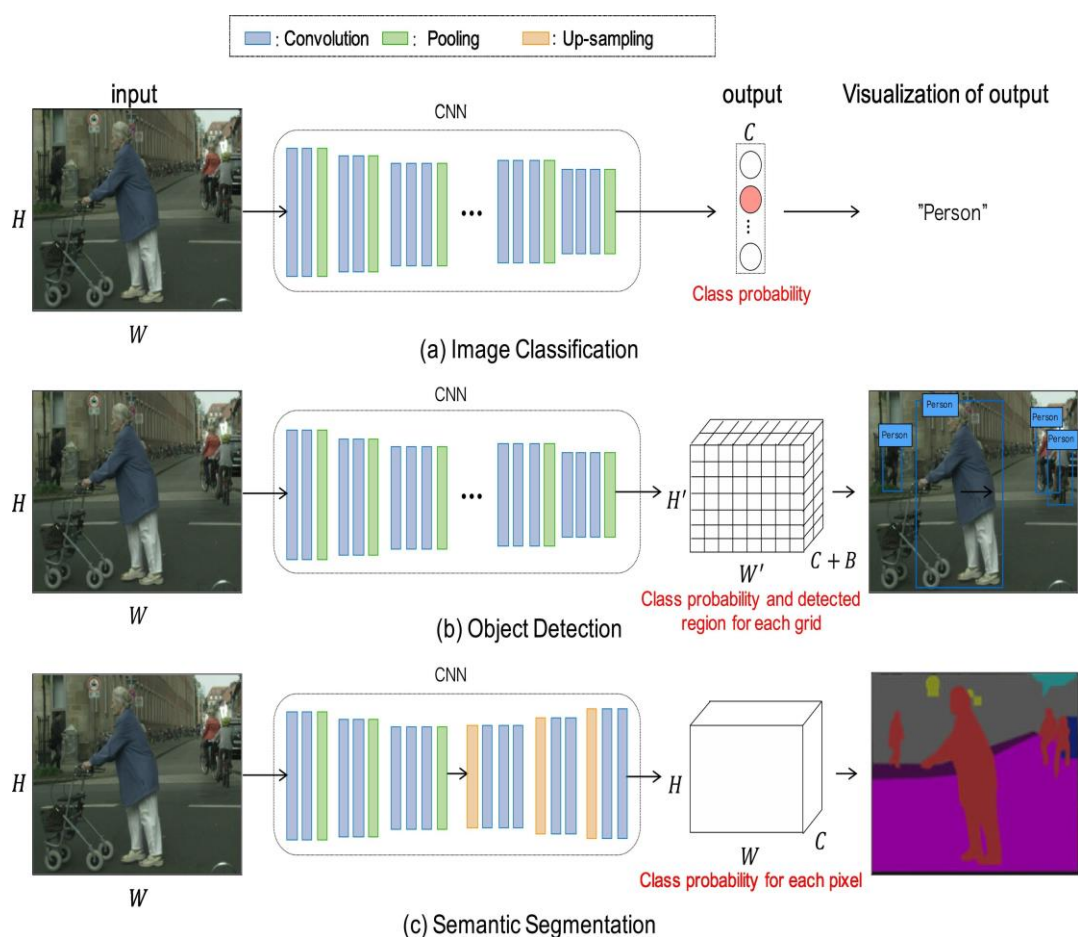


Рисунок 3.5 – Семантична сегментація зображень

Звичайне виявлення об'єктів на основі машинного навчання - це підхід, який растрово сканує два класифікатори класів. У цьому випадку, оскільки співвідношення сторін об'єкта, що підлягає виявленню, є постійним, це буде виявлення об'єкта лише певної категорії, яка вивчається як позитивний зразок. З іншого боку, при виявленні об'єктів за допомогою CNN. CNN виявляє регіони пропозицій об'єктів з різними аспектами, і багатокласове виявлення об'єктів можливо за допомогою підходу "Пропозиція регіону", який виконує багатокласову класифікацію з CNN для кожної виявленої області. Швидше R-CNN вводить

регіональну мережу пропозицій (RPN), як показано на рис. 3.6, і одночасно виявляє регіони-кандидати та розпізнає класи об'єктів у цих регіонах. Спочатку обробка згортки виконується на всьому вхідному зображенні, щоб отримати карту функцій. У RPN об'єкт виявляється шляхом растрового сканування вікна виявлення на отриманій карті об'єктів. При растровому скануванні застосовуються вікна виявлення у вигляді к кількості фігур з центром на зосереджених областях, відомих як якір. Область, задана якорем, вводиться в RPN, і виводиться оцінка схожості

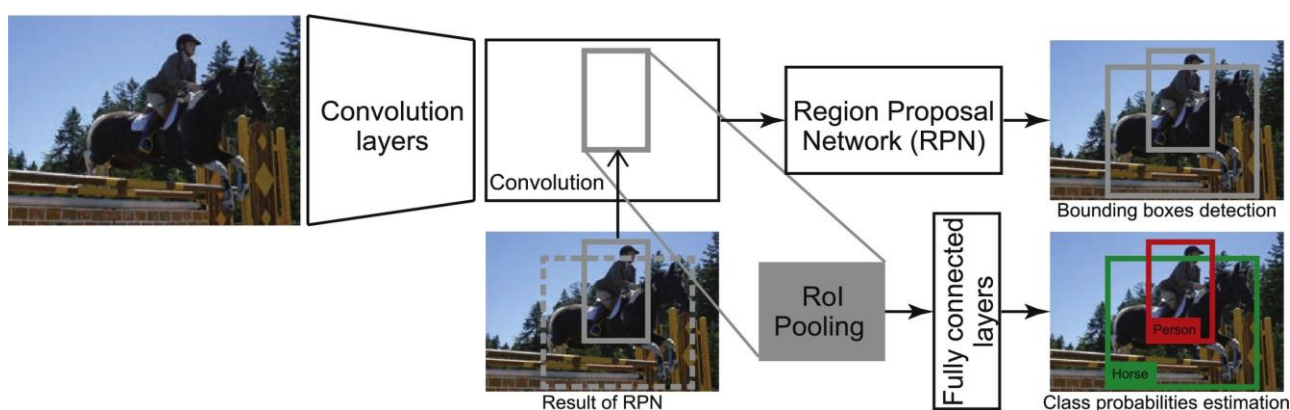


Рисунок 3.6 – Виявлення регіонів-кандидатів

об'єкта та виявлені координати на вхідному зображенні. Крім того, область, вказана якорем, також вводиться в іншу все підключену мережу, і розпізнавання об'єкта виконується, коли RPN визначає його як об'єкт. Отже, одиницею вихідного рівня є число, отримане додаванням кількості класів та $((x, y, w, h) \times \text{кількості класів})$ до одного прямокутника. Ці методи пропозиції регіонів дозволили виявити кілька класів об'єктів з різним співвідношенням сторін.

У 2016 році метод пострілу був запропонований як новий підхід до багатокласового виявлення об'єктів. Це метод виявлення кількох об'єктів лише шляхом передачі всього зображення в CNN без растрового сканування зображення. YOLO (You Only Look Once) - репрезентативний метод, при якому прямокутник об'єкта та категорія об'єктів виводяться для кожної локальної області, розділеної сіткою 7×7 , як показано на рис. через згортку та об'єднання вхідних зображень. Положення (i, j) кожного каналу отриманої карти об'єктів $(7 \times 7 \times 1024)$ є структурою, яка стає об'єктом області, що відповідає сітці (i, j) вхідного

зображення, і ця карта об'єктів є вхідною до повністю з'єднаних шарів. Вихідні значення, отримані через повністю зв'язані шари, - це оцінка (20 категорій) категорії об'єкта для кожної позиції сітки та положення, розмір та надійність двох прямокутників об'єкта. Отже, одиницею вихідного рівня є число (1470), у якому положення, розмір та надійність $((x, y, w, h, \text{надійність}) \times 2)$ двох прямокутників об'єкта додається до числа категорій (20 категорій) і помножується на кількість сіток (7×7) . У YOLO не потрібно виявляти кандидатів в об'єктній області, таких як швидший R-CNN; отже, виявлення об'єкта може виконуватися в режимі реального часу. На рис. 3.7 показаний приклад виявлення багатокласних об'єктів на основі YOLO.

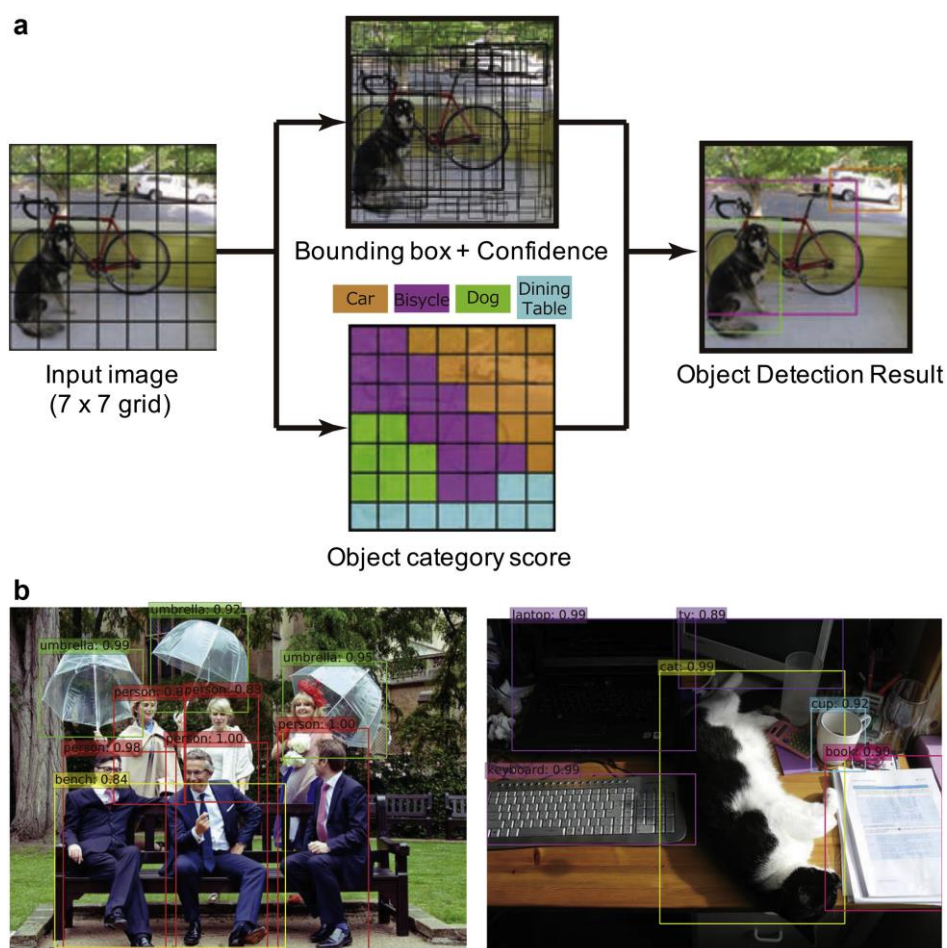


Рисунок 3.7 – Виявлення регіонів-кандидатів

Таким чином, відштовхуючись від потреб складного аналізу зображень, з великою кількістю пошукових об'єктів, рекомендовано використовувати нейронну мережу YOLO, а саме її новішу версію YOLOv3.

3.2 Інтерфейс MIPI CSI-2

Для якісної роботи системи розпізнавання номерів, одночасно зберігаючи широкий кут обзору камери рекомендується використовувати сучасні сенсори. Для даної моделі було задіяна високоякісна камера Raspberry Pi, яка обладнана 12,3-мегапіксельним датчиком Sony IMX477, розмір зображення по діагоналі 7,9 мм та архітектура сенсора з підсвічуванням, регульоване заднє фокусування та підтримка об'єктивів на базі C та CS. Камера зображена на рисунку 3.8.

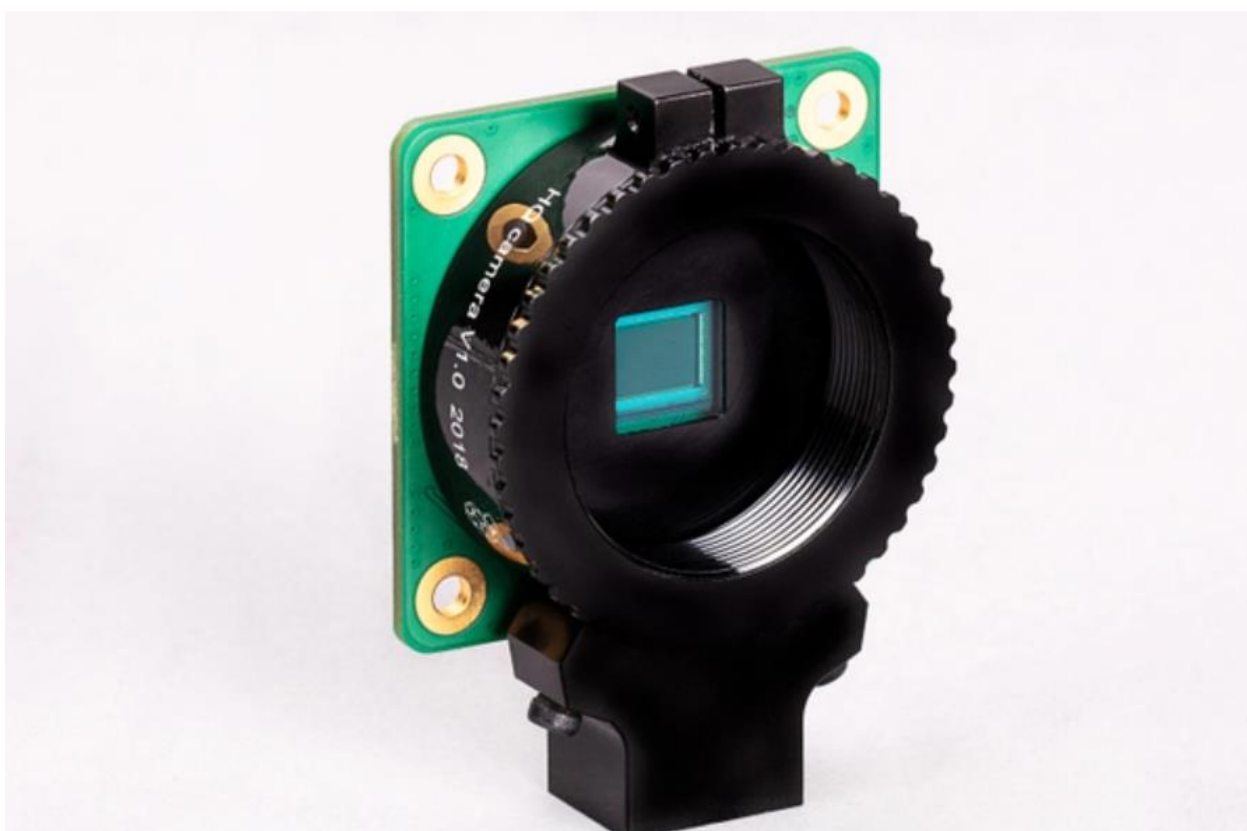


Рисунок 3.8 – Камера Raspberry Pi

Камера зображена на рисунку 3.8 надає можливість знімати відео у високій якості (4K), також має додаткову можливість встановлення об'єктивів, що в свою чергу робить її універсальною, не залежно від фокусної відстані конкретного місця встановлення, камера надсилає зображення через MIPI CSI-2 інтерфейс.

MIPI CSI-2 є найбільш широко використовуваним інтерфейсом камери на мобільних та інших ринках. Він домігся широкого поширення завдяки простоті використання та здатності підтримувати широкий спектр високопродуктивних

додатків, включаючи 1080p, 4K, 8K та більше, а також відео з високою роздільною здатністю.

Розробники застосунків повинні почуватись комфортно, використовуючи MIPI CSI-2 для будь-якої одно або багатокамерної реалізації на мобільних пристроях. Інтерфейс також може використовуватися для взаємозв'язку камер у головних пристроях віртуальної реальності; автомобільні програми для інтелектуальних автомобілів для інформаційно-розважальних систем, систем безпеки та керування за допомогою жестів, програми для обробки зображень для створення клієнтського контенту та споживання продуктів, камери безпілотники, прилади IoT, та системи безпеки або спостереження 3D-розпізнавання обличчя.

Останній випуск, MIPI CSI-2 v3.0, забезпечує вдосконалення специфікації, розроблені для того, щоб забезпечити більші можливості для інтеграції з машинами в різних просторах додатків, таких як мобільні, клієнтські, автомобільні, промислові IoT та медичній сфері. Інтерфейс використовує RAW-24 для представлення окремих пікселів зображення з 24-бітовою точністю, призначений для того, щоб машини могли приймати рішення із зображень вищої якості; наприклад, автономний транспортний засіб може розпізнавати, темряву на зображенні - це нешкідлива тінь або вибоїна на проїжджій частині дороги, якої слід уникати. Розумний регіон інтересів (SROI) - для аналізу зображень, виведення алгоритмів та здійснення кращих відрахувань - може дозволити машинам на етапі виробництва, наприклад, швидше виявити потенційні дефекти на конвеєрній стрічці або медичним пристроям, щоб надійніше розпізнати такі аномалії, як пухлини. А уніфікований послідовний зв'язок (USL) - для інкапсуляції з'єднань між модулем датчика зображення та процесором додатків - має вирішальне значення для зменшення кількості проводів, необхідних в Інтернеті речей, автомобільних та клієнтських продуктах для підвищення продуктивності та створення вмісту, таких як «все в одному».

MIPI CSI-2 може бути реалізований на будь-якому з двох фізичних рівнів MIPI Alliance: MIPI C-PHY v2.0 або MIPI D-PHY v2.5. Він сумісний із усіма попередніми специфікаціями MIPI CSI-2. Продуктивність масштабована по смузі,

забезпечуючи, наприклад, до 41,1 Гбіт/с за допомогою трисмугового (дев'ятипровідного) інтерфейсу MIPI C-PHY v2.0 або 18 Гбіт/с за допомогою чотирисмугового (десятипровідного) MIPI D-PHY v2.5 інтерфейс під MIPI CSI-2 v2.1.

Глибина кольору RAW-16 та RAW-24 оптимізує високий динамічний діапазон (HDR) і співвідношення сигнал/шум (SNR) у межах сцени, щоб забезпечити можливості розширеного зору для автономних автомобілів та систем.

Можливість використання до 32 віртуальних каналів забезпечує розміщення датчиків фіксації зображення з різними типами даних і підтримує злиття датчиків багаторазового та багатодіапазонного використання для додатків Advanced Driving Assistance Systems (ADAS), таких як покращене уникнення зіткнень.

Зниження затримки та ефективність транспорту (LRTE) забезпечує агрегування датчиків зображення без збільшення вартості системи, полегшує сприйняття, обробку та прийняття рішень у реальному часі і оптимізує транспорт для зменшення кількості проводів, швидкості перемикавання та енергоспоживання

Стиснення диференціальної імпульсної кодової модуляції (DPCM) 12-10-12 зменшує пропускну здатність, забезпечуючи чудові зображення SNR, позбавлені артефактів стиснення, для критично важливих програм зору.

Скремблювання зменшує випромінювання спектральної щільності потужності (PSD), мінімізує радіоперешкоди і дозволяє надалі охоплювати довші канали

Можливість інтерфейсу керування камерою (CCI) працювати з інтерфейсом датчика MIPI I3C v1.0 підтримує вдосконалені вимоги щодо якості зображення для автоматичного фокусування та оптичної стабілізації зображення (OIS), серед інших програм. CCI - це двонаправлений двопровідний інтерфейс, який хост-процесори можуть використовувати для налаштування та управління камерами до, під час або після потокової передачі зображень за допомогою високошвидкісних інтерфейсів MIPI D-PHY та MIPI C-PHY. Реалізації CCI можуть використовувати I2C Fast Mode + (FM +), який підтримує швидкість до 1 Мбіт/с. При використанні в режимі MIPI I3C v1.0 Single Data Rate (SDR), інтерфейс забезпечує передачу даних зі швидкістю

12,5 Мбіт/с. Він забезпечує 25 Мбіт/с при використанні в режимі MIPI I3C v1.0 з високою швидкістю передачі даних (HDR) Double Data Rate (DDR). MIPI CSI-2 v3.0 USL полегшує потребу в додаткових провідниках I2C / I3C, інкапсулюючи дані контролю ССІ в транспорті CSI-2.

Таким чином, враховуючу роздільну здатність обраного сенсору, яка повинна бути на високому рівні для надійнішої реєстрації, рекомендується використовувати інтерфейс з високою швидкістю передачі даних, а саме MIPI CSI 2, як найрозповсюдженіший.

3.3 Вибір ЕВМ

Обравши нейронну мережу, потрібну для фіксації порушень перелічених у першому розділі цієї роботи, можемо сформулювати вимоги до комп'ютеру, який буде займатися обрахунками. Також варто враховувати наявність MIPI CSI інтерфейсу у приладі, який буде займатися обрахунками.

Переглянувши існуючі процесори для подібних обрахунків, помітно, що лідирують серед усіх, за схожим розміром та потужністю, графічні процесори CUDA-X AI.

Компанія SAS оголосила про свою співпрацю з NVIDIA. Партнери займаються спільними розробками в сфері машинного навчання, комп'ютерного зору і обробки мови. Графічні процесори і бібліотеки CUDA-X AI від NVIDIA посилять рішення на основі штучного інтелекту від SAS, що дозволить підвищити швидкість обробки даних і зробити їх аналіз ще більш точним.

За рахунок графічних процесорів NVIDIA з розширеною підтримкою хмарної аналітичної платформи SAS Viya, а також рішення на її основі - в першу чергу SAS Visual Data Mining and Machine Learning і SAS Event Stream Processing - отримають ще більш продуктивний процес обробки. Це дозволить ще ефективніше вирішувати завдання по класифікації та розпізнавання зображень, виявлення об'єктів, перекладу мови в текст, визначенню емоцій тощо. Що, в свою чергу, буде сприяти розвитку технологій IoT. Наприклад, дрони з таким обладнанням зможуть

вести моніторинг промислової інфраструктури для сервісного профілактичного обслуговування, своєчасно запобігаючи виробничі збої. Графічний процесор, вбудований в такий дрон, дозволить проводити аналіз даних в місці їх зберігання в режимі реального часу, при цьому рішення будуть прийматися з високою точністю.

Також важливо звернути увагу на споживання приладом енергії, воно не повинно перевищувати 100 ватт/год, бо в такому випадку витрати на підтримання системи будуть лінійно зростати разом з кількістю камер у системі і в цілому обійдуть за вартістю обслуговування звичайні, централізовані системи.

Отже, враховуючи усі умови зазначені вище, доцільним буде використання комп'ютера лінійки Jetson від Nvidia. Він проходить за усіма вимогами та має дуже компактний розмір, який дозволить вбудувати його у стандартний корпус камер вуличного нагляду. Переглянувши усі існуючі моделі у лінійці, доцільно обрати модель Jetson Nano, тому, що вона підтримує відео якості 4K (30 кадрів за секунду) та споживає менше енергії за інші моделі. Комп'ютер зображено на рисунку 3.9.

Комплект розробників NVIDIA Jetson Nano - це невеликий потужний комп'ютер, що дозволяє паралельно запускати кілька нейронних мереж для таких програм, як класифікація зображень, виявлення об'єктів, сегментація та обробка мови. Все в простій у використанні платформі потужністю лише 5 Вт.

Jetson Nano забезпечує 472 GFLOPS для швидкого запуску сучасних алгоритмів штучного інтелекту, з чотириядерним 64-розрядним ARM-процесором, 128-ядерним інтегрованим графічним процесором NVIDIA, а також 4 Гб пам'яті LPDDR4. Він паралельно управляє кількома нейронними мережами і одночасно обробляє кілька датчиків з високою роздільною здатністю.

Jetson Nano також підтримується NVIDIA JetPack, який включає пакет підтримки плати (BSP), CUDA, cuDNN та програмні бібліотеки TensorRT для глибокого навчання, комп'ютерного зору, обчислень GPU, обробки мультимедіа та багато іншого. SDK також включає можливість власного встановлення популярних фреймворків з машинним навчанням з відкритим кодом (ML), таких як TensorFlow, PyTorch, Caffe / Caffe2, Keras та MXNet, що дозволяє розробникам швидко та легко інтегрувати свою улюблену модель штучного інтелекту.

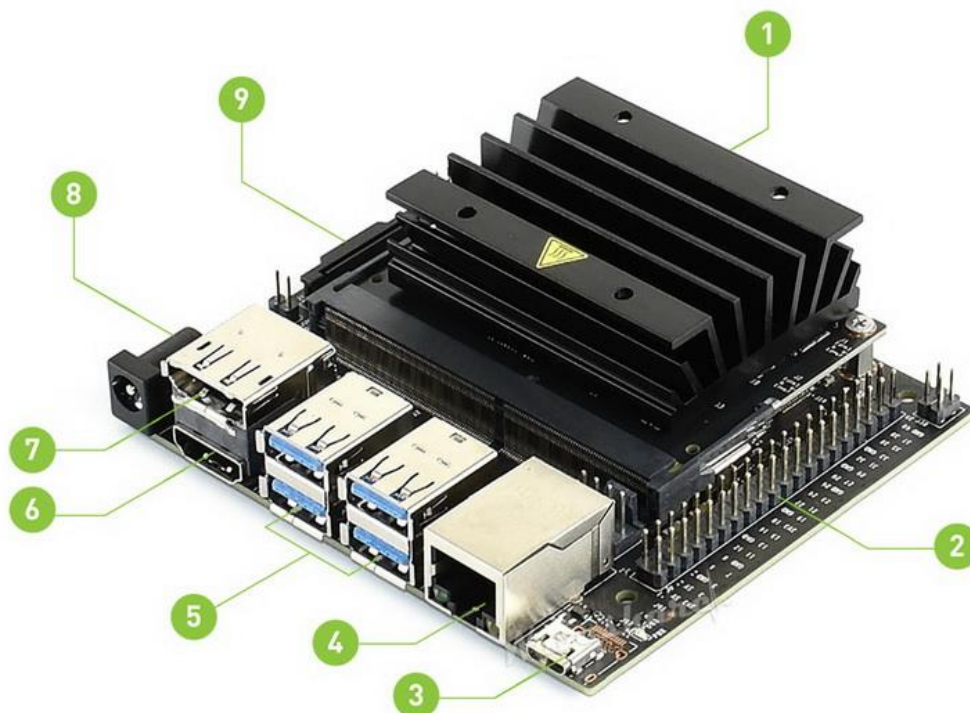


Рисунок 3.9 – Компоненти Jetson Nano

1. Роз'єм для картки Micro SD: TF-карта розміром 16 ГБ або більше для основного зберігання та запису системного образу
2. 40-контактний роз'єм
3. Порт Micro USB: для введення живлення 5 В або для передачі даних USB
4. Гігабітний порт Ethernet: 10/100/1000 Base-T
5. 4x USB 3.0 порт
6. Вихідний порт HDMI
7. Роз'єм DisplayPort
8. Роз'єм постійного струму: для вхідної потужності 5 В
9. Роз'єм камери MIPI CSI

Для побудови приладу фіксації на базі комп'ютеру Jetson Nano буде задіяно декілька роз'ємів, серед яких: роз'єм живлення постійним струмом, 40-контактний для встановлення зв'язку з модулем передачі даних, MIPI CSI роз'єм для підключення камери та USB порт для можливості підключення зовнішнього WIFI модулю, у випадку, якщо декілька камер будуть встановлені поруч для фіксацій

складних порушень з декількох ракурсів. У таблиці 3.1 відображена детальніша інформація щодо комп'ютеру.

Таблиця 3.1 – Опис характеристик Jetson Nano

<u>JETSON NANO</u>	
Швидкість ШІ	472 GFLOPs
Графічний процесор	128-core NVIDIA Maxwell™ GPU
Головний процесор	Quad-Core ARM® Cortex®-A57 MPCore
Пам'ять	4GB 64-bit LPDDR4 Memory
Сховище	Micro SD card slot
Відео	Encode: 4K @ 30 (H.264/H.265) Decode: 4K @ 60 (H.264/H.265)
Інтернет	Gigabit Ethernet
CSI	12x CSI-2 D-PHY 1.1 (Up to 18 GB/s)
Монітор	DP 1.2 eDP 1.4 HDMI 2.0 1x2 DSI (1.5Gbps/lane)
PCIe	Покоління 2 1x4
Живлення	5W / 10W

Такий комп'ютер коштує \$ 110 і має розширені інтерфейси для зручної розробки та тестування. У випадку використання його у версії приладу, яка буде випускатися на ринок у якості фінальної, зручніше та дешевше буде

використовувати лише основний чіп, який має формат з'єднання PCIe і є більш компактним. Така компоновка буде коштувати \$ 99, проте потребуватиме розведення плати з PCIe роз'ємом. Спрощену версію Jetson Nano зображено на рисунку 3.10.



Рисунок 3.10 – Компактна версія Jetson Nano

Окрім розведення додаткової плати потрібно буде забезпечити належне охолодження за рахунок підбраного радіатора. Проте, для тестування роботи комп'ютеру з Raspberry PI камерою було придбано саме розширену версію, з вмонтованим охолодженням і необхідними роз'ємами.

3.4 Алгоритм фіксації порушень

Після вибору основних компонентів системи, з заздалегідь відомими характеристиками, слід описати алгоритм роботи системи. Основою для роботи алгоритму фіксації складних порушень є точна ідентифікація об'єктів за якими здійснюється нагляд та відслідковування траєкторії їх руху.

Першим кроком роботи приладу фіксації має бути виявлення об'єкту фіксації в кожному кадрі відеопотоку. Для цього буде застосована нейронна мережа, навчена виявляти автівки на зображеннях, приклад на рисунку 3.11.

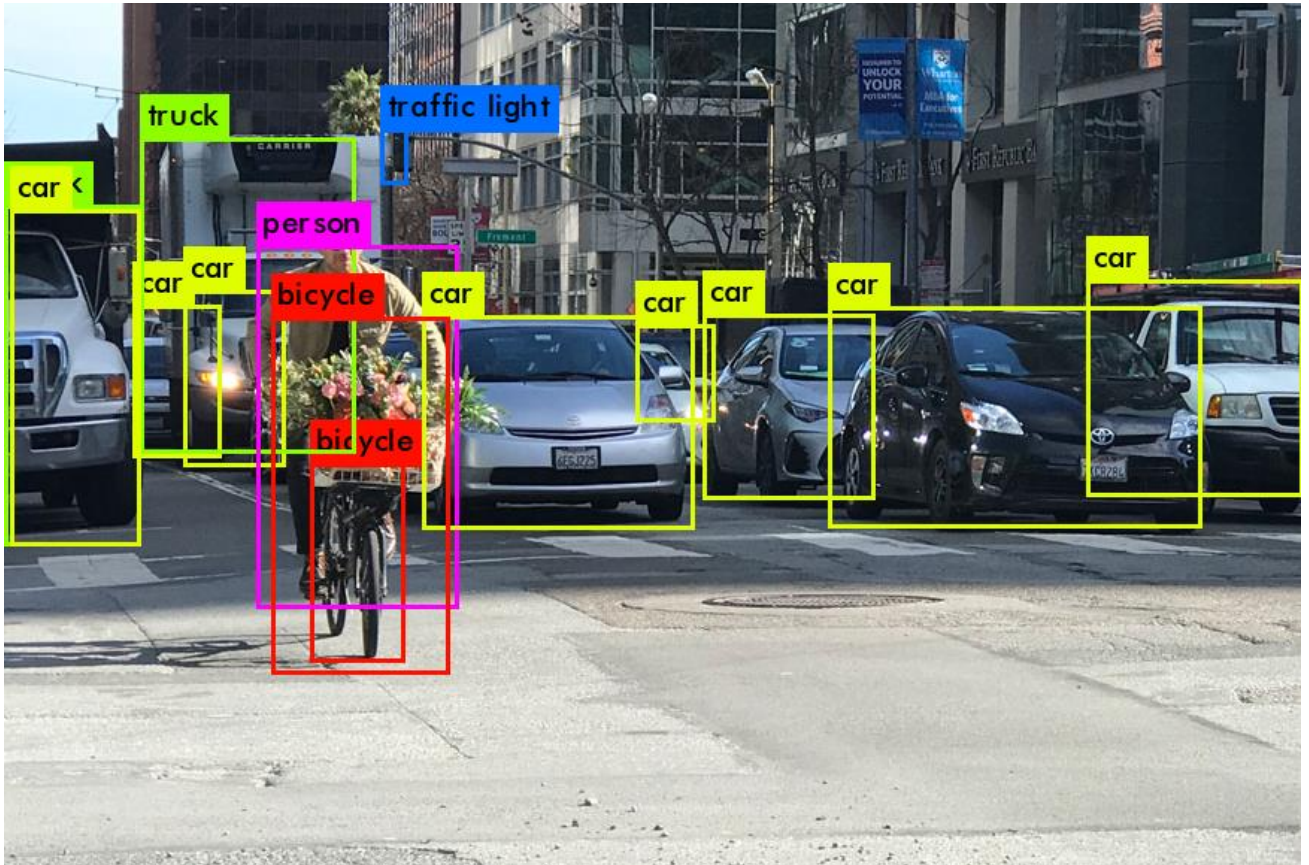


Рисунок 3.11 – Крок 1, виявлення автомобілів

Одразу після виявлення автомобілів, для подальшої роботи з виявленням порушень, необхідно ідентифікувати кожен автівку як окремий об'єкт, з власними параметрами та відслідковувати його до моменту виходу з зони огляду камери. Для окремої ідентифікації кожної автівки буде використано ітеративний перебір об'єктів, які були знайдені на конкретному кадрі відеопотоку.

Результатом роботи модулю програми буде наданий чіткий список з переліком усіх об'єктів помічених у полі зору камери з тимчасовим ідентифікатором, позицією у кадрі, шириною та висотою. Структура інформації про об'єкти зображена на малюнку 3.12. Далі, базуючись на положеннях кожного


```

{} objects.json x
1  {
2    "frame": 1,
3    "objects": [
4      {
5        "tmp_id": 1,
6        "type": "car",
7        "cord_x": 154,
8        "cord_y": 311,
9        "height": 70,
10       "width": 85
11      },
12     {
13       "tmp_id": 2,
14       "type": "car",
15       "cord_x": 675,
16       "cord_y": 270,
17       "height": 65,
18       "width": 70
19     },

```

Рисунок 3.12 – Первинна ідентифікація положень

об'єкту, алгоритм створює масиви вказівників на позицію кожного з об'єктів в структурі зображення. Після створення підмножини вказівників алгоритм передає інформацію з зображення на обробку наступною нейронною мережею, рисунки 3.13 та 3.14.



Рисунок 3.13 – Вхідне зображення до наступного кроку

Використовуючи отримане зображення, наступна нейронна мережа, навчена множиною виробників та моделей автомобілів, виявляє марку, модель та колір. Інформація про авто після ідентифікації зображена на рисунку 3.15.

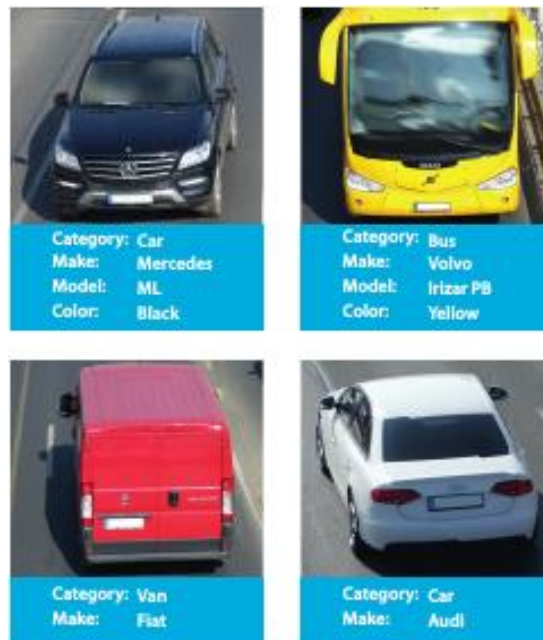


Рисунок 3.14 – Крок 2, ідентифікація

```

{} object.json x
1  {
2    "tmp_id": 1,
3    "type": "car",
4    "cord_x": 154,
5    "cord_y": 311,
6    "height": 70,
7    "width": 85,
8
9    "make": "Toyota",
10   "model": "Prius",
11   "color": "White",
12   "plate": "xx1234xx",
13   "prem_id": "c01e52ddb7875b4b"
14  }

```

Рисунок 3.15 – Об'єкт після ідентифікації

Результатом роботи другої нейронної мережі є повна інформація про об'єкт, на основі якої генерується унікальний ідентифікатор об'єкту (`prem_id`), та робиться запис у базу даних про факт проїду такої автівки у зоні фіксації камери з вказанням часу фіксації та посиланням на конкретний момент у відео потоці з появленням об'єкту та його зникненням. За можливості, нейронна мережа під номером 3,

намагатиметься виявити номерний знак автомобілю, у випадку якщо відсутня інформація з допоміжної камери, яка має бути розташована у місці, з якого неможливо зафіксувати порушення, проте добре видно номерний знак, якщо місце фіксації потребує таких заходів. Рисунок 3.16 зображує роботу третього кроку аналізу об'єкту – розпізнавання номерного знаку.



Рисунок 3.16 – Крок 3, зчитування номерного знаку

Одразу, після отримання унікального ідентифікатора для об'єкту у кадрі, алгоритм фіксує зміну позиції виявленого об'єкту, створюючи масив з позиціями для кожного кадру, який сприймається у якості траєкторії руху. Базуючись на позиціях розташування автомобіля на зображенні, алгоритм вираховує конкретну позицію автомобілю щодо дорожнього покриття. Таким чином, з'являється можливість зрозуміти в якій смугі рухається авто.

Відштовхуючись від позиції камери відносно дороги, куту нахилу, повороту та віддаленості, а також попередніх конфігурацій місця фіксації: кількість смуг у кожному напрямку, напрям руху, зони забороненої зупинки, обмеження щодо здійснення маневрів і поворотів. Алгоритм порівнює цю інформацію з траєкторією руху автомобіля та з'ясовує наявність порушення. Також можливо аналізувати проїзд без зупинки на знак «Стоп» та перевищення швидкості, базуючись на частоті

зйомки камери та кореляції між зміною позиції об'єкту у кадрі та фактичною зміною позиції. Приклад фіксації таких порушень зображено на рисунку 3.17.

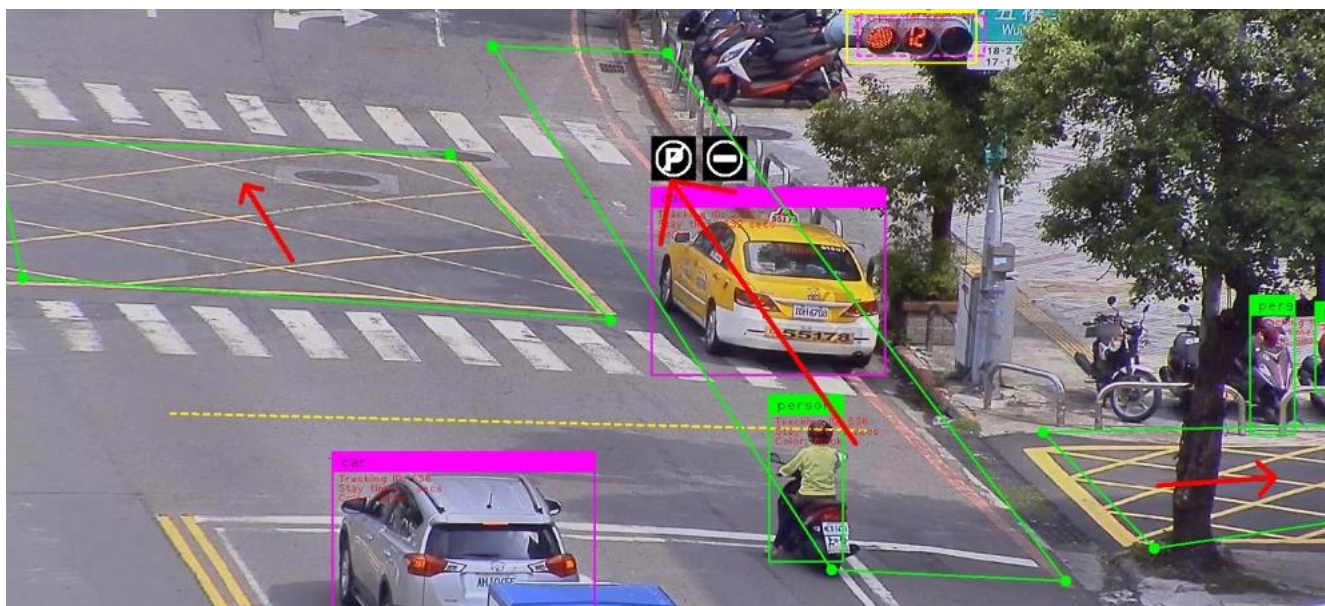


Рисунок 3.16 – Крок 4, фіксація порушення

Попереднє зонування місця фіксації є невід'ємною частиною процесу налаштування приладу фіксації та дає досить широкі можливості для точного виявлення порушень. Пошук порушень у таких випадках полягає у аналізі траєкторій руху автомобілів, швидкості зміни позиції об'єкту та співставлення отриманої інформації з обмеженнями зони через яку пролягає траєкторія руху автомобілю.

Наступним та фінальним кроком роботи алгоритму є повідомлення щодо виявленого порушення. Алгоритм збирає дані про порушення, додає до них посилання на час та місце виникнення, а також усю зібрану інформацію про автомобіль який був задіяний у порушенні правил дорожнього руху. Результуюча інформація формується у чергу, це потрібно у випадку, якщо на місці фіксації виникає більше одного порушення, за час, доки попереднє порушення не було сформовано та відправлено на сервер Міністерства внутрішніх справ. Прилад фіксації буде обробляти кожен факт пакт порушення та надсилати їх по черзі у вигляді електронного звернення з підкріпленням зображеннями та посиланнями на

відеозапис з порушенням, які виконані у вигляді посилань на пряме завантаження шматку відеозапису з камери.

Відповідно до ст. 5 Закону України «Про звернення громадян» Звернення адресуються органам державної влади і органам місцевого самоврядування, підприємствам, установам, організаціям незалежно від форми власності, об'єднанням громадян або посадовим особам, до повноважень яких належить вирішення порушених у зверненнях питань.

Звернення може бути подано окремою особою (індивідуальне) або групою осіб (колективне).

Письмове звернення надсилається поштою або передається громадянином до відповідного органу, установи особисто чи через уповноважену ним особу, повноваження якої оформлені відповідно до законодавства. Письмове звернення також може бути надіслане з використанням мережі Інтернет, засобів електронного зв'язку (електронне звернення).

Співробітник, який опрацьовує звернення має змогу переглянути усі зібрані дані про факт порушення, у тому числі і відео пов'язане з конкретним порушенням шляхом переходу за прямим посиланням на завантаження з камери відеонагляду.

Під час звичайної роботи, прилад фіксації буде ідентифікувати кожен проїжджаючу автівку, зберігаючи інформацію про факт її проїзду. Відеопотік зберігається на накопичувач встановлений у камері. На час відсутності об'єктів у полі зору приладу фіксації, з метою економії місця відео не зберігається.

3.5 Зв'язок з приладом фіксації

З попередніх описів процесу фіксації порушень, стає зрозуміло, що реалізація черги відправлення інформації про порушення виключає потребу у швидкісному з'єднанні з інтернетом. Користуючись картою покриття країни мобільним інтернетом (3G, 4G), зображеній на рисунку 3.17, можна зробити висновок, що більшість території країни є покритою швидкісним мобільним інтернетом.

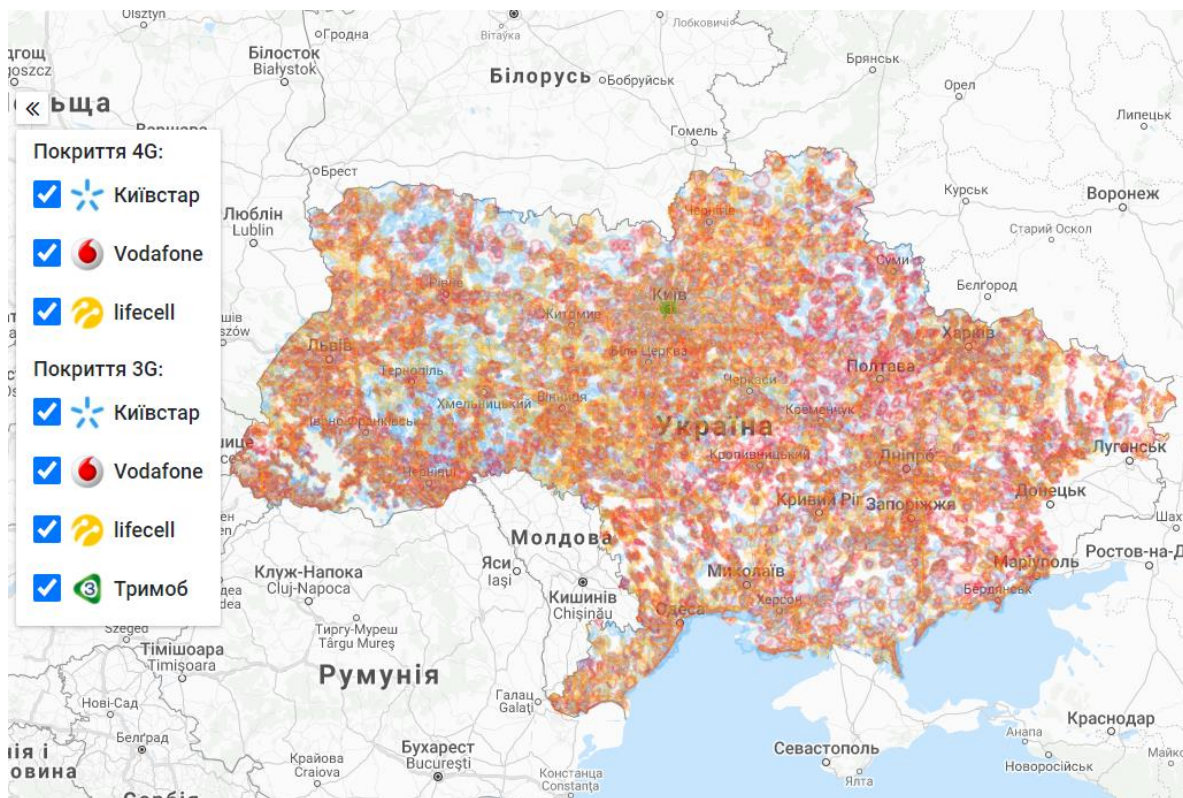


Рисунок 3.17 – Карта покриття швидкісним зв'язком

Тому було обрано шлях відправки інформації через сучасні безпроводні протоколи. Маємо і технічне рішення для забезпечення віддаленого зв'язку від виробника SIM. Було обрано систему SIM7600-H, рисунок 3.18, через підтримку усіх існуючих в Україні швидкісних форматів зв'язку

SIM7600-H - це модуль LTE Cat 4, який підтримує режими бездротового зв'язку LTE-TDD / LTE-FDD / HSPA + / GSM / GPRS / EDGE та ін. Приймає форм-фактор LCC1 і сумісна з серіями SIM5320 / SIM5360 (модулі UMTS / HSPA +) та серіями SIM7600 (модулі LTE), що забезпечує плавний перехід з продуктів 3G на продукти LTE та значно полегшує дизайн сумісних продуктів для потреб замовника.

Серія SIM7600-H інтегрує безліч супутникових високоточних систем позиціонування GNSS, з безліччю вбудованих мережевих протоколів, підтримує драйвери для основних операційних систем (USB-драйвер для Windows, Linux та Android тощо) та програмну функцію, команди AT сумісні з SIM7500 / Модулі серії SIM7600. Тим часом серія SIM7600-H інтегрує основні промислові стандартні інтерфейси з потужною розширюваністю, включаючи великі інтерфейси, такі як

UART, USB, I2C, GPIO, який підходить для основних додатків IoT, таких як телематика, пристрої спостереження, CPE, промислові маршрутизатори та



Рисунок 3.18 – Модуль зв'язку SIM7600-Н

віддалені діагностика тощо.

Модуль побудовано на платі з 40-контактним роз'ємом, та підтримкою USB, тому він легко з'єднується з Jetson Nano, та надає швидкісний зв'язок шляхом взаємодії з драйверами для операційної системи Linux, яка керує роботою комп'ютеру.

3.6 Blockchain, як засіб для синхронізації системи

Запропонована модель приладу фіксації потребує відповідної децентралізованої архітектури налаштувань системи. Справа в тому, що кожний прилад фіксації, по суті, становить цілісну систему. Це пояснюється тим, що зйомка, збереження, аналіз, фіксація та відправка інформації про порушення відбувається у межах одного приладу. В такому випадку система потребує єдиної

точки конфігурації та синхронізації. Проте, тільки обмежений круг людей матиме доступ до конфігурації камер, що може викликати недовіру. В такому випадку виникає потреба зробити налаштування та оновлення камер публічним процесом. Так водії зможуть бачити конфігурацію кожної з камер, не маючи можливості переглядати трансляцію чи взаємодіяти з нею.

Виконати такі завдання можна використовуючи blockchain платформу з підтримкою розумних договорів. Всі взаємодії з договорами є публічними і кожна людина зможе спостерігати за зміною налаштувань або правил фіксації. А прилади фіксації, в свою чергу, використовуватимуть цей договір як єдину, публічну інструкцію. У договорі зберігатиметься перелік порушень які може фіксувати кожна з камер, посилання на сервер реєстрації звернень, місце положення та перелік усіх камер. Приклад різниці взаємодії на рисунку 3.19.

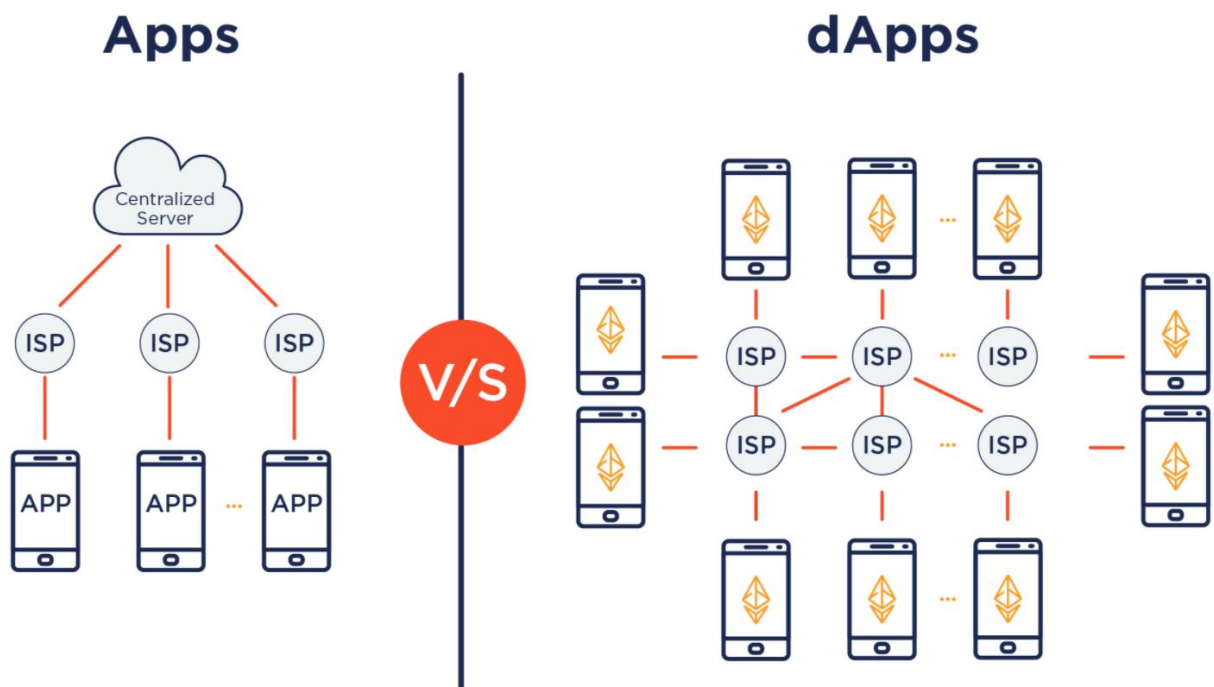


Рисунок 3.19 – Різниця децентралізованих та централізованих систем

Так система стане відкритою та зрозумілою, на відміну від приватного сервера, інструкції для камер якого можуть відрізнятися від фактично відображених у користувацькому інтерфейсі. Надаватиме можливість водіям та

іншим людям приймати участь у покращенні роботи системи шляхом рекомендацій доробок та розширення спектру фіксації порушень.

3.7 Опис роботи системи

Для детального розбору роботи систем проілюстровано побудову приладу фіксації, детальний опис кожного з компонентів присутній у попередніх підрозділах. Схема побудови приладу та системи зображена на рисунках 3.20 та 3.21 відповідно.

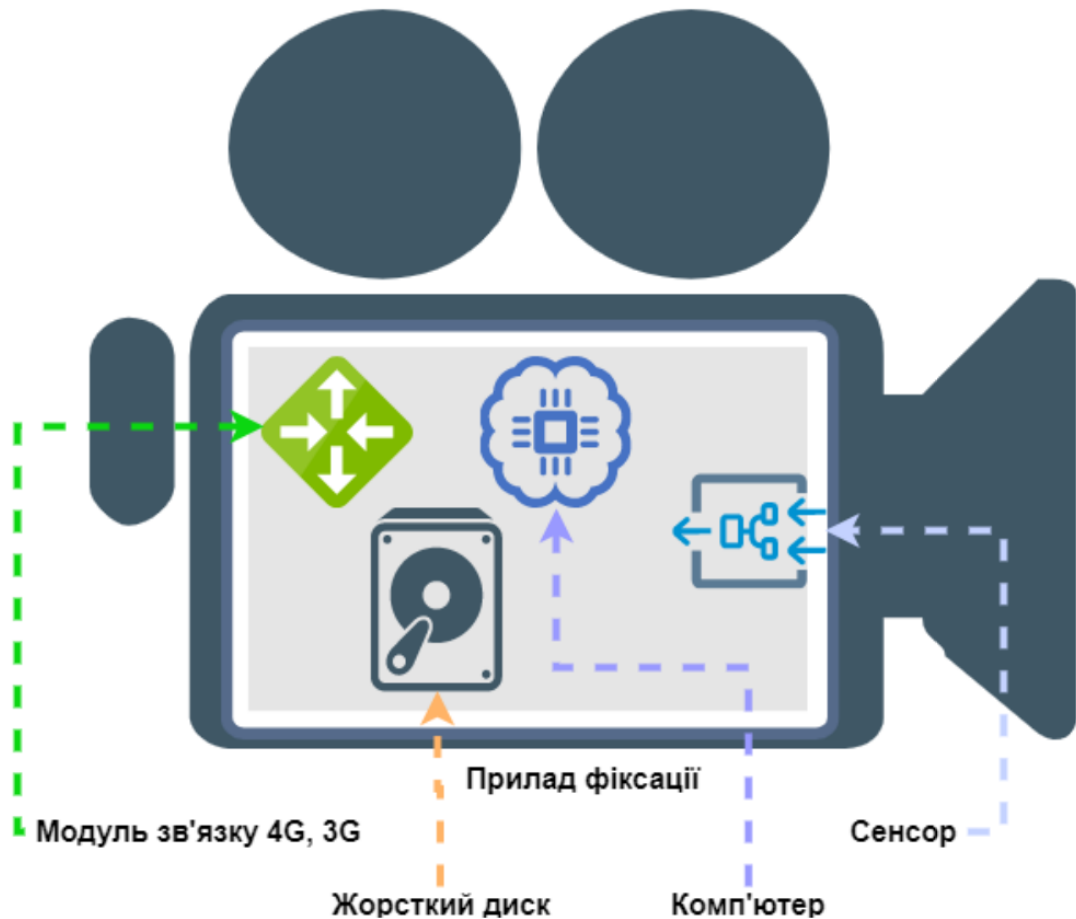


Рисунок 3.20 – Побудова приладу фіксації

Послідовність фіксації порушення:

- сенсор робить знімок зони огляду камери;
- надсилає знімок до комп'ютера через MIPI-CSI2 інтерфейс;
- комп'ютер реєструє відеопотік на жорсткому диску;

- комп'ютер виконує аналіз знімку у 5 кроків;
- у випадку виявлення порушення, формується черга на відправку;
- порушення з черги надсилаються на сервер МВС через модуль зв'язку.

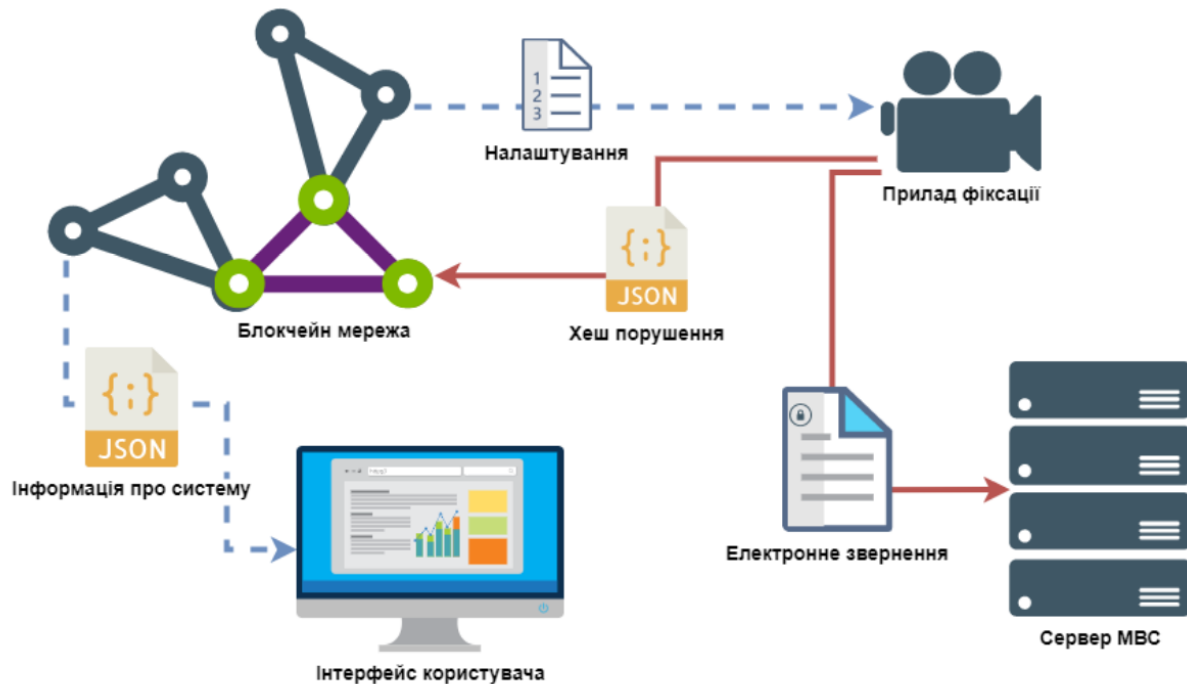


Рисунок 3.21 – Побудова системи фіксації

При першому включенні, камера надсилає запис на зчитування інструкцій до розумного договору розміщеного у мережі блокчейн, з якого отримує інструкції щодо типів порушень та обмежень на ділянці фіксації. Завантаживши потрібну інформації камера починає фіксувати порушення у відеопотоці. У випадку виникнення порушення, уся зібрана інформація проходить через хеш-функцію, отриманий результат записується у розумний контракт для збору статистики та відкритої реєстрації факту порушення. Дані про порушення формуються у електронне звернення, підписуються електронним цифровим підписом камери та надсилаються на сервер МВС. Інформація про кількість виявлених порушень, розташування та параметри кожної з камер можуть бути отримані через запит до розумного контракту та відобразитися в інтерфейсі користувача.

3.8 Результати покращень

Створена модель системи дозволяє отримати поліпшення у декількох важливих напрямках:

- площа покриття доріг системами фіксації;
- якість та кількість фіксації порушень;
- навантаження на мережу;
- вартість обслуговування;
- вартість системи.

Для наведення прикладу обираємо ділянку дороги Київ – Житомир. Протяжність цієї дороги складає приблизно 150 кілометрів, наприклад, траса має 10 рівновіддалених небезпечних ділянок, на кожній ділянці має бути розташовано 4 камери, по дві у кожному напрямі руху.

Тепер, маючи умови розташування камер, розрахуємо їх потребу у мережі інтернет. У кожній зоні фіксації працюватиме 4 камери, кожна камера має розширення 4096x2160 пікселів, тому потребує біля 20 мегабайт трафіку відправки на секунду. Враховуючи кількість камер та наявність аудіопотоку 4 камери потребуватимуть пропускну здатність зв'язку більше 100 мегабайт на секунду. Побудуємо схему розташування камер спостереження, рисунок 3.22.

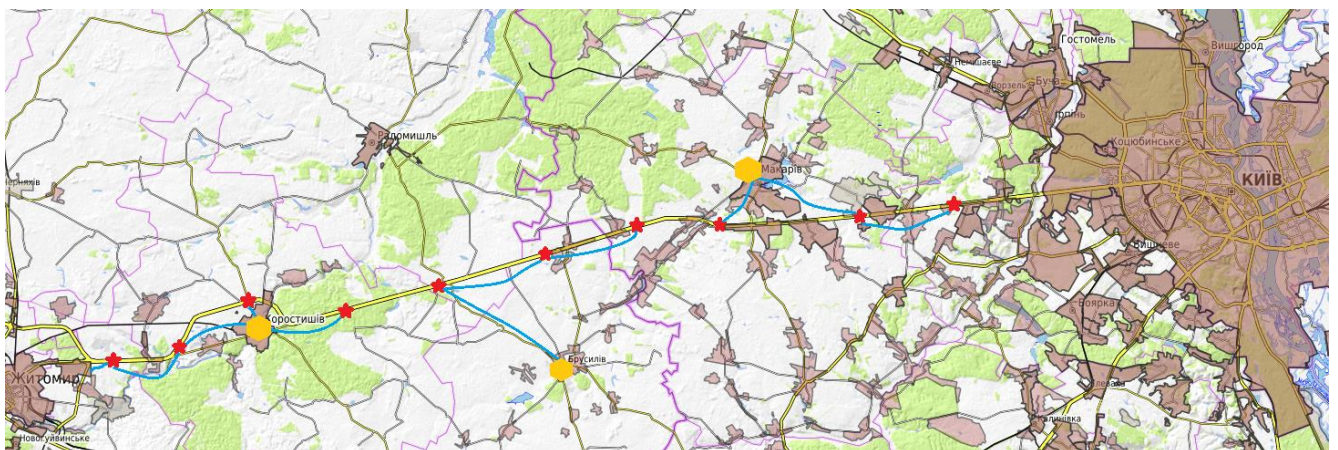


Рисунок 3.22 – Розташування зон фіксації

З зображення карти ми можемо побачити зону покриття швидкісним інтернетом, з розрахунків на основі даних з карти, можна зробити висновок, що

63% дороги не мають можливості легкого (менше 1 км) підведення швидкісного інтернету.

Для фіксації системою, яка взята для прикладу: камера (ids-tcv900-bi) та сервер (ids-tss500-c), рисунки 3.23 та 3.24 відповідно.



Рисунок 3.23 – Камера Hikvision ids-tcv900-bi



Рисунок 3.24 – Сервер Hikvision ids-tss500-c

Було обрано найбільш вдале розташування серверів базуючись на положеннях населених пунктів уздовж дороги. Так як сервер підтримує до 16 каналів відеопотоку, якістю 4MP, ми стаємо обмежені у кількості камер під'єднаних до серверу, тому й кількість зон спостереження обмежена чотирма.

Врахувавши обмеження, розташовуємо 3 сервера, у населених пунктах Коростишів, Брусилів та Макарів. Та умовно прокладаємо лінії швидкісного інтернет зв'язку. Розрахувавши довжину використовуючи масштаб карти, отримуємо 116 км оптоволоконних ліній. У таких розрахунках важко сподіватися на точність, тому, що ми не можемо знати точно, в яких місцях уздовж дороги буде

розташовано точку під'єднання до швидкісного зв'язку, тому зменшимо відстань на 40% (враховуючи наявність близьких зон), отримуємо 69.6 км оптоволоконних кабелів.

Також варто врахувати обслуговування кожного з об'єктів в яких будуть знаходитися сервера. Нехай усі сервера будуть розміщені у відділках поліцій, для скорочення витрат на утримання серверних приміщень. Для прикладу візьмемо \$ 1000 на обладнання серверного приміщення (ремонт, підключення швидкісного інтернету, засоби безпеки та додаткове обладнання), \$ 200 на розрахунки с обслуговуючим спеціалістом та \$ 100 на догляд за приміщенням, обладнанням та плату за електроенергію.

Прокладка кабелів. На ринку є безліч різних пропозицій кабелів, вони дуже різняться по ціні, тому враховувати ми будемо лише послуги за прокладку, які становлять в середньому \$0.5 за метр. Маємо 69.6 км потреби у кабелі, отримуємо \$ 34 800 вартість прокладання необхідної мережі.

Що стосується вартості самого обладнання, камера, зображена на рисунку 3.23, коштує \$ 5 160, інформації щодо вартості серверу аналізу відеопотіку у відкритих джерелах немає, тому візьмемо подібний за характеристиками сервер за \$ 1000.

Вартість перспективної системи. Почнемо з сенсору фіксації, він коштує \$ 50, так само як і об'єктив до нього. Jetson Nano у виконанні без додаткових виходів та охолодження \$ 99. Модуль зв'язку коштуватиме \$ 80. Жорсткий диск високої якості можна придбати за \$ 250. Блок живлення, корпус, з'єднувачі та кріплення обійдеться ще у \$ 200. Отже, прилад в цілому вийшов у \$ 780. В цій роботі не враховується вартість виробництва, доставки та програмного забезпечення, для спрощення вартість подвоюється і становить \$ 1 560. Ще варто врахувати заробіток виробника, нехай він становитиме 35% від вартості. Отримуємо \$ 2 106 за один прилад фіксації.

Не буде враховуватися при порівнянні систем вартість монтажу камери, вартість інтернет послуг, обслуговування (миття), електроенергії (так як споживання у приладів майже однакове) та аварійних поломок.

Отож, підсумуємо розрахунки у таблиці 3.2 і 3.3, використавши попередні дані, зібрані з відкритих джерел, розрахуємо вартість встановлення системи (всі розрахунки в таблиці у доларах США).

Таблиця 3.2 – Вартість встановлення систем

Витрата	Hikvision			Нова система		
	Вартість	Кіл.	Разом	Вартість	Кіл.	Разом
Прилад фіксації	5 160	40	206 400	2 106	40	84 240
Прокладання мережі	0.5	69 600	34 800	-	-	-
Серверне обладнання	1 000	3	3 000	-	-	-
Облаштування серверної	1 200	3	3 600	-	-	-
Радар	210	40	8 400	-	-	-
Резервація у блокчейн	-	-	-	20	40	800
Налаштування зони фіксації	-	-	-	300	40	12 000
Разом			256 200			97 040

Таблиця 3.3 – Вартість утримання на місяць

Витрата	Hikvision			Нова система		
	Вартість	Кіл.	Разом	Вартість	Кіл.	Разом
Обслуговування серверу	200	3	600	-	-	-
Утримання приміщення	100	3	300	-	-	-
Баланси для камер у блокчейн	-	-	-	10	40	400
Разом			900			400

Виходячи з результуючого обрахунку вартості систем, отримуємо перевагу у 62.13% у вартості розгортання та 55.56% у вартості утримання системи фіксації.

Враховуючи специфіку роботи блокчейну, можемо відслідкувати залежність між кількістю порушень та вартістю обслуговування «Нової системи», закладемо 2% зниження кількості порушення кожних 30 днів, побудований графік зображено на рисунку 3.25.



Рисунок 3.25 – Графік накопичення вартості обслуговування систем

З графіку на рисунку 3.25 відстежується чітка тенденція до зниження вартості обслуговування системи у випадку зниження кількості порушень у зонах фіксації, що й буде відбуватися згідно зі статистикою досліджень наведеної у першому розділі роботи. В першу чергу це являється перевагою, через те, що система працююча під час відсутності порушень (святкові дні, карантин, ніч) не витрачає ресурсів на реєстрацію даних. По друге, така перевага надає можливість встановлювати камери навіть у невеликих містах, де кількість порушень менша ніж, наприклад у Києві.

Наступна перевага змодельованої системи – це її навантаження на мережу. У зв'язку з тим, що запропонована система не займається постійною трансляцією потоку, а надсилає інформацію лише при виявленні порушення, або при запиті від

службовців з метою виявлення факту проїзду певного авто, маємо колосальні зниження навантаження на мережу. Поєднавши дані про навантаження на мережу (3 мегабайти на одне порушення), з фіксованим значенням порушень – 100 (на кожну камеру), врахувавши коефіцієнт зниження порушень (2% на місяць), отримуємо графік навантажень на мережу, зображений на рисунку 3.26.

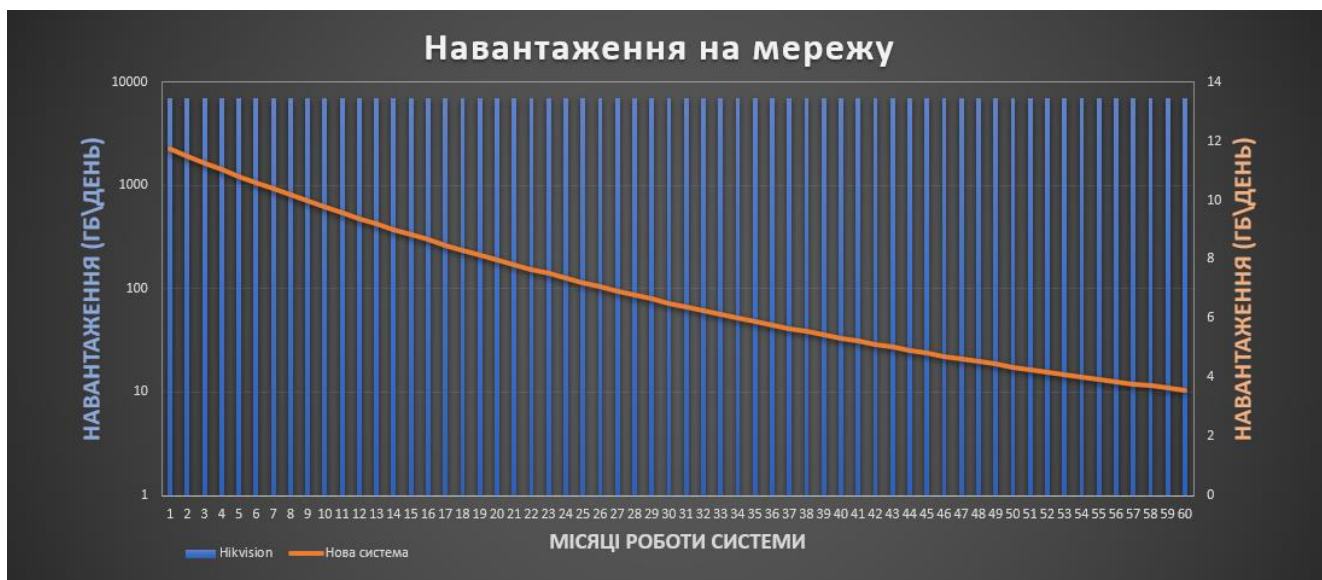


Рисунок 3.26 – Графік навантажень на мережу

На якому синя гістограма відповідає навантаженням створеним системою Hikvision, а помаранчева лінія графіку навантажень «Нової системи». Відштовхуючись від отриманої інформації, робимо висновок, що така система надаватиме широкі можливості фіксації порушень у місцях, де немає доступу до швидкісного інтернету. Такі місця знаходяться не тільки в прикордонній зоні та віддалених від великих міст районах, а також на багатьох завантажених трасах регіонального значення, які потребують постійного контролю з метою покращення безпеки.

ВИСНОВКИ

У даній роботі було доведено чіткий зв'язок між порушеннями правил дорожнього руху та типами аварій, які виникають в результаті. Дані про порушення були використані для формування вимог до нейронних мереж, які використовуються у алгоритмі фіксації. Також було доведено позитивний вплив активної фіксації порушень на темпи зниження їх кількості.

Після детального аналізу розвитку інфраструктури оптоволоконних мереж в Україні, було виявлено недостатність швидкості з'єднання у зонах, які знаходяться за межами великих міст. Аналізуючи сучасні системи відеофіксації порушень, в тому числі систему Hikvision, яка використовується для фіксації порушень в багатьох великих містах, було виявлено високу потребу у швидкості зв'язку. Така потреба та вартість розгортання ліній зв'язку була виявлена як стримуючий фактор для розвитку систем фіксації у країні.

На основі аналізу розвитку сучасних технологій було виявлено комп'ютер з низьким споживанням електроенергії, малим розміром та широкими можливостями аналізу відеопотоку. Поклавши його в основу приладу фіксації було підбрано сенсор, модуль зв'язку та прилад зберігання. Така компоновка приладу фіксації дозволяє розробити систему фіксації порушень, яка не потребує серверного обладнання та швидкісних оптоволоконних мереж. У якості центру синхронізації було обрано розумний контракт на блокчейн платформі EOSIO. Що в свою чергу дозволило забезпечити децентралізовану модель побудови системи, без використання серверного обладнання.

Отримавши усі характеристики приладу, було підбрано набір нейронних мереж, основною з яких стала мережа YOLOv4, на основі яких було побудовано роботу алгоритму фіксації порушень дорожнього руху, без потреби використання потужного серверного обладнання.

В останньому розділі роботи була обрана ділянка заміської дороги, для порівняння вартості розгортання, обслуговування та підтримки системи Hikvision

та запропонованої системи. Базуючись на кількості точок з можливістю під'єднання до оптоволоконної мережі у прилягаючих населених пунктах до траси Київ – Житомир було обраховано відсоток покриття цієї дороги можливістю легкого підключення (менше ніж 1 км). В результаті розрахунків було виявлено, що 63% траси не має легкого доступу до швидкісного з'єднання з мережею. Виходячи з обмежень, було розраховано вартість встановлення системи Hikvision на вказаній ділянці дороги та вартість встановлення запропонованої системи. Система, модель якої було розроблено у цій роботі є на 62.13% дешевшою у побудові та на 55% дешевшою в утриманні. Також було розраховано темпи зниження вартості обслуговування при 2% зниженні кількості порушень щомісячно. Таким чином вдалося досягнути результатів у таких напрямках:

- вартість розгортання системи;
- вартість утримання системи;
- площу можливого покриття;
- зменшення навантажень на мережу.

Отже, запропонована модель має конкурентні параметри у напрямку фіксації порушень, та пропонує великі переваги з точки зору потреби у швидкості з'єднання з мережею інтернет. Базуючись на розрахованих перевагах, доведено доцільність розробки такої системи з метою практичного тестування та впровадження.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛНЬ

1. Oica. Список країн за кількістю автомобілів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.oica.net/wp-content/uploads/total-inuse-2013.pdf>
2. Motor Media Review [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mmr.net.ua/autoworld/news/94527>
3. Traffic violation and accident statistics [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0386111217300468>
4. E. Kopits, M. Cropper Traffic fatalities and economic growth
Accid. Anal. Prev., 37 (2005), ст. 169-178 [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Traffic%20fatalities%20and%20economic%20growth&publication_year=2005&author=E.%20Kopits&author=M.%20Cropper
5. L. Paulozzi, G. Ryan, V. Espitia-Hardeman, Y. Xi Economic development's effect on road transport-related mortality among different types of road users: a cross-sectional international study
Accid. Anal. Prev., 39 (3) (2007), ст. 606-617 [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://scholar.google.com/scholar?q=Economic%20developments%20effect%20on%20road%20transport-related%20mortality%20among%20different%20types%20of%20road%20users:%20a%20cross-sectional%20international%20study>
6. E. Gaygısız Cultural values and governance quality as correlates of road traffic fatalities: a national level analysis
Accid. Anal. Prev., 42 (6) (2010), ст. 1894-1901 [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457510001466K>.

7. Melinder Socio-cultural characteristics of high versus low risk societies regarding road traffic
Saf. Sci., 45 (2007), ст. 397-414 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925753506000713>
8. L. Fruhen, R. Flin Car driver attitudes, perceptions of social norms and aggressive driving behavior towards cyclists
Accid. Anal. Prev., 83 (2015), pp. 162-170 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457515300154>
9. Yi-Shih Chung, Jinn-Tsai Wong Investigating driving styles and their connections to speeding and accident experience
J. East. Asia Soc. Transportation Stud., 8 (2010) [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
https://www.jstage.jst.go.jp/article/easts/8/0/8_0_1944/_article/-char/ja/
10. P. Stanojevic, D. Jovanovic, T. Lajunen Influence of traffic enforcement on the attitudes and behavior of drivers
Accid. Anal. Prev., 52 (2013), ст. 29-38 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457512004411>
11. F. Lheureux, L. Auzoult, C. Charlois, S. Hardy-Massard, J. Minary Traffic offences: planned or habitual? Using the theory of planned behavior and habit strength to explain frequency and magnitude of speeding and driving under the influence of alcohol
Br. J. Psychol., 107 (2016), ст. 52-71 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/bjop.12122>
12. S. Yoshida, S. Izumi Relationship between Transition of Young people's Perception and Traffic Accidents, Takata Foundation Research Assistance
ISSN 2185-8950 (2013) [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://scholar.google.com/scholar?q=Relationship%20between%20Transition%20of%20Young%20peoples%20Perception%20and%20Traffic%20Accidents,%20Tataka%20Foundation%20Research%20Assistance>

13. S.A. Bone, J.C. Mowen Identifying the traits of aggressive and distracted drivers: a hierarchical trait model approach
J. Consum. Behav., 5 (5) (2006), ст. 454-464 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cb.193>
14. J. Cestac, S. Kraïem, J.P. Assailly Cultural values and random breath tests as moderators of the social influence on drunk driving in 15 countries
J. Saf. Res., 56 (2016), ст. 89-96 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002243751500105X>
15. G. Yannis, J. Golias, E. Papadimitriou Accident risk of foreign drivers in various road environments
J. Saf. Res., 38 (4) (2007), ст. 471-480 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022437507000850>
16. K. Doi, T. Sunagawa, H. Inoi, K. Yoh Transitioning to safer streets thorough an integrated and inclusive design
IATSS Res., 39 (2) (2016), ст. 87-94 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0386111216300012>
17. N. Takubo An analysis of traffic accident data for mental workload and human error by drivers
IATSS Rev., 30 (3) (2005), ст. 299-308
(in Japanese) [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<https://ci.nii.ac.jp/naid/10025314565/>
18. H. Abe, M. Nagato An analysis of regional industrial differences using regional specialization indices
Proc. Infrastruct. Plan., 12 (1989), ст. 135-142
(in Japanese) [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=An%20analysis%20of%20regional%20industrial%20differences%20using%20regional%20specialization%20indices&publication_year=1989&author=H.%20Abe&author=M.%20Nagato

19. H.-C. Chin Sustainable urban mobility in South-East Asia and the Pacific, unpublished regional study prepared for Global Report on Human Settlements [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://www.unhabitat.org/grhs/2013>

20. WHO Global status report on road safety [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en/

21. M.S. Horswill, S. Helman A behavioral comparison between motorcyclists and a matched group of non-motorcycling car drivers: factors influencing accident risk *Accid. Anal. Prev.*, 35 (4) (2003), pp. 589-597 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457502000398>

22. Dirección General de Tráfico. Ministerio de Interior. Anuario estadístico de accidentes 2008. Madrid: Dirección General de Tráfico; 2009.

23. Dirección General de Tráfico. Ministerio de Interior. Plan estratégico de seguridad vial 2005-2008: medidas especiales de seguridad vial 2004-2005. Madrid: Dirección General de Tráfico; 2005.

24. Dirección General de Tráfico. Ministerio de Interior. Plan estratégico de seguridad vial 2005-2008: plan de acciones estratégicas claves 2005-2008. Madrid: Dirección General de Tráfico; 2006.

25. Novoa AM, Pérez K, Santamariña-Rubio E, Marí-Dell’Olmo M, Cozar R, Ferrando J, et al., et al. Road safety in the political agenda: the impact on road traffic injuries. *J Epidemiol Community Health* 2011; 65: 218-25 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

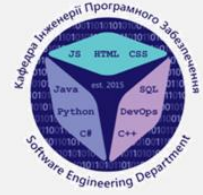
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=19959650&dopt=Abstract

26. Novoa AM, Pérez K, Santamariña-Rubio E, Marí-Dell'Olmo M, Ferrando J, Peiró R, et al., et al. Impact of the penalty points system on road traffic injuries in Spain: a time-series study. *Am J Public Health* 2010; 100: 2220-7 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ajph.aphapublications.org/doi/10.2105/AJPH.2010.192104>
27. Zaal D. Traffic law enforcement: a review of the literature (Report No. 53). Monash University Accident Research Centre; 1994.
28. Peden M, Scurfield R, Sleet D, Mohan D, Hyder AA, Jarawan E, et al., editors. World report on road traffic injury prevention. Geneva: World Health Organization; 2004.
29. World Health Organization. Global status report on road safety: time for action. Geneva: World Health Organization; 2009.
30. Rodríguez JI. Balance de 3 años del permiso por puntos. *Tráfico y Seguridad Vial* 2009; 196: 12-8.

Додаток А



ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ



РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ РЕЄСТРАЦІЇ ПОРУШЕНЬ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Студент: Бараннік Олександр Ігорович, ПДМ-61
Науковий керівник: д.т.н., професор, Бондарчук А.П.

Київ-2021

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

Проблема: вартість розгортання систем автоматичної фіксації порушень у зонах зі слабким покриттям оптоволоконним з'єднанням перешкоджає розвитку систем фіксації та боротьбі з порушеннями правил дорожнього руху.

Вирішення: використання системи, що дозволяє впровадити автоматичну фіксацію порушень у зонах зі слабким покриттям за рахунок використання децентралізованої моделі побудови.

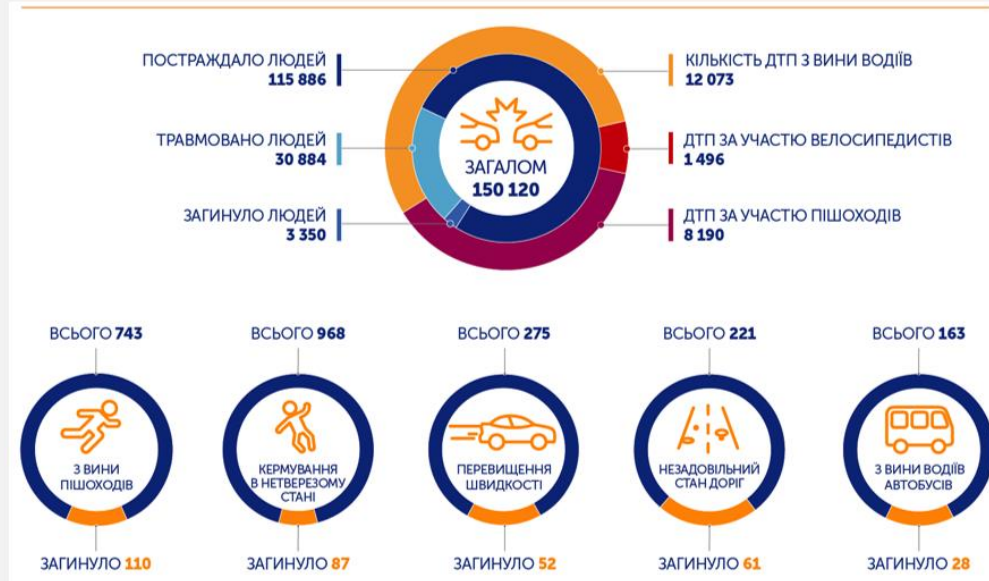
Об'єкт дослідження: процес реєстрації порушень правил дорожнього руху на основі даних відеопотоку.

Предмет роботи: модель побудови систем відеофіксації.

Мета: оптимізація процесу фіксації порушень правил дорожнього руху системами автоматичної фіксації.

Завдання: розробка інформаційної системи автоматичної фіксації порушень, з низькими вимогами до швидкості з'єднання з мережею інтернет.

СТАТИСТИКА ДТП ЗА 2018 РІК



3

ЗВ'ЯЗОК МІЖ ПОРУШЕННЯМИ ТА АВАРІЯМИ

Порушення	Аварія	ТЗ - ТЗ								
		ТЗ - пішоход	Вперед	Ззаду	На перехресті	При обгоні	При повороті	Інші	Разом	Тільки ТЗ
Рух на червоне світло		0.72*	-0.56	-0.69*	0.16	0.12	0.56	0.56	-0.66*	0.01
Надати перевагу пішоходу		-0.05	-0.49	-0.28	0.57	-0.45	-0.21	0.10	-0.09	0.14
Знак "Стоп"		0.04	0.18	-0.53	0.93**	0.00	-0.59	-0.12	-0.17	-0.06
Нетверезе керування		-0.29	0.39	0.34	0.08	0.17	-0.80**	-0.50	-0.04	0.06
Перевищення (30 km/h-over SL)		-0.09	0.42	0.14	-0.25	-0.15	-0.17	-0.27	-0.52	0.48
Перевищення (0-30 km/h over SL)		-0.21	0.40	0.66*	-0.76*	0.01	0.03	-0.43	0.08	0.12
Пройдз заборонено		-0.51	0.23	0.39	-0.43	-0.26	0.31	0.18	0.67*	0.03
Обгін заборонено		0.58	0.19	-0.36	-0.15	0.53	0.61	0.16	-0.01	-0.48
Зупинка на переїзді		0.13	0.14	-0.24	0.18	0.40	0.19	0.13	0.35	-0.46
Поворот без сигналу		0.25	-0.44	-0.06	-0.19	0.47	0.55	0.49	0.45	-0.50
Невчасна зупинка		-0.23	-0.01	0.14	-0.05	-0.15	0.10	0.09	0.50	-0.12
Користування смартфоном		-0.07	-0.47	0.20	0.12	-0.07	-0.34	-0.03	-0.04	0.10
Без ременів		-0.09	-0.42	-0.06	0.33	-0.20	-0.50	-0.01	-0.42	0.34
Без дитячого крісла		-0.12	-0.04	-0.34	0.85**	-0.25	-0.53	-0.04	-0.01	0.06
Без шолому		-0.06	-0.29	-0.22	0.10	0.12	0.26	0.58	0.16	-0.03
Небезпечне керування		-0.62	-0.28	0.52	-0.22	-0.33	-0.14	0.13	0.39	0.30
Інші		-0.02	0.11	0.48	-0.78**	0.09	0.42	-0.10	0.08	0.07

* : CC>0, 1% рівень ** : CC>0, 1% рівень : CC>0

4

ТИПИ АВАРІЙ ЧЕРЕЗ ПОРУШЕННЯ

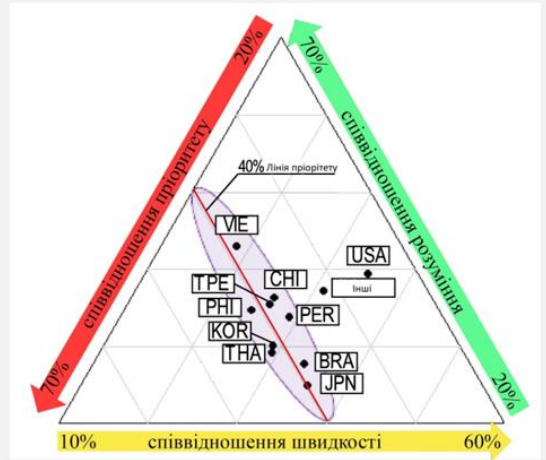
Порушення, класифіковані за PSC

P	Пройзд на червоне
P	Знак "Стоп"
S	Перевищення швидкості
C	Пройзд заборонено
C	Невчасна зупинка
I	Користування смартфоном
I	Небезпечне керування

Типи зіткнень

На перехресті	Середнє $R^2 = 0.892$
Під час повороту	Середнє $R^2 = 0.778$
Зіткнення ззаду	Середнє $R^2 = 0.914$

----> : $p \geq .10$ - - -> : $p < .10$ -> : $p < .05$ -> : $p < .01$



5

ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ ФІКСАЦІЇ

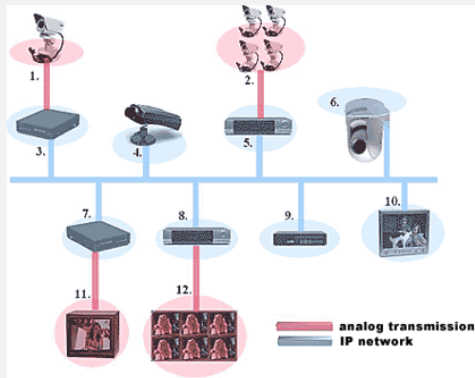


• Графік відображає вплив системи фіксації на кількість порушень

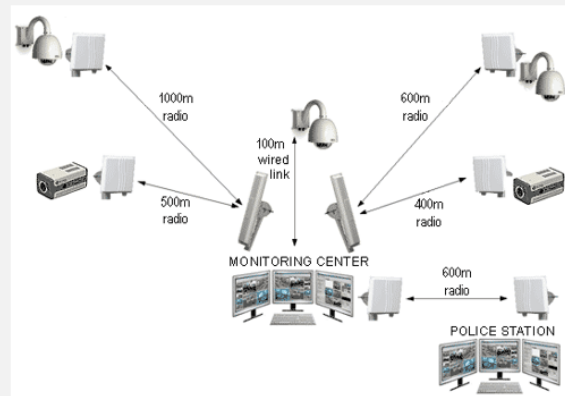
6

ТИПИ СИСТЕМ ФІКСАЦІЇ ПОРУШЕНЬ

СИСТЕМИ З ДРОВОТИМ З'ЄДНАННЯМ

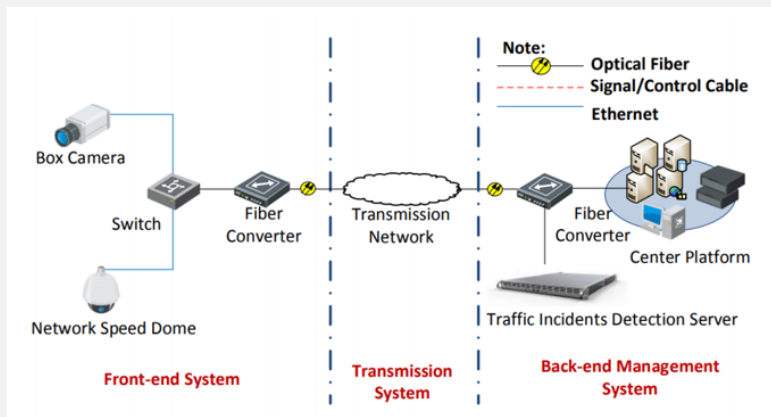


БЕЗДРОВОТІ СИСТЕМИ



7

ПОБУДОВА СИСТЕМИ ФІКСАЦІЇ HIKVISION



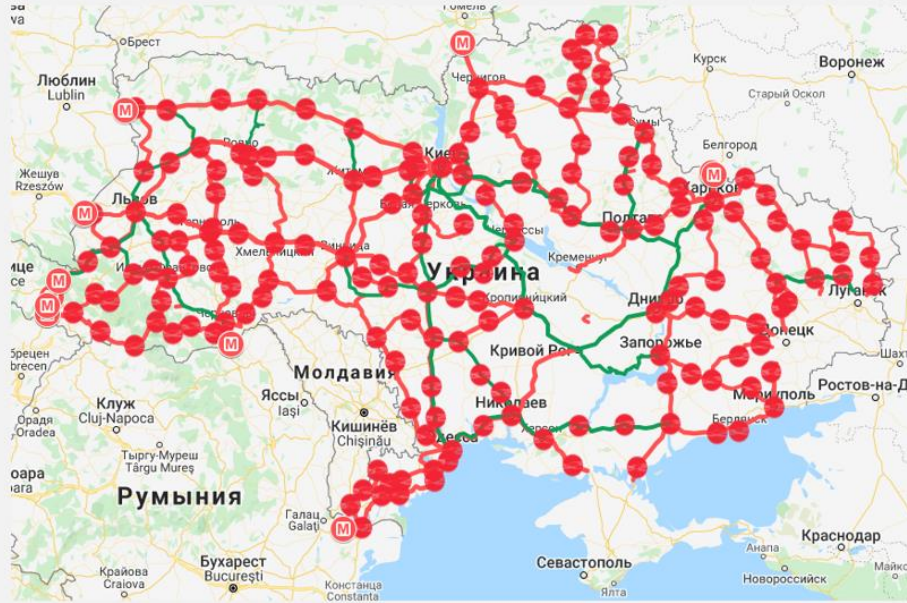
- Схема взаємодії IP системи фіксації



- Компоненти

8

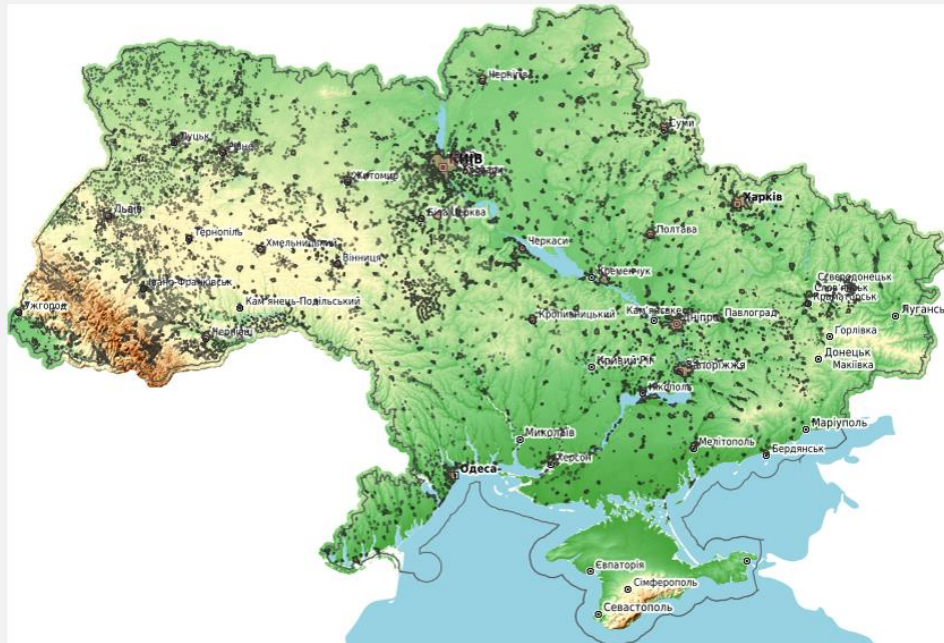
МЕРЕЖА ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ ЛІНІЙ ЗВ'ЯЗКУ



• Карта ВОЛЗ компанії Атраком

9

МЕРЕЖА ВОЛЗ ВІД ЛОКАЛЬНИХ ПРОВАЙДЕРІВ

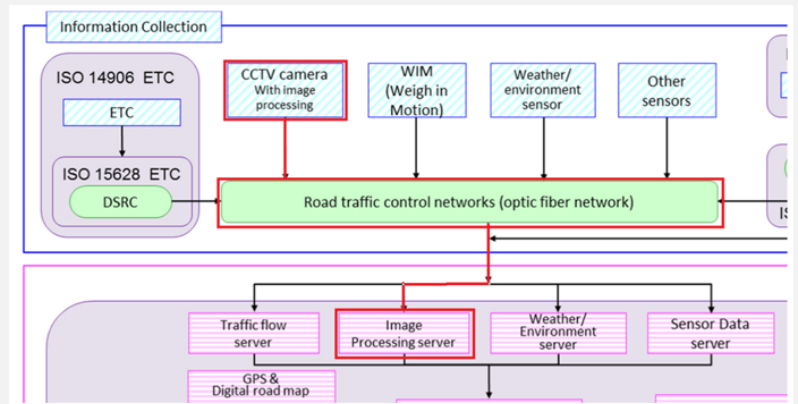


• Карта Національної комісії з регулювання зв'язку та інформації

10

ВИМОГИ ДО СИСТЕМИ

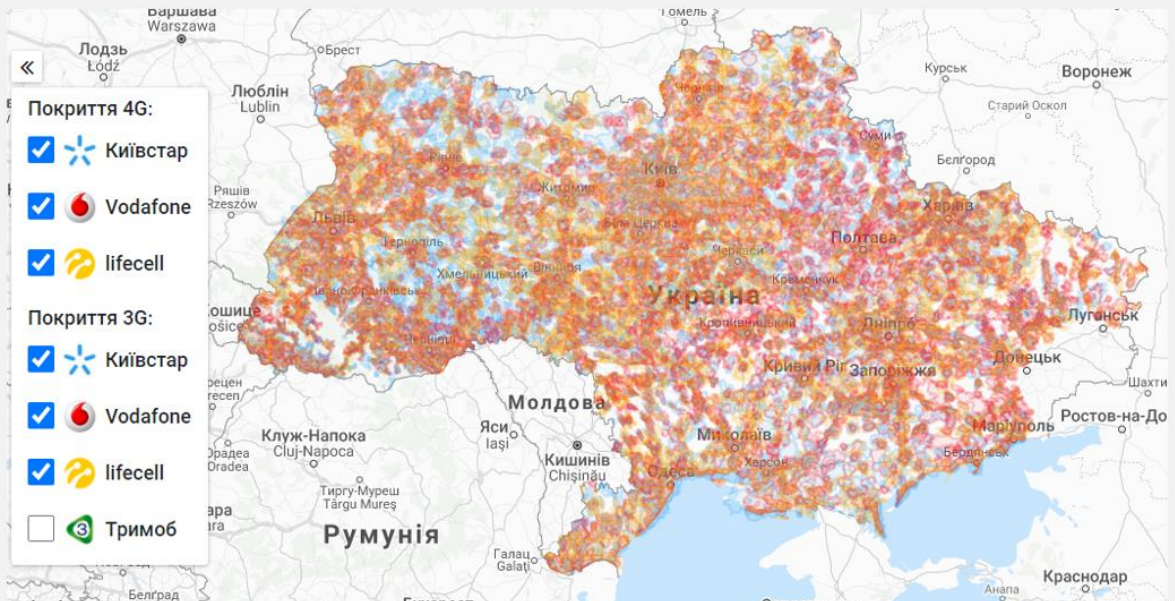
- Відсутність потреби у ВОЛЗ
- Бездротове з'єднання з мережею інтернет
- Можливість автоматичної фіксації порушень
- Мінімальна кількість додаткового обладнання
- Відсутність потреби у серверах для обрахунків
- Децентралізована модель побудови



Обмеження системи Hikvision

11

ПОКРИТТЯ ЗВ'ЯЗКОМ СТАНДАРТУ 4G ТА 3G



Карта покриття зв'язком 3G та 4G від сервісу [Mobua](#)

12

ПОБУДОВА ПРИЛАДУ ФІКСАЦІЇ

- Сенсор (камера)
- Комп'ютер
- Модуль зв'язку
- Модуль зберігання



Jetson Nano



Sony IMX477R



SIM7600-H

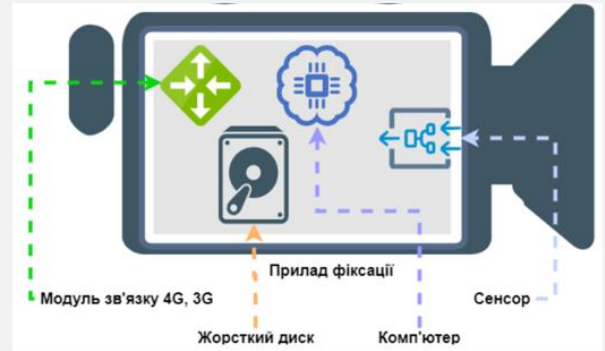
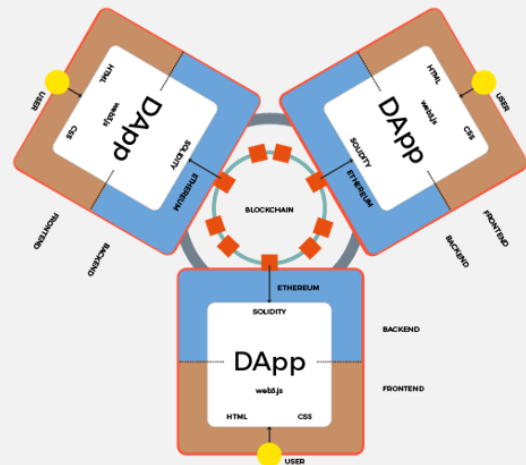


Схема побудови

СИНХРОНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ

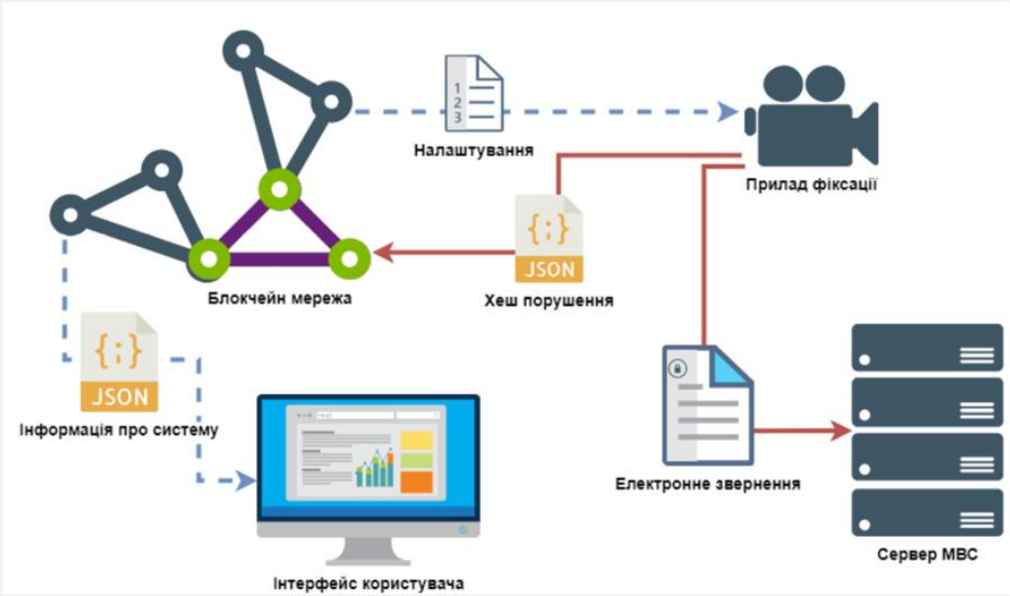


Децентралізована модель взаємодії



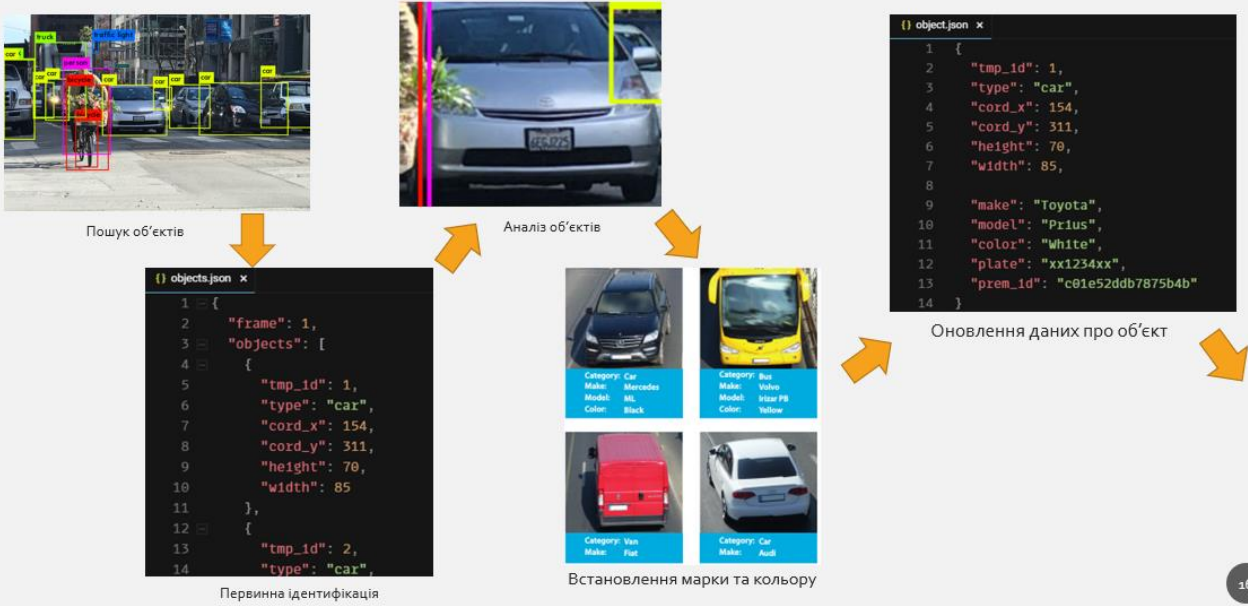
Синхронізація через Blockchain

ПОБУДОВА МОДЕЛІ СИСТЕМИ



Модель взаємодії системи фіксації

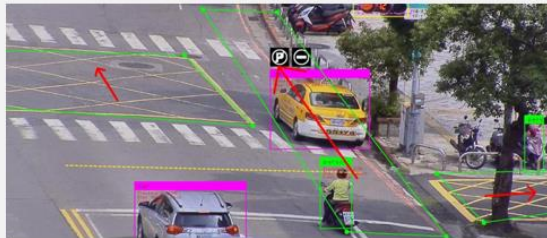
АЛГОРИТМ ФІКСАЦІЇ ПОРУШЕНЬ



АЛГОРИТМ ФІКСАЦІЇ ПОРУШЕНЬ



Зчитування номерного знаку



Порівняння траєкторії руху з переліком обмежень



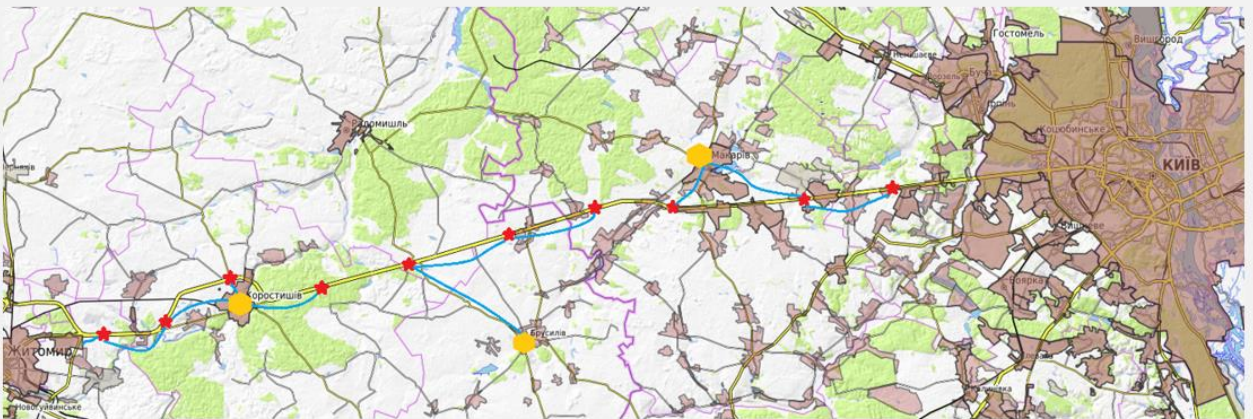
Сервер МВС

Відправка звернення про факт порушення правил дорожнього руху

17

ПОРІВНЯННЯ СИСТЕМ

Для порівняння створеної системи з системою Hikvision, була обрана ділянка дороги Київ-Житомир.
Задача: встановити 10 пунктів фіксації порушень.



Карта з зонами підключення ВОЛЗ

18

ПОРІВНЯННЯ СИСТЕМ



Карта з зонами покриття 3G та 4G

19

ПОРІВНЯННЯ СИСТЕМ

Витрата	HiKvision			Нова система		
	Вартість	Кіл.	Разом	Вартість	Кіл.	Разом
Прилад фіксації	5 160	40	206 400	2 106	40	84 240
Прокладання мережі	0,5	69 600	34 800	-	-	-
Серверне обладнання	1 000	3	3 000	-	-	-
Облаштування серверної	1 200	3	3 600	-	-	-
Радар	210	40	8 400	-	-	-
Резервація у блокчейн	-	-	-	20	40	800
Налаштування зони фіксації	-	-	-	300	40	12 000
Разом			256 200			97 040

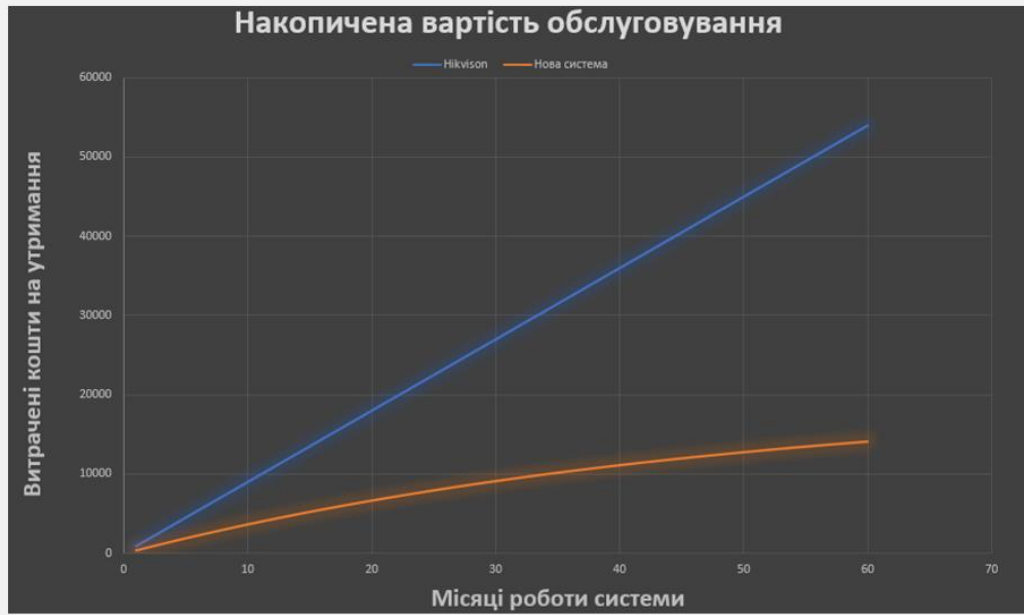
Вартість розгортання систем

Витрата	HiKvision			Нова система		
	Вартість	Кіл.	Разом	Вартість	Кіл.	Разом
Обслуговування серверу	200	3	600	-	-	-
Утримання приміщення	100	3	300	-	-	-
Баланси для камер у блокчейн	-	-	-	10	40	400
Разом			900			400

Вартість утримання систем

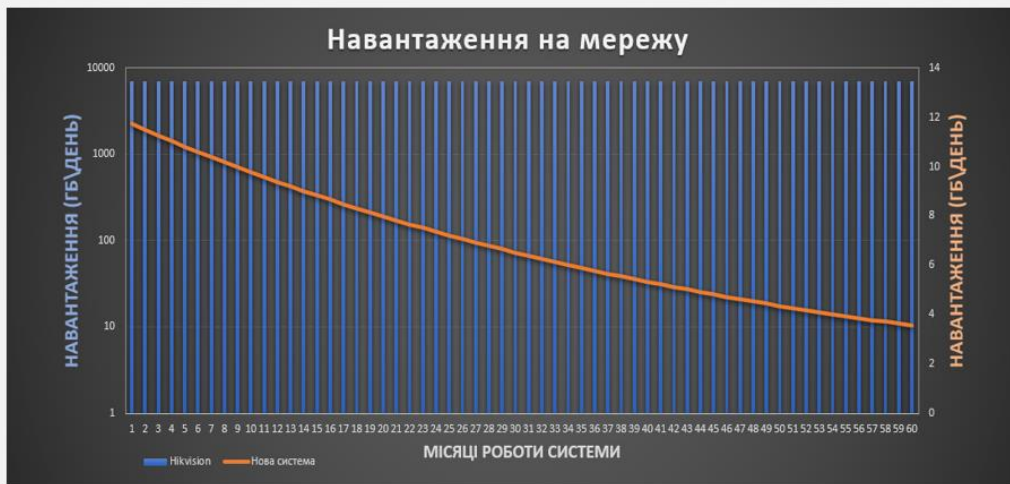
20

ПОРІВНЯННЯ СИСТЕМ



21

ПОРІВНЯННЯ СИСТЕМ



$$Y_{ser} = \left(\sum l_i * N \right) * v$$

Де,

Y_{ser} – навантаження на мережу, гігабайтів на день,

l_i – розмір звернення про порушення

N – кількість порушень на день

v – коефіцієнт зменшення порушень (в розрахунки закладено 2% на місяць)

22

АПРОБАЦІЯ

За матеріалами опубліковані тези:

- Бараннік О. І. «Розробка інформаційної системи реєстрації порушень на основі алгоритмів штучного інтелекту». IV Міжнародна науково-практична конференція "Пріоритети сучасної науки", 2020, Київ;

та стаття:

- Бараннік О. І. «Розробка інформаційної системи реєстрації порушень на основі алгоритмів штучного інтелекту», Журнал "Зв'язок", №6, 2020, Київ.

ВИСНОВКИ

- Проаналізовано статистику різних країн світу щодо кількості та причин виникнення дрожно-транспортних пригод.
- Обґрунтовано потребу у розвитку систем фіксації порушень, шляхом аналізу досліджень впливу фіксації на кількість порушень.
- Проаналізовано існуючі системи автоматичної фіксації порушень, виявлено недоліки, які становлять перепону на шляху розвитку таких систем.
- Сформульовано вимоги до нової системи, базуючись на фактах відсутності можливості швидкісного з'єднання та встановлення серверного обладнання.
- Створено модель системи, яка надає конкурентні можливості у фіксації порушень за відсутності з'єднання з ВОЛЗ та додаткового серверного обладнання.
- Проведено порівняльний аналіз та виділено переваги децентралізованого підходу у побудові системи.
- Створено прототип приладу фіксації.